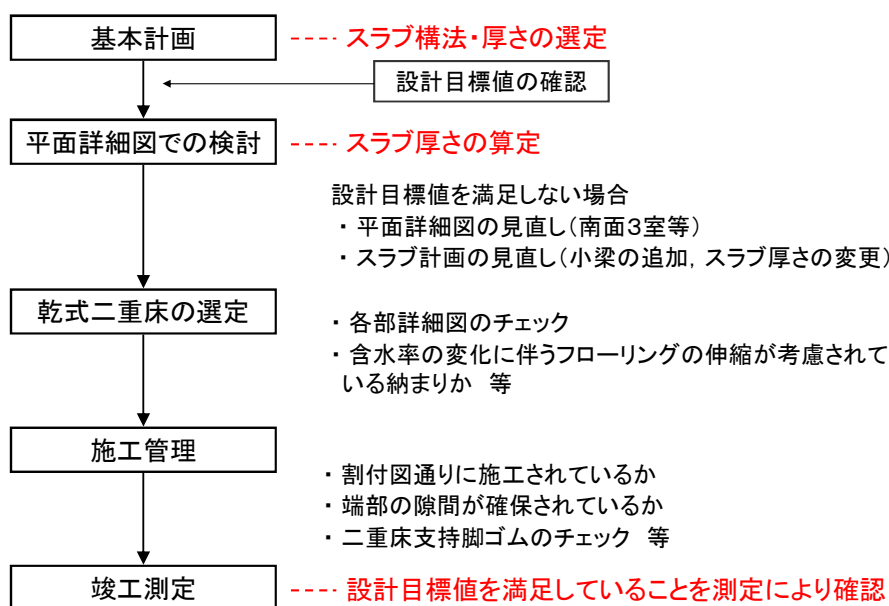


集合住宅における遮音設計 および施工管理の留意点

(株)熊谷組 技術研究所
大脇 雅直

集合住宅の遮音設計フロー(特に重量床衝撃音)



設計目標値の例

設計時(空間性能)

重量床衝撃音 $L_{i,Fmax,r,H(1)}$ - 50 (スラブ素面)

軽量床衝撃音 $L_{i,r,L}$ - 45

竣工時(空間性能)

重量床衝撃音 $L_{i,Fmax,r,H(1)}$ - 55~60

軽量床衝撃音 $L_{i,r,L}$ - 45~50

部材性能

直張り床 $\Delta LL(I)$ - 4

乾式二重床

$\Delta LH(II)$ - 2

$\Delta LL(II)$ - 3

局所集中荷重 4mm以下(100kg)

等分布積載荷重 5mm以下(200kg/m²)

重量床衝撃音レベルの予測手法

①インピーダンス法による方法

・小型スラブを対象としたインピーダンス法

木村・井上

・大型スラブを対象としたインピーダンス法

大脇・山下, 木村・井上, 古賀・田野等

・インピーダンス法2009

②拡散度指数を用いた方法

橋本

③数値計算による方法

・有限要素法+波動関数法

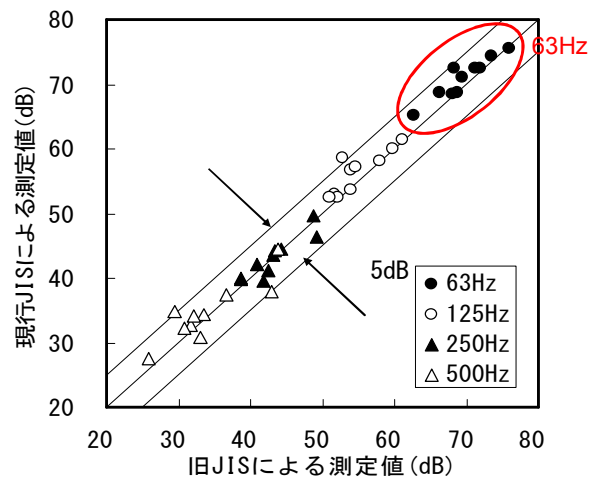
橋本等

・有限要素法+境界要素法

二宮等

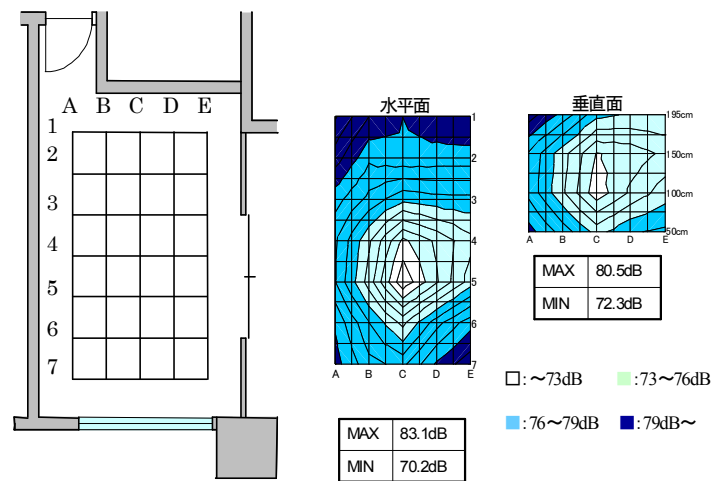
現行JISと旧JISによる重量床衝撃音の差

現行JISのほうが63Hz帯域で0～4dB大きくなる傾向がある。



受音室(測定室)の状況

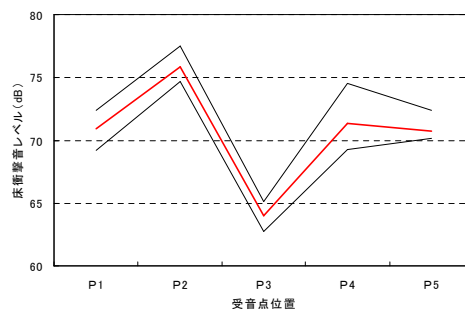
重量床衝撃音の音圧分布特性(室内のモード)



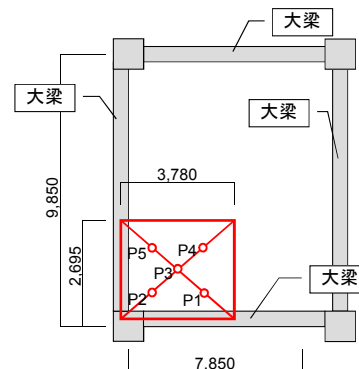
LD音圧分布 重量床衝撃音レベル 63Hz帯域
(室中央打撃 左: 水平面[h=1.2m] 右: 垂直面)

受音点ごとの分布(63Hz帯域)

室用途 洋室
 スラブ 均質単版スラブ 240mm
 床仕上げ 乾式二重床(床先行工法)
 天井 二重天井 天井厚220mm
 天井高 2500mm
 実測値 $L_{i,Fmax,r,H(1)} - 50(49)$



