

二重床の軽量床衝撃音遮断性能

戸田 正彦
小林 裕昇

前田 典昭
堤 拓哉

Lightweight Floor Impact Sound Insulation of a Double Floor

Masahiko TODA
Hironobu KOBAYASHI

Noriaki MAEDA
Takuya TSUTSUMI

The effects on lightweight floor impact sound insulation of a double floor of various factors such as the number of support legs, airtight condition and the height of the air layer were studied. The results of this study were as follows :

- 1) Lightweight floor impact sound insulation was improved by a decrease of support legs.
- 2) It was made worse by enclosure of the air layer.
- 3) It was improved by an increase in the height of the air layer, but it was almost constant above a certain height.

Keywords : lightweight floor impact sound, double floor, air-borne sound, solid-borne sound
軽量床衝撃音, 二重床, 空気伝播音, 固体伝播音

二重床の支持脚本数, 密閉条件, 懐深さ (空気層の厚さ) が, 軽量床衝撃音遮断性能に及ぼす影響について調べ, 以下の結果を得た。

- 1) 支持脚本数を適切に減らすことにより, 遮断性能は向上した。
- 2) 空気層の周囲を密閉することにより遮断性能は悪化した。
- 3) 懐深さを大きくすることにより遮断性能は向上したが, ある深さ以上ではほぼ一定となった。

1. はじめに

二重床とは, 支持脚とその上に載るベースパネルとで構成されたものである。おもに鉄筋コンクリート系の集合住宅に施工される。支持脚はスラブと直接接触する防振ゴムと支持ボルトからなる。支持ボルトは一般に鋼製であるが, プラスチック製の場合もある。またベースパネルは, パーティクルボードや合板など, 木質系のパネルがほとんどである¹⁾。

二重床は, スラブと床パネルとの間の空間に配線・配管の収納が可能であり, 支持脚の高さ調節によってフラットな床施工が容易であり, 工期の短縮

が可能であるなど, 直張り床に比べての利点がある。その反面, コストが高くなりやすく, また直張り床からの変更が困難であり, 建物の設計段階から考慮しなければならないなどの欠点もある。

二重床の床衝撃音遮断性能に影響を及ぼす因子としては, 支持脚の形状・材質・本数・配置, ベースパネルの質量・曲げ剛性, 懐深さ (空気層の厚さ) などが挙げられる²⁾。

本研究では, 二重床の支持脚本数, 密閉条件および懐深さが, 軽量床衝撃音遮断性能に及ぼす影響について検討した。

なお、本報告の概要は日本木材学会北海道支部大会（1996年11月、札幌市）で発表した。

2. 試験体と試験方法

2.1 試験体

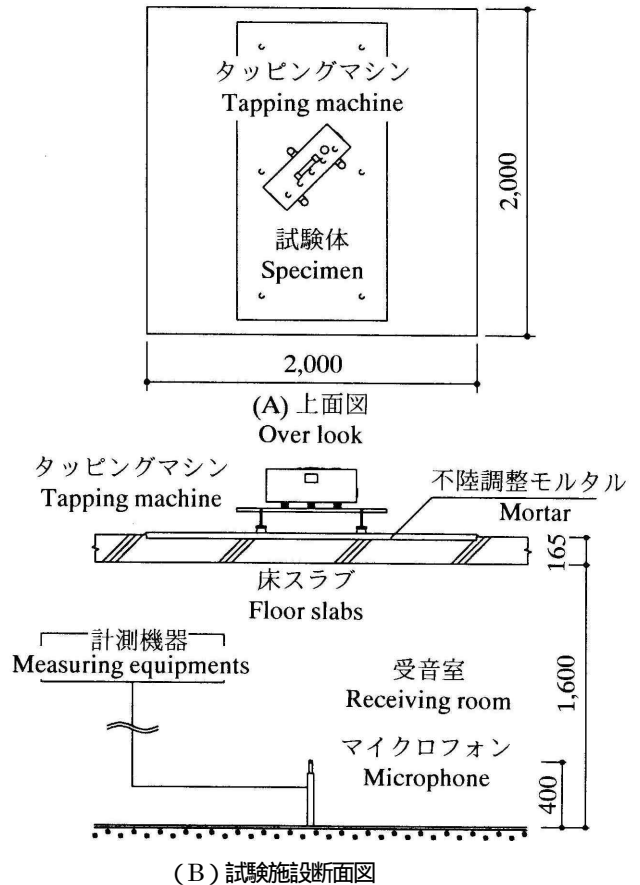
試験体は、高さ調節の可能な(株)染野製の二重床であり、厚さ20mmのパーティクルボードよりなるベースパネルと接地部分に防振ゴムを有する支持脚とで構成されている。パーティクルボードの密度は0.746g/cm³、曲げヤング係数は40tf/cm²である。

