

事務所から住居系施設へのコンバージョンに伴う遮音対策

財満健史* 近藤誠一* 大脇雅直* 山下恭弘**

既存の事務所ビルから住居系施設へのコンバージョンにおける重量床衝撃音対策について検討した。S造建築物においては梁をH鋼でサポートする方法およびカーテンウォール～スラブ間にコンクリートを増し打ちする方法が、RC造建築物においてはスラブに小梁を付加する方法がそれぞれ有効である事を示した。また、床仕上げによる対策方法として石貼り乾式二重床について検討し、重量床衝撃音の対策に有効であることを示した。

キーワード：コンバージョン、床衝撃音、S造、RC造、集合住宅

1. はじめに

都市部において超高層の事務所ビルが多数建設され、中小事務所ビルから移転が行われた。その結果、中小事務所ビルの空き室が増加している。この課題の解決策のひとつとして、事務所ビルから集合住宅や宿泊施設へ用途転用（以下コンバージョンという）することが考えられる。しかし、事務所ビルでは、用途の性質上、住宅系施設としての十分な床衝撃音対策は行われていない。これまでRC造の集合住宅における重量床衝撃音レベルは、木村、井上により提案されたインピーダンス法を用いた方法¹⁾（以下インピーダンス法と略す）や50㎡を超える大型スラブを対象として筆者等が提案する予測計算式²⁾を用いて予測を行うことが出来る。S造の集合住宅の床衝撃音レベル予測法については、筆者等がすでに報告している³⁾。しかし、S造事務所ビルにおけるデッキプレートスラブのインピーダンス特性については、十分な検討がなされていない。このため現状では、インピーダンス法を適用して重量床衝撃音レベルを予測することは出来ない。

RC造事務所ビルについても、スラブが薄く、大きなスパンである場合が多い。そこで、スラブの剛性を増すための小梁の追加や剛性の高い乾式二重床を設置する等の対策が必要となる。

本稿では、S造建物の重量床衝撃音遮断性能を予測するために、デッキプレートスラブの駆動点インピーダンス特性、さらに遮断性能を向上させる対策について検討を行う。RC造スラブの場合に、小梁付加や剛性の高い乾式二重床が床衝撃音遮断性能の向上にどの程度寄与するか検討を行った。

2. S造建物のデッキプレートスラブのインピーダンス特性

2.1 実験概要

測定は、S造事務所ビルのスラブで行った。デッキプレートスラブの断面をFig.1に示す。大梁のスパンは、8,100×8,070mmである。梁の寸法一覧をTable 1に示す。今回、梁の剛性を上げることを目的としてFig.2に示すように、H鋼に梁をサポートさせた。また、上下間の空気伝搬音遮断性能を向上させるため、Fig.3に示すように、外壁カーテンウォールとデッキスラブの間にコンクリートを増し打ちした。

Fig.4に駆動点インピーダンスの測定ラインおよび測定点を示す。インパルスハンマにより測定点近傍を加振し、測定点の振動速度をデータレコーダに記録した。衝撃力と振動速度は、サンプリング周波数4,096HzでAD変換した。AD変換後の波形から全時間応答インピーダンスレベル、衝撃時間内応答インピーダンスレベル（基準値：1kg/s）を算出した。測定および解析システムをFig.5に示す。

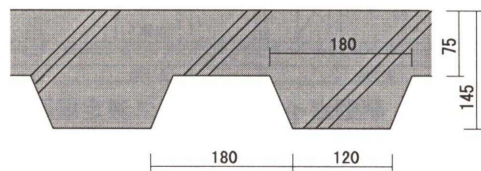


Fig.1 デッキプレートスラブ断面

Table 1 梁およびサポート柱一覧

種別	寸法
大梁1	BH-600×250×12×25
大梁2	BH-700×300×16×28
小梁1	H-550×200×9×16
小梁2	H-298×149×5.5×8
サポート柱	H-100×100×6×8