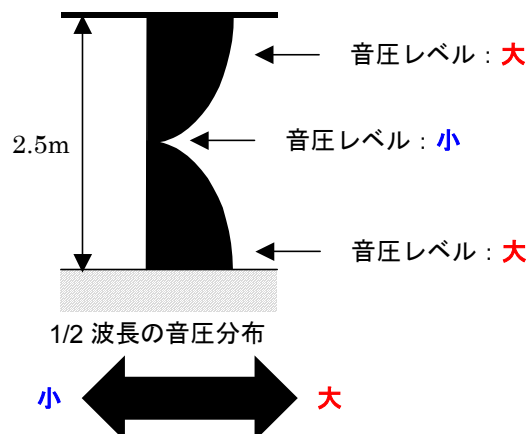
受音点ごとの床衝撃音レベルの分布
(63Hz帯域)



受音点高さ
 P1:1000mm
 P2:1600mm
 P3:1200mm
 P4: 800mm
 P5:1400mm

室のモード

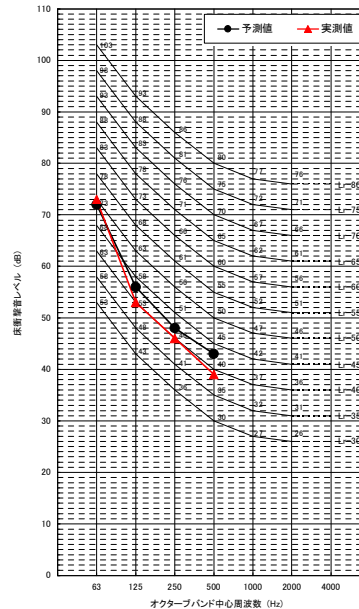
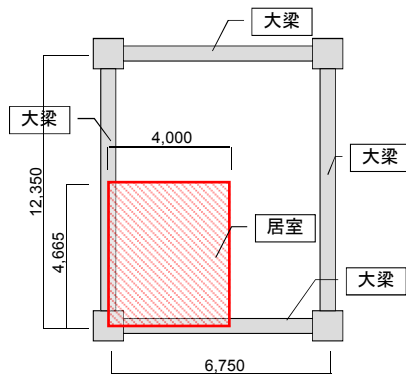
室内で、音圧レベルが大きくなる場所と小さくなる場所は、波長によって決まります。例えば63Hzの波長は5.4mなので1/4波長は1.35mとなります。通常、居室の天井高は2.5mですので63Hzの1/2波長とほぼ一致するため、63Hz帯域で音圧レベルの大きい場所と小さい場所がでできます。



室の配置計画による性能の違い(1)－床衝撃音遮断性能－

A.大梁2辺拘束

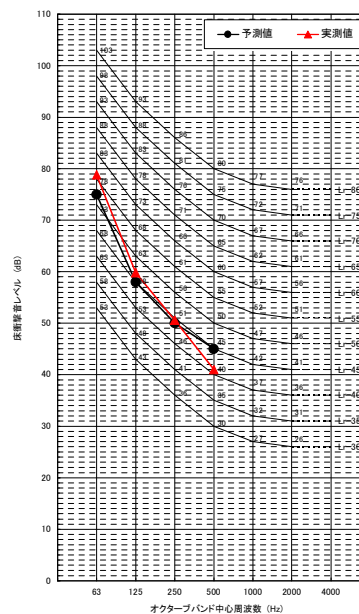
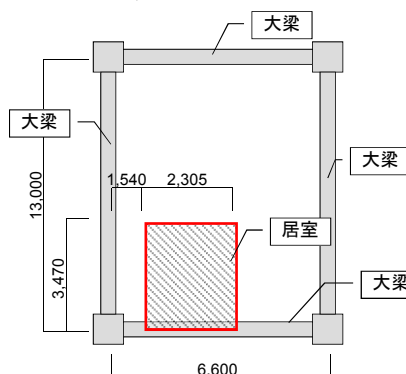
室用途 LD
スラブ 波型ボイドスラブ 280mm
床仕上げ 直張りフローリング
天井 二重天井 天井懐205mm
実測値 L数 48
予測値 L数 50



室の配置計画による性能の違い(2)－床衝撃音遮断性能－

B.大梁1辺拘束

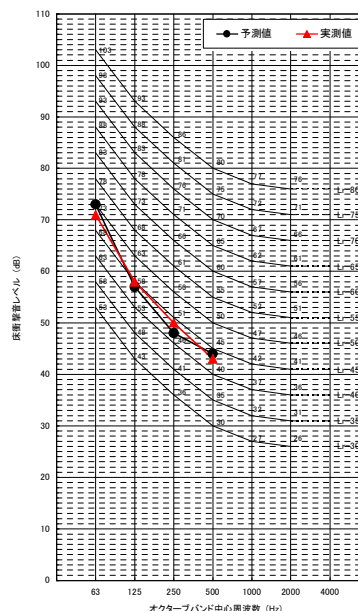
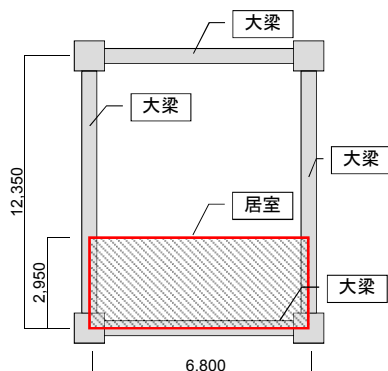
室用途 洋室
スラブ 波型ボイドスラブ 270mm
床仕上げ スラブ素面
天井 天井仕上げなし
実測値 L数 56
予測値 L数 52



室の配置計画による性能の違い(3)－床衝撃音遮断性能－

C.大梁3辺拘束

室用途 LD
 スラブ 波型ボイドスラブ 280mm
 床仕上げ 直張りフローリング
 天井 二重天井 天井懐205mm
 実測値 L数 50
 予測値 L数 49



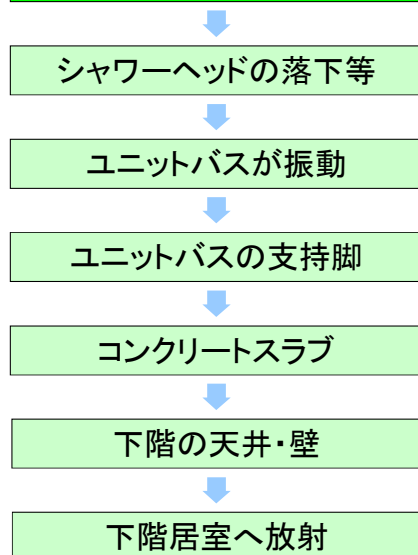
水廻りが上下のプランで異なる場合に配慮すべきポイント

- 1) トイレ、洗面所の直下に居室が計画されている。
 ⇒ 乾式二重床に際根太を採用しない。
 防振脚の採用。(床先行工法が前提)
- 2) ユニットバスの直下に居室が計画されている場合
 ⇒ 支持脚に防振ゴムを設置(ゴム硬度40度程度)
 出入口口部に際根太を使用しない。
 防振脚の採用。