高さ調節は、あらかじめベースパネルの6か所に取り付けてある受脚部に、支持脚のボルト（長さ150mm、12mm）を捻入する深さを変えることによって行われる。支持脚本数は、6本と4本の2条件とし、6本の状態での測定を終えた後に、長辺中央部の2本を取り除くことによって4本とした。空いたボルト穴には、シリコンを充填して密閉した。また、懐探さを70mm～130mmまで10mmごとに変化させた。懐の密閉条件は、試験体の外周を開放した場合と、すき間を約10mmとして木枠で囲う場合の2条件とした。使用した木材は、厚さ20mm、高さ150mmのトドマツ材である。また、支持脚6本の場合のみ、木枠と試験体とのすき間をクラフトテープで密閉する条件を付け加えた。試験体の形状を第1図に示す。

なお、実際に施工する場合はベースパネルの上にフローリングなどで表面仕上げをするが、本試験では、二重床の構成要素の変化による影響を把握するため、床仕上げ材を使用せずに試験を行った。

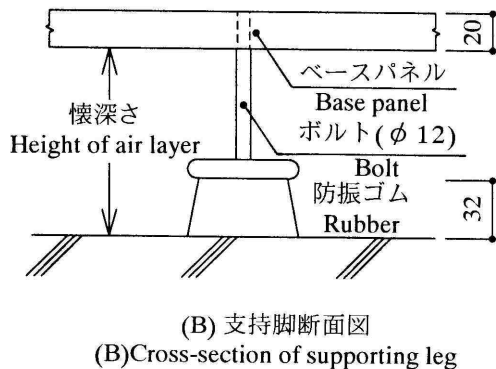
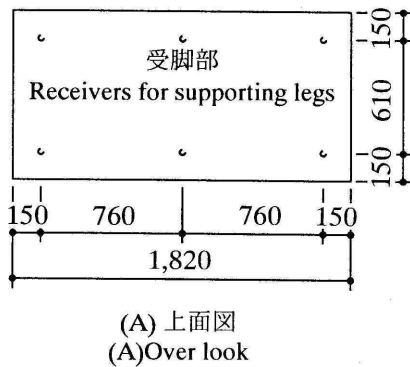
2.2 受信室における軽量床衝撃音レベルの測定

軽量床衝撃音レベルの測定は、JIS（日本工業規格）A1418「建築物の現場における床衝撃音レベルの測定方法」に準じて行った。使用機器はブリュエル・ケア社製軽量床衝撃音発生器（タッピングマシン Type3204）、(株)RION社製1/3オクターブ実時間分



第2図 床衝撃音レベルの測定方法

Fig.2. Diagram of measuring system of the floor impact sound level .



第1図 試験体の形状

Fig.1. Shape of specimen .