* 技術研究所 建設技術研究部 音環境研究グループ

** 信州大学工学部社会開発工学科教授・工博

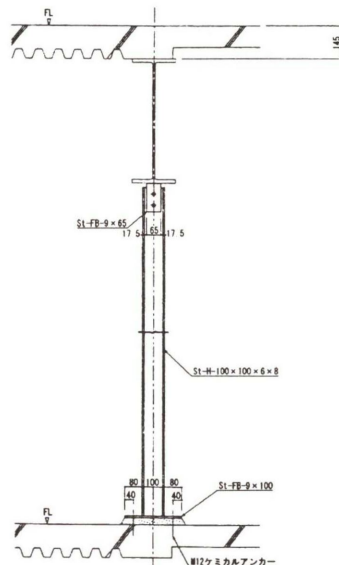


Fig. 2 H鋼による梁のサポート

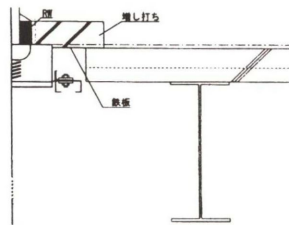


Fig. 3 外壁カーテンウォール取合部

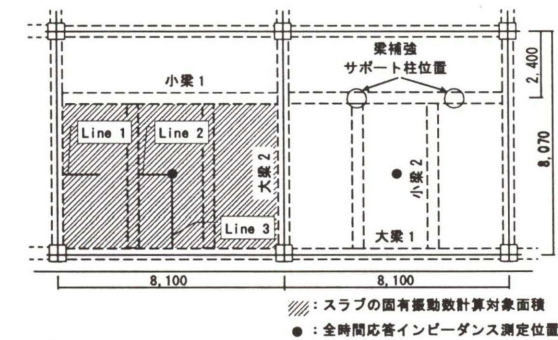


Fig. 4 駆動点インピーダンス測定場所

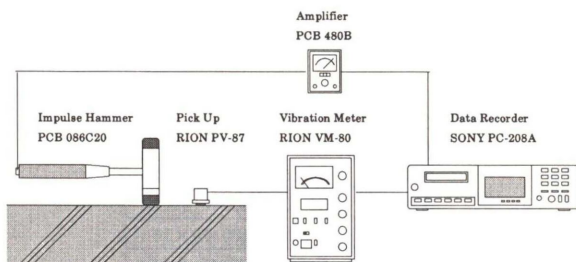


Fig. 5 測定システム

2. 2 測定結果および考察

(1) 基本インピーダンスレベル

基本インピーダンスレベルの計算値とスラブ中央における衝撃時間内応答インピーダンスレベルを Table 2 に示す。基本インピーダンスレベルの計算は式(1), (2)を用いた。なお、計算にあたり、デッキプレートの影響は考慮していない。さらに、強辺方向の断面で基本インピーダンスレベルを求めた。これを見ると、計算値と実測値は良く対応している。

$$L_z = 20 \log_{10} Z \quad \dots\dots(1)$$

$$Z = 8\sqrt{mB} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 L_z : 基本インピーダンスレベル [dB], Z : 基本インピーダンス [kg/s], m : 面密度 [kg/m²], B : 曲げ剛性 [N・m²] である。

(2) 全時間応答インピーダンス

Fig. 6 にスラブ中央点で測定した全時間応答インピーダンスレベルを示す。1次固有周波数を読み取ると梁サポートを入れる前が 15Hz, 梁サポートを入れた場合が 18Hz である。大梁-小梁で支持されるとして式(3), (4)から求めた計算値 16Hz と良く対応していた。

$$f_0 = 0.8 f_{0,fix} \quad \dots\dots(3)$$

$$f_{0,fix} = \frac{\pi}{4\sqrt{3}} \left(\frac{2.25}{a^2} + \frac{1.4}{b^2} \right) \left(\frac{E}{\rho} \right)^{1/2} h \quad \dots\dots(4)$$

ここで、 f_0 : スラブの1次固有振動数推定値 [Hz], $f_{0,fix}$: 4辺完全固定支持板の一次固有振動数 [Hz], a : 短辺長 [m], b : 長辺長 [m], E : ヤング率 [N/m²], ρ : 密度 [kg/m³], h : スラブ厚さ [m] である。

