

# 合板ピースと木質・ゴムチップマット を利用した遮音床の沈み量

秋津 裕志      菊地 周一  
河原崎政行\*1      高谷 典良

## Softness Value of Composite Floors with Sound - Insulation Performance against Impact using Plywood Piece and Wood - Rubber Chip Mat

Hiroshi AKITSU      Shuichi KIKUCHI  
Masayuki KAWARASAKI      Noriyoshi TAKAYA

木質・ゴムチップマットと、合板ピースとを組み合わせた遮音床を製作し、木質・ゴムチップマットの硬さと表面材の形状が沈み量に及ぼす影響を検討した。その結果、沈み量は、木質・ゴムチップマットに関しては柔らかくなるほど大きくなった。表面材ピースに関しては、長さが長くなるに伴い沈み量が小さくなり、ある長さ以上になると、一定の値となった。これらの沈み量を弾性床上の梁の理論を用いて予測した結果、初期変形領域を除き、実測値と高い相関が見られた。このことから、この理論を用いることで、沈み量を予測することが可能であると思われる。

Key word: 合板ピース, 木質・ゴムチップマット, 弾性床, 沈み量  
Plywood piece, wood - rubber chip mat, elastic foundation, softness value

Composite floors with sound - insulation performance against impact were manufactured using wood - rubber chip mats with various degrees of softness as an elastic foundation, and surface plywood pieces of various dimensions. The effects of those components on the softness of the floor were examined. The softness value of the floor increased in proportion to that of the elastic foundation. The dimensions of the surface piece, it decreased with the increase of the length to some extent, and above a certain length became constant. The softness values were calculated by using the generalized theory of a beam on an elastic foundation, thus obtained figures showed good agreement with the data observed, except for the initial deformation (non - linear) area. From these results, the softness value of a composite floor can be predicted by determining the properties of each component using this theory.

### 1. はじめに

集合住宅における木質フローリングによって生じる床衝撃音は、住環境において大きな問題となっている。それを解決するために、様々な防音フローリングが市販されているが、柔らかすぎて歩行感が悪

くなっている場合がある。一方、澤田らは、木質・ゴムチップパネルを利用した床暖房システムで、転倒衝突時の硬さや、居住性などの性能に優れた結果を得ている<sup>1,2)</sup>。それをフローリングの緩衝材として用い、様々な表面材と組み合わせ、軽量床衝撃音遮断

性能を測定した。その結果、表面材の剛性が小さい方が、遮音性能には優れていることが示された<sup>3)</sup>。しかし、表面材の剛性の低下に伴う、床の柔らかさや歩行感などとの関係は明らかにされていない。

床の柔らかさや歩行感に関して、様々な研究がなされているが<sup>4)6)</sup>、そのなかで、和木らは沈み量という最も簡便な方法で歩行感を表している。また、沈み量は歩行感だけでなく、軽量床衝撃音遮断性能と密接な関係にあり<sup>7)</sup>、遮音性能にとっても重要な指標になる。

そこで、木質・ゴムチップマットに合板ピースを貼り付けた床を試作した。その合板ピースの寸法を変え、剛性を変化させることで、沈み量にどのような影響を与えるか検討した。また、弾性床上の梁の理論を用いて、沈み量を予測することを試みた。なお、本報告の一部は第47回日本木材学会大会(1997年、高知市)で発表した。

