

G1

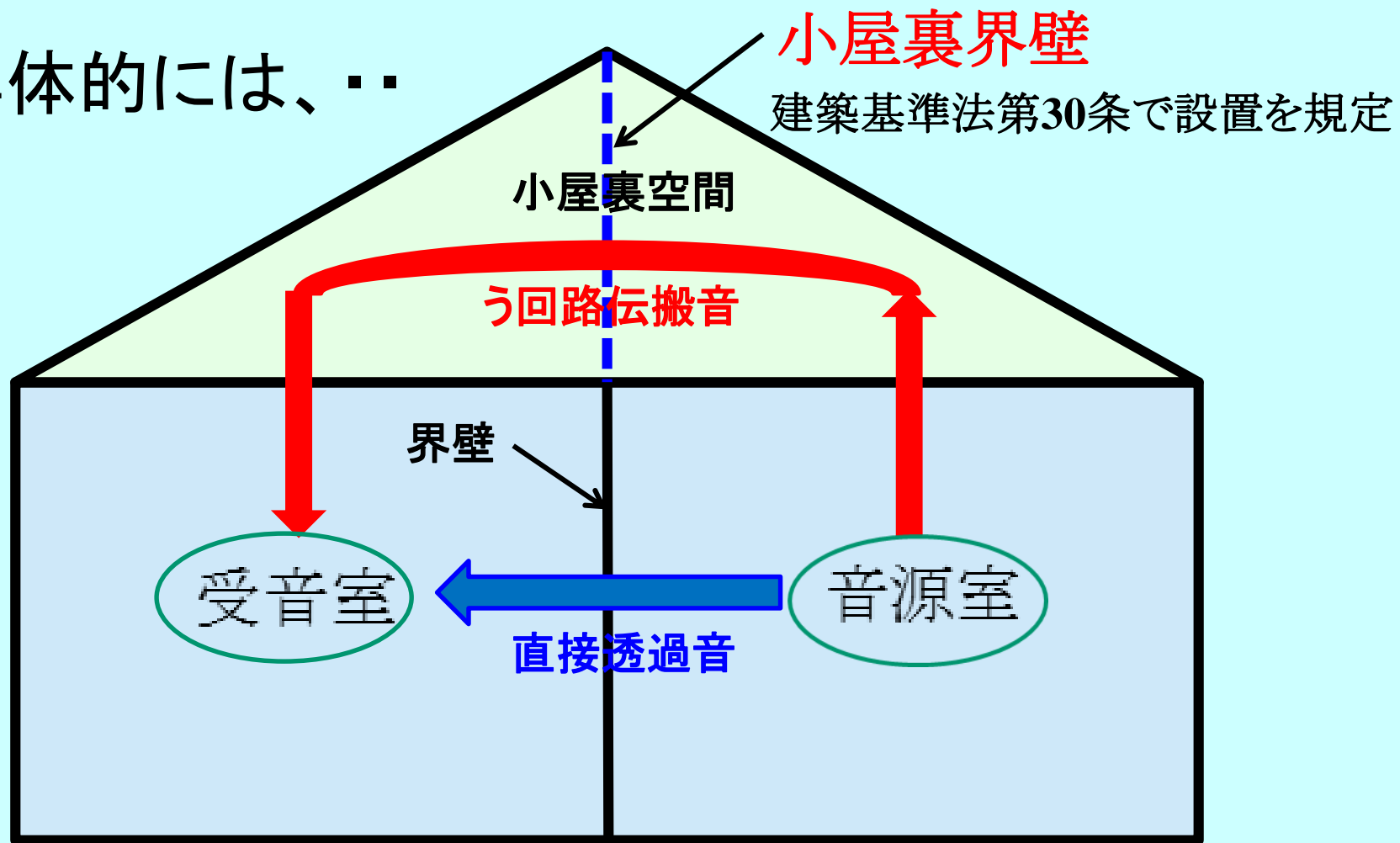
共同住宅の界壁等の遮音性能 に関する技術的基準の検討

研究代表者	日本大学理工学部	井上 勝夫
研究担当者	住環境総合研究所	大川平一郎
同	鉄建建設	中澤 真司
同	大成建設	河原塚 透
同	栗本鐵工所	鹿倉 潤二
同	日本音響材料協会	小山 雅功

調査研究の目的

本研究は、共同住宅又は長屋の小屋裏部分の界壁の存在や小屋裏空間の仕様変化が隣戸間の遮音性能に及ぼす影響を調査し、建築基準法第30条の「各戸の界壁は小屋裏または天井裏部分に達するものとする」ことの合理化について検討することを目的としたものである。

具体的には、...



I. 小屋裏界壁撤去時・・・2室間の遮音性能を低下させない建築条件

II. 小屋裏空間の遮音性能を実験室で測定する方法

調査対象構造

本研究では、う回路系空気音、う回路系固体音の2要因について検討し、対象界壁構造として、

(1)壁先行工法 (界壁を先行して界壁を建築)

(2)天井先行工法 (天井を先行して界壁を建築)

の2種類を対象とした。

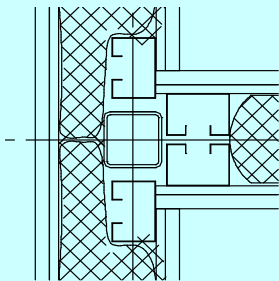
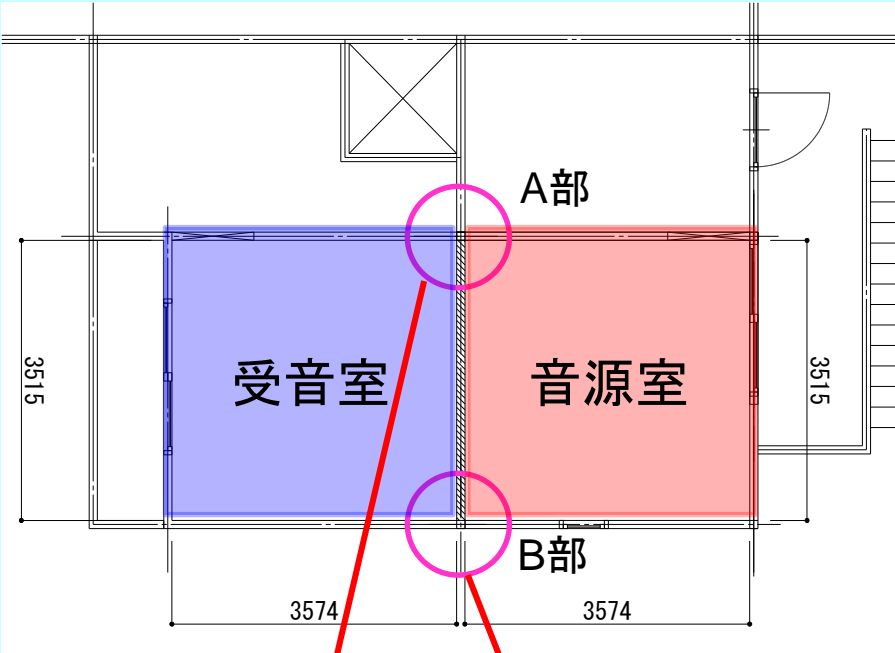
昨年度：実建物を対象とした小屋裏構造仕様を検討・主に壁先行工法