(3) 周辺拘束によるインピーダンスレベル上昇量

Fig. 7~8に周辺拘束によるインピーダンスレベル上昇量測定結果と回帰式を示す。梁にサポートを入れない時

Table 2 基本インピーダンスレベルと衝撃時間内応答インピーダンス

基本インピーダンスレベル (計算値)	衝撃時間内応答インピーダンスレベルの実測値	差
108.3	108.9	0.6

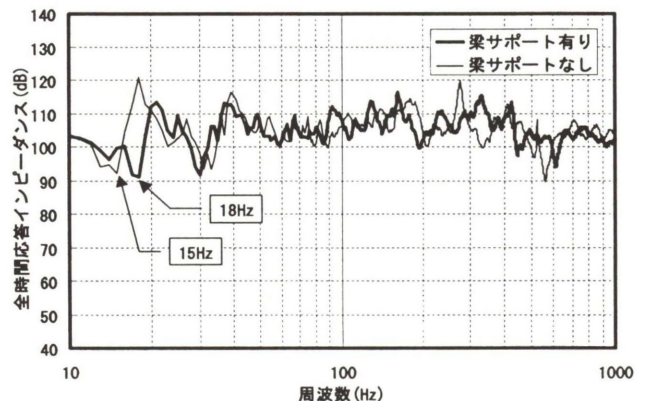


Fig. 6 全時間応答インピーダンスレベル測定結果

のインピーダンス上昇量は、梁に近い場所でも 5dB 以下となっており、RC 構造の上昇量と比較して小さい値である。梁にサポートを入れた場合には、梁に近い場所で 4~10dB インピーダンス上昇量が大きくなった。

外壁側にコンクリートを増し打ちしたことによって、端部でインピーダンスレベルが 9dB 上昇した。

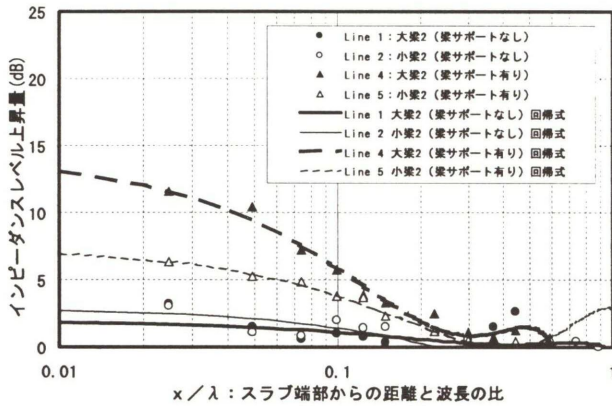


Fig. 7 インピーダンスレベル上昇量

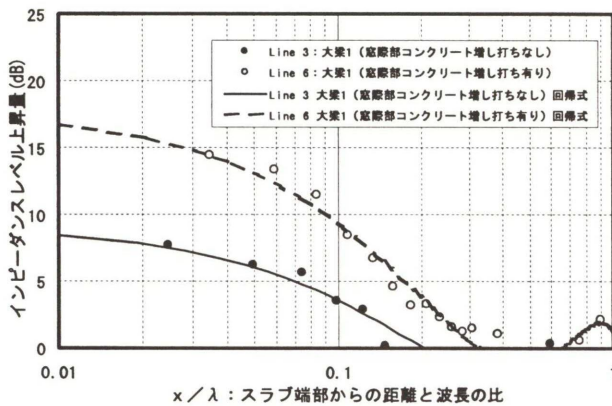


Fig. 8 インピーダンスレベル上昇量 (スラブ増打)

3. RC 造事務所スラブの床衝撃音遮断性能

既存の RC スラブに小梁を追加したときのスラブの駆動点インピーダンス特性と床衝撃音遮断性能について検討を行った。さらに、剛性の高い石貼りの乾式二重床の効果について検討した。

3.1 測定概要

測定対象の建物は、SRC 造である。スラブは、150mm 厚の RC スラブである。追加の小梁を SRC 造で Fig. 9 に示す位置に施工する。施工は、最初に躯体にアンカーを施工し、H 型の鉄骨ビームを取りつける。鉄骨ビームと既存スラブとの接触面は目荒しした後、エポキシ樹脂を注入してシールする。あばら筋は、スラブ下面にアンカーで固定する。最後に型枠を施工し、無収縮モルタルを圧入する。施工した小梁断面を Fig. 10 に示す。

次に石貼り乾式二重床は、Fig. 9 に示す範囲に施工した。石貼り二重床の断面を Fig. 11 に示す。防振ゴムの

硬度は、67°、二重床端部の防振ゴム硬度は、70°である。支持脚間隔は、455mm × 300mm である。床端部は、幅木を施工せず、床と壁との振動伝達を防ぐために 5mm の隙間を確保した。

測定項目は、スラブの駆動点インピーダンスと重量床衝撃音レベルである。駆動点インピーダンスの測定ラインを Fig. 9 に示す。床衝撃音レベルの加振点位置を Fig. 12 に示す。Fig. 12 中の凡例○は、小梁追加の効果検討に用い、凡例●は、石貼り乾式二重床の効果検討用の加振点である。