## 2. 実 験

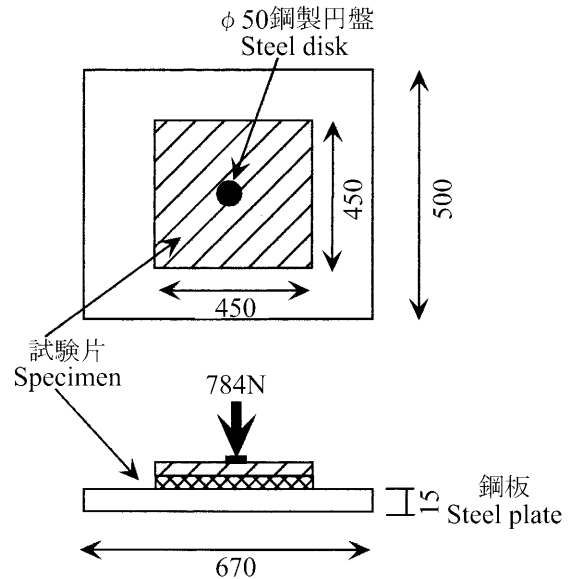
### 2.1 供試材料

木質・ゴムチップマットは、成型する際、木質チップおよびゴムチップの量を変えて硬さ調整をし、硬いもの(Gh)、中間のもの(Gm)、柔らかいもの(Gs) 3種類用いた。寸法は、厚さ12mm、450 × 450mmの大きさとした。合板ピースは、床係数測定用として、厚さ12mm、5プライのラワン合板(P1)、幅30mmと50mm、長さは各30、50、100、150、200、300、400mmと80 × 80mmのものを用いた。また沈み量測定用として、厚さ5.5mm、3プライのシナ合板(P2)とP1、幅50mm、長さは各50、100、200、300、400mmのものを用いた。

### 2.2 材料性能

木質・ゴムチップマットは、荷重ひずみ曲線における線形領域を広くするため、各マットから30 × 30mmの大きさのものを3枚切り出し、それを厚さ方向に重ね合わせ、強度試験機によって、荷重速度10mm/minで、試験を行い荷重と変位量から圧縮弾性率を求めた。

合板ピースは、P1およびP2とも幅50mm、長さ400mmの寸法で、JASの構造用合板1級に準拠して、曲げ試験を行い、中央たわみ-荷重曲線からヤング



第1図 沈み量の試験方法

Fig. 1. Testing method for the softness of floor.

係数を求めた。

### 2.3 床係数と沈み量

強度試験機に670 × 500 × 15mmの鋼板を置き、その上に木質・ゴムチップマットと合板ピースをおいて床係数と沈み量の測定に供した。床係数は、合板ピースに曲げ変形が生じないように、幅80mm、長さ200mm、厚さ5mmの鉄板を介して荷重を加えたときの、荷重変位曲線の傾きから求めた。沈み量は、直径50mm、厚さ10mmの鋼製円盤を介して、合板ピースの中央部分に荷重を加え(第1図)、その荷重が784N(80kgf)のときの変位量とした。床係数および沈み量の両試験とも荷重速度を10mm/min(一部5mm/min)で行った。

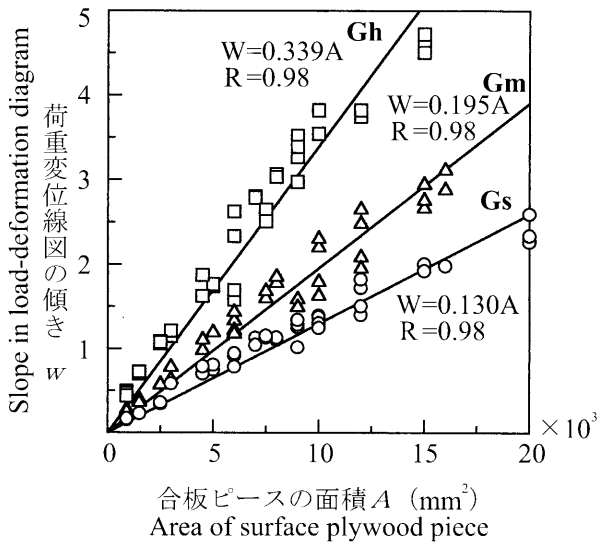
## 3. 結果および考察

### 3.1 材料性能

木質・ゴムチップマットの圧縮弾性率は、Ghが3.8MPa、Gmが2.2MPaでGsが1.2MPaであった。合板のヤング係数は、P1とP2いずれも5.3GPaであった。

### 3.2 床係数

弾性床上の梁が、荷重を受けてたわみを生ずるとき、梁は床より反力( $k_y$ )をうけ、その反力の大きさは、梁のたわみに比例する。そのときの比例定数が床係数( $k$ )と定義されている<sup>8)</sup>。Kは、荷重たわみ曲線の傾き( $p/d$ )のを長さ( $l$ )で除した値である。ここで、