設計目標: 上下同一プランと同等の性能。大型スラブの場合には、
 梁がないため減衰はほとんど期待できない。

ユニットバスにおける音の発生経路

ユニットバスの音の発生経路

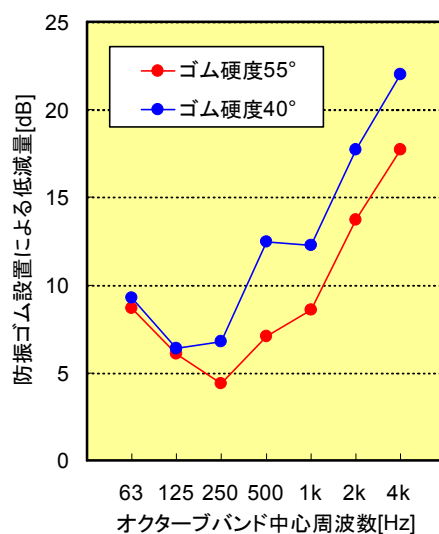


通常の集合住宅の騒音レベル:
直下室で40~45dBA程度

フリースランの増加:
水廻りの直下室に居室(寝室)
がくる場合が増加
(対策が必要)

ユニットバス支持脚のゴム硬度による効果

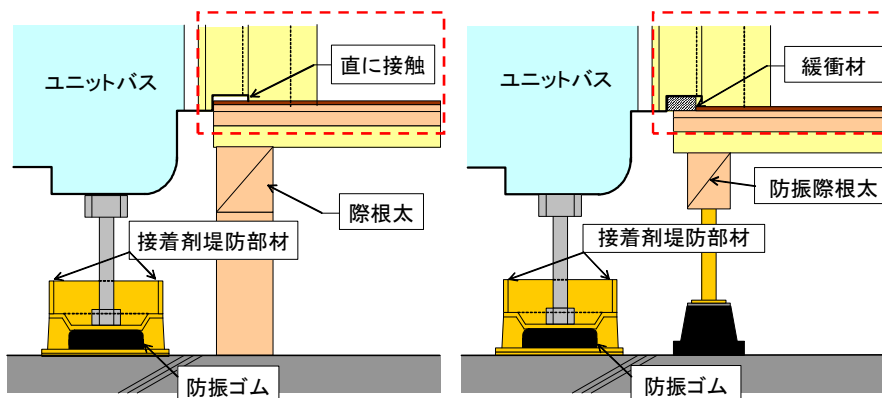
シャワーヘッド・石鹸の落下音⇒500~2000Hzの高音域



シャワーヘッド・石鹸の落下音
⇒500~2000Hzの高音域

効果量(ゴムなしと比較)
防振ゴム硬度55° : 7dB
防振ゴム硬度40° : 12dB
(500Hz帯域)

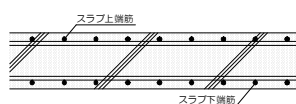
ユニットバス支持脚の納まり



際根太を使い、ユニットバスと
直接に接触する悪い例

防振際根太を用い、緩衝材に
よりユニットバスと振動された
良い例

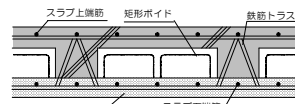
スラブ断面の例



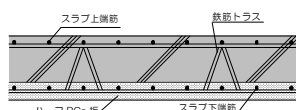
均質単板スラブ(RCスラブ)



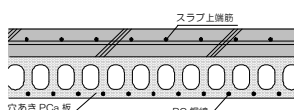
アンボンドスラブ



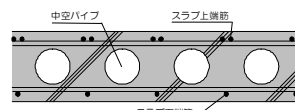
矩形中空合成スラブ



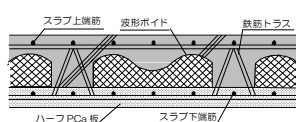
ハーフPCa合成スラブ



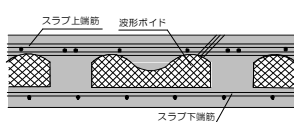
穴あきPC板合成スラブ



円形中空スラブ



波形中空合成スラブ



波形中空スラブ(現場打ち)

⇒近年、プラン変更に対応しやすい大型ボイドスラブが増加。

大型スラブの重量床衝撃音レベル 予測値と実測値の対応(1)

予測計算の流れ

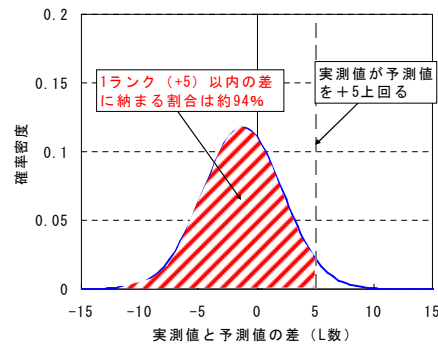
Step1) **スラブ素面の床衝撃音レベル予測**



Step2) **仕上げ材**(乾式二重床・間仕切壁・天井)を考慮



仕上げ材まで含めた床衝撃音レベル



実測値: 直張りフローリング・スラブ素面
予測値(大脇・山下式): スラブ素面
サンプル数: 41室

大型スラブの重量床衝撃音レベル 予測値と実測値の対応(2)

- ・スラブ素面の予測値に対して実測値が5dB以上大きいものは5%程度
- ・しかし仕上げ材まで考慮すると予測値と現場測定値の対応が十分でない場合もある。
 - － 断熱折り返し部, 乾式二重床(端部納まり・床高), 際根太等の床衝撃音遮断性能に影響を及ぼす部位の検討
- ・実験的に求められた床仕上げ構造や天井等の床衝撃音レベル低減量および実建物での過去の測定値を考慮して予測している。

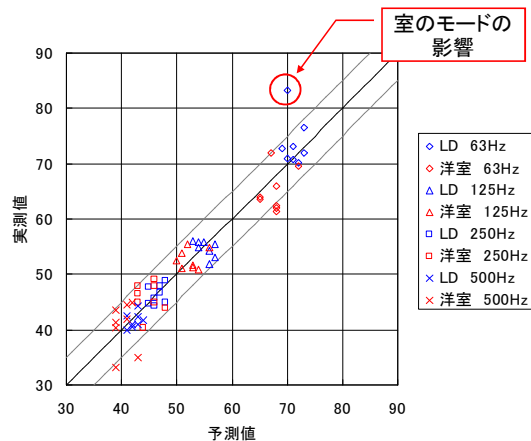
大型スラブの重量床衝撃音レベル 予測値と実測値の対応(3)

直張り床の事例(1団地 3棟16室)

スラブ 波型中空スラブ 300mm

直張りフローリング

予測計算方法 大脇・山下式(スラブ素面)