析器 (SA-27) および1/2インチマイクロフォンセット (MK-50) である。試験施設は林産試験場の床スラブである。スラブ厚さは165mmであるが、不陸調整のため約20mm掘り下げてモルタルを30mm程度打設している。

軽量床衝撃音は、軽量床衝撃音発生器を試験体中央に、かつ正方形をなすスラブ面の対角線にタッピングハンマの列が一致するように置いて発生させた。また、床衝撃音レベルは、スラブ面中心の直下に設置したマイクロフォンを使用して測定し、10秒間の平均音圧レベルを床衝撃音レベルとした。また、試験体を設置しない状態での床スラブ素面の軽量床衝撃音レベルも測定した。軽量床衝撃音レベルの測定

方法を第2図に示す。

なお、音圧レベルは、計測時の受音室内の温度、湿度などの影響を受けるため、異なる日時で測定したものは、直接は比較できない。そのため、試験体を設置したのちの測定値と、スラブ素面での測定値との差を低減量として算出した。低減量の算出は以下の式によった³⁾。

$$\Delta L = L_0 - L_1$$

ΔL : 床衝撃音レベル低減量

L_0 : スラブ素面の床衝撃音レベル

L_1 : 試験体設置後の床衝撃音レベル

(単位はいずれもdB)

第1表 各条件における軽量床衝撃音レベル低減量
Table 1. Decreased level of lightweight floor impact sound with various condition.

支持脚本数 Number of legs	密閉条件 Airtight condition	懐深さ(mm) Height of air layer	オクターブ帯域中心周波数(Hz) Octave band central frequency							
			63	125	250	500	1000	2000	All Pass	
6	木枠なし Open	70	3	7	8	20	27	32	11	
		80	3	6	9	20	27	32	11	
		90	5	6	10	20	28	31	12	
		100	6	6	10	20	28	32	14	
		110	6	7	10	20	28	32	14	
		120	5	6	12	20	28	31	13	
		130	10	7	12	22	29	33	15	
	木枠あり Enclosed	70	7	4	12	21	27	32	12	
		80	6	4	12	21	27	33	12	
		90	8	3	12	21	27	33	12	
		100	7	3	12	21	28	33	12	
		110	4	5	12	22	28	33	11	
		120	7	5	13	22	28	33	12	
		130	9	5	13	23	29	34	13	
	密閉 Closed	70	4	3	12	22	30	33	10	
		80	4	3	12	22	30	33	10	
		90	6	3	12	22	30	33	10	
		100	8	4	12	22	29	33	9	
		110	6	5	14	23	30	33	11	
		120	9	6	13	22	30	34	14	
		130	6	5	14	23	30	34	13	
	4	木枠なし Open	70	4	8	10	22	29	36	14
			80	4	7	11	23	29	36	14
			90	4	8	12	23	29	36	14
100			5	9	13	23	29	36	15	
110			5	9	15	24	30	36	15	
120			4	9	14	23	30	36	15	
130			5	8	15	23	29	35	15	
木枠あり Enclosed		70	5	3	11	22	28	36	12	
		80	4	1	11	23	28	37	11	
		90	4	1	12	23	29	37	11	
		100	5	2	12	23	28	37	12	
		110	5	5	13	23	29	37	13	
		120	5	5	12	23	29	37	13	
		130	5	5	13	23	29	36	13	

2.3 スラブ上面における音圧レベルの測定

床衝撃音の伝播経路を推定するため、前節で行った受音室での測定のいくつかの条件についてスラブ上面における音圧レベルの測定を行った。試験体の設置方法および床衝撃音の発生方法は前節と同様であり、マイクロフォンをスラブ上面の中心に固定した。試験体の条件は、支持脚本数を4本、懐深さを70mmおよび130mmの2種類、密閉条件を木枠の有無2種類とした。

3. 結果と考察

3.1 支持脚本数による軽量床衝撃音レベル低減量の変化

各条件における軽量床衝撃音レベル低減量を第1表に示す。支持脚本数による軽量床衝撃音レベル低減量の変化の一例として、懐深さ70mmの場合を第3図に示す。木枠のない状態では、支持脚本数が6本から4本に減少した場合、床衝撃音レベル低減量は増大する傾向が認められる。