本年度：実建物の追加検討(天井先行工法)、実験室における試験装置、試験方法の検討

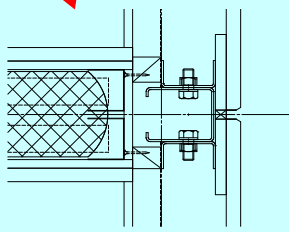
I . 実建物を用いた遮音性能実験

実建物を用いた追加研究

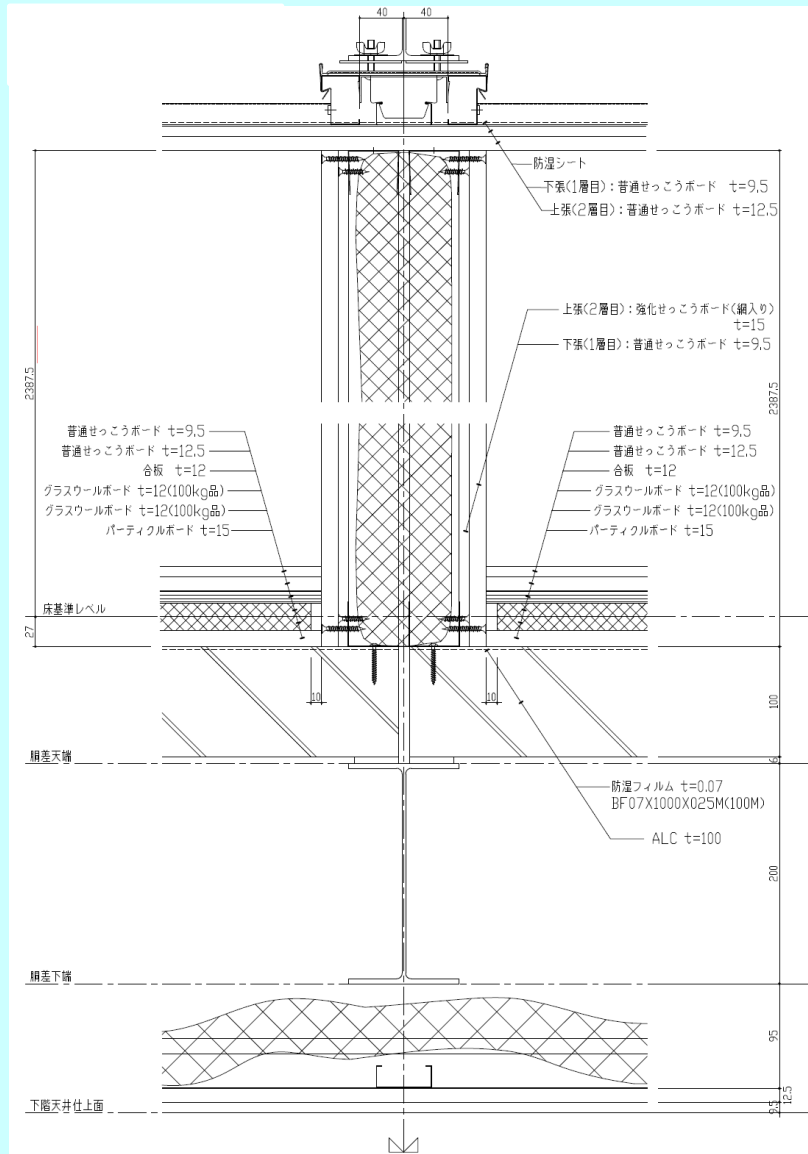
①天井先行工法実験対象室の概要



A部詳細



B部詳細



界壁と天井、床との取合い

天井先行工法時の試験条件と各部の仕様

試験 番号	施工 方法	小屋裏		天井仕様	天井 伝達系	ダウンライト用開口	
		界壁	吸音			音源室	受音室
1	天井 先行	無	有	普通 石こうボード 9.5mm+12.5mm	連続	無	無
2			無				
3			有		遮断		
4			無				
5			無				