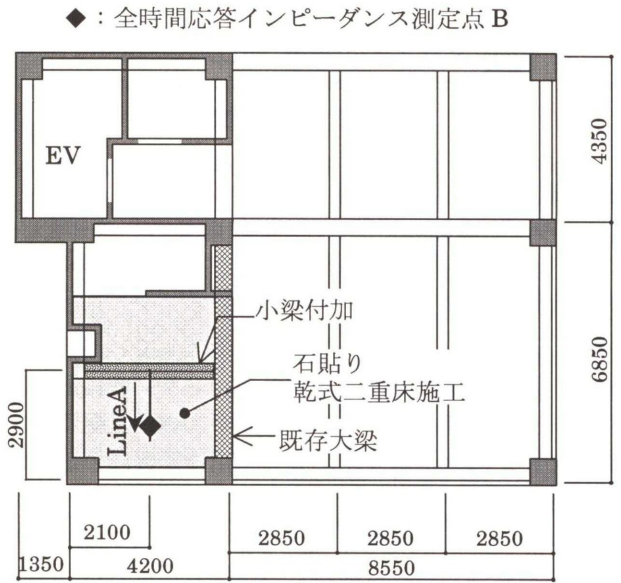


Fig. 9 測定対象平面

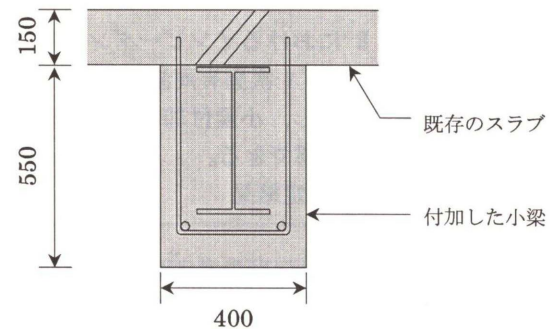


Fig. 10 付加した小梁断面

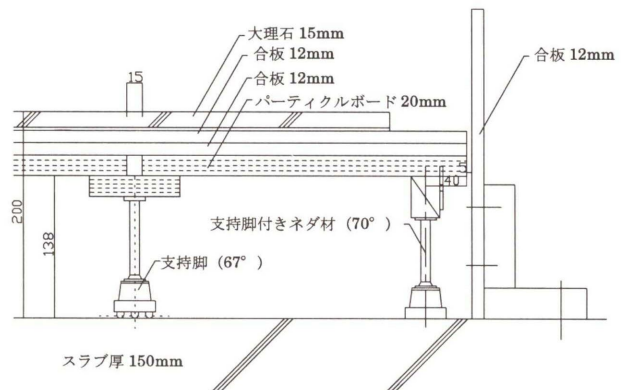


Fig. 11 石貼り乾式二重床断面

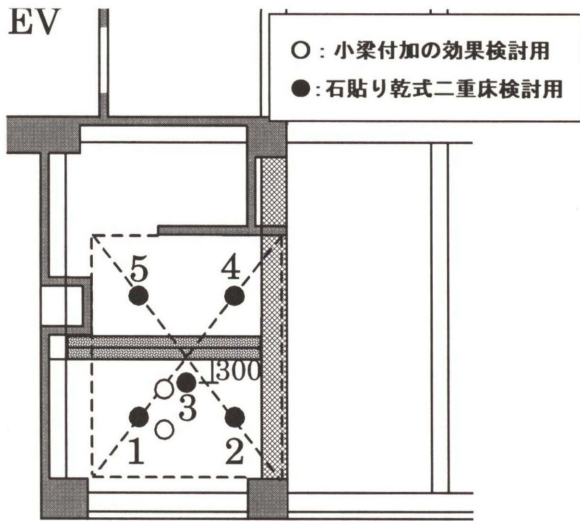


Fig. 12 加振点位置

3.2 測定結果および考察

(1) スラブの駆動点インピーダンス特性

Fig. 13 に Line A におけるインピーダンスレベル上昇量（基準値：基本インピーダンス）を示す。小梁付加前では、基本インピーダンスよりも低下している測定点がある。これは、事務所ビルのため、スラブ内に電気配管用のダクトが通っており、測定点がこの電気配管上に位置していた部分があり、配管の空洞の影響によるものと考えられる。小梁付加後は、インピーダンスレベルが上昇し、既往の研究結果¹⁾とほぼ同等のインピーダンスレベルの上昇量である。従って、小梁が拘束として作用しており、付加した小梁がスラブと一体化していることを示している。