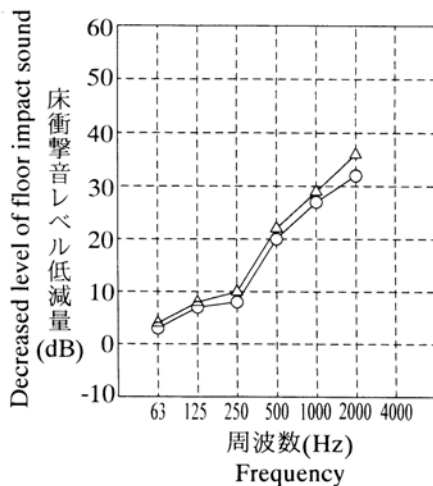
これには、衝撃力のピークの低下と、スラブが負担する曲げモーメントの減少の二つの理由が考えられる。衝撃力のピークの低下は、支持脚を6本から4本に減少させて、ベースパネルの長手方向のスパ

ンが長くなったことによってバネ係数が小さくなり、衝撃源とベースパネルとが接触している時間が長くなったことに起因する^{4,5)}。また、曲げモーメントの減少は、中央部の支持脚2本を除去することにより、スラブへの衝撃位置がスパン両端部へ移動したことに起因する。

この結果から、支持脚間のスパンを大きくすることによって、低減量を増加させる可能性があると思われる。一方、スパンを2倍にした場合、中央集中荷重条件では、中央たわみが8倍になるため、歩行感の悪化や家具類の配置による沈み・傾き等に注意が必要である。

3.2 密閉条件による軽量床衝撃音レベル低減量の変化

例として、懐深さ130mmの場合の、木枠の有無それぞれの条件での床衝撃音レベル低減量を第4図に示す。また、床スラブ上面における床衝撃音レベルを第2表および第5図に示す。いずれの計測位置においても、木枠で囲うことによって、250Hz以下では低減量の減少すなわち音圧レベルの増大が認められた。また、木枠と試験体とのすき間をテープで密閉したことによる変化は微小であった。



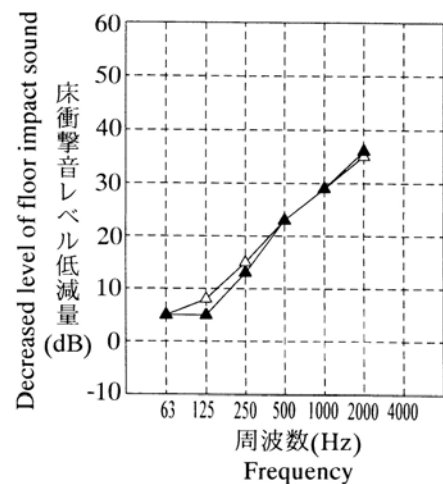
第3図 支持脚本数による床衝撃音レベル低減量の変化

凡例：○：支持脚6本；△：支持脚4本
注：懐深さ70mm，木枠なし

Fig.3. Changes of decreased level of floor impact sound with the number of supporting legs.

Legend : ○ : 6 legs ; △ : 4 legs

Note : Height of air layer 70mm , open



第4図 密閉条件による床衝撃音レベル低減量の変化

凡例：△：木枠なし；▲：木枠あり
注：支持脚4本，懐深さ130mm

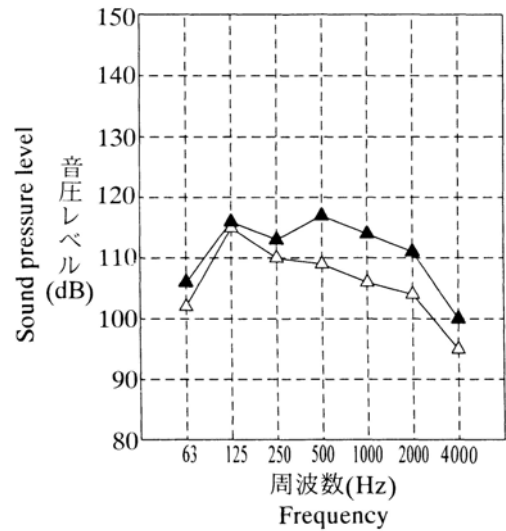
Fig.4. Changes of decreased level of floor impact sound with airtight condition.

