

R.C. 集合住宅の床衝撃音伝達に関する調査研究^{※3}

高橋^{※1} 徹・田中^{※1} 千秋・浜野^{※2} 義昭

Akira TAKAHASHI, Chiaki TANAKA, Yoshiaki HAMANO
Field Study of Tapping Noise of Various Floors
in Multifamily Dwellings.

1. はじめに

人口の都市集中化による住宅対策として、1950年代より、アパートやマンションの名称で中層、低層階の集合住宅が建てられた。以前は広い敷地内に1戸建住宅があり、生活環境も良かった。集合住宅では人々が密集して生活し、居住環境が悪くなりがちで、住居に関する諸々の問題を提起している。居住環境を決定する要因の1つとして、室内音響にかかわる騒音がある。これには建築規準法で界壁の遮音性として取り上げられている。しかし、上下階より伝わる固体音—床衝撃音—については現在その対策が検討されだした段階で若干の測定例がみられる^{1)~7)}。

われわれは低層階の集合住宅の床衝撃音の伝達を調査測定する機会に恵まれたので報告する。この調査の便宜を与えられた島根県総務部管財課に深謝する。

2. 測定方法

測定調査家屋は島根県職員住宅(松江市菅田町166)である。この建物は全長4962cm、高さ880cmよりなる壁式鉄筋コンクリート造りの3階建集合住宅で、平面図をFig. 1およびFig. 2に示す。隣家間の境界壁の厚さは1~2階で18cm、3階で15cmである。また1、2階の天井は上階の床下面に1.8cmのモルタルを吹付けた構造で、3階の天井は屋上床下面より20cmのところ野ぶちを打ち、プラスターボードを張り付けられている。居室の床はFig. 3に示されるように、13cm厚さの鉄筋コンクリート床スラブ、大引、根太、荒板、たたみより構成され、台所兼食堂は床板を使用している。また各階の床面より天井までの高さは246cmである。

家屋平面図(Fig. 1)に各部屋の記号A~Eを記入した(A:玄関, B:和室6帖, C:和室4.5帖, D:キッチン, E:和室4.5帖)。

音源装置として

- ① 帯域雑音発生器、電力増幅器およびスピーカー
 - ② タッピングマシン(ISO規格)
- を用い、隣家、階上階下の家屋間の遮音性能および床衝撃音遮音性能を測定した。測定方法は建築物の現場における音圧レベル差の測定方法JIS A 1417-1974および建物の現場における床衝撃音レベルの測定方法JIS A 1419-1974に準拠するよう心掛けた。²⁾

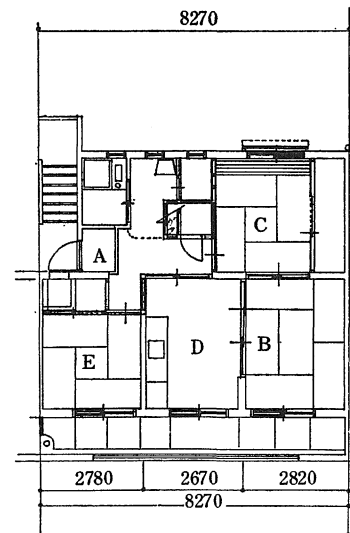


Fig. 1 Conventional plan of an apartment
A: Vestibule, B, C, E: Living quarters,
D: Dining room and kitchen.

※1 木村加工学研究室 Laboratory of Wood Science and Engineering, Shimane University, Matsue.

※2 九州大学農学部 木材理学研究室 Graduate student, Laboratory of Wood Physics, Kyushu University, Fukuoka