第2図 荷重変位線図の傾き  $W$  と合板ピースの面積  $A$  との関係

- 凡例：□：木質・ゴムチップマット  
 Gh (圧縮弾性率 3.8MPa),  
 △：木質・ゴムチップマット  
 Gm (圧縮弾性率 2.2MPa),  
 ○：木質・ゴムチップマット  
 Gs (圧縮弾性率 1.2MPa)

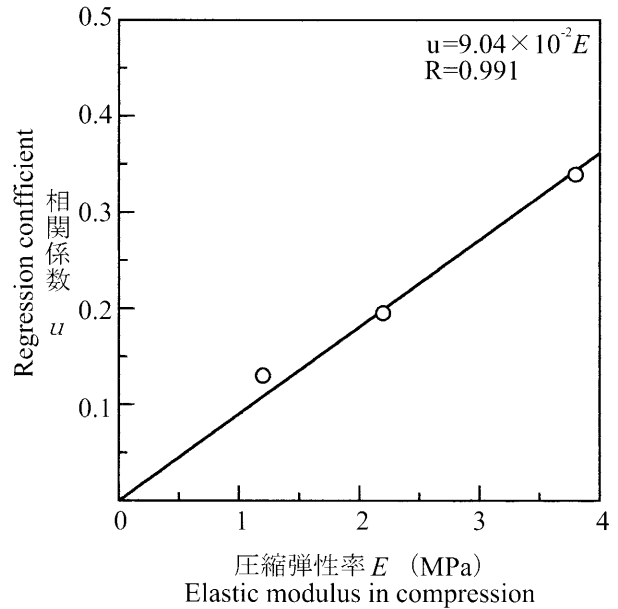
Fig. 2. Relationships between slope in load-deformation diagram  $w$  and area of surface plywood piece on the elastic foundation.

- Legend：□：Wood-rubber chip mat  
 Gh (elastic modulus in compression 3.8MPa);  
 △：Wood-rubber chip mat  
 Gm (elastic modulus in compression 2.2MPa);  
 ○：Wood-rubber chip mat  
 Gs (elastic modulus in compression 1.2MPa)

木質・ゴムチップマットの弾性率を  $E$ 、合板ピースの面積を  $A$ 、床の有効深さを  $d$  とすると、合板ピースが剛体であるとき、応力とひずみの関係から、

$$w = \frac{\Delta p}{\Delta d} = \frac{E}{d} A$$

となる。この式から  $d$  がわかれば  $w$  を推定することができる。そこで各木質・ゴムチップマット上の合板ピースに荷重を加えたときの、 $A$  と  $w$  の関係を第2図に示す。これらの中に高い相関が存在することがわかる。ここで得られた直線の傾き  $u$  と  $E$  との間に第3図のような関係が認められたことから、 $1/d$  がこの直線の傾きになる。すなわち  $d$  は 11.06mm となり、 $E$  がわかれば  $w$  および  $k$  を計算で求められることがわかった。

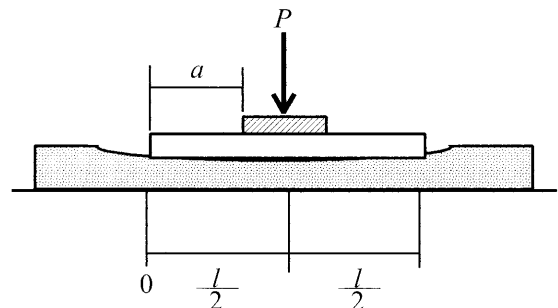


第3図 木質・ゴムチップマットの圧縮弾性率  $E$  と相関係数  $u$  との関係

注：相関係数  $u$  に関しては、第1表を参照

Fig. 3. Relationships between elastic modulus of wood-rubber chip mat  $E$  in compression and regression coefficient  $u$ .

Note: See Table 1. for regression coefficient  $u$



第4図 合板ピースが剛体の場合の変形  
 Fig. 4. Modeling in the case of rigid surface piece.