Legend : △ : Open ; ▲ : Enclosed

Note : 4 legs , Height of air layer 130mm

3.3 懐深さによる軽量床衝撃音レベル低減量の変化

各条件における，オクターブ帯域中心周波数125Hzおよび250Hzでの懐深さと床衝撃音レベル低減量との関係を第6図に示す。いずれの周波数においても，懐深さ110mm程度までは，懐深さの増加に従って低減量は増大する傾向が認められた。これは，懐深さを大きくすることにより，音源点と受音点との距離による減衰が大きくなったためと思われる。また，木枠で囲った場合の方が，その傾向は顕著であったが，支持脚本数の違いによる差は認められなかった。なお，実際の施工では，四周の納まりに際根太を使用するため，拘束条件が増し，衝撃を支持脚と際根太の両方で受けることになり，床衝撃音遮断性能は悪化することが確認されている^{2,3,5,6}。



第5図 密閉条件による床スラブ上面での音圧レベルの変化

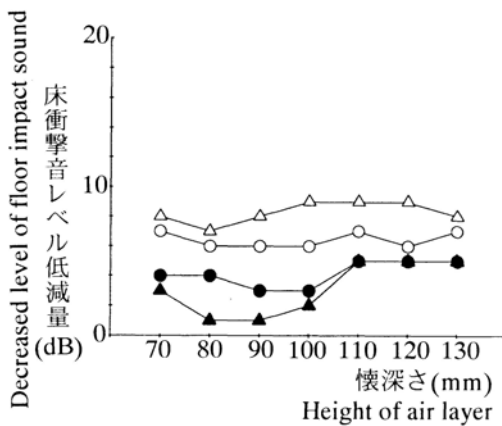
凡例：△：木枠なし；▲：木枠あり
注：支持脚4本，懐深さ130mm

Fig.5. Changes of sound pressure level on floor slabs with airtight condition.

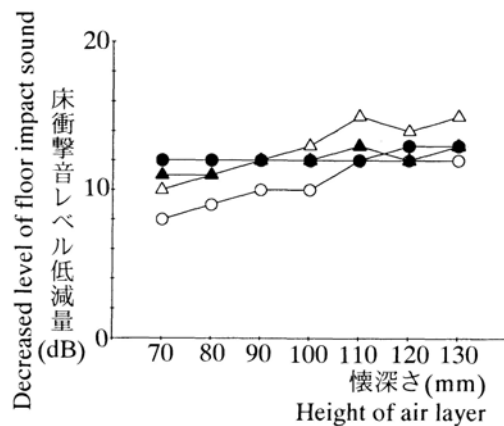
Legend：△：Open；▲：enclosed
Note：4 legs，Height of air layer 130mm

第2表 各条件における床スラブ上面での音圧レベル
Table 2. Sound pressure level on the floor slabs with various condition.

密閉条件 Airtight condition	懐深さ(mm) Height of air layer	オクターブ帯域中心周波数(Hz) Octave band central Frequency							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	All Pass
木枠なし Open	70	108	119	121	115	112	105	96	125
	130	102	115	110	109	106	104	95	118
木枠あり Enclosed	70	110	123	118	120	116	111	98	127
	130	106	116	113	117	114	111	100	124



(A) オクターブ帯域中心周波数 125Hz
(A) Octave band central frequency 125Hz



(B) オクターブ帯域中心周波数 250Hz
(B) Octave band central frequency 250Hz

第6図 懐深さと床衝撃音レベル低減量との関係

凡例：○：脚6本，木枠なし；●：脚6本，木枠あり；△：脚4本，木枠なし；▲：脚4本，木枠あり

Fig.6. Relationships between the height of air layer and decreased level of lightweight floor impact sound.

