

鉄骨梁と間仕切り壁取合い部の遮音性能に関する実験

藤澤 康 仁 小 田 智 弘
渡 辺 充 敏Experimental Study on Sound Insulation Performance
of the Joints of Partition Walls and Steel BeamsYasuhito Fujisawa Tomohiro Oda
Mitsutoshi Watanabe

Abstract

This study describes the experimental results of sound reduction index of partition walls jointed to steel beams with various fire resistant coatings and joint details, for quantitative evaluation of the sound insulation performance of the joints and ceilings. It was found that the fire resistant coatings of steel beams were either semi dry type spray rockwool or ceramic system wet type spray material; the sound insulation performance was lower than that of partition wall element owing to the transmitted sound through steel beam web. Moreover, the sound insulation performance of all the types of specimens with ceiling was equal to that of partition wall element, because the insulation effect of ceiling was very high.

概 要

鉄骨梁と間仕切り壁取合い部の遮音性能と、天井の遮音効果を定量的に把握することを目的として、各種耐火被覆材・納まり仕様による試験体の音響透過損失の測定を行った。その結果、耐火被覆が半乾式ロックウール吹付け・セラミック系湿式耐火被覆吹付けの場合とも、鉄骨ウェブ部からの透過音の影響が大きくRr-40～Rr-45の遮音性能となり、間仕切り壁単体と同等の性能は得られないことを示した。このため、半乾式ロックウール吹付けの場合でも、梁下の遮音用金物を通し材とした場合とピース材とした場合の有意な性能差は見られなかった。また試験体に天井を付加した場合、鉄骨ウェブ部からの透過音に対して遮音効果が大きく得られ、耐火被覆工法や、鉄骨梁と間仕切り壁の取合い部仕様によらず、間仕切り壁単体と同等の性能が得られることを示した。

1. はじめに

鉄骨造建物において、高い遮音性能を要求される室間では、梁・柱・間仕切り壁等の各部材の接合部に生じる隙間から音が透過しないよう、遮音性に配慮した納まりとすることが必要となる。鉄骨梁下に乾式間仕切り壁が位置する場合、鉄骨の耐火被覆吹付け前に、梁下に間仕切り受け用の金物(以下、梁下金物)を取付けておく必要があるが、特に遮音を考慮しない場合には、梁下金物をピース材とし、鉄骨梁に間隔をあけて取付けることが一般的である。この場合、鉄骨梁と間仕切り壁の取合い部は、耐火被覆材だけが充填された状態となる。

耐火被覆を半乾式ロックウール吹付けで施工する場合には、乾燥後の耐火被覆の比重が0.28程度と小さく遮音性能が低いため、取合い部の耐火被覆部分が隣室間での音漏れの原因になると考えられている。このため、鉄骨梁と間仕切り壁取合い部に着目し、梁下金物を通し材とする仕様や、耐火被覆と間仕切り壁の取合い部やピース材部分に、比重の大きい湿式の隙間埋め材を充填する、または耐火被覆を湿式吹付けとする、といった遮音対策が行われている。

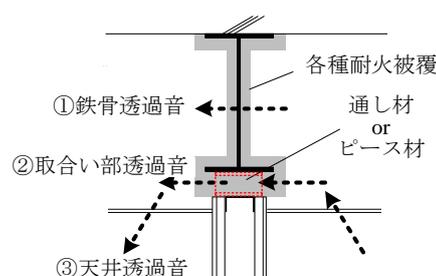


Fig. 1 鉄骨梁周りの音の伝搬経路
Sound Propagation Paths around Steel Beam

Fig. 1に示すように、実際の室間では鉄骨梁下金物部の透過音以外にも、耐火被覆を吹付けた鉄骨ウェブ部の透過音の影響があり、一方で天井がある場合には天井材の遮音効果もあると予想されるが、それぞれがどの程度の寄与があるかは、これまで報告された事例はない。

本報では、鉄骨梁と間仕切り壁取合い部周りの遮音性能と天井の遮音効果について定量的に把握することを目的として、実大試験体を残響室内に製作し、各種耐火被覆材・納まり別に音響透過損失の測定を行った結果について報告する。