注1) 小屋裏吸音「有」の仕様は、グラスウール16k、厚さ100mmを小屋裏天井全面に敷き詰めている。

注2) ダウンライト用開口「有」の仕様は、音源室、受音室ともにφ100mmの開口を9ヶ所設け、ダウンライトそのものは取り付けず、開口状態とした。



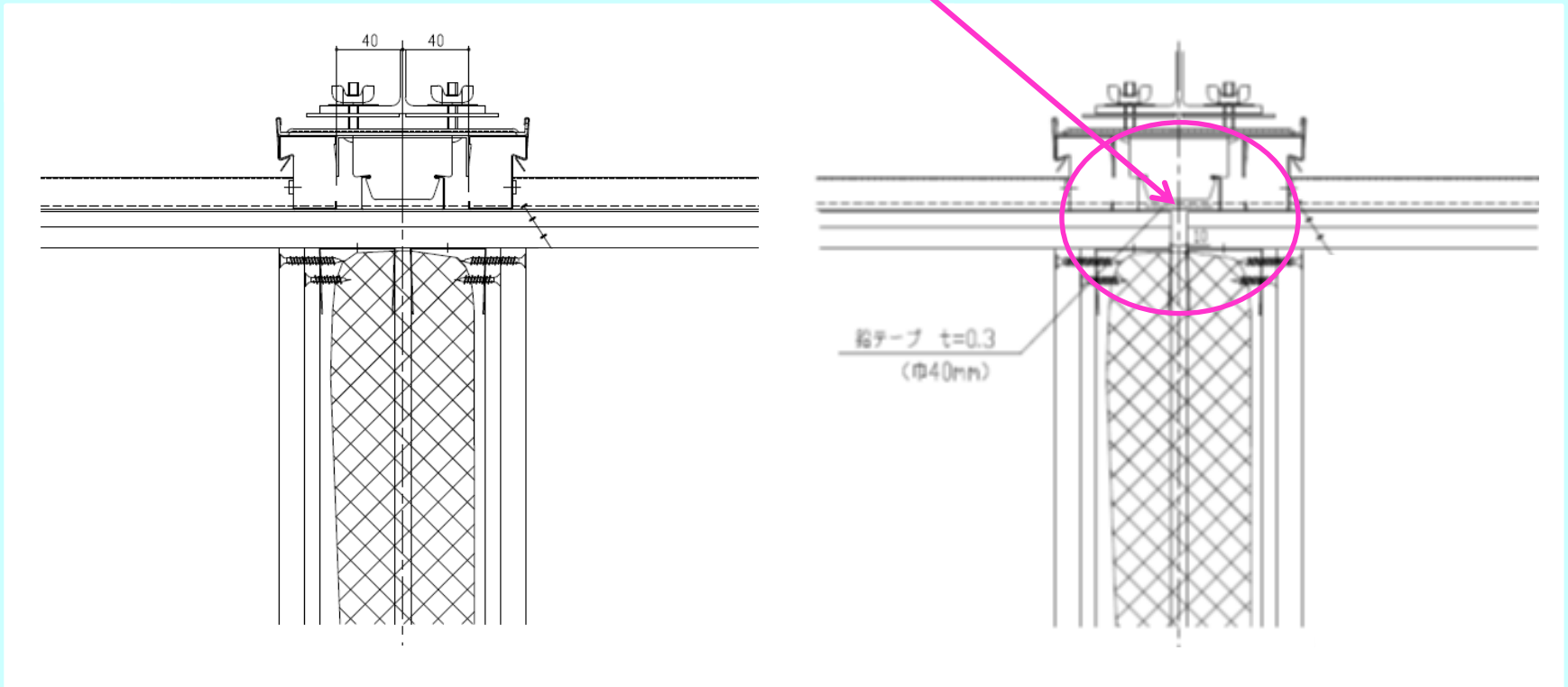
グラスウール有



グラスウール無

天井伝達系の連続と遮断

界壁上で野縁・天井材切断



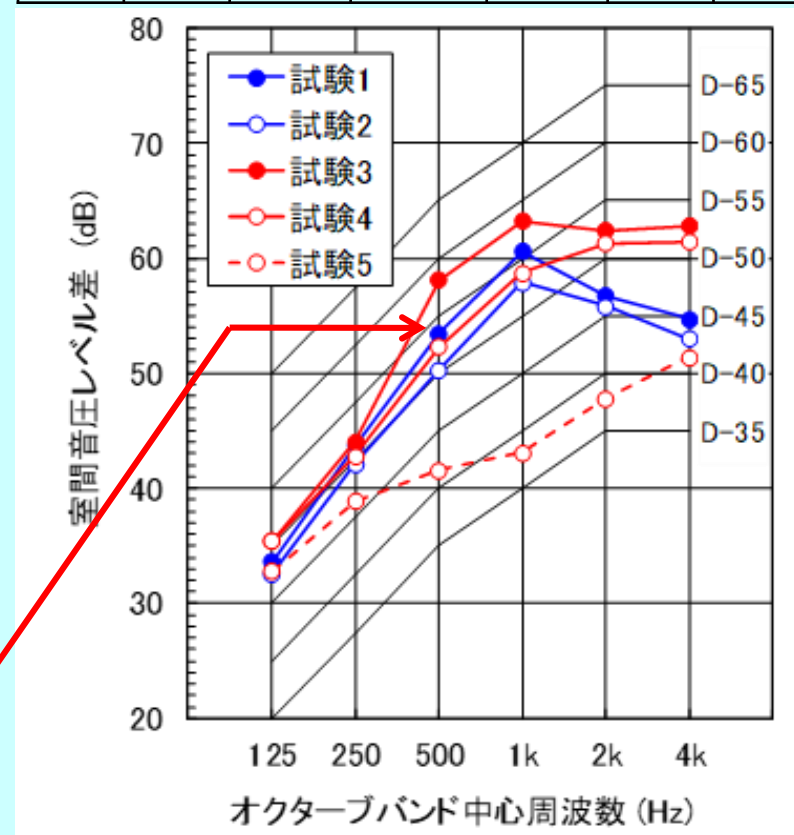
連続

遮断

天井先行工法試験結果

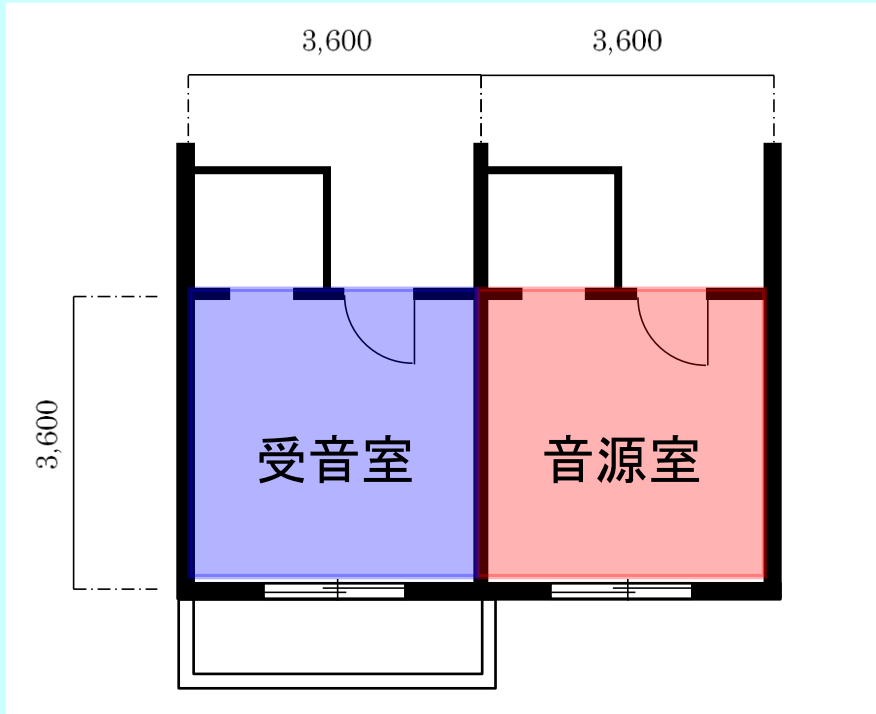
- ✓ 天井材を介した振動回路系が連続している試験1・試験2と、振動回路系を遮断した試験3・試験4では、吸音材の有無に係わらず、**2kHz帯域と4kHz帯域で振動回路系の影響がよく表れる。**
- ✓ 天井材遮断の効果は、試験1と試験2の「天井材連続」の仕様では遮音性能がD-45に止まるのに対し、試験3と試験4の「天井材遮断」の仕様ではD-50となり、1ランク性能が向上している。
- ✓ 小屋裏空間内の吸音材敷設による効果は、天井材が石膏ボード9.5+12.5mmの2枚張りとなり透過損失が高くなっても、500Hz帯域以上で発生し、空間音圧レベル差を左右する伝達系として影響してくる傾向にある。
- ✓ よって、**小屋裏内の界壁を除去する場合は、界壁部分で天井材を振動的に分離すること、小屋裏内には吸音材を全面敷設することが必要**と言える。

試験番号	小屋裏		天井材	天井伝達系	天井開口	D数
	界壁	吸音材				
1	無	有	9.5+12.5	有	無	D-45
2	無	無	9.5+12.5	有	無	D-43
3	無	有	9.5+12.5	遮断	無	D-50
4	無	無	9.5+12.5	遮断	無	D-50
5	無	無	9.5+12.5	遮断	有	D-38



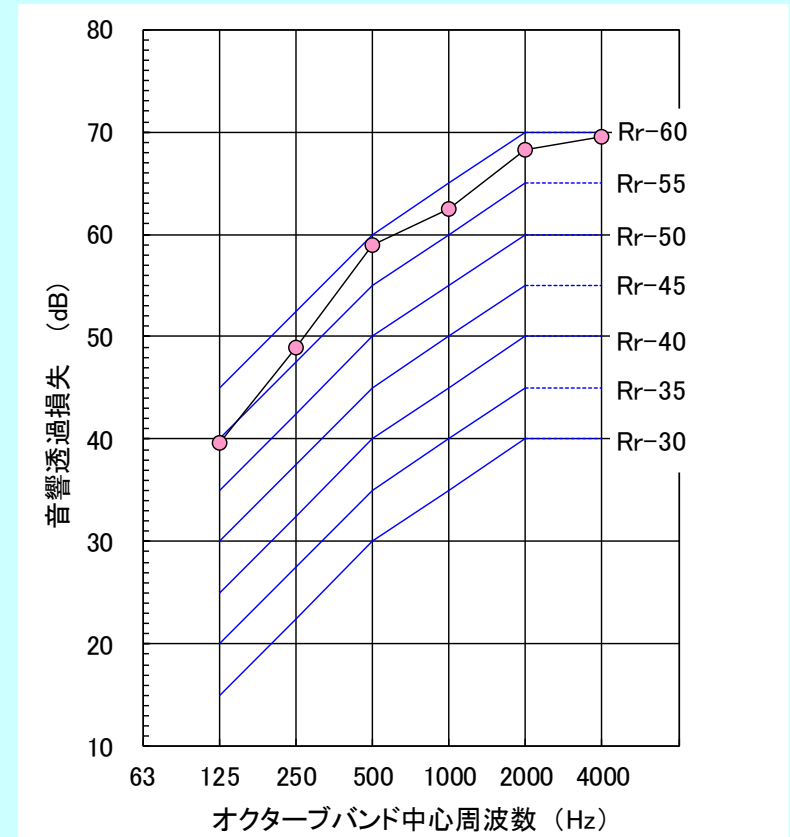
音源室と受音空間の遮音性能の変化

②別メーカー建物での検証：壁先行工法 (追加検討)



界壁の仕様

	仕様
遮音性能: Rr値	Rr-55
上張り用面材	普通石こうボード GB-R12.5
下張り用面材	リブ付繊維混入 石こう押出成形板厚8mm×2枚
断熱材	グラスウール24k、厚さ25mm
壁厚	154mm