※3 本研究は文部省科学研究費補助金(試験研究)による。

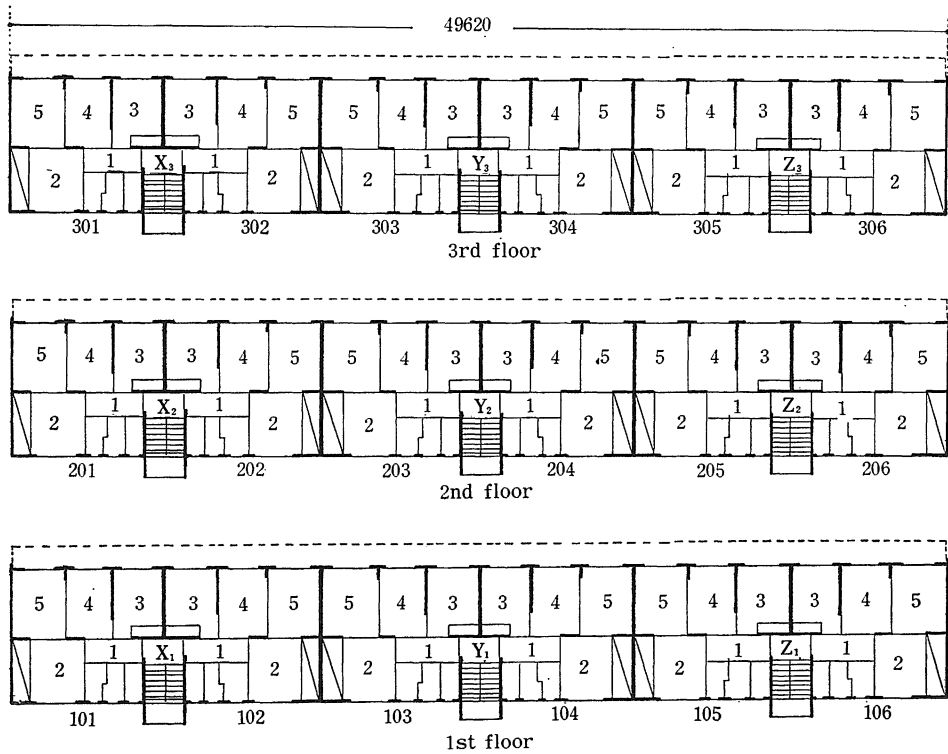


Fig. 2 Conventional plan of each floor of the building investigated, showing apartment and room numbers.

最上階の家屋304号を音源室として選び、次のように騒音発生位置を決め床衝撃音および遮音性能を測定した。

測定器	衝撃音発生箇所
タッピングマシン	玄関Aの合板床，コンクリート床，居室Cのたたみ床
スピーカー	居室Cのたたみ床上1m

床の衝撃にはタッピングマシンのスチールハンマーを用い、とくに合板床に打撃するさいには竣工検査上、3mm厚さの合板を敷いた上でおこなった。またハンマーの打撃時に発生する振動も検討するために、振動計を用いて、床、壁および天井面の振動加速度を測定した。

3. 結果と考察

3.1. 全館への影響

家屋304号の玄関Aのコンクリート床と合板床（突板張り合板12mm厚さ）、および居室Cのたたみ（厚さ55mm）に衝撃音を、また居室Cには白色雑音を発生させた場合の、各家屋での騒音の音圧レベルをTable 1.に示す。同表によれば、音源室での衝撃音の音圧レベル

は合板床の103 dBが最も高く、コンクリート床とたたみ床が同じ84 dBを示した。床衝撃音はほぼ建物全体に伝搬し、1)音源室より離れるにしたがって、床衝撃音レベルは減少するが、建物の両端家屋ではほぼ一定になり、暗騒音近くまで減少する。2)たたみ床、合板床、およびコンクリート床によって衝撃音の減衰性が異なる。3)コンクリート床じかに発生した床衝撃音は他の床材より建物全体に影響する。

これらの現象はそれぞれの床の動的特性と床構造とが異なるため、発生する振動加速度のレベルおよびその建物全体への伝搬挙動に関係する（Table 2）。すなわちたたみ床は他の2材料にくらべて著しく振動の減衰性能が良く、たたみ床より建物のコンクリートスラブへ伝搬される振動加速度レベルは著しく小さく、各家屋における床衝撃音レベルも小さい。コンクリート床に衝撃を与えた場合、振動加速度レベルは他の材料にくらべて、著しく大きく、また建物全体にも顕著に振動が伝達される。したがって、音源家屋での発生音圧レベルがたたみ床と同一レベルであっても、打撃したコンクリート床が建物のコンクリートそのものであるから、全館への衝撃

Table 1. Impact noise transmission to the entire building (dB-C)