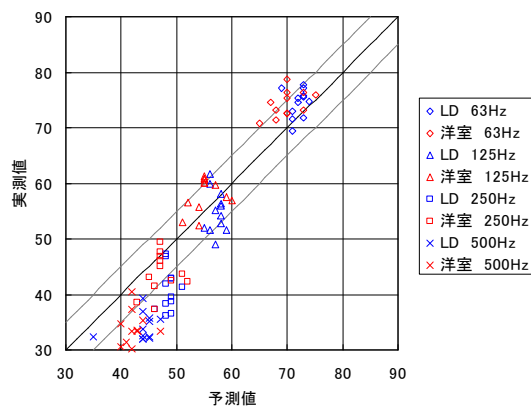
大型スラブの重量床衝撃音レベル 予測値と実測値の対応(4)

乾式二重床の事例(1団地 2棟24室)

スラブ 波型中空スラブ250~270mm

乾式二重床 床先行工法 仕上げ高さ130~150mm $\Delta LH(II)-2$

予測計算方法 大脇・山下式(スラブ素面)



乾式二重床と直張りフローリング

乾式二重床と直張り床を選定するときの留意点

- ①歩行感
- ②バリアフリーへの対応 ⇒スラブ段差
- ③階高の制限
- ④床の断熱折り返し
(品確法で等級4をとろうとすると対応が難しい)

床先行工法と壁先行工法 メリットとデメリット(1)

住宅購入者にとっての床先行工法のメリットデメリット

メリット	デメリット
①敷居や出入り口部分も防振性の支持方法が採用できるため、床衝撃音遮断性能が高くなる。 ②間仕切壁が床下地の上に施工できるので、ドアおよび引き戸の開閉により発生する音(下階へ伝わる音)が大幅に減少する ③床下地の上に見切り等が施工されるため、仕上材とのチリが一定間隔にでき仕上がり面がきれい。 ④床下地上に間仕切壁ができるため、リフォームを行う場合、仕上げ材と間仕切壁の取り壊しのみで対応できる。	①壁先行工法に比べ、隣室への振動の伝搬が大きい。

床先行工法と壁先行工法 メリットとデメリット(2)

デベロッパーにとっての床先行工法のメリットデメリット

メリット	デメリット
①敷居や出入り口部分も防振性の支持方法が採用できるため、床衝撃音遮断性能が高くなる。 ②間仕切壁が床下地の上に施工できるので、ドアおよび引き戸の開閉により発生する音(下階へ伝わる音)が大幅に減少する ③床下地の上に見切り等が施工されるため、仕上材とのチリが一定間隔にでき仕上がり面がきれいである。 ④床下地の上に間仕切壁ができる為、販売の途中での設計変更(間仕切り移動等)に於ける対応がしやすい。 ⑤二重床端部の隙間の管理がきちんとできるためアフタークレームの減少につながる。 ⑥バリアフリーへの対応が容易。 ⑦床材の残材が減少する。(環境配慮)	①壁先行工法に比べ、隣室への振動の伝搬が大きい。

床先行工法と壁先行工法 メリットとデメリット(3)

施工者にとっての床先行工法のメリットデメリット

メリット	デメリット
①配管、配線の位置を自由自在に決められる。 ②他の内装工事業者との取合いがなくなるため、計画的に施工が行え、工期の短縮ができる。 ③床パネルを事前に搬入するため、運搬時にドア枠等を傷つける恐れが少なくなる。 ④室内間仕切壁に合わせた下地材のカットが大幅に減少するため、施工能率が向上する。 ⑤床材の残材が減少する。(環境配慮) ⑥バリアフリーへの対応が容易。 ⑦乾式二重床の材料置き場の確保が容易。 ⑧室内間仕切壁の施工時に足元が平坦となっているので作業場所が安全。 ⑨押入れ、クローゼット等の施工がしやすい。	①スラブ面、床下地面と墨だしが二回必要となる。

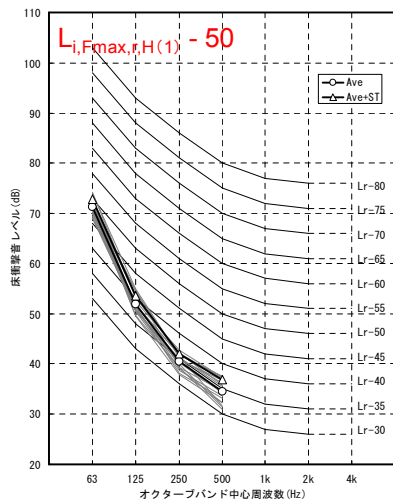
床先行工法と壁先行工法 施工性の比較(1)

		床先行乾式二重床工法	壁先行乾式二重床工法
品 質	床レベル 対応	・大きな面でのレベル管理が可能である ・ドア枠下をフローリングが通しで貼れる	・ドア下には必ず見切りが入る ・乾式二重床が部屋ごとのレベル管理になるため誤差が出やすい
	施工性	・各業種とも非常に効率が良い(電気・設備・造作・家具等)	・工程が遅れた場合にラップ作業が難しい ・室内間仕切壁の中での作業となる為、施工効率が悪い
	ドアの傷	・床が乾式二重床でフラットに施工されており、資材の運搬が楽になり傷がつきにくい	・搬入時にドア枠に当たらないように注意が必要
	管理面	・室内間仕切壁と乾式二重床の間の隙間が必要なく、隙間の施工管理が容易	・各部屋ごとに室内間仕切壁と乾式二重床の間に隙間が必要であり、施工管理が難しい
	設備配管	・乾式二重床施工前に自由に作業できる	・室内間仕切壁の位置を避けて配管を敷設する必要がある

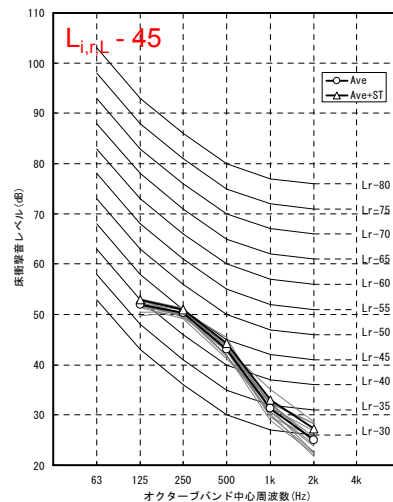
床先行工法と壁先行工法 施工性の比較(2)

		床先行乾式二重床工法	壁先行乾式二重床工法
コ ス ト	材料費(%)	80	100
	施工費(%)	95	100
	墨だし費用	・2度出すため割高になる	・1度でよい
工 程		・1サイクルにおいて壁先行乾式二重床工法より3日ほど短縮できる ・資材の置き場所が楽になる	・部屋が狭く荷の搬入に時間がかかる ・前工程が確実に終わらないと次の作業が開始できない
安 全		・全体に平らな床のため施工中の作業がしやすい ・全体に平らな床のため清掃がしやすい ・廃材が少なくなるので環境にやさしい	・床段差や設備配管がある為つまづきやすい ・配管下のごみは清掃するのに手間がかかる
環境配慮		・廃材が少なくなるので環境にやさしい	・材料のカットが多くなり多くの残材が発生する
住宅購入者 からの指摘		・壁との接点が少ないためこすれによる床鳴りが少ない ・間仕切壁と乾式二重床の間の隙間がないので購入者からの指摘を受けにくい ・将来の間取り変更が容易	・廊下など壁との接点による床鳴りが発生しやすい ・間仕切壁と乾式二重床の間の隙間が変化しやすく指摘を受けやすい ・将来間取り変更する場合、乾式二重床まで撤去することとなる