界壁の音響透過損失

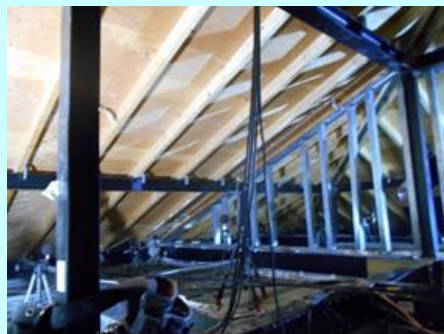
試験条件と各部の仕様

試験 番号	施工 方法	小屋裏		天井仕様	ダウンライト用開口	
		界壁	吸音		音源室	受音室
⑥	壁 先行	有	有	普通 石こうボード 9.5mm	無	無
7			無			
⑧		無	有			
9			無			

注1) 小屋裏吸音「有」の仕様は、ロックウール30k、厚さ100mmを小屋裏天井全面に敷き詰めている。



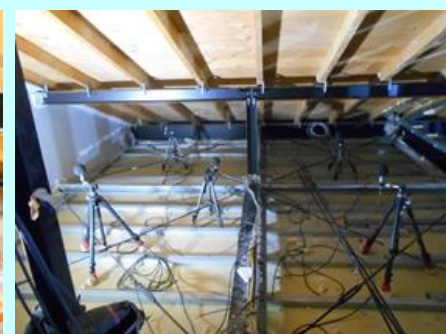
界壁有



界壁無



ロックウール有



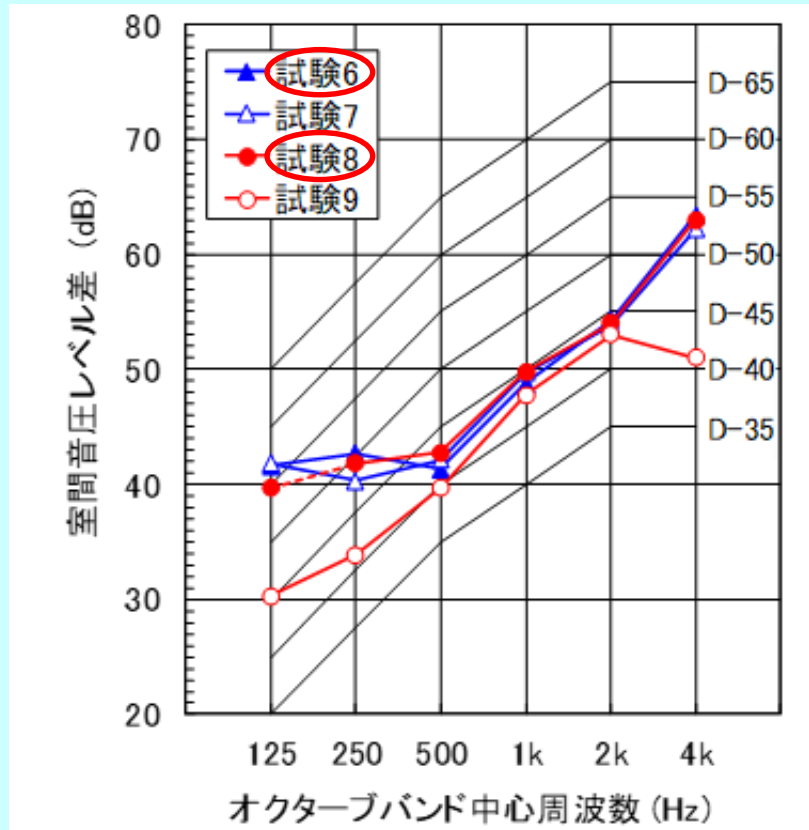
ロックウール無

検証試験の結果

✓ 小屋裏内界壁ありの試験6と小屋裏内界壁なしの試験8の遮音性能は、ほぼ同様の特性を示し、**小屋裏界壁を撤去しても吸音材を全面設置することで、同等の性能を得ることが検証された。**

✓ D値は、小屋裏内界壁なし吸音材ありの試験8がD-45であり、他はすべてD-40と評価される。小屋裏内界壁ありの試験6及び試験7が試験8よりも1ランク性能が低下したのは、500Hz帯域のレベル差が試験8よりも1dB～2dB低下したことによる。

試験番号	小屋裏		天井材	天井開口	D数
	界壁	吸音材			
6	有	有	9.5	無	D-41
7	有	無	9.5	無	D-42
8	無	有	9.5	無	D-43
9	無	無	9.5	有	D-40



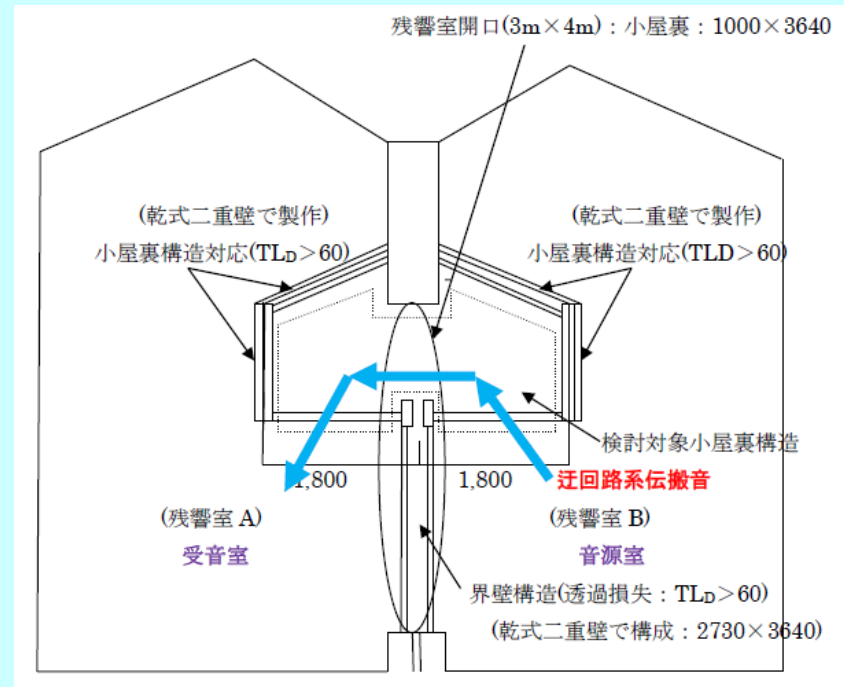
音源室と受音室間の遮音性能の変化

Ⅱ．実験室における試験装置、試験 方法の検討

実験室試験方法の検討

(考え方)

- ✓ 小屋裏を介したう回路伝搬音による影響を定量的に測定する方法として、実現場における各部仕様と納まりに着目し、ISO 10848の仕様等を参考にして、う回路系伝搬音の影響を透過損失の形で実験室で計測する方法について検討した。
- ✓ 試験装置は、実現場におけるう回路系の空気音、固体音(振動)の影響を実験室で再現し、そのう回路系の影響(性能)を透過損失に相当する値で測定・評価できるようにすることとした。
- ✓ 試験対象とする小屋裏構造以外の試験装置の部位(界壁や小屋裏空間の天井、壁部分)は、極力透過損失の高い構造とすることとした。具体的には、透過損失でTLD>60を満足する仕様として、装置の設置が比較的容易に行えるよう乾式二重壁構造を用いることとした。