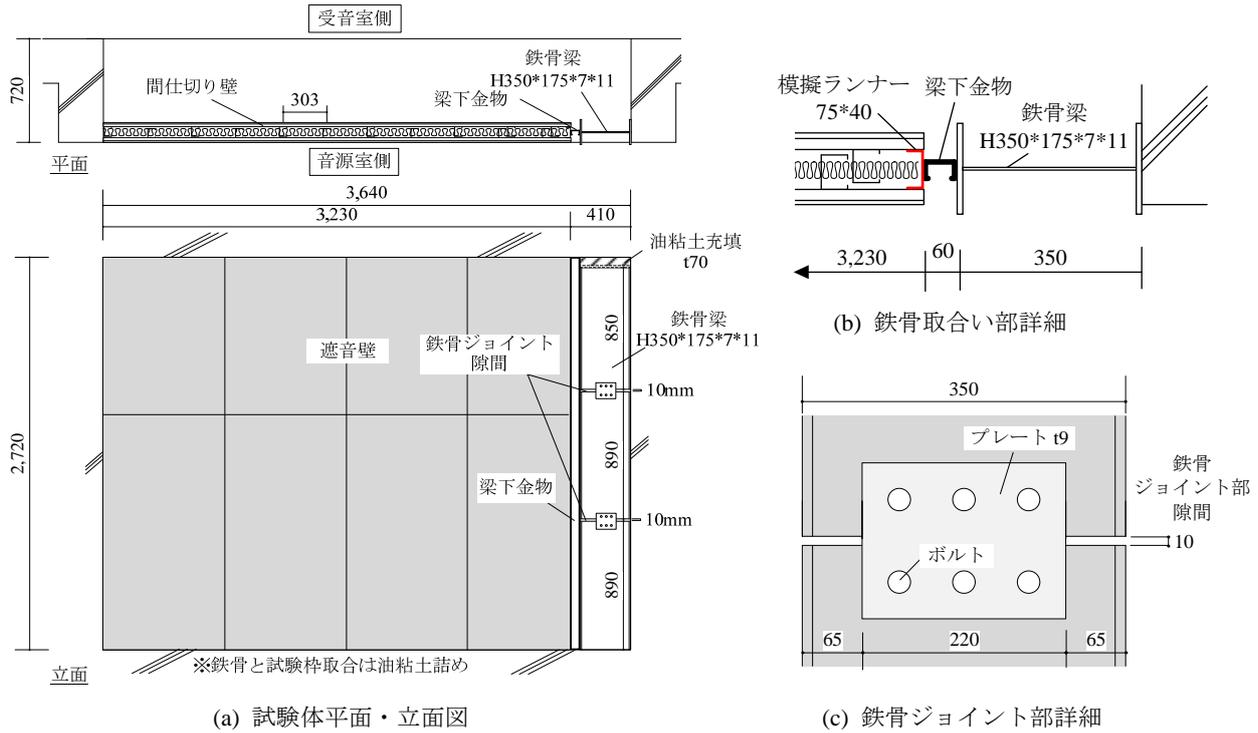


Fig. 2 試験体の設置方法
Installation Method of Specimen

2. 実験概要

2.1 実験方法

タイプ I 試験室²⁾に準拠した残響室間の開口部(幅 3,640mm, 高さ 2,720mm)に、鉄骨梁と間仕切り壁を模擬した試験体を施工した。Fig. 2 に開口部への試験体の設置方法を示す。

試験体は施工性を考慮して、梁・間仕切り壁を90°回転したモデルとし、鉄骨梁は上下方向に設置した。鉄骨梁は小梁を想定したサイズとし(H350*175*7*11)、3本のH鋼を継ぎ手プレートとボルトで繋ぎ合せて建て込んだ。なお、鉄骨ジョイント部には、10 mmの隙間を設けた。

間仕切り壁は、遮音性能のメーカーカタログ値がRr-55・壁厚138mmの仕様の石膏ボード壁を用いた。なお、間仕切り壁は90°回転させずに、通常の施工方法と同様、スタッドを上下方向に支持して施工した。鉄骨梁と間仕切り壁の取合い部では、実際の梁下の納まりを模擬するため、梁下金物(通し材またはピース材)を鉄骨に溶接し、模擬ランナーを梁下金物にビス留めした。