Fig. 14 に測定点 B におけるインピーダンスレベル低下量（1/1 Oct.）を示す。1 次固有周波数が、31.5Hz 帯域から 63Hz 帯域に移動し、小梁付加により固有振動数が上昇していることが確認できる。

(2) 重量床衝撃音レベル測定結果

1). 小梁付加による効果

Fig. 15 に小梁付加前から付加後の重量床衝撃音レベルを差し引いた重量床衝撃音レベルの変化量を示す。31.5Hz 帯域における重量床衝撃音レベルが、小梁を付加

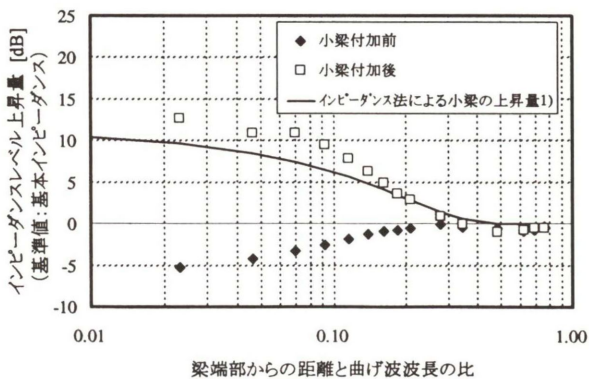


Fig. 13 小梁付加後のインピーダンスレベル上昇量

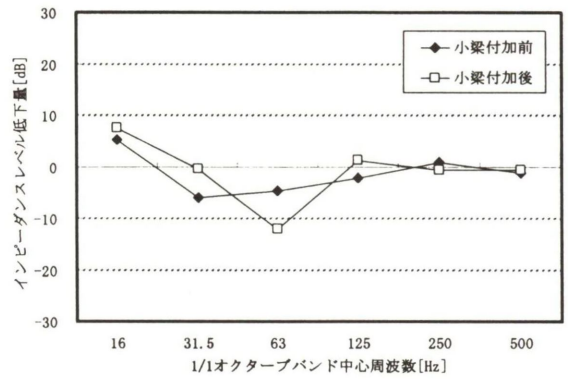


Fig. 14 インピーダンスレベル低下量（測定点 B）

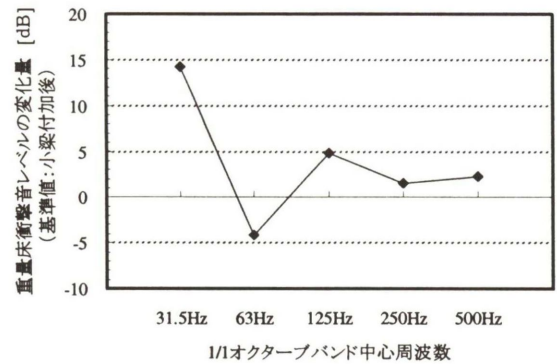


Fig. 15 小梁付加前後の重量床衝撃音レベルの変化量

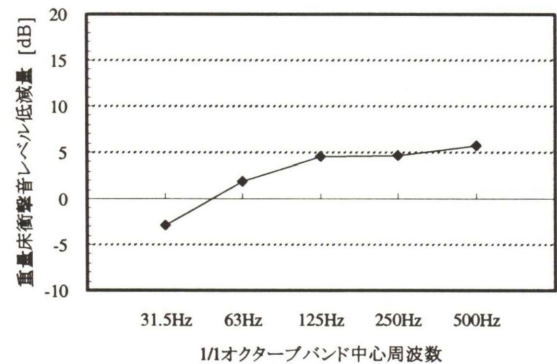


Fig. 16 石貼り乾式二重床の重量床衝撃音レベル低減量

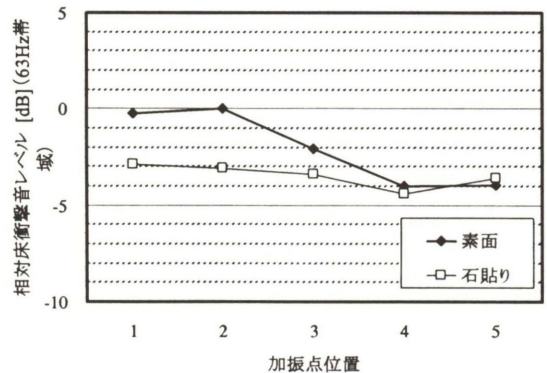


Fig. 17 加振点別の相対重量床衝撃音レベルの変化（63Hz 帯域）

することにより 14dB 低減し、低周波数帯域で効果があることが確認できる。

2). 石貼り乾式二重床施工による効果

Fig. 16 に小梁付加後のスラブにおける石貼り乾式二重床の重量床衝撃音レベル低減量を示す。63Hz 帯域で、2dB、125Hz 帯域以上で 5dB の改善効果が得られていた。