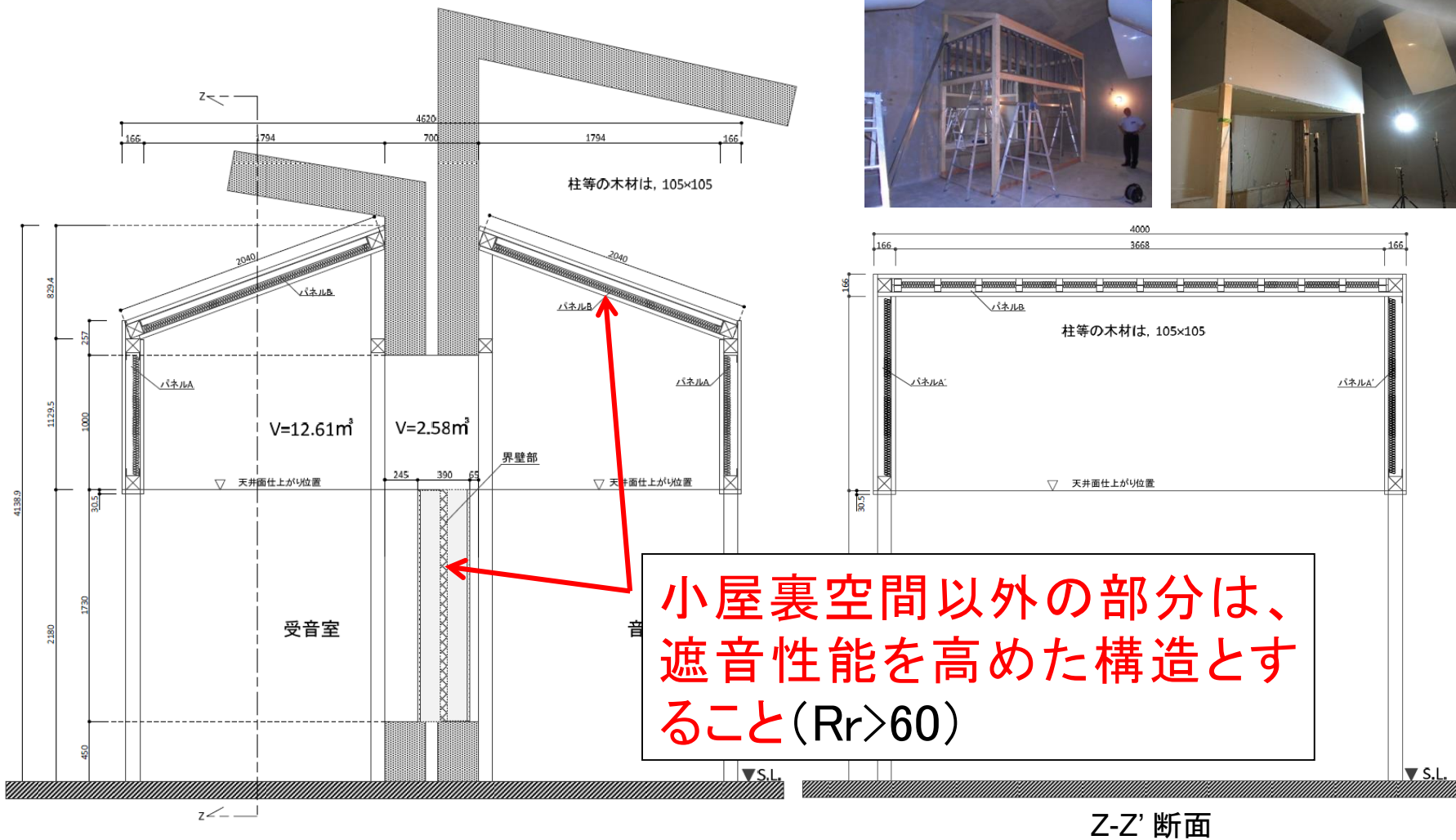


試験装置(実験室)の概念

※小屋裏部分の試験装置天井に相当する部分は、木造共同住宅の小屋裏形状を考慮するとともに、小屋裏空間の音響特性としての拡散性を高めるために傾斜を持たせた

試験装置の概要

JIS A 1416に規定されるタイプ I 試験室(残響室)の開口部を利用し、界壁の小屋裏部分の仕様を再現する



試験装置断面図

理論的検討

1) 界壁構造からの透過音

$$L_{e,w} = L_s - TL_w - 10 \log_{10}(A_e/S_w)$$

2) 小屋裏構造を迂回して伝搬する音

$$L_{e,c} = L_s - TL_c - 10 \log_{10}(A_e/S_c)$$

界壁からの透過音が無視できる条件を,

$$L_{e,w} = L_{e,c} - 10 \quad \text{とすれば,}$$

$TL_c = TL_w + 10 \log_{10}(S_c/S_w) - 10$ であるから,

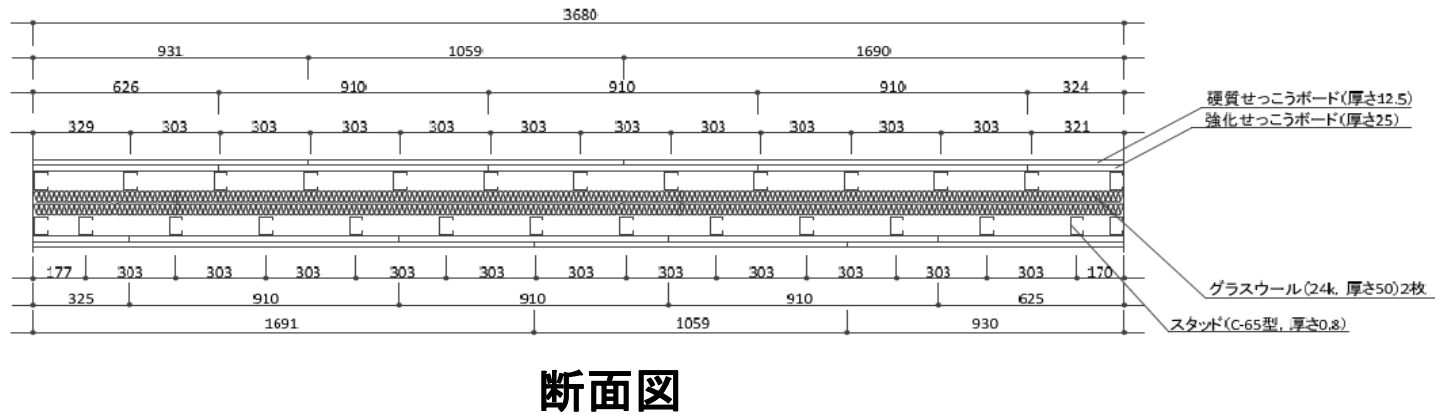
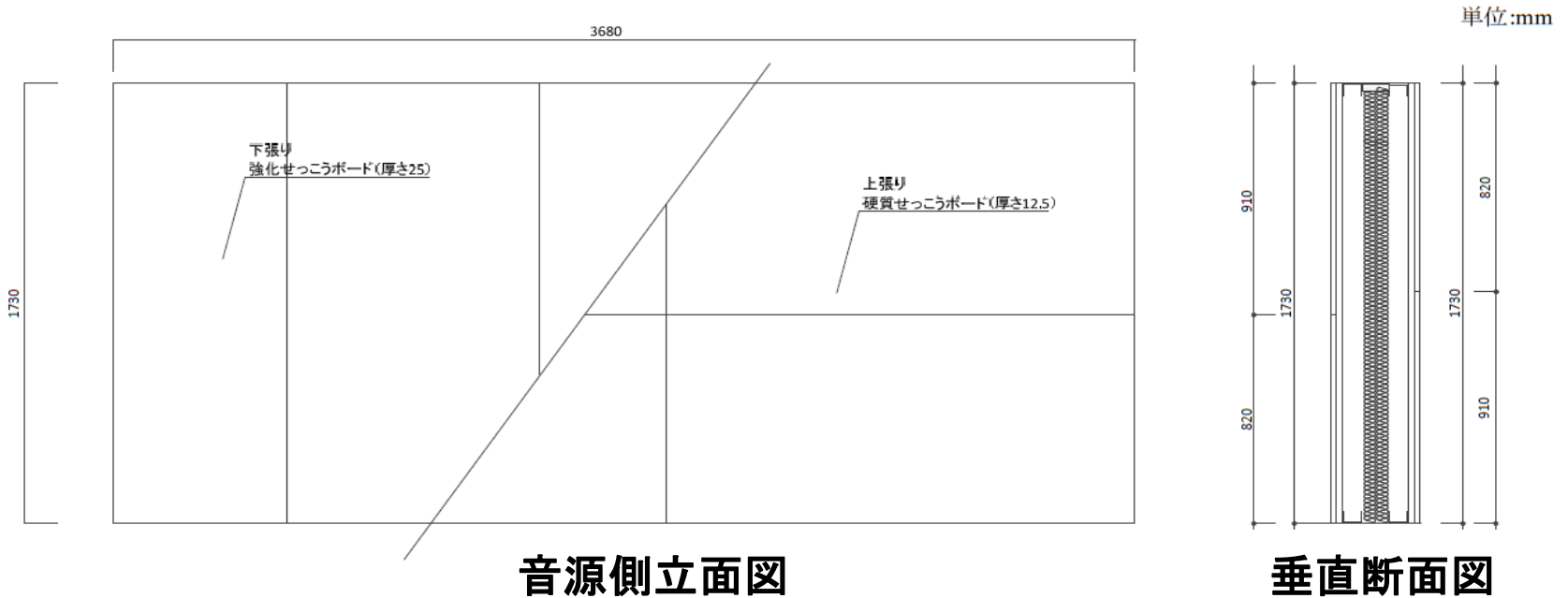
今回、試作した試験装置では、 $TL_c = TL_w - 9.1$ となり、界壁の透過損失よりも9dB程度低い性能まで小屋裏構造の透過損失の計測が可能となる。