音響透過損失の測定は文献²⁾に準拠して行い、鉄骨梁と間仕切り壁、および両者の取合い部で構成される試験体全体の総合音響透過損失として評価を行った。測定周波数は1/3オクターブバンド中心周波数で100Hzから5kHzまでとした。

2.2 梁・間仕切り壁試験体仕様

Table 1 に試験体の仕様一覧を、Fig. 3 に試験体詳細図を示す。なお、耐火被覆は、試験体に用いた鉄骨梁に対

し、2時間耐火を想定した厚さとした。また各試験体は、施工後に乾燥養生期間を経た後に音響透過損失の測定を行った。

試験体0は、間仕切り壁単体での性能を確認するため、開口部全面を石膏ボード壁の仕様とした。試験体1-aと1-bは、鉄骨ウェブ部及び梁下金物からの透過音の影響を確認するため、梁下金物を通し材とし、耐火被覆施工前の状態とした。1-aは隙間処理はなし、1-bは梁下金物部と鉄骨ジョイント部の隙間に油粘土を充填する仕様とした。

試験体2は、耐火被覆が半乾式ロックウール吹付けの場合で、遮音性能を要求される室間で用いられることが多い納まりを再現した。梁下金物には2.3mm厚のC型鋼を通し材として用い、鉄骨ジョイント部の隙間は比重0.7の不燃充填材で隙間埋め処理を行った。耐火被覆の半乾式ロックウールは45mm厚さで吹付け、吹付け後に表面をコテ押さえで仕上げた。半乾式ロックウールと間仕切り壁のボード取合い部には、無機質系充填材を充填した。

試験体3は、耐火被覆が半乾式ロックウール吹付けの場合で、特に遮音対策を施さない場合の納まりを再現した。鉄骨ジョイント部の隙間埋め処理は行わず、梁下金物はC型鋼によるピース材として、試験体2と同様に耐火被覆を吹付け、コテ押さえで仕上げた。

試験体4は、半乾式ロックウールよりも比重が大きく、遮音対策として用いられることもあるセラミック系の湿式耐火被覆30mmを吹付けた仕様とした。鉄骨ジョイント部の隙間埋め処理は行わず、梁下金物には2.3mm厚のC型鋼を通し材として用い、耐火被覆を吹付けてコテ押さ

Table 1 試験体一覧
Specimens

試験体	耐火被覆			鉄骨ジョイント部 遮音処理	梁下金物 ^{※3}	天井
	工法	厚さ	比重			
0	なし(間仕切り壁のみ)					なし
1-a	なし(鉄骨現し)			なし	通し材	なし
1-b	なし(鉄骨現し)			あり	通し材	なし
2	半乾式ロックウール吹付け	45mm	0.28 ^{※1}	あり ^{※2}	通し材	あり・なし
3	半乾式ロックウール吹付け	45mm	0.28 ^{※1}	なし	ピース材	あり・なし
4	セラミック系湿式耐火被覆吹付け	30mm	0.60 ^{※1}	なし	通し材	あり・なし
5	ロックウール巻付・箱貼り	65mm	0.09~0.13	なし	通し材	あり・なし