床先行工法の測定例(同一プラン)



重量床衝撃音レベル測定結果



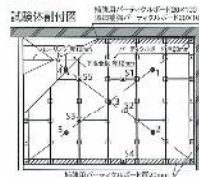
軽量床衝撃音レベル測定結果

⇒床衝撃音遮断性能が安定

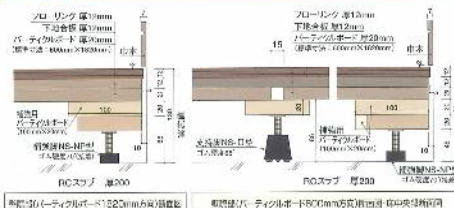
試験データのカタログ表記例

試験概要

試験方法: JIS A 1440-1,2:2007
試験設備: 減圧機連動型
試験床: 200mm厚RCスラブ
加振点数: 10点/5点
試験機関: 株式会社建築研究所
試験日: 2010年2月24日
試験番号: IVA-09-0239



試験体図面



※図1～図4は、試験体断面図を示す。
図1は、試験体断面図を示す。
図2は、試験体断面図を示す。
図3は、試験体断面図を示す。
図4は、試験体断面図を示す。

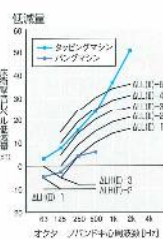
床衝撃音レベル低減量

重量: ΔLH(II)-3
軽量: ΔLH(II)-2

床衝撃音レベル低減量試験結果

試料ID (円)	乾燥調整レベル(単位: g)							
	タングリマシ				パンマシ			
	試料ID	試料ID	試料ID	試料ID	試料ID	試料ID	試料ID	試料ID
55	55.4	55.6	55.8	56.0	56.9	57.7	58.5	-4.0
134	74.1	74.3	74.5	74.7	75.4	76.1	76.8	-0.7
250	74.2	74.4	74.6	74.8	75.6	76.4	77.2	-1.2
590	74.0	74.2	74.4	74.6	75.3	76.0	76.7	5.0
1000	75.2	75.4	75.6	75.8	-	-	-	-
2000	75.2	75.4	75.6	75.8	-	-	-	-
4000	75.2	75.4	75.6	75.8	-	-	-	-

※1. 図1～図4は、試験体断面図を示す。図1は、試験体断面図を示す。図2は、試験体断面図を示す。図3は、試験体断面図を示す。図4は、試験体断面図を示す。

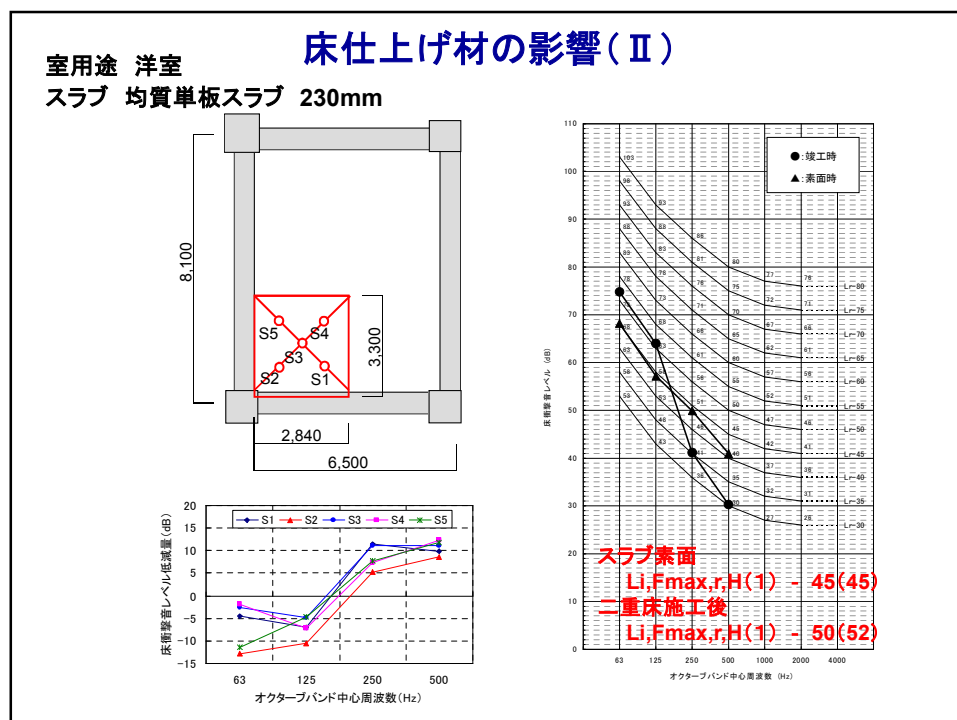
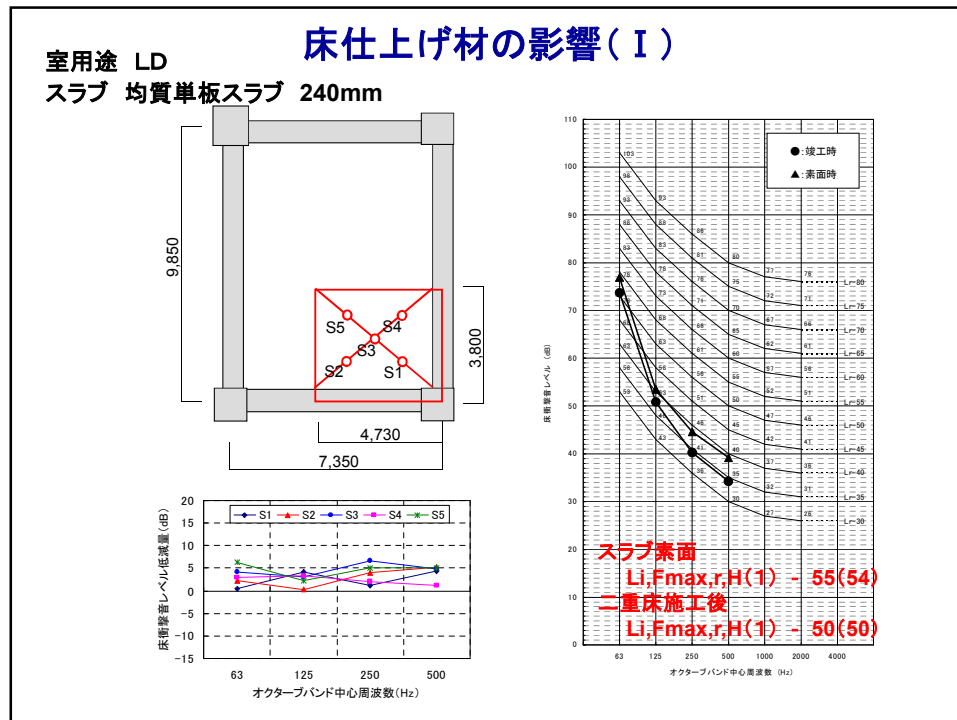