Legend：○：6 legs，open；●：6 legs，enclosed；△：4 legs，open；▲：4 legs，enclosed

3.4 床衝撃音の伝播経路の推定

二重床に衝撃が加わった場合、床スラブに伝わる床衝撃音には、支持脚を伝わる固体伝播音と、空気を伝わる空気伝播音との2つが同時に存在すると考えられる。この場合、懐深さや密閉状態を変えることによって、空気伝播音は変化するが固体伝播音は変化しないと仮定することにより、固体伝播音と空気伝播音とに由来する床衝撃音レベルの割合を推定することが可能である。

一般に、 L_1 (dB) の音と L_2 (dB) の音が同時に存在することによって L_3 (dB) の音になった場合、

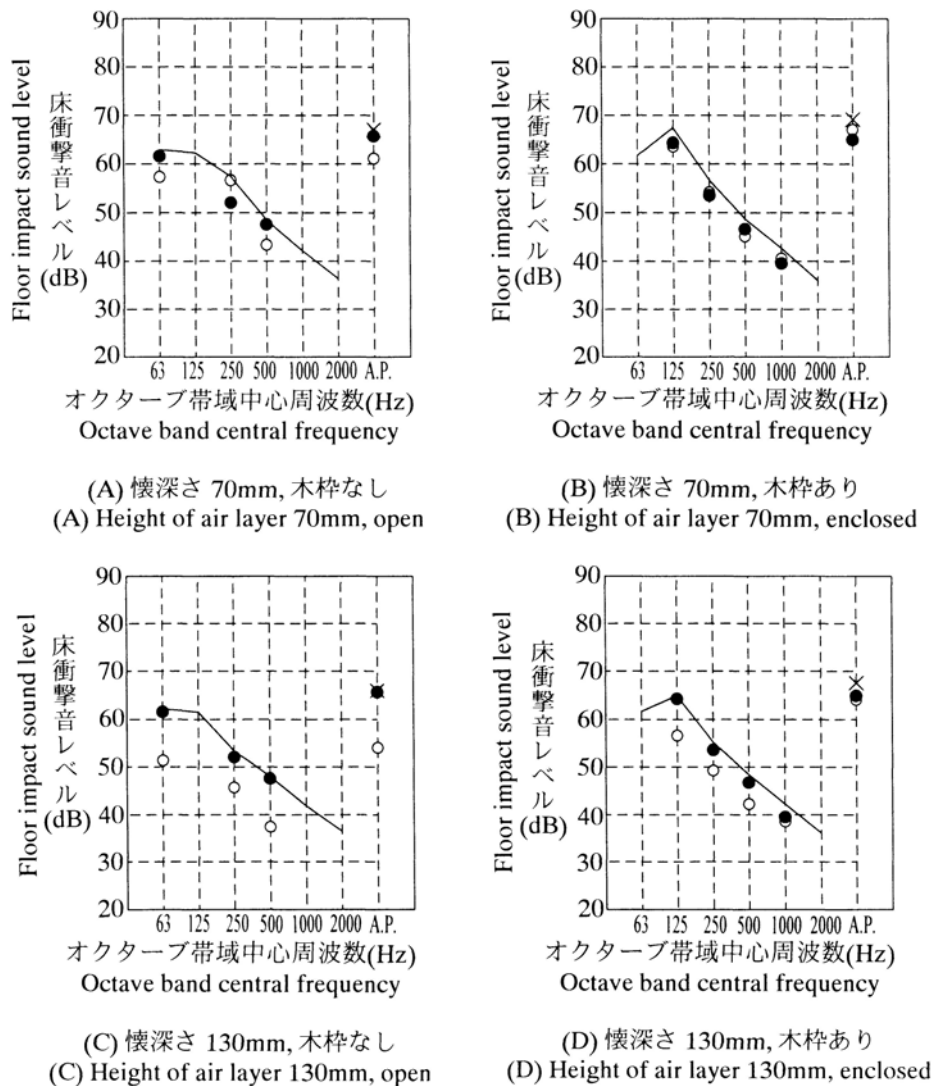
$$L_3 = 10 \log_{10} (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}) \quad (\text{dB})$$