よって、界壁構造(装置の各部位)にRr-60の性能の仕様を用いれば、小屋裏構造の性能はRrで40～50程度まではかなり正確に計測できることとなり、建築基準法第30条に対する小屋裏構造の判断が可能となる。

- ・天井面積の不統一：音源室天井面積と受音室天井面積が変化する場合

⇒音源室天井面積と受音室天井面積は同じ面積で試験を行うこととする。実建物で音源室の天井面積が受音室に比べて広くなると、見かけ上透過損失は低下するが、基本性能としては、同面積での試験結果で良いであろう。

界壁構造の概要



界壁(独立型乾式二重壁): $R_r > 62$

試験装置による試験条件：検証試験

試験番号		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
施工方法		壁先行工法				天井先行工法					
天井振動伝達系		---				野縁連続		界壁上部野縁切断			
材料構成 mm	天井構造	天井材	石こうボード 9.5		下張り用面材： 石こうボード12.5 上張り用面材： 石こうボード9.5		石こうボード 9.5			下張り用面材： 石こうボード12.5 上張り用面材： 石こうボード9.5	
		吸音材	無	グラスウール 16k、100	無	グラスウール 16k、100	無	グラスウール 16k、100	無	グラスウール 16k、100	無
	小屋裏内 界壁構造	無									
ダウンライト用開口		無									