耐荷重性能

耐荷重性能試験 (床衝撃音レベル)	試験体中心点 (単位:mm)
55	55.4
134	74.1
250	74.2
590	74.0
1000	74.4
2000	75.2
4000	75.2

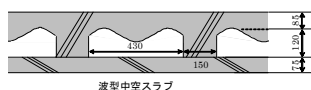
※1. 図1～図4は、試験体断面図を示す。図1は、試験体断面図を示す。図2は、試験体断面図を示す。図3は、試験体断面図を示す。図4は、試験体断面図を示す。

※NSフローⅢの事例



床仕上げ材の影響(Ⅲ) 際根太

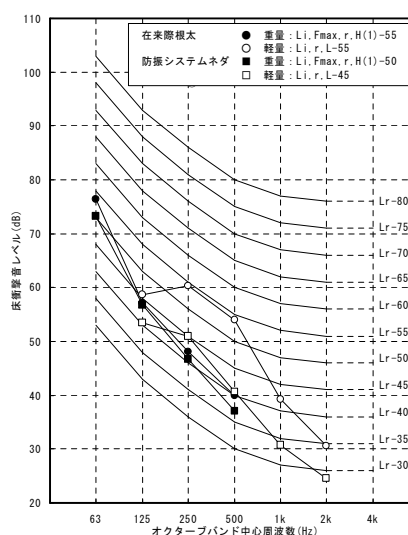
測定対象の床仕様
スラブ:



二重床:

在来際根太 (フローリング12mm+床暖12mm
+合板12mm+パーティクルボード25mm, 床高120mm)
防振システムネダ (フローリング12mm+床暖12mm
+合板12mm+パーティクルボード20mm, 床高120mm)

⇒際根太によって床衝撃音遮断
性能が低下



床衝撃音遮断性能を確保するための床仕様

- ・床端部を防振性の高い支持脚で施工
⇒従来の床(固定際根太)に比べて床がたわむ
- ・巾木を浮かして施工
⇒巾木と床仕上げ材(フローリング)の間に隙間

これらの納まりは床衝撃音遮断性能の確保を目的とした仕様である。

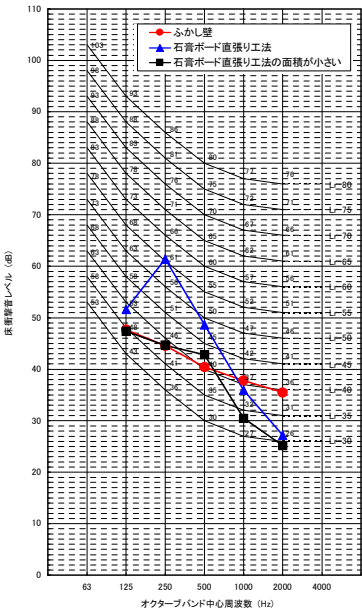


サッシ枠にフローリングを差し込んで施工

内装の影響①

内装仕上げ(外壁)
石膏ボード直張り工法
 $L_{i,r,L} - 55$
ふかし壁
 $L_{i,r,L} - 40$
石膏ボード直張り工法の面積が
小さい場合
 $L_{i,r,L} - 45$

石膏ボード直張り工法の面積が
小さい場合は影響が軽微



内装材の影響②

せっこうボード直張り工法の室表面積に対する割合と軽量
床衝撃音レベル等級

室表面積に対するせっ
こうボード直張り工法の割
合が5%以下となるよう
にすると影響は軽微

せっこうボード直張り工法の室表面積に対する割合と軽量床衝撃音レベル等級						
	室名	表面積 (m2)	外壁面に対するせっ こうボード直張り工法 の割合(%)		表面積に 対するせっ こうボード 直張り工法 の割合(%)	軽量床衝 撃音レベル 等級 $L_{i,r,L}$
			壁のみ	壁+梁型		
①	Aタイプ LD	66.0	5	20	3	40
②	Aタイプ BR1	47.2	0	12	2	40
③	Bタイプ BR1	46.3	69	77	14	55
④	Cタイプ LD	98.4	54	44	4	40
⑤	Cタイプ BR1	48.5	44	36	5	45
⑥	Dタイプ LD	76.7	54	48	5	35
⑦	Bタイプ BR1 軽鉄+PB	46.3	13	29	5	45

内装の影響③

一般的な妻側住戸の施工方法:

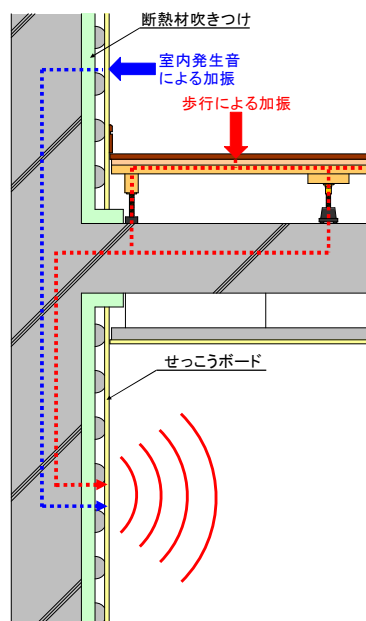
石膏ボード直貼り工法(GL工法)

(結露防止のために断熱材を吹き付け、ボードで仕上げる工法)

石膏ボード直張り工法: 250Hz付近で低域共鳴透過により遮音性能が低下する。

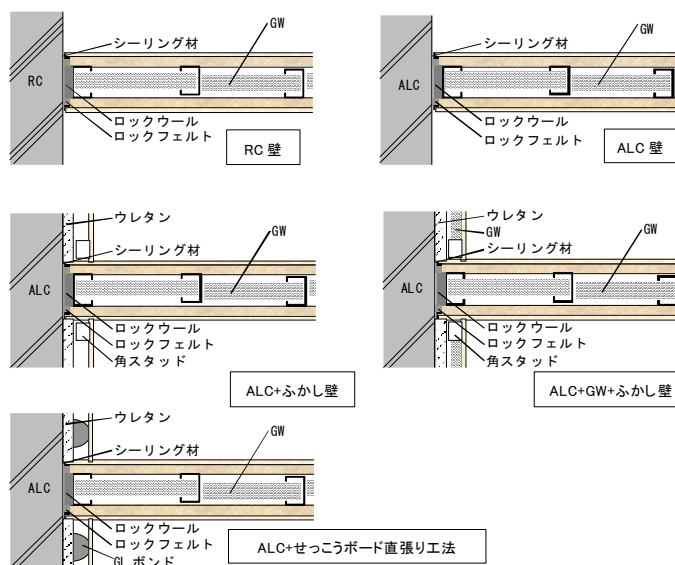
これはコンクリート壁と石膏ボードの間にある空気がばねの作用をし、石膏ボードを振動させるためにおきる。