### 3.3 合板ピースの変形

沈み量は、直径50mmの鋼製の円盤を介して荷重を受けたときの変位量であるので、合板ピースの剛性が大きい場合、合板ピースにたわみ変形が生じないで、それ全体でゴムチップマットを圧縮する。これを模式的に表すと第4図のようになる。この場合、合板ピース中央( $l/2$ )での変位量  $y$  は、弾性床の梁の理論を適用すると次式で表される<sup>8)</sup>。

ここで、 $a$  はピースの端から荷重点までの距離、 $E_b$  および  $I_b$  は、合板ピースの弾性率と断面2次モーメントである。この式を、合板ピースP1の寸法50×50mm

$$\begin{aligned}
 y = & \frac{P}{k(S+s)} \left[ G_2\left(\frac{l}{2}, \frac{l}{2}\right) \left\{ G_3(l-a, a) - G_4(l-a, a) + G_4(a, l-a) - G_3(a, l-a) \right\} \right. \\
 & + \left. \left\{ G_3\left(\frac{l}{2}, \frac{l}{2}\right) + G_4\left(\frac{l}{2}, \frac{l}{2}\right) \right\} \left\{ G_1(a, l-a) - G_1(l-a, a) \right\} \right] \\
 & + \frac{P}{k} \left[ 1 - G_2\left(\frac{l}{2} - a, \frac{l}{2} - a\right) \right] \tag{1}
 \end{aligned}$$

$$S = \sinh \beta l$$

$$s = \sin \beta l$$

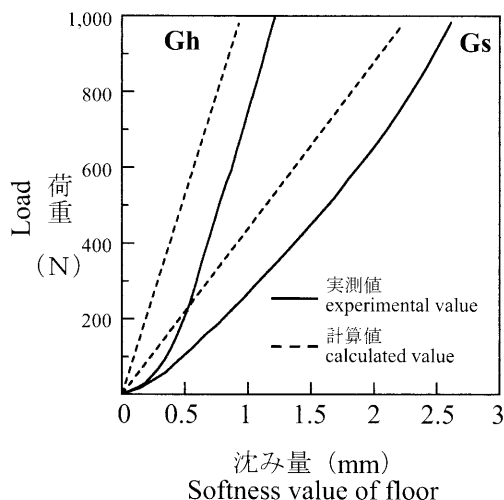
$$G_1(m, n) = \sin \beta m \sinh \beta n$$

$$G_2(m, n) = \cos \beta m \cosh \beta n$$

$$G_3(m, n) = \sin \beta m \cosh \beta n$$

$$G_4(m, n) = \cos \beta m \sinh \beta n$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4E_h I_h}}$$



第5図 合板ピースが剛体であるときの沈み量の  
実測値と計算値

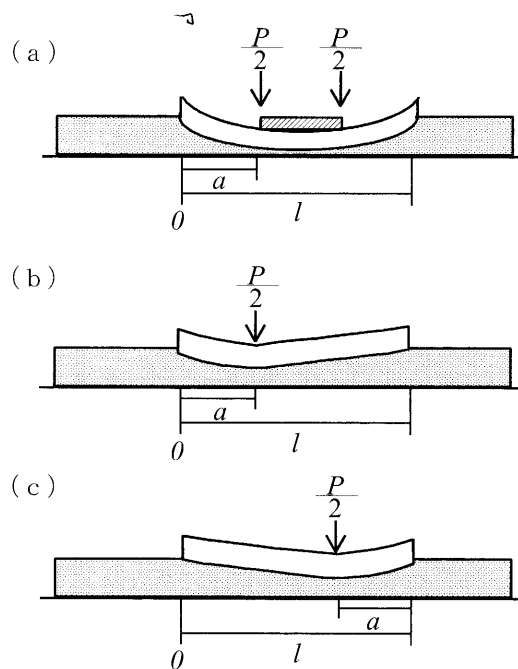
記号：Gh, Gsは第2図参照

Fig. 5. Experimental and calculated softness values  
in the case of rigid surface piece on elastic  
foundation.

Legend : See Fig. 2 for Gh and Gs.