Fig. 17 に加振点別の相対床衝撃音レベル (63Hz 帯域) の変化を示す。スラブ素面における重量床衝撃音レベルが高い加振点 (梁の拘束が小さい地点) ほど、石貼り乾式二重床施工後の重量床衝撃音レベルの低下が大きい傾向がある。

4. まとめ

実際の事務所ビルから住居系施設へのコンバージョンにおける重量床衝撃音対策を行い以下の結果を得た。

- 1). S造建物のデッキプレートスラブの梁の拘束によるインピーダンスレベル上昇量は、梁に近い場所でも 5dB 以下と小さい。
- 2). 重量床衝撃音対策として梁をH鋼でサポートする方法およびカーテンウォール～スラブ間にコンクリートを増し打ちすることは、4～10dB インピーダンスレベルを上昇させ、非常に効果的な方法である。
- 3). スラブに小梁を付加することによって、スラブの剛性が増加し、固有振動数も上昇することにより、31.5Hz 帯域で床衝撃音レベルが 14dB 低減した。重量床衝撃音対策として小梁を付加することは、非常に有効である。
- 4). 石貼り乾式二重床を施工し、重量床衝撃音レベルで 63Hz 帯域において 2dB、125Hz 帯域以上で 5dB の改善効果を得た。

- 5). 石貼り乾式二重床の加振点別の低減効果は、スラブ素面のレベルが高い加振点ほど効果が高いことを確認した。これは、スパンが大きい事務所ビルのコンバージョンに非常に効果があると考えられる。

謝辞

本研究について貴重な助言及び調査への協力、論文作成にあたり議論して頂いた泰成電気工業の石丸岳史博士、高倉史洋博士に感謝いたします。また、建物の調査する機会を与えて頂いた三井不動産㈱、野原産業㈱に深謝いたします。調査対象建物における調査に協力いただいた㈱熊谷組首都圏支店の、椎木誠一所長、崎山博之所長をはじめとする関係者に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建物の遮音設計資料，技報堂出版，pp. 120-140，1988年8月
- 2) 大脇雅直，高倉史洋，財満健氏，宮崎浩司，山下恭弘：大型スラブにおけるインピーダンス法による重量床衝撃音予測手法に関する実験的研究，日本建築学会計画系論文集，第511号，pp. 23-29，1998年9月
- 3) 大脇雅直，財満健史，山下恭弘：S造集合住宅建築物における床衝撃音レベルの予測法に関する研究，熊谷組技術研究報告，第62号，pp19-23，2003年12月
- 4) 大脇雅直，財満健史，近藤誠一，石丸岳史，高倉史洋，山下恭弘：コンバージョンに伴う遮音対策に関する検討，日本音響学会大会講演論文集，pp1043-1044，2004年9月
- 5) 大脇雅直，財満健史，高倉史洋，石丸岳史，相川聡，山下恭弘：事務所ビルから集合住宅へのコンバージョンにおける床衝撃音対策，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp87-88，2003年8月

A study on the sound insulation countermeasure for carrying out use conversion from an office to a building which makes a dwelling a use

Takefumi ZAIMA, Seiichi Kondo, Masanao OWAKI, and Yasuhiro YAMASHITA

Abstract

The building that makes an office a use has a bad floor impact sound insulation performance. Therefore, in order to carry out use conversion to the building that makes a dwelling a use, sound insulation reinforcement of a floor is needed. In steel frame building, in order to raise a floor impact sound insulation performance, it was shown that the method of supporting a beam with H shaped steel is effective. Furthermore, the effective thing was shown in order that placing concrete and considering as a beam between a curtain wall and slab might raise a floor impact sound insulation performance. The floor impact sound insulation performance could be raised by adding a small beam in the center of slab in reinforced concrete buildings. In order that the rigidity of a floor might go up by stretching a stone on a dry type double floor, it was shown clearly that a weight floor impact sound insulation performance also improves.

Keywords: Conversion, Floor Impact Sound, Steel Frame Structure, Reinforced Concrete Structure, Multiple-dwelling Building