このため歩行により生じた振動が石膏ボード直張り工法によって増幅され、音となって下室内に放射される。



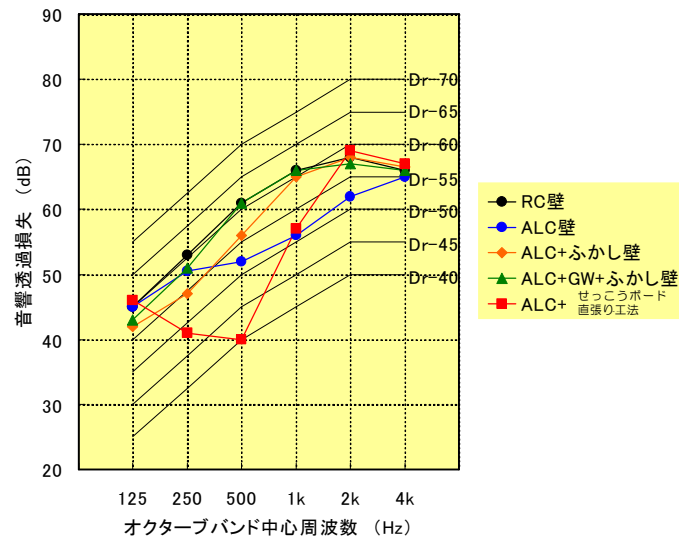
内装の影響④

ALC+石膏ボード直張り工法の遮音欠損(壁の種類)



内装の影響⑤

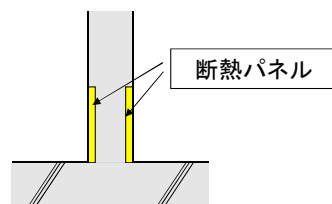
ALC+石膏ボード直張り工法の遮音欠損(壁の種類)測定結果



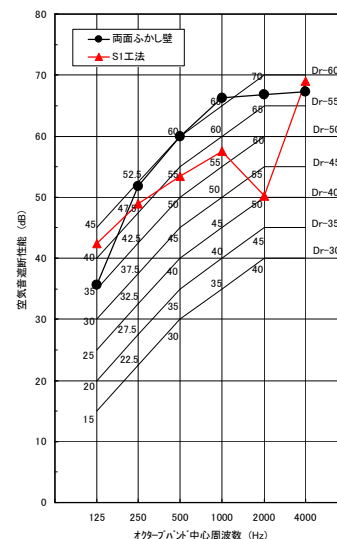
内装の影響⑥

S1工法による影響

S1工法とは、コンクリート下地に
接着剤で断熱パネルを直張りする工法。



- ・室間音圧レベル差が2kHzで低下
- ・床衝撃音遮断性能への影響は小さい



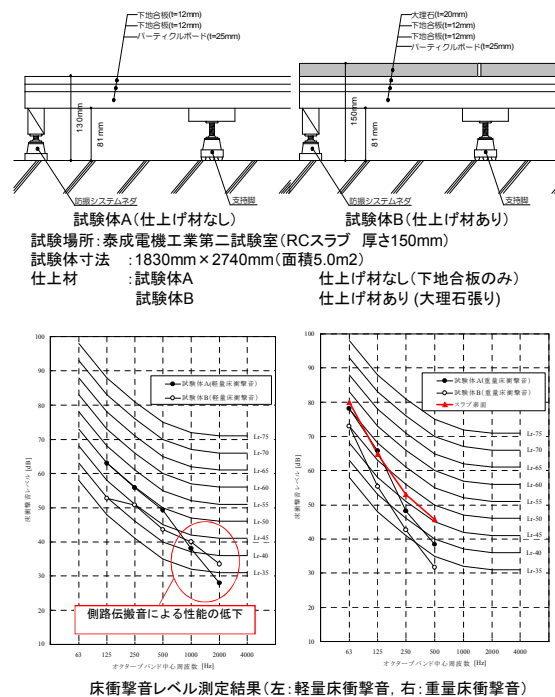
開口部の影響

石張り乾式二重床

・二重床の剛性向上に伴い、床衝撃遮断性能が向上

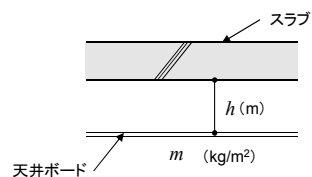
・軽量床衝撃音レベルは開口部からの側路伝搬音の影響によって1000Hz帯域以上で性能が低下

⇒開口部が大きい場合には影響があるので注意が必要



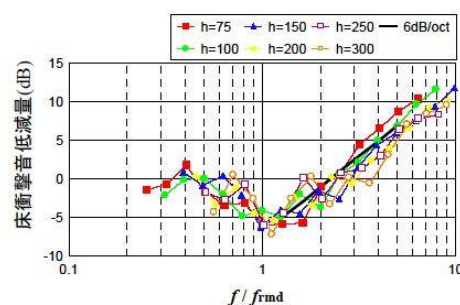
二重天井の影響

二重天井のボードと天井懐の空気層によって共振系が形成されるので、共振周波数付近の周波数帯域において床衝撃音がスラブ素面時に比べて増幅され、床衝撃音遮断性能が低下する場合がある。



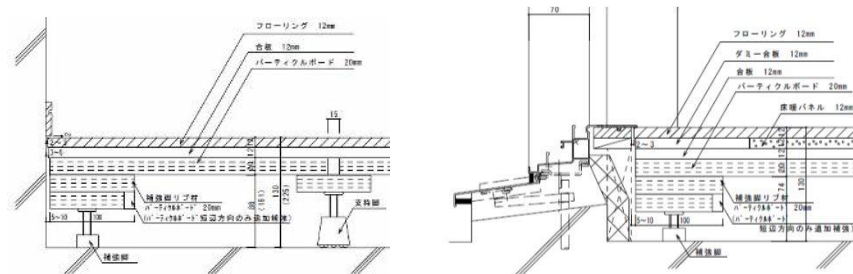
$$f_{rmd} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho c^2}{mh}}$$

- f_{rmd} : 天井の共振周波数 (Hz)
 h : 天井懐寸法 (m)
 m : 天井ボードの面密度 (kg/m²)
 c : 音速 340 (m/s)
 ρc : 空気特性インピーダンス (m/s)