のものと木質・ゴムチップマットGhおよびGsを組み合わせた場合に適用し実測値と比較した(第5図)。図からわかるように、初期荷重時の非線形領域を除いて、計算値と実測値はほぼ一致することがわかる。これは、他の合板ピースでも同様の結果が得られた。

次に、合板ピースの剛性が小さい場合、合板ピー



第6図 合板ピースに曲げ変形が生じる場合の変形  
Fig. 6. Modeling in the case of deformation of surface  
piece.

スがたわむことが予測される。それを模式的に表すと第6図(a)のように表すことができる。この場合、直径50mmの鋼製円盤を介して荷重を加えており、円盤自体は変形せず合板ピースのみにたわみが生じるため、円盤の縁で荷重を加えていることになり、2点の

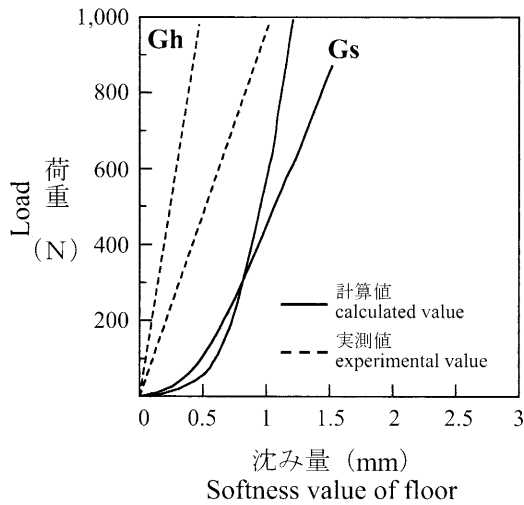
$$\begin{aligned}
 y = & \frac{p\beta}{2k(S+s)} \left\{ \left[ F_1(l-2a)+1 \right] (S+s) \right. \\
 & + \left\{ F_4(l-a)-F_4(a) \right\} \left\{ G_2(a,l-a)+G_2(l-a,a)+G_1(a,l-a)+G_1(l-a,a) \right\} \\
 & + \left\{ F_2(l-a)-F_2(a) \right\} \left\{ G_2(a,l-a)+G_2(l-a,a)-G_1(a,l-a)-G_1(l-a,a) \right\} \\
 & \left. + e^{\beta l} \left\{ F_3(l-a)+F_3(a) \right\} \right\} \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$F_1(m) = e^{-\beta m} (\cos \beta m + \sin \beta m)$$

$$F_2(m) = e^{-\beta m} \sin \beta m$$

$$F_3(m) = e^{-\beta m} (\cos \beta m - \sin \beta m)$$

$$F_4(m) = e^{-\beta m} \cos \beta m$$



第7図 表面材ピースに曲げ変形が生じるときの沈み量の実験値と計算値

記号：Gh, Gsは第2図参照

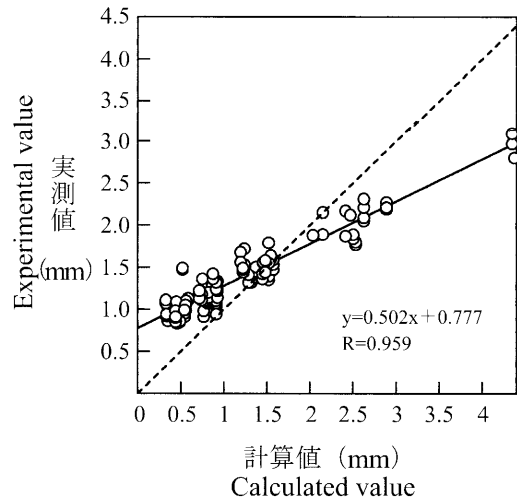
Fig. 7. Experimental and calculated softness values in the case of the deformation of plywood piece on elastic foundation.

Legend : See Fig. 2 for Gh and Gs.