Apartment Number	Room Number	Noise Reading by tapping machine			White Noise	Apartment Number	Room Number	Noise Reading by tapping machine			White Noise	Apartment Number	Room Number	Noise Reading by tapping machine			White Noise
		Japanese Mat Floor	Concrete Slab Floor	Plywood Floor				Japanese Mat Floor	Concrete Slab Floor	Plywood Floor				Japanese Mat Floor	Concrete Slab Floor	Plywood Floor	
101	1	—	49	51	—	201	1	45	51	51	—	301	1	47	52	53	—
	2	—	45	52	—		2	47	47	50	—		2	45	49	52	—
	3	—	46	49	—		3	47	49	49	—		3	50	51	51	—
	4	—	47	51	—		4	50	49	50	—		4	50	51	52	—
	5	—	49	52	—		5	50	50	50	—		5	49	50	53	—
X ₁		55	60	60	—	X ₂		54	57	60	—	X ₃		55	61	60	—
102	1	46	55	51	—	202	1	47	55	52	—	302	1	49	56	56	—
	2	47	53	47	—		2	48	53	53	—		2	47	54	55	—
	3	48	47	48	—		3	50	51	52	—		3	48	53	52	—
	4	48	51	48	—		4	50	53	53	—		4	49	55	55	—
	5	47	51	48	—		5	50	53	53	—		5	50	53	56	—
103	1	50	64	59	—	203	1	55	68	65	50	303	1	53	67	69	50
	2	48	58	54	—		2	50	61	58	46		2	50	59	66	46
	3	50	60	57	—		3	60	65	62	45		3	65	63	62	48
	4	50	59	57	—		4	62	63	62	47		4	58	62	60	48
	5	50	58	54	—		5	52	58	58	45		5	55	58	61	42
Y ₁		57	69	70	—	Y ₂		60	76	80	60	Y ₃		64	77	86	59
104	1	55	69	67	—	204	1	64	79	75	45	304	1	72	84	103	75
	2	48	64	63	—		2	57	76	73	46		2	61	72	91	62
	3	55	64	61	—		3	67	71	69	47		3	84	74	94	91
	4	58	65	63	—		4	67	74	75	46		4	67	73	93	69
	5	52	63	63	—		5	65	70	70	47		5	62	67	88	61
105	1	50	60	59	—	205	1	47	65	62	—	305	1	55	64	63	—
	2	49	59	58	—		2	47	63	63	—		2	50	61	61	—
	3	47	55	55	—		3	50	57	59	—		3	51	55	59	—
	4	49	57	59	—		4	51	62	61	—		4	52	60	61	—
	5	52	58	59	—		5	51	62	61	—		5	58	60	62	—
Z ₁		57	60	62	—	Z ₂		53	61	62	—	Z ₃		55	63	63	—
106	1	—	53	—	—	206	1	—	55	55	—	306	1	49	—	55	—
	2	—	48	—	—		2	—	53	52	—		2	48	52	54	—
	3	—	51	—	—		3	—	54	53	—		3	50	53	56	—
	4	—	52	—	—		4	—	54	53	—		4	52	52	55	—
	5	—	49	—	—		5	—	51	51	—		5	51	53	56	—

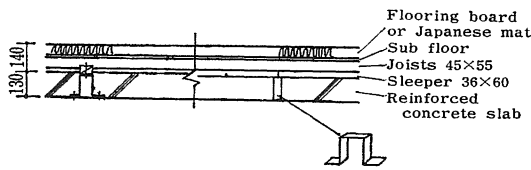


Fig. 3 Floor structure.

音の影響が著しく大きい。

合板床の衝撃に原因する振動加速度のレベルおよび全館への伝搬領域はコンクリート床に比してはるかに小さいが、衝撃音の影響はコンクリート床と同様に大きい。合板床すなわち木材は衝撃と振動により良好な発音体として、音源室内に音を放射し、高い音圧レベルを示し、さらに全館に影響するものと思われる。一方、合板床に生じた振動は根太、大引を通してコンクリートスラブに伝わるため、この間に振動が減衰し、コンクリートスラブへの強制振動は小さくなったものと思われる。

Fig. 4 に音源家屋の隣家を基準にして、音源階における距離と衝撃音レベルの減衰量の関係を約 15m の範囲で示す。これらの相関係数は $-0.92 \sim -0.95^{**}$ で高

い。衝撃音レベルの距離による減衰割合はたたみ床： -1.23 dB/m 、コンクリート床： -0.80 dB/m 、合板床： -0.71 dB/m である。他の測定例によれば、コンクリート床の厚さ 12cm の建物で、音源階が -1.07 dB/m とやや大きい。他の階の減衰が $-1.40 \sim -0.69 \text{ dB/m}$ であり、本測定結果も建物の構造の差を考慮すれば、ほぼ妥当な値であろう。