と表すことができる⁷⁾。したがって、受音室内において、固体伝播音に由来する音圧レベルを L_s 、空気伝播音に由来するものを L_a とすると、受音室での音圧レベル L_L は

$$L_L = 10 \log_{10} (10^{L_s/10} + 10^{L_a/10}) \quad (\text{dB})$$

と表すことができる。

ここで、受音室内での音圧分布が均一である場合、懐深さを変えることによる音圧レベルの変化の程度



第7図 各伝播音に由来する軽量床衝撃音レベル

凡例：●： L_s (固体伝播音に由来する軽量床衝撃音レベル)
○： L_a (空気伝播音に由来する軽量床衝撃音レベル)
×：軽量床衝撃音レベル

Fig.7. Floor impact sound level originated from each propagated sound.

Legend：●： L_s (Lightweight floor impact sound level originated from solid-borne sound)
○： L_a (Lightweight floor impact sound level originated from air-borne sound)
×：Lightweight floor impact sound level

は、受音点とスラブ上面中央部とで等しいと仮定する。懐深さ d_1 , d_2 ($d_1 < d_2$) のときの床衝撃音レベルをそれぞれ L_{L1} , L_{L2} , また空気伝播音に由来する音圧レベルをそれぞれ L_{a1} , L_{a2} とすると、次のようになる。

$$L_{L1} = 10 \log_{10} \left(10^{L_s/10} + 10^{L_{a1}/10} \right) \quad (\text{dB})$$

$$L_{L2} = 10 \log_{10} \left(10^{L_s/10} + 10^{L_{a2}/10} \right) \quad (\text{dB})$$

$$L_{a2} = L_{a1} - D \quad (\text{dB})$$

ここで、 D は懐深さを d_1 , d_2 としたときの床スラブ上面における音圧レベルの差である。これらの式より、 L_s は、

$$L_s = 10 \log_{10} \left\{ \frac{10^{(D+L_{L2})/10} - 10^{L_{L1}/10}}{10^{D/10} - 1} \right\} \quad (\text{dB})$$

となる。

実測で得られた各条件での L_{L1} , L_{L2} , および D を上式に代入して算出した L_s および L_a を第7図に示す。図中で L_s , L_a が表示されていない周波数は、軽量床衝撃音レベルが懐深さ70mmと130mmの場合で逆転もしくは一致しているために、計算できなかったものである。

今回の試験体では、受音室の軽量床衝撃音レベルに対し、 L_a よりも L_s の寄与する割合が大きく、その傾向は懐深さが大きい方が顕著であった。このような場合には、防振ゴムの改良など、固体伝播音を減少させる防音対策が有効であると思われる。また、

市販されている二重床の空気層に吸音材を挿入することによって、2~3dBの低減量が見込めることが確認されている⁶⁾が、これは空気伝播音が減少したことに起因すると考えられる。

4. まとめ

二重床の軽量床衝撃音遮断性能に影響を及ぼす因子を検討し、試験体の条件を変化させて試験を行った結果、以下のような結論を得た。

- (1) 支持脚の本数を適切に減らすことによって、低減量は大きくなる。
- (2) 木枠で囲うなど、空気層の周囲を密閉することにより、低減量は小さくなる。
- (3) 懐深さが大きいほど低減量は大きくなるが、ある程度の深さ以上ではほぼ一定となる。

文 献

- 1) 宮田貞夫, 稲葉健司: 床monthly, Vol. 38, March, 41-43 (1995).
- 2) 和木孝男 ほか2名: GBRC, 20(3), 16-28 (1995).
- 3) 福島寛和 ほか2名: 音響技術, 24(1), 37-42 (1995).
- 4) 安岡正人: 音響技術, 6(4), 1-27 (1977).
- 5) 福島寛和 ほか2名: 建築技術, No. 540, p. 110-123.
- 6) 米澤房雄: 建材試験情報, 31(4), 17-23 (1995).
- 7) 前川純一: “建築音響”, 共立出版, p. 7-8 (1978).

—性能部 構造性能科—

(原稿受理: 1996. 9. 27)