※1. 絶乾比重 ※2. 不燃充填材(比重0.7)で隙間埋め ※3. 通し材はC型鋼t2.3, ピース材はC型鋼t1.6

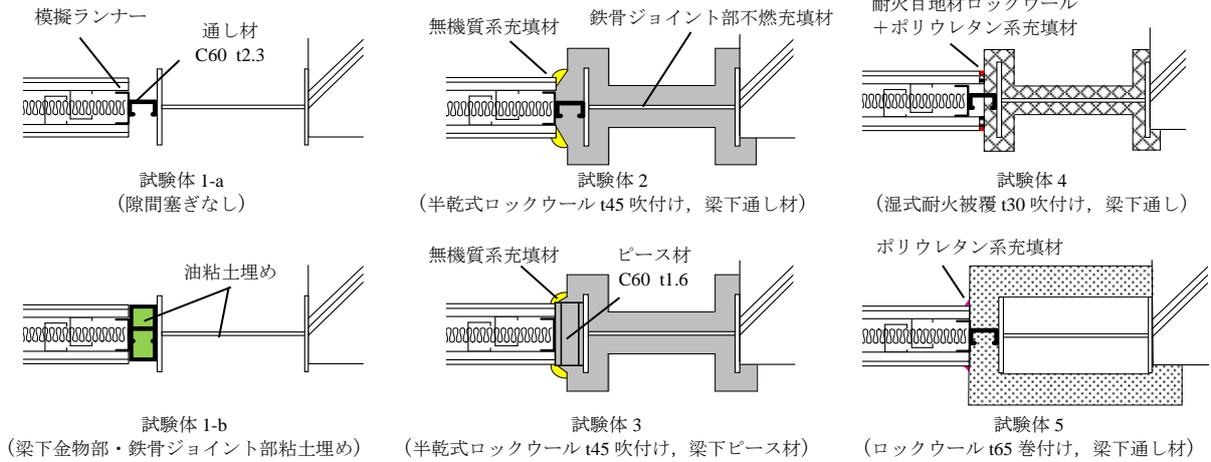


Fig. 3 試験体詳細図
Detail of Specimens

えで仕上げた。耐火被覆と間仕切り壁のボード取合い部には、耐火目地材のロックウールとポリウレタン系充填材を充填した。

試験体5は、表面に不織布を接着した耐熱ロックウール65mmを耐火被覆に用いた仕様とし、鉄骨ジョイント部の隙間埋め処理は行わず、梁下金物には2.3mm厚のC型鋼を通し材として用いた。鉄骨梁を覆うようにロックウールを箱貼りした耐火被覆と間仕切り壁のボード取合い部は、ポリウレタン系充填材により隙間処理を行った。

2.3 天井試験体仕様

耐火被覆を施工した試験体2~5については、音源室側と受音室側に石膏ボードによる模擬天井を設置した状態での音響透過損失の測定も行った(Fig. 4)。天井材は9.5mm厚の石膏ボードとし、実際の天井に近い条件とするため、ダウンライト(75φ開口)、熱・煙感知器(115φ・30φ開口)を、音源室・受音室側の石膏ボード面に設置した。また模擬天井と間仕切り壁取合い部では、スタッドを間仕切り壁のボード面から50mm離して設置し、天井・壁ボード取合い部は0mm~3mm程度の隙間がある状態とした。