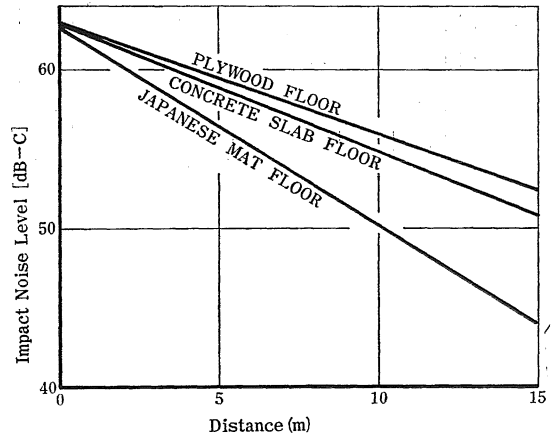


Fig. 4 Noise Distribution on the Noise Source Floor.

Table 2. Distribution of acceleration generated by the impact of the tapping machine to each floor (gal, — : under 1 gal)

Apartment Number	Japanese Mat Floor		Concrete Slab Floor		Plywood Floor	
	Wall	Floor	Wall	Floor	Wall	Floor
101	—	—	—	—	—	—
102	—	—	—	—	—	—
103	—	—	8	8	1	2
104	—	—	12	14	1	2
105	—	—	—	—	—	—
106	—	—	—	—	—	—
201	—	—	1	1	—	—
202	—	—	3	2	—	—
203	—	—	20	20	3	2
204	2	—	16	24	5	4
205	—	—	3	2	—	—
206	—	—	1	1	—	—
301	—	—	2	1	—	1
302	—	—	2	4	—	1
303	—	—	28	40	3	4
304	6	2	37	70	6	6
305	—	—	2	4	—	1
306	—	—	2	1	—	1

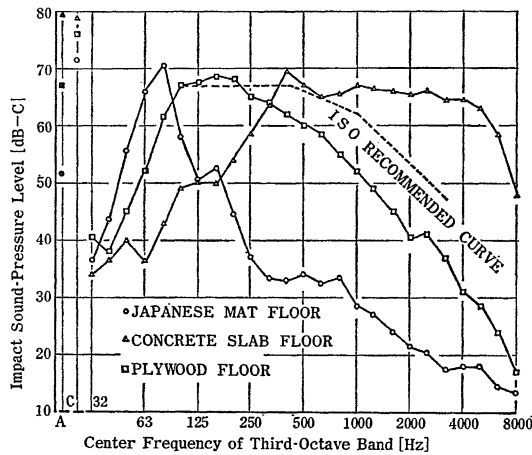


Fig. 5 Comparative impact sound transmission of the third floor.

白色雑音による空気伝搬音は音源家屋にしか影響なく、隣家、階下家屋の騒音レベルは暗騒音のその程度であるから、透過損失の点から測定建物の壁と床厚さで十分と考えられる。

3.2. 直階下家屋への影響

たたみ床、コンクリート床および合板床に衝撃音を与えた場合、音源直下室の音圧レベルは Table 1 に示すように、それぞれ 67, 79 および 75 dB であり、上下家屋間の音圧レベル差は 17, 5, 28 dB となる。白色雑音では 44 dB であり、空気伝搬音に比して固体伝搬音の遮音がいかに困難であるかがわかる。コンクリート床について直下階家屋は音源家屋とほぼ同じ床衝撃音レベルであり、影響を直接うけていることがわかる。

Fig. 5 には音源直下室での床衝撃音レベルの受信測定結果を示したが、たたみ床による衝撃音は周波数域が高くなる程音圧レベルは急激に減少し、コンクリート床では周波数域が 300 Hz 以上の音圧レベルが大きく、2000 Hz 以上では ISO 規準曲線より 10 dB 以上もレベルが大きい。合板床ではたたみ床同様周波数域が高くなる程、音圧レベルが減少するが、たたみ床ほど顕著でない。

Fig. 5. のたたみ床と合板床について、この調査家屋の床構成とよく似た測定結果について Fig. 6 に示した。同図より床表面と床構成とが似ていれば同じスペクトルを示すことがわかる。したがって、この結果はほぼ妥当な値を示しているものと推定される。

Fig. 7 はこの報告でえられた床衝撃音レベルを日本工業規格案の遮音性能基準曲線に当てはめたものである。たたみ床は遮音等級 1 級、合板床は 3 級、コンクリート床は不合格である。たたみ床は床衝撃音遮音性が良