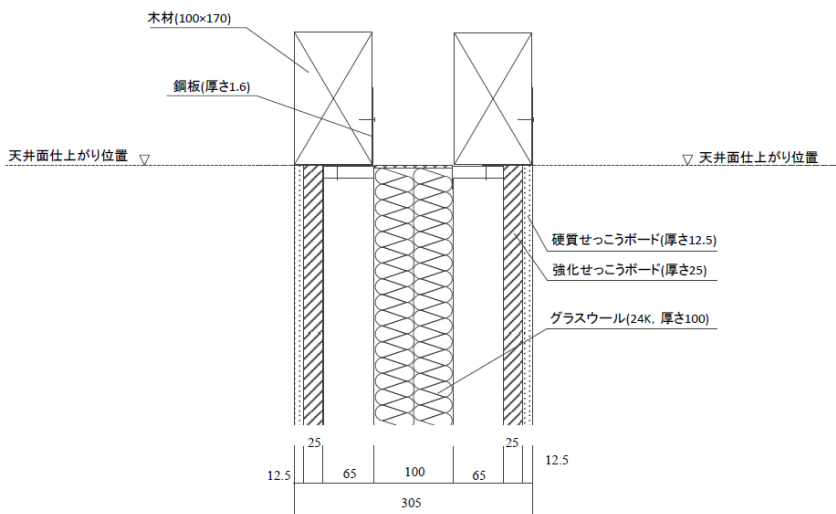


グラスウール無

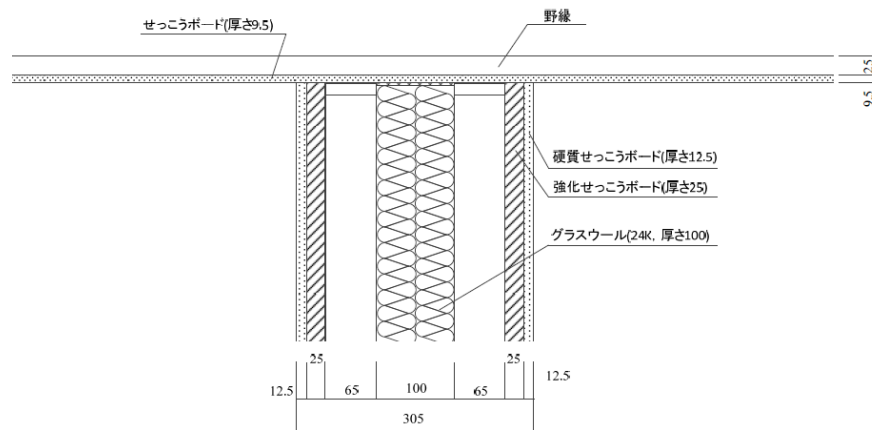


グラスウール有

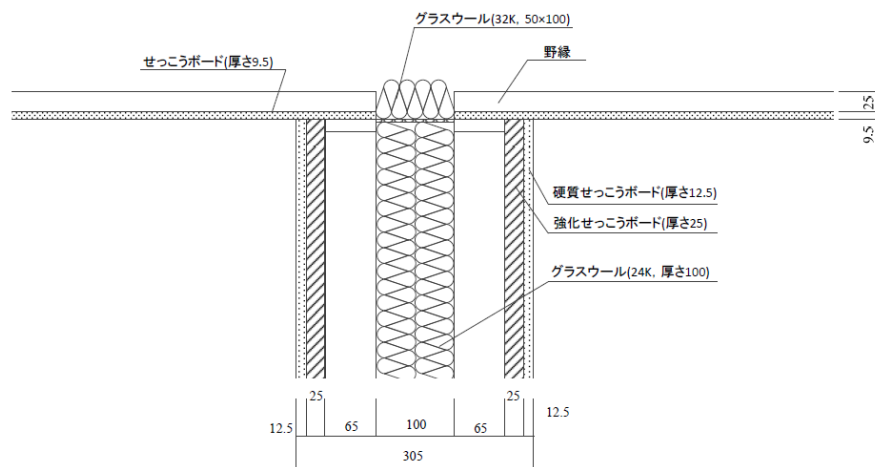
界壁と天井の納まり詳細



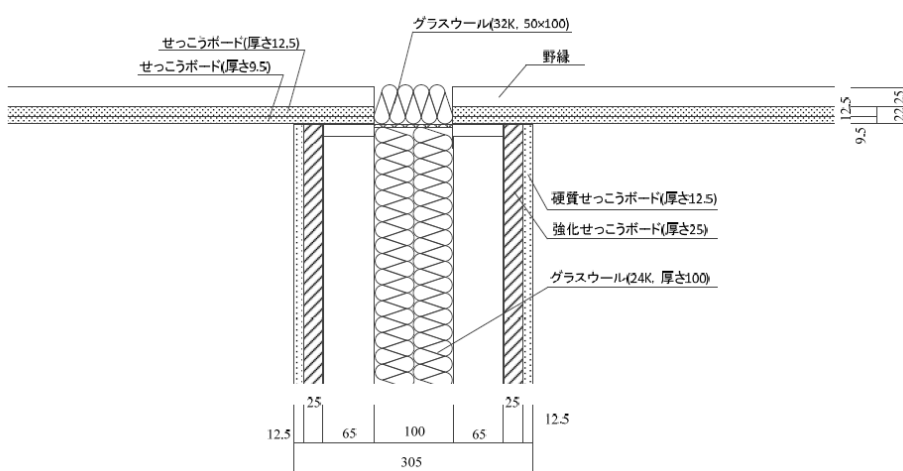
試験2.1～試験2.4:壁先行工法



試験2.5、試験2.6:天井先行工法



試験2.7、試験2.8:天井先行工法伝達系遮断

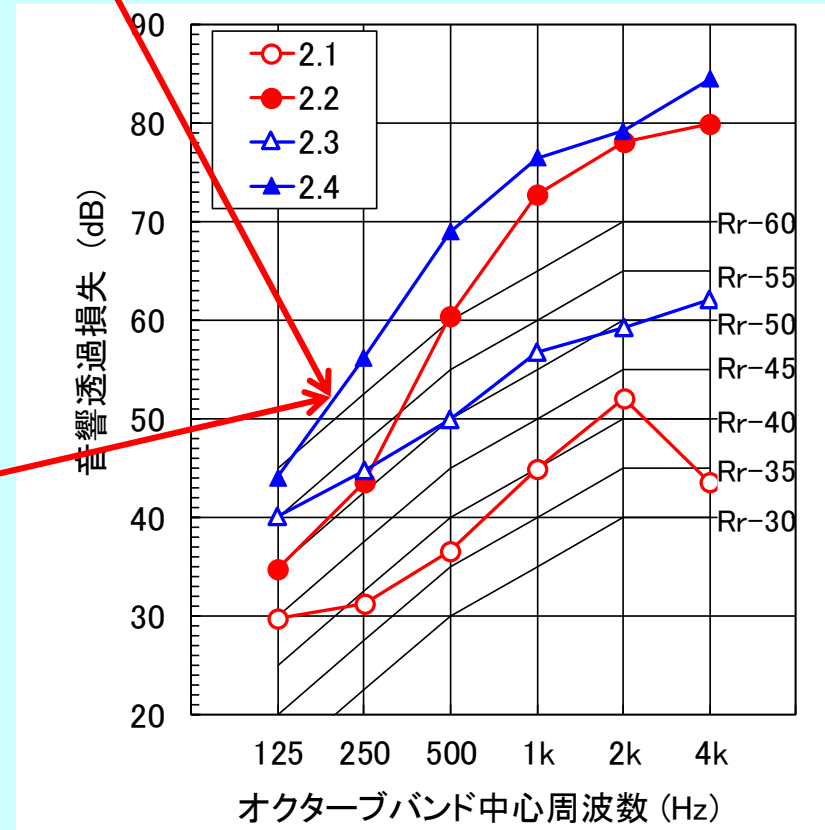


試験2.9、試験2.10:天井先行工法伝達系遮断

壁先行工法の試験結果

- ✓ 小屋裏内への吸音材の挿入効果は、面材（天井材）の透過損失によってかなり差が生じており、石こうボード9.5mmの天井の場合では、特に250Hz帯域以上で12～36dBの性能向上が認められる。
- ✓ 石こうボード9.5+12.5mmの天井では、吸音材挿入による効果は石こうボード9.5mmの場合に比べ5dB～10dB程度低くなっている。
- ✓ 小屋裏内への吸音材全面敷き込みの効果は大きく、Rrで10～15程度得られている。
- ✓ **小屋裏構造の透過損失は、Rr-40以下はもちろん、Rr-55以上の場合も計測できている。**

試験番号	天井材	小屋裏吸音材	天井開口	Rr数
2.1	9.5	無	無	Rr-34
2.2	9.5	有	無	Rr-50
2.3	9.5+12.5	無	無	Rr-49
2.4	9.5+12.5	有	無	Rr-59

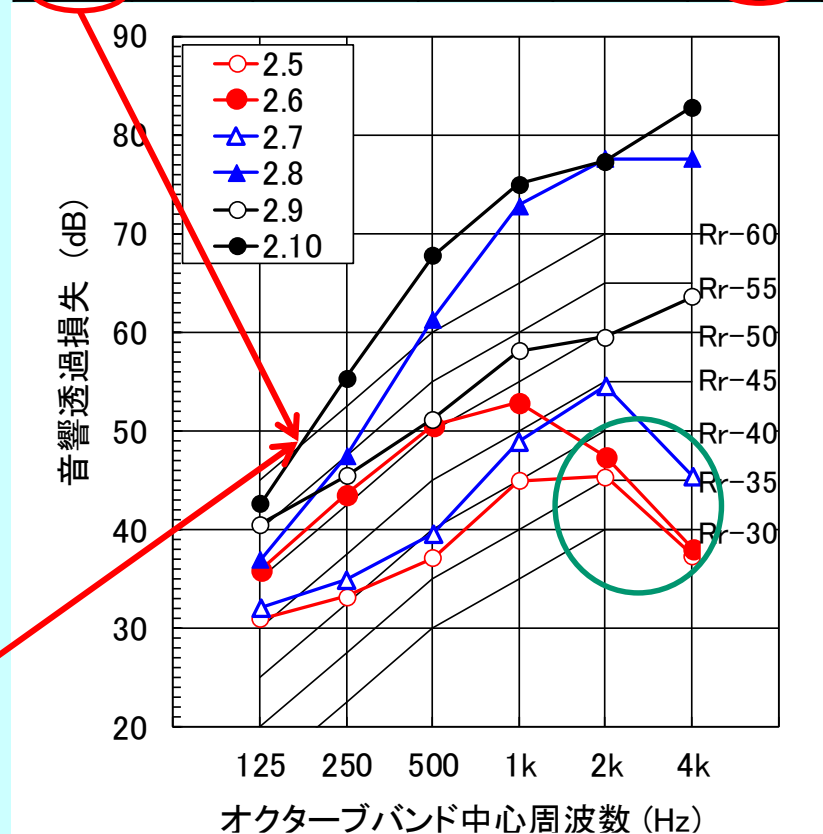


音響透過損失試験結果

天井先行工法の試験結果

- ✓ 野縁切断(試験2.7~試験2.10)による効果はすべての周波数帯域で生じており、試験2.5と試験2.7を比較するとその効果は特に2kHz帯域と4kHz帯域で顕著に表れることがわかる。
- ✓ 試験2.5と試験2.6より、野縁が連続している場合には、2kHz帯域と4kHz帯域の吸音材による効果は殆ど表れず、**振動伝達系による音響透過損失への影響**が確認できた。
- ✓ 試験2.6と試験2.8を比較すると、野縁が連続している場合にはRrで24性能が低下し、特に4kHz帯域では39dBの性能低下があることから、振動う回の影響がある場合には小屋裏内の吸音による効果は得られないことがわかる。
- ✓ 天井先行工法の場合でも、**振動遮断対策が十分行われれば、Rr-55を上回る性能測定が可能である**ことがわかる。

試験番号	野縁	天井材	小屋裏吸音材	天井開口	Rr数
2.5	連続	9.5	無	無	Rr-27
2.6	連続	9.5	有	無	Rr-28
2.7	切断	9.5	無	無	Rr-35
2.8	切断	9.5	有	無	Rr-52
2.9	切断	9.5+12.5	無	無	Rr-50
2.10	切断	9.5+12.5	有	無	Rr-58