なお、模擬天井を設置した場合の音響透過損失は、試験体面積を試験開口面積と同一の9.9m²として算出した。

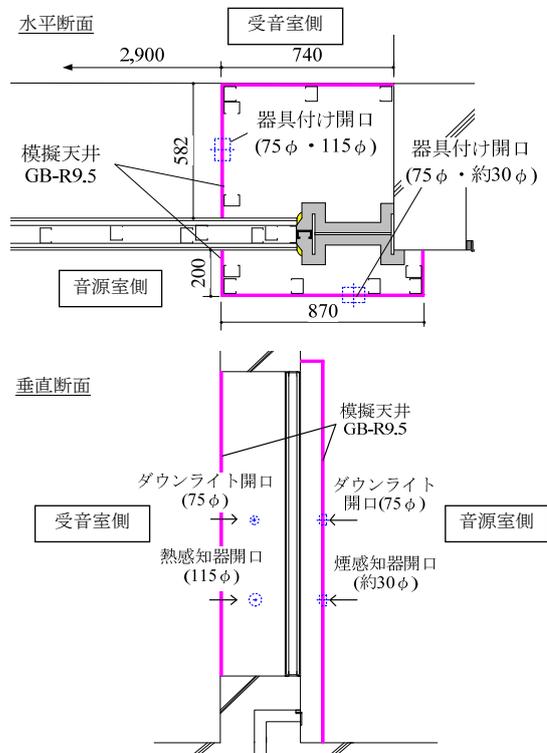


Fig. 4 模擬天井概要
Simulated Ceiling Specimen

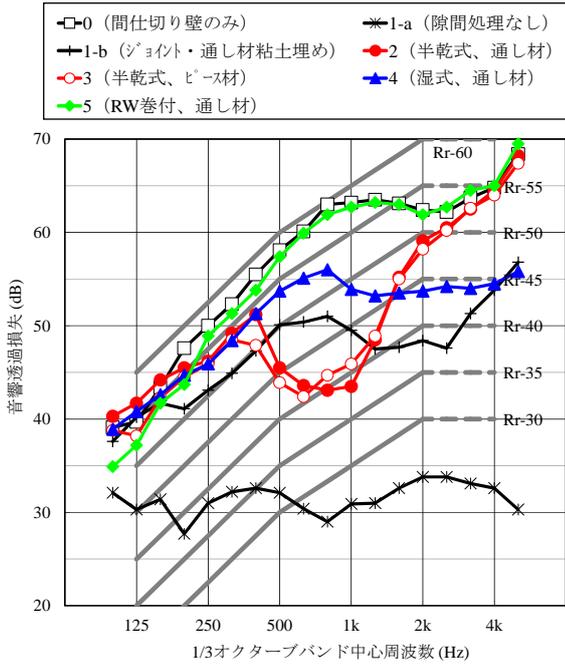


Fig. 5 音響透過損失測定結果 (天井なし)
Sound Reduction Index (without Ceiling)

3. 実験結果

3.1 天井施工前の音響透過損失測定結果

3.1.1 各試験体の測定結果 Fig. 5に各試験体の天井施工前の音響透過損失測定結果を、空気音遮断性能の等級曲線²⁾と併せて示す。

間仕切り壁のみの試験体0は、2kHz帯域付近で音響透過損失の落込みが生じており、Rr-50の遮音性能である。

試験体1-aは、鉄骨ジョイント部の隙間、梁下金物と鉄骨フランジやランナーとの接合部の隙間の影響により、全周波数帯域で音響透過損失の値は30dB程度となり、Rr-30未満の性能である。隙間部分と梁下金物部を油粘土で塞いだ試験体1-bでは、全周波数帯域で1-aの音響透過損失の測定結果を大きく上回る。なお、2kHz帯域付近で音響透過損失の低下が生じているが、鉄骨ウェブ厚と同じ7mm厚の鉄板の曲げ振動の波長と音波の波長が一致する周波数は約1.8kHzであることから、この周波数で著しく遮音性能が低下する現象(コインシデンス効果)によるものと考えられる。

半乾式ロックウール吹付けの試験体2(通し材)・試験体3(ピース材)はRr-40の遮音性能であり、500Hz~1kHz帯域付近で音響透過損失が顕著に低下する周波数特性で、耐火被覆がない1-bよりも小さい値となっている。また2.5kHz帯域以上では、間仕切り壁単体と同程度の値である。試験体2・3はほぼ同等の性能であるが、100Hz~630Hz帯域の範囲では、試験体3の方が試験体2よりも1~3dB小さい値である。

湿式耐火被覆吹付けの試験体4では、試験体2・3のような500Hz~1kHz帯域付近での顕著な音響透過損失の低下

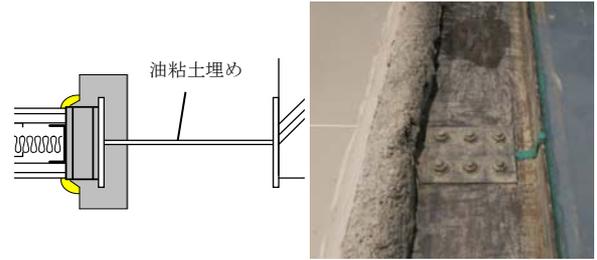


Fig. 6 鉄骨ウェブ部耐火被覆撤去後の試験体
Specimen Removed Fire Resistant Coatings on Steel Beam Web

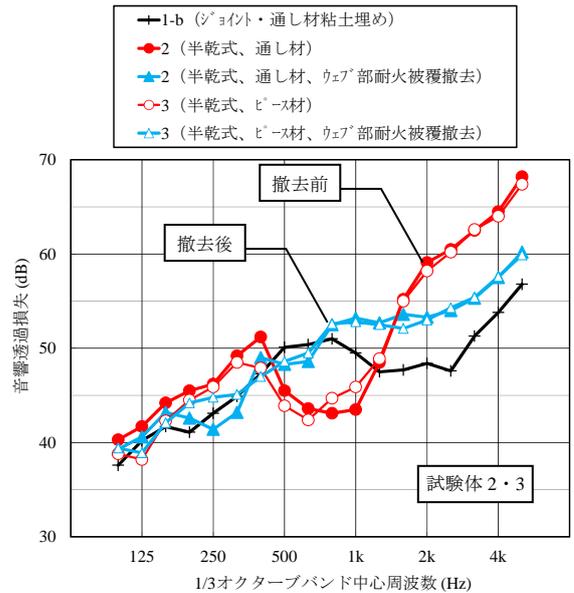


Fig. 7 鉄骨ウェブ部耐火被覆撤去前後の比較 1
Sound Reduction Index Before and After Removing Fire Resistant Coatings on Steel Frame Web (Specimen2&3)