集中荷重に近似できる。そのような場合には、第6図(b), (c)に示すような1点集中荷重を重ね合わせた変位になり、次式で表すことができる<sup>8,9)</sup>。

この式を用いて、50×400mmの大きさのP2とGhおよびGsを組み合わせた場合の沈み量を計算した結果と実測値とを第7図に示す。この場合も剛性の大きい合板ピースと同様に、初期荷重時を除いて、両者はほぼ一致した。

そこで、合板ピースの曲げ変形を考慮しなければならぬのはどの場合であるか考えてみる。各木質・



第8図 沈み量の実測値と計算値の関係

Fig. 8. Relationships between experimental softness value and calculated softness value.

ゴムチップマット上でP2の長さに対する沈み量の変化を(1), (2)式を用い、計算した結果を第8図に示す。それらの計算結果の交点が式の変換点になる。以上のことから、P2では50mmと100mmの間に変換点があると考えられる。P1においても同様の結果が得られた。そこで、長さ50mmの場合(1)式を、100mm以上を(2)式を用いることとした。

### 3.4 沈み量

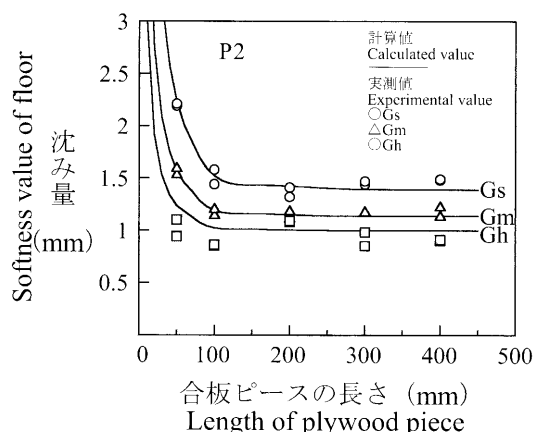
各組み合わせによる沈み量の結果を第1表に示す。この表から明らかなように、緩衝材に関しては、柔らかいほど沈み量が大きくなり、合板ピースに関しては、長くなるに従い沈み量が小さくなった。しか

第1表 木質・ゴムチップマットと表面材の組み合わせによる沈み量

Table 1. Softness values of floors composed wood - rubber chip mat and plywood piece .

緩衝材 Insulator	合板ピース Plywood piece	沈み量 (mm) Softness value of floor				
		合板ピースの長さ (mm) Length of plywood piece				
		50	100	200	300	400
Gh	P1	1.02	0.86	1.09	0.92	0.91
	P2	1.05	0.84	0.94	0.93	1.09
Gm	P1	1.56	1.17	1.15	1.17	1.18
	P2	1.53	1.10	1.02	0.99	1.48
Gs	P1	2.2	1.51	1.37	1.46	1.49
	P2	2.25	1.39	1.18	1.28	1.39

記号：P1：厚さ12mm合板P2：厚さ5.5mm，Gh，Gm，Gsは第2図を参照  
Legend：P1=Plywood，thickness12mm，P2：Plywood，thickness5.5mm，See Fig. 2 for Gh，Gm，and Gs .



第9図 初期変形を考慮した沈み量と合板ピースの長さの関係

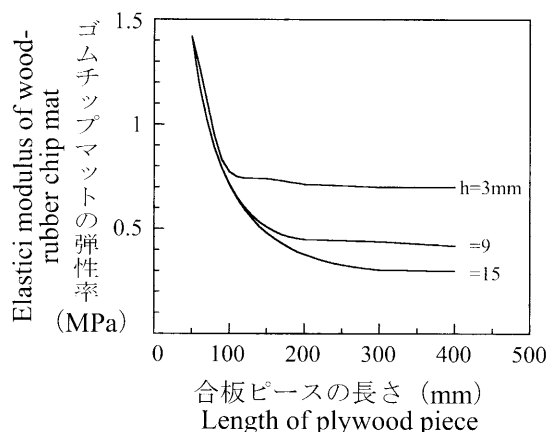
記号：Gh，Gm，Gsは第2図，P2は第2図参照

Fig. 9. Relationships between softness value of floor in consideration of initial deformation and length of plywood piece .

Legend：See Table 1 for Gh，Gm，and Gs，Table2 for P2 .