音響透過損失試験結果

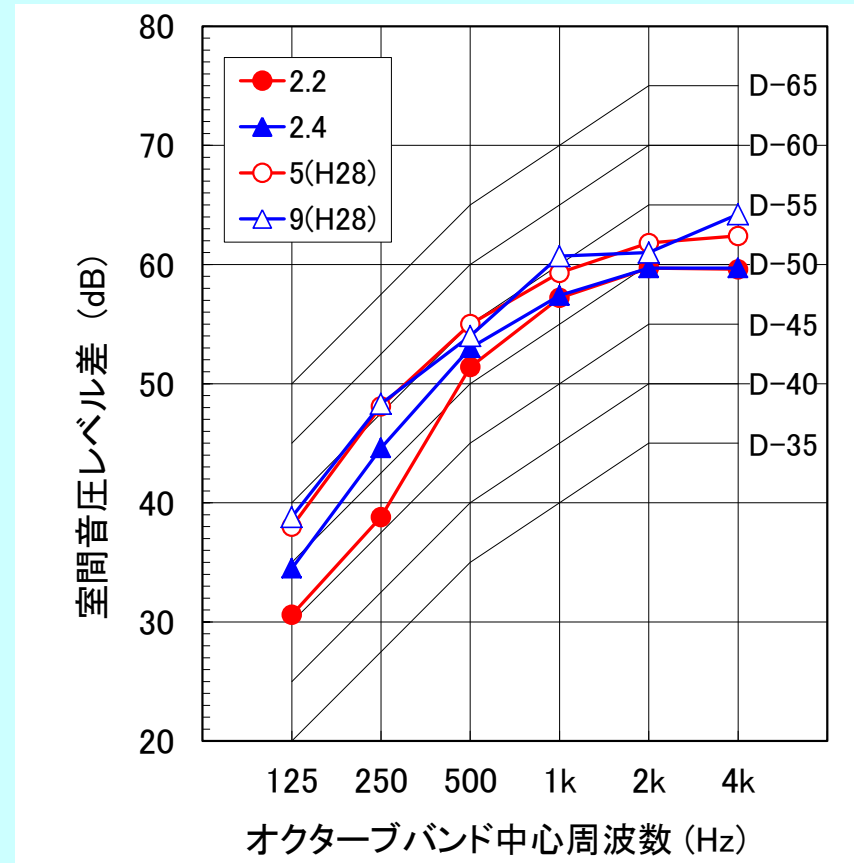
実建物への適用例

✓ 試験2.2及び試験2.4について、小屋裏構造の音響透過損失と界壁の音響透過損失を用いて算出した空間音圧レベル差と、同仕様の実建物で測定した空間音圧レベル差(試験5(H28)及び試験9(H28)2))を右図に示す。

✓ **試験装置の結果を用いて算出した空間音圧レベル差は、実建物で測定した空間音圧レベル差よりも小さくなる傾向**にあり、実建物での空間音圧レベル差の測定結果からも前述した小屋裏空間内での減衰要素の影響が表れることを確認した。

✓ これらの結果から判断すると、**試験装置を用いて測定した小屋裏構造の透過損失は、かなり厳しい条件下での値(透過損失が小さくなる傾向)になることから、実建物に適用する場合は安全側のデータとなる**ことが推察される。

- ✓ EX
 - ・実建物(試験9(H28)): Rr-51
 - ・実験室データ(試験2.4)を用いて予測: Rr-50



試験装置の結果から算出した
空間音圧レベル差と現場実測値の関係

まとめ：課題Ⅰの検討結果

1. 天井先行工法は、天井と界壁が交差する部分の天井下地を含めて天井材を切断すれば、壁先行工法の場合と同様な性能を確保することができることを確認した。
2. 小屋裏部分の界壁を除去しても、小屋裏の天井裏全面に吸音材を挿入すれば、小屋裏空間内でのう回路伝搬音の伝搬減衰が大きくなり、住戸間の遮音性能は界壁の透過損失に依存する遮音性能を得ることができる。
ただし、この検証は、壁の透過損失が $R_r-50\sim 55$ の場合に行ったものであり、界壁の透過損失が更に高くなった場合には、住戸間の遮音性能を界壁と同レベルに維持するために、両室の天井材の透過損失を高めて、小屋裏を介するう回路伝搬系の透過損失を高める必要がある。
3. 小屋裏内の吸音材の有無による余剰減衰効果は、吸音材「無し」で5dB程度、吸音材「有り」で10dB程度見込めることがわかった。
4. 2.でも示したが、小屋裏構造を「天井材＋異形の大空気層＋天井材」の界壁構造と捉えて、透過損失による性能表現を行うことが、小屋裏構造を音響性能として扱う上で都合が良い

5. 現場における実験結果から、界壁にRr-50程度の透過損失を有する壁を設けた場合、**小屋裏部分の界壁を除去しても住戸間の遮音性能を維持できる仕様として以下のような具体的仕様を示した。**

- ① 界壁と天井材の交差部は天井材が下地を含めて連続しないように、振動遮断仕様とすること。
- ② 界壁を挟む両室の天井構造として石膏ボードを9.5mm以上の単層張りとする場合は、小屋裏部分の天井裏全面に吸音材（グラスウール16k、100mm以上、ロックウール30k、100mm以上など）を設置する。
- ③ 界壁を挟む両室の天井構造として石膏ボードを9.5+12.5mmなどの複層張りとする場合は、コインシデンス効果を考慮し、厚さの異なる石膏ボードを組み合わせることが重要である（②とは異なり、吸音材は不要）。
- ④ ②の仕様で、ダウンライト用開口を@1000mm程度で設ける場合は、ダウンライト用カバーとして、鋼板製0.8mm以上等の気密ボックスを設けること。この場合も②の吸音材は設置する。
- ⑤ ③の仕様で、ダウンライト用開口を@1000mm程度で設ける場合は、小屋裏部分の天井裏全面に②の吸音材を設置する（④とは異なり、鋼板製の気密ボックスは不要）。
- ⑥ 石膏ボードの種類は、密度をパラメーターとすれば良いと考えられるので、強化石膏ボードでも差支えない。

まとめ：課題Ⅱの検討結果

1. **小屋裏空間を実験室で再現し、同部分の音響透過損失の計測が可能な「装置」を仕様を含めて提案することができた。**その基本的な考え方は、小屋裏空間を構成する各部位の音響的特性を考慮し、実大寸法の材料で構成することとしたものであり、性能認定申請者らが、遮音構造仕様として開発した小屋裏構造が基本的に再現できる装置となっている。
2. 小屋裏構造と組み合わされる界壁構造については、試験装置として設置する場合の施工性を考慮し、乾式二重壁構造としたが、**小屋裏構造の認定性能 $R_r=40\sim 50$ の計測可能な装置とするために、界壁部分は $R_r>60$ を満足する断面仕様を提案した。**
なお、この二重壁の仕様については、遮音性能の信頼性を高めるために、これまでに建築基準法、住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく特別評価方法による大臣認定を取得した断面仕様とした。
3. 試験装置の小屋裏空間は小面積の閉空間となっているため、実建物に比べ小屋裏空間内での余剰減衰量は小さくなる傾向がある。そのため、このような実験装置で実施した音響透過損失は実現場での性能に比べ、透過損失が小さくなることから安全側の評価になるため、申請構造の性能評価には装置として適切であると言える。

4. 特に、天井先行工法の場合には、野縁を含めた天井材の連続性から、遮音性能が低下することになる。そのため、本実験装置において界壁と天井の接合部を実建物と同様に施工することで、遮音性能も実建物と同等になるように考えた。

本試験装置による試験結果は、界壁と天井の接合部も含めた性能を評価できるように、試験体の設置方法、施工方法を実際の仕様で行うこととしている。この様に提案した試験装置で測定された音響透過損失は、天井材の透過音以外の影響も含まれた性能になるため、仕様の認定が可能となっている。

5. **小屋裏構造の遮音性能を特定するための重要な物理的要因として、次の項目を示した。**

- ・ **天井材の種類** (材質、厚さ、面密度、ダウンライト開口の数・大きさ)
- ・ **小屋裏内の吸音仕様** (材質、厚さ、面密度)
- ・ **天井材の連続性** (壁先行工法または天井先行工法の区別)
- ・ **天井下地** (材質、サイズ、音源室から受音室への連続性の有無)
- ・ **界壁部の納まり** (界壁と天井の接合部の処理方法)

..... 終了