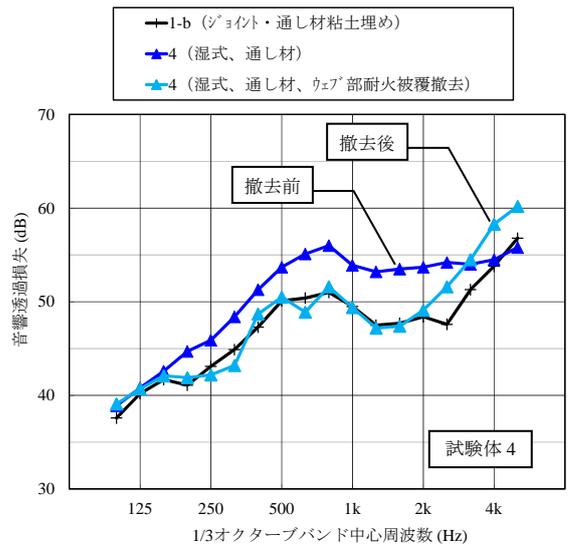


Fig. 8 鉄骨ウェブ部耐火被覆撤去前後の比較 2
Sound Reduction Index Before and After Removing Fire Resistant Coatings on Steel Frame Web (Specimen4)

はなく、遮音性能はRr-45程度で、試験体1-bと同等以上の値である。一方で、1.6kHz帯域以上の高音域では、試験体2・3よりも試験体4の方が値は小さい。

試験体2・3・4とも、間仕切り壁単体と同等の遮音性能は得られていないが、受音室側で鉄骨梁周りの各部の音圧レベルを測定したところ、何れの試験体も梁下金物部やジョイント部からの透過音の影響ではなく、鉄骨ウェブ部分からの透過音の影響が大きいことが確認された。

ロックウール巻付け耐火被覆の試験体5は、500Hz帯域以上では間仕切り壁単体とほぼ同等性能となっている。鉄骨ウェブとロックウール間に空気層があることで、ウェブ部・ジョイント部の透過音に対する遮音効果が大きく得られたものと考えられる。400Hz帯域以下では、間仕切り壁単体の値よりやや小さい値となっているが、周波数が低くなるにつれて、比重の小さいロックウールの遮音効果が得られにくくなることによるもの、と考えられる。

3.1.2 ウェブ部分の耐火被覆の影響 試験体2・3で500Hz～1kHz帯域で遮音性能が低下する原因は、鉄骨ウェブ部分の透過音の影響であることが確認されたため、Fig. 6のようにウェブ部分のみの耐火被覆を撤去した状態で音響透過損失の測定を行った。Fig. 7に耐火被覆撤去後の測定結果を、撤去前と比較して示す。なお、鉄骨ジョイント部の隙間は油粘土で埋めた状態とした。

耐火被覆撤去後は、試験体2・3とも500Hz～1kHz帯域での落ち込みは生じておらず、吹付け前の試験体1-bと同程度の値になっている。耐火被覆の表面は、コテ押えにより薄く硬化しているような状態であったため、500Hz～1kHzで遮音低下が生じる原因は、耐火被覆の内部をばね、表面を質量とする系の共振現象によるものと考えられる。一方で、ウェブ部分の耐火被覆を撤去した状態での試験体2・3の値はほぼ同程度であり、梁下金物のピース材・通し材による有意な差は、現れていない。また耐火被覆撤去前には、共振周波数が異なっているような周波数特性である。以上より、耐火被覆撤去前に500Hz帯域以下で試験体3の方が1～3dB小さくなっている原因は、ピース材部分の透過音の影響ではなく、吹付け施工のばらつきにより共振周波数が若干異なり、周波数特性が変化したことによるもの、と考えられる。