好なことを示し、合板床は遮音性能合格の最低限度であるが、合格床の上にカーペットを敷けば著しく改善される⁹⁾。コンクリート床は不合格であるが、玄関先であり使用面積も少ないから無視してよい。しかし階段やおどり場はコンクリート床で固体音をたてると防ぎ様がない。ここではビニールマットかシュロのマットを敷けば問題がなくなるものと思われる。

Fig. 8 は音源室と受信室との床衝撃音の音圧レベル差であり、ここでは被衝撃材料と建物の床構造による固体音の伝搬遮音性能がわかる。たたみ床、合板床は周波

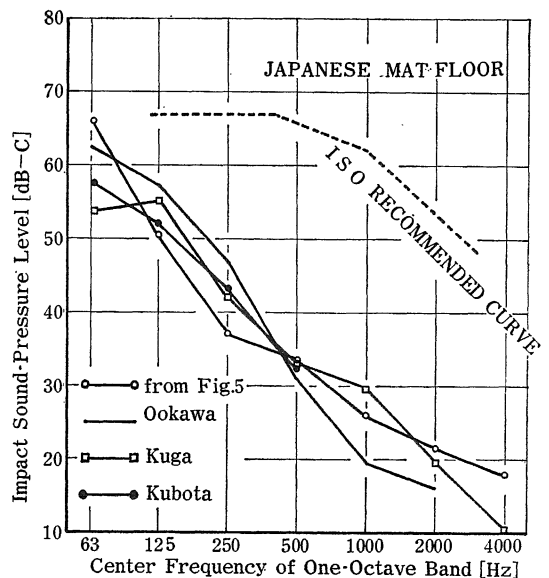
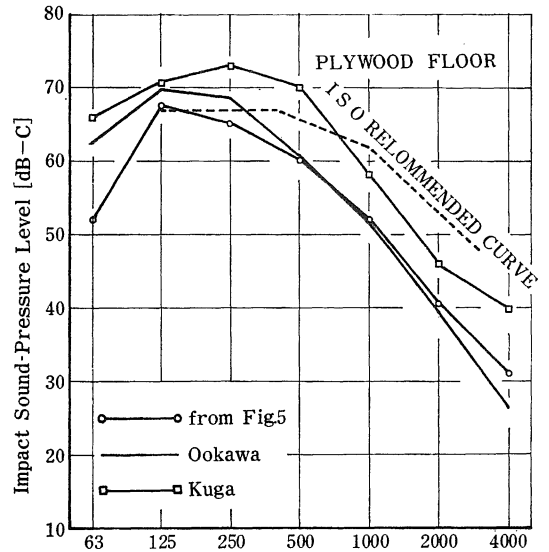


Fig. 6 Comparison of the measured results with a few examples from the literature.

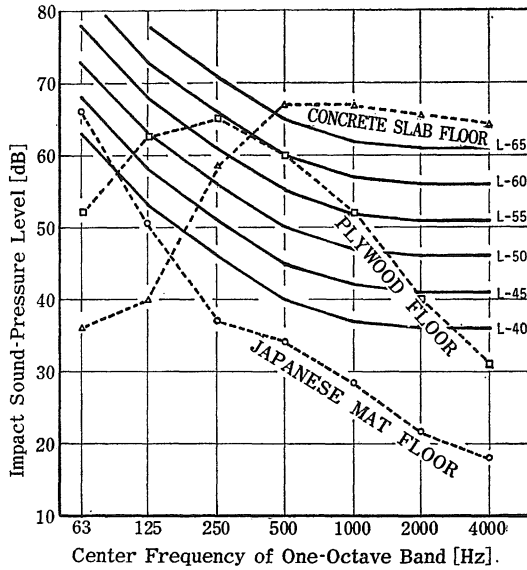


Fig. 7 Comparative impact sound transmission of the third floor to the standard reference contour prescribed by Japan Industry Standard.