施工監理のポイント

乾式二重床の部分詳細図が作成されているか



性能低下をまねく納まりの排除

乾式二重床

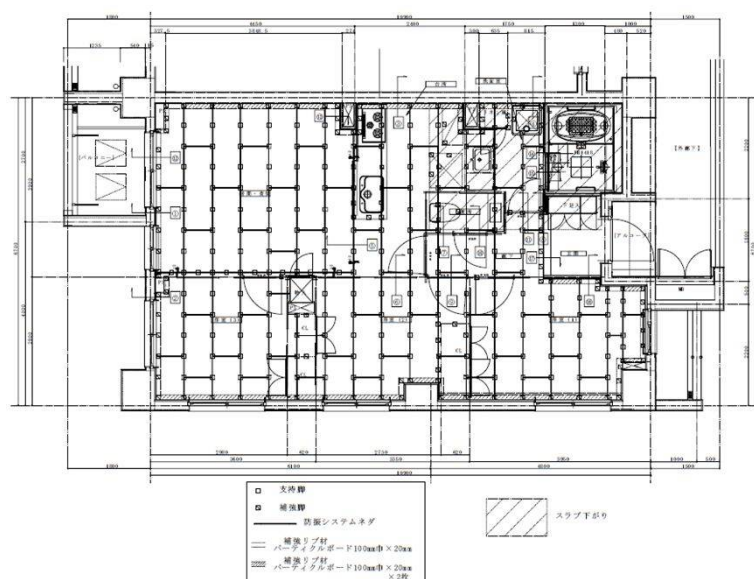
- ・固定際根だの有無
- ・巾木と二重床の隙間の有無
- ・支持脚ゴムの硬度
- ・内装壁(石膏ボード直張り工法)
- ・壁際隙間の有無

直張り床

セルフレベルリングがきちんと施工されているか？

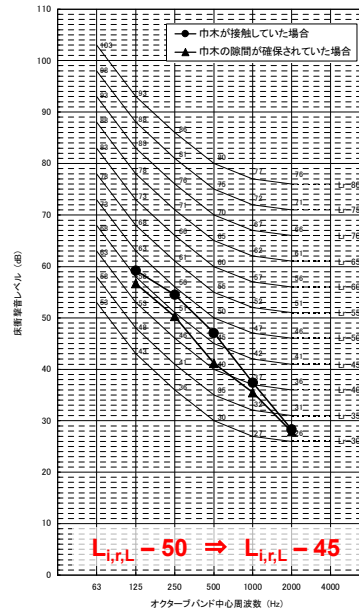
施工監理のポイント

乾式二重床の割付図が作成されているか



性能低下の実例

巾木が乾式二重床と接触していた事例



性能低下の事例

スラブ: アンボンドスラブ200mm+乾式二重床の仕様

一般部: パーティクルボード200mm+
制振シート6mm+フローリング12mm
防振支持脚ゴム硬度65°

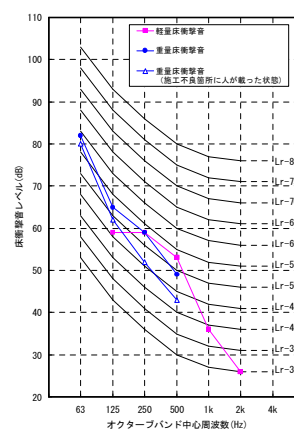
壁際部: システムネダ(ゴム硬度83°)

事象

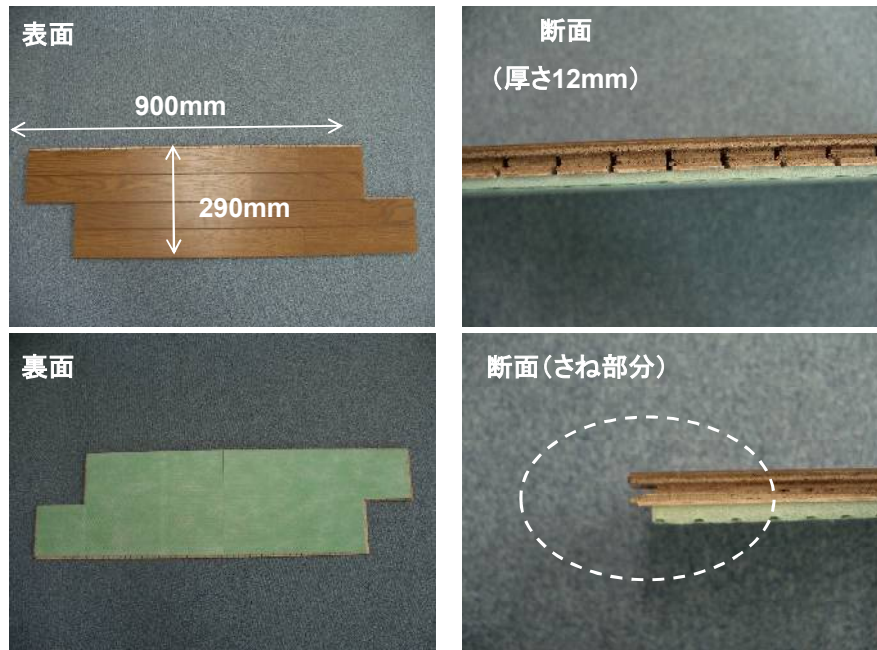
壁際のシステムネダが一部浮いておりタイヤ打撃時にフローリングと幅木があたっていた。

⇒浮いていた箇所に人が載った状態で再測定。
250-500Hz帯域の性能低下はなくなった。

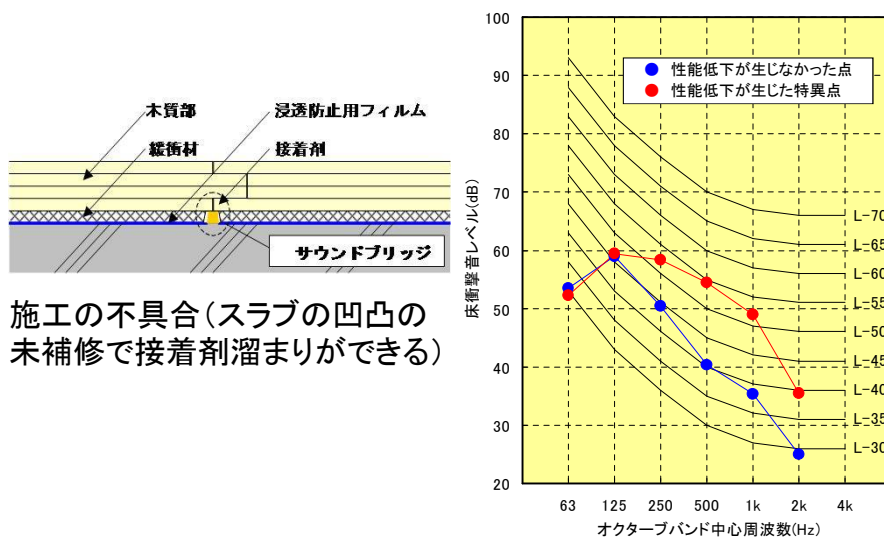
下地に制振シートを入れているが、システムネダを使用しているため軽量床衝撃音レベルは $L_{r,L} - 55$



直張り床の構成例



直張り床で実際の建物で性能が実現できなかった事例



ご静聴ありがとうございました。