試験体2・3と同様に、湿式耐火被覆を用いた試験体4の鉄骨ウェブ部分の耐火被覆を撤去して音響透過損失を測定した結果を、撤去前と比較してFig. 8に示す。

200Hz～2.5kHz帯域では、耐火被覆撤去前の方が3～6dB大きく、耐火被覆による遮音効果が得られていることが分かる。一方で4kHz～5kHz帯域では、耐火被覆撤去後の方が大きく、ウェブ部の耐火被覆による遮音低下が生じている。湿式耐火被覆の材質は半乾式ロックウールよりも一様と考えられるため、半乾式ロックウールのような共鳴現象によるものではないと予想される。遮音低下の一因としては、耐火被覆が板材として挙動した際のコインシデンス効果による影響が考えられる。

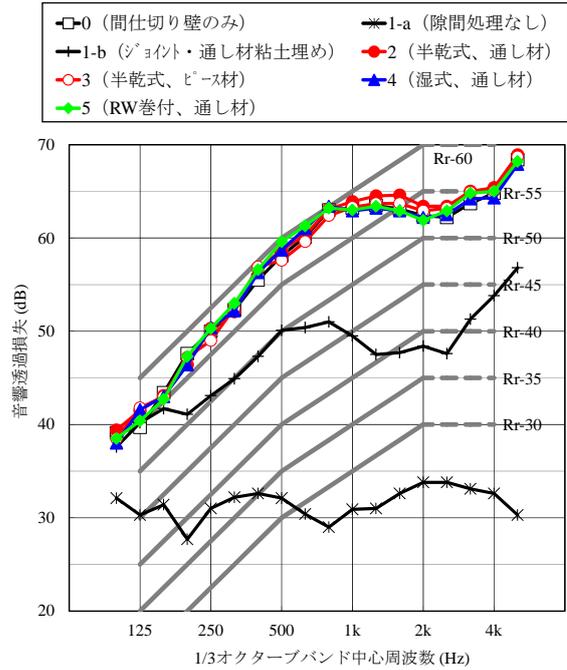


Fig. 9 音響透過損失測定結果 (天井あり)
Sound Reduction Index (with Ceiling)

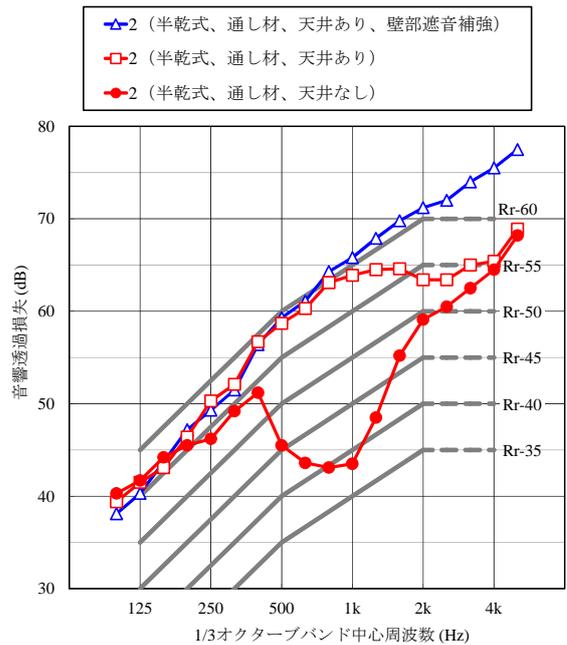


Fig. 10 間仕切り壁遮音補強後の測定結果
Sound Reduction Index after covering wall with sound insulation materials

3.2 天井施工後の音響透過損失測定結果

Fig. 9に各試験体の天井施工後の音響透過損失測定結果を示す。

試験体2～試験体5の音響透過損失の差は0～2dBで、何れも間仕切り壁単体とほぼ同じ値となっている。試験体2・3では音源・受音側に天井を付加することで、500Hz

～1kHzで10dB～20dBの遮音効果が得られており、施工に伴う若干の隙間や設備器具がある状態でも、天井の遮音効果が非常に大きいことが分かる。また、受音室側の試験体近傍で音圧レベルを測定したところ、天井ボード面や設備器具、天井と壁の取合い部からの透過音の影響よりも、間仕切り壁からの透過音の影響が支配的であることが確認された。