数域が高くなるにしたがって、空気伝搬音の場合と同様に遮音性能は良好となるが、コンクリート床では著しく悪く、高い周波数域でも 10 dB 以下である。これは材料の伝達特性の他に、コンクリート床では建物本体に直接打撃するのに対し、たたみ床や合板床では床下が荒板、大引、根太等の床構成による差異もある。いずれに

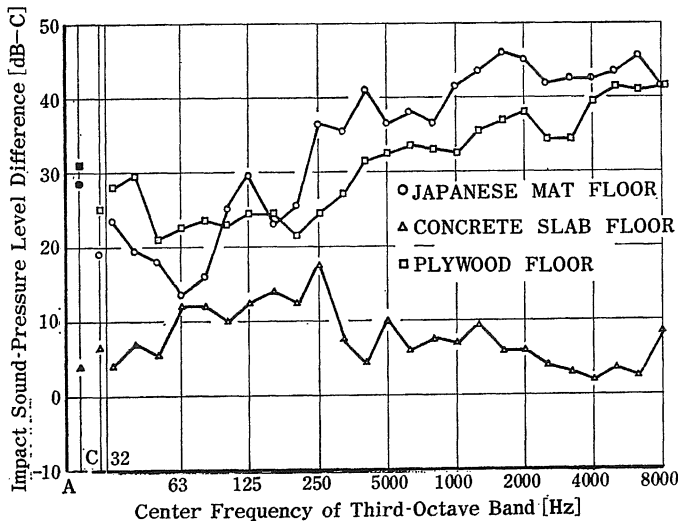


Fig. 8 Impact sound-pressure level difference between the source room of impact noise and the room just below it.

しても、衝撃表面の材料特性（たたみ）、床下構成（たたみ、合板）によって、コンクリート床よりも衝撃音が大幅に吸収され改良される。

4. ま と め

壁式鉄筋コンクリート造りの3階建集合住宅の床衝撃音レベルの測定をおこない、次のことがわかった。

たたみ床、コンクリート床および合板床に衝撃音を与えた場合、床衝撃音は音源室で合板床が最も大きく、他の2材料ではすこし低く同一レベルである。

床衝撃音レベルが建物全体におよぼす伝搬特性はコンクリート床、合板床と同程度、たたみ床が最も小さい。

コンクリート床に発生した床衝撃音は他の2材料と異なり、高い周波数域の音圧レベルが高く、床衝撃音の遮音性能も著しく劣る。

被測定建物を床衝撃音の面から評価すると、従来の諸結果からみて、ごく妥当な値を示した。部屋の使用目的によって、耐水、感触などの諸性質のうちどれを優先するかで床の種類が決まるが、防音の性質からのみ考えれば、床衝撃音は材料の表面性と材質、および床構造に支配されるから、コンクリート床や合板床にはカーペットを敷くか、コンクリート床には浮構造も併せておこなう必要があるだろう。

5. 引 用 文 献

1. 木村 翔：音響技術，3（1）51-85，1974.
2. 大川平一郎：音響技術，3（1）22-25，1974.
3. 高橋 徹・田中千秋・伊藤 陽：鳥大農研報，8，60，1974.
4. 大川平一郎他：音響学会講演集，83-84，1972.
5. 久我新一：建築音響 21，56-59，1971.
6. 久保田喜八郎：建築学会講演集 41-42，1972.
7. 松浦邦男他：建築研究協会報告書「高層アパートの騒音および衝撃音の防止に関する調査研究」，建築研究協会，京都，1975，1-34.
8. 木村 翔：音響技術 4，371-380，1975.
9. 高橋 徹：未発表

Summary

This paper deals with a field investigation of impact noise of floors generated by a tapping machine in a box-frame-type reinforced concrete apartment building. The structure has three floors and eighteen apartments as shown in figures 1 and 2.

The tapping machine was set in room number 3 of apartment number 304, which is on the third floor as shown in figure 2, and noise distribution to the entire apartment building and the apartments below the noise source (304) was investigated.

The flooring materials are reinforced concrete slab, plywood, and Japanese mat.

The conclusions of this field investigation are summarized as follows :

In the source room, the impact sound level generated by the tapping machine on the plywood floor was higher by a few decibels than that generated on the other two floor materials, which showed similar levels.

Impact sound on the reinforced concrete slab floor and on the plywood floor is distributed to almost the whole area of the building but impact sound on the Japanese mat is distributed to a limited part of the building.

Impact noise on reinforced concrete slab floors contains more higher-frequency components than on the other two flooring materials.

Japanese mat was the best of the three floor material tested in terms of reduction of floor impact noise.

Impact noise on plywood floors and reinforced concrete slab floors may be reduced effectively by covering the floors with an elastic surface material such as carpeting.