し、いずれの組み合わせにおいても、合板ピースがある長さ以上になると、沈み量はほとんど一定になった。

これらの関係を、各条件に合った式を用いて計算した沈み量と、実験で求められたそれとの関係を第8図に示す。ここで、幅30mmの場合において、実際には隣接する合板ピースとともに変形するが、合板ピースのより広範な条件のもとでの、計算結果を得る



第10図 沈み量2mmのときの合板ピースの長さとも質・ゴムチップマットの弾性率の関係

記号：h：合板ピースの厚さ

Fig. 10. Relationships between length of plywood piece and elastic modulus of wood - rubber chip mat in the case of 2mm，softness value floor .

Legend:h：thickness of plywood piece .

ため、合板ピース単独で沈み量を測定した。その結果、両者の間に高い相関が得られた。ここで、これらの関係から得られた直線において、切片が原点を通らないのは、初期荷重時の非線形の変形に起因するものと考えられる。そこで、この切片および式(1)、(2)の条件を考慮した計算値を実測値と比較してみると第9図のようになった。この図から、沈み量は、初期荷重時の変形と合板ピースの条件を考慮すること

で、今回実験で得られた式から計算によって推測できることがわかった。

沈み量は、歩行感を表す物理量であり、2～3mmの範囲で歩行感が優れた値になる<sup>4,7)</sup>。今回行った供試材料において、その範囲にあるものは、GsとP1およびP2の50×50mmの2種類の組み合わせのみであった。それ以外は硬すぎる床となった。そこで、式(1)、(2)と実験式を用いて、沈み量が2mmになるような木質・ゴムチップマットの弾性率と合板ピースの長さを計算すると第10図のようになった。図から、合板ピースの厚さが3mm以上では、長さが約70mmを越えると、木質・ゴムチップマットの弾性率が1MPa以下でなければならないことがわかる。1MPa以下のそれは、チップの量が少なくなるため、マットの成型が困難になり、製造するのはむずかしくなる。つまり、長さ70mm以上の合板ピースを用いる場合は、木質・ゴムチップマットの形状を変えるなどの方法でマットの変形量を大きくすることが必要であると思われる<sup>10)</sup>。

### ま と め

以上のことから、木質・ゴムチップマットは柔らかい方が沈み量が大きくなることが認められた。合板ピースに関しては、長くなるほど沈み量が小さくなるが、ある一定の長さになるとほとんど変わらなくなり、今回用いた合板ピースでは、いずれも50～100mmの間でその傾向が見られた。また、今回用いた材料では、歩行感に優れたものは、2種類だけで、他は硬い床となった。これらの沈み量に対する合板や緩衝材の影響を、弾性床上の梁の理論を用いることで表すことができた。

本報告で求めた沈み量は、合板ピースの中央部の測定であったが、合板ピース端部や隣接合板ピースとの中間点での沈み量の場合とは、異なることが推測される。今後そのような荷重点の違いを考慮した検討が必要となる。

### 文 献

- 1) 澤田哲則 ほか7名：日本木材学会北海道支部講演集，No.22，36-39(1990).
- 2) 澤田哲則 ほか7名：日本木材学会北海道支部講演集，No.24，24-27(1992).
- 3) 木質系多機能床材量および床構造の開発成果報告書，北海道立林産試験場，1997，P. 3-1
- 4) 和木孝男，十倉 毅，前田節雄：日本音響学会講演論文集，571(1991).
- 5) 小野英哲，横山 裕：日本建築学会構造系論文報告集，373，1-8(1987).
- 6) 井上勝夫，木村 翔，前原暁洋，渡辺秀夫：日本建築学会計画系論文集，483，9-15(1996).
- 7) 和木孝男，坂口明弘，藤原 陽：GBRC，79，16-28(1995).
- 8) チモシェンコ：“材料力学 中巻”，東京図書，1977，p.1.
- 9) 土木工学会：“構造力学公式集 昭和61年版”，丸善，1986，p.173.
- 10) 秋津裕志：林産試だより，4，15-18(1999).

-技術部 合板科-

-\*1：企画指導部 普及課-

(原稿受理：99.8.24)