以上より、今回実験に用いた間仕切り壁仕様については、音源・受音側共に天井がある状態では、耐火被覆工法や、鉄骨梁と間仕切り壁の取合い部仕様による遮音性能の差はないといえる。

今回用いた間仕切り壁よりも、より高い遮音性能の間仕切り壁の場合について検証するための追加実験として、試験体2の音源側の間仕切り壁面を密度 24kg/m^3 ・厚さ 50mm のグラスウールと厚さ 1mm の防音シートで覆い、間仕切り壁を遮音補強した場合について測定を行った。測定結果をFig. 10に示すが、 500Hz 以上ではRr-60程度の値が得られている。

他方、実際の天井ではより多くの隙間や設備開口が生じることも考えられるため、試験体2について、音源・受音側とも天井面に開口がなく天井・壁ボード取合い部をテープで塞いだ場合と、設備器具を撤去して開口のままの状態とした場合での測定も行った。測定結果をFig. 11に示すが、3条件による音響透過損失の差はなく、今回の試験体条件では、天井面に 100ϕ 程度の開口(Fig. 4参照)が1～2箇所あっても、天井の遮音効果に影響はない結果であった。

4. まとめ

鉄骨梁と間仕切り壁取合い部周りの遮音性能と、天井の遮音効果について定量的に把握することを目的として、各種耐火被覆材・納まり別に音響透過損失の測定を行った。得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 耐火被覆が半乾式ロックウール吹付けの場合、鉄骨ウェブ部で耐火被覆材の共振に起因すると考えられる遮音低下が生じ、カタログ遮音性能値Rr-55である間仕切り壁単体と同等の遮音性能は得られず、Rr-40程度の遮音性能となる。また鉄骨ウェブ部の透過音の影響が大きいため、梁下金物が通し材とピース材の場合で、遮音性能に有意な差はない。
- 2) 耐火被覆がセラミック系湿式耐火被覆吹付けの場合、半乾式ロックウール吹付けと同様、鉄骨ウエ

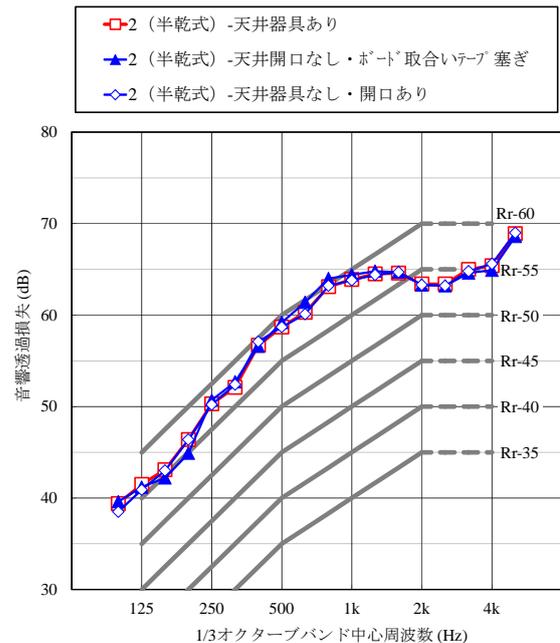


Fig. 11 天井開口条件による比較
Influence of Ceiling Aperture Condition

ブ部の透過音の影響が大きく、間仕切り壁単体と同等の遮音性能は得られずRr-45程度の性能となる。

- 3) 耐火被覆がロックウール巻付けの場合、 500Hz 帯域以上では間仕切り壁単体と同等の遮音性能となり、半乾式ロックウール・湿式耐火被覆吹付けの試験体よりも高い遮音性能である。
- 4) 天井がある場合、天井による遮音効果が大きく得られ、今回実験に用いた間仕切り壁仕様では、耐火被覆工法や、鉄骨梁と間仕切り壁の取合い部仕様による遮音性能の差は現れない。また天井面に 100ϕ 程度の開口が1～2箇所あっても、天井の遮音効果に影響はない。

参考文献

- 1) 平野滋：防音・防振の施工，空気調和・衛生工学会編(理工図書)，pp.24-43，1994.9
- 2) JIS A 1416:2000：実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法
- 3) JIS A 1419-1:2000：建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法—第1部：空気音遮断性能