

コンクリート壁体の内装仕上工法による遮音特性

真 藤 利 孝 吉 田 克 雄

Sound Insulation Properties of Concrete Wall with Finishing Surface

Toshitaka Shindo Katsuo Yoshida

Abstract

In case of finishing the surface of a reinforced concrete wall, the method of gypsum lining board directly bonded on with adhesive (the G.L. Method), or some methods such as fixing the board to furring strips may greatly reduce sound insulation compared with only a concrete wall. This reduction in sound insulation often causes trouble at apartment houses, but it is difficult to predict precisely what the properties of sound insulation will be with the individual interior finishing methods.

In this study, therefore, the authors investigated the characteristics of sound insulation by experiments with the G.L. method and other methods, which consisted of fixing the boards to furring strips, studs, etc. As a result, the reason for reduction in sound insulation was made clear, methods of improvement were found regarding the appropriate air space between concrete wall and board, packing of glass wool in the air space, the use of elastic furring strips, and other means.

概 要

鉄筋コンクリート壁体に石膏ボードなどで内装する場合、接着材で直貼りする工法（GL工法）の他、下地材とボードとの取付方法などによっては、遮音性能がコンクリート壁単体の場合に比べ著しく低下することがある。これらの遮音低下は集合住宅などにおいてよく問題となるが、内装仕上工法別の遮音性能を正確に予測することは困難である。

そこで本研究では、GL工法、胴縁を用いてボードを取付ける工法、独立間柱工法などについて遮音特性を実験により明らかにした。又、遮音低下となる原因を究明し、コンクリート壁体とボードとの中空層の取り方、中空層へのグラスウール挿入、弾性胴縁の使用などについての改善案を見いだした。

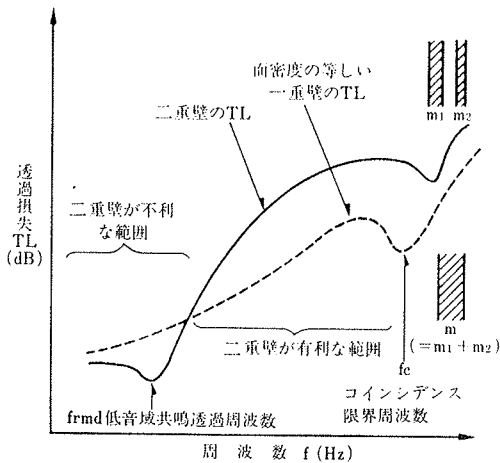
1. はじめに

一般にコンクリート壁体の内装仕上工法として、プラスターボードなどの板状材を用いた二重構造とすることが多い。このような場合、ボードをコンクリート壁体にどのように支持させるかの工法の違いによって、その遮音特性も異なり、コンクリート壁単体のみの場合の遮音性能より低下する場合もある。特にコンクリート壁体にプラスターボードを石膏系接着材で直貼りするいわゆるGL工法は、低廉で施工性が良いことから、内装仕上工法に広く用いられているが、欠点として遮音性能が250 Hz付近と4 kHz付近でコンクリート壁単体の場合よりも大幅に低下する。このため集合住宅に用いた場合には、隣戸の会話が聞きとれるなど問題となることが多い。

そこで今回、これらの遮音低下の解決方法として主に乾式下地工法を用いてボードを貼る内装仕上工法について遮音特性を調査し、コンクリート壁単体の遮音を低下させない工法を目標に、実験室に各種試料を施工して調査、研究を行なった。

2. 中空二重構造の遮音特性

コンクリート壁体に板状材を用いた二重構造の壁体の遮音特性は、基本的に中空層を持つ二重壁の透過損失の性能を示すことになる。中空二重壁の透過損失は、一般的に図-1に示すような特性を持っている¹⁾。図の点線は両側の壁の面密度の和と同じ面密度を持つ単板の質量則による値（周波数が2倍になると約5.5 dB上昇する）である。中空二重壁の透過損失は、低音域では両側の壁



図一 中空二重壁の透過損失の一般的傾向

の面密度の和から求めた点線の値を示し、それよりやや周波数が高くなると、両側の壁が空気をバネとして共振して透過損失は点線の値より低下する。この低音域共鳴透過現象を起こす周波数 f_{rmd} は下式で表わされる。

$$f_{rmd}(\text{Hz}) = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} \cdot \frac{\rho_0 c^2}{d}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 m_1, m_2 は二つの表面材の面密度 (kg/m^2)

d : 中空層の厚さ (m)

ρ_0 : 空気密度 (kg/m^3)

c : 空気中の音速 (m/sec)

この周波数よりやや上の領域では、徐々に透過損失は大きくなり、質量則の値よりも大きくなる。図中の f_c を示す領域は、表面材のコインシデンス効果による透過損失の低下である。なお共鳴周波数については、45 cm 間隔の胴縁などで内装材を固定することによる板自身の共振現象もあるため、(1)式の f_{rmd} の値よりもやや高い周波数となり、ここでの遮音低下をいかに小さくするか、遮音改善の目標となる。

3. 実験概要

3.1. 実験方法

遮音性能は受音室の吸音力によって変わるので、今回の実験では壁体自身の透過損失で比較検討することとした。実験はすべて当技術研究所の実験室で行ない、測定方法は JIS, A1416 “実験室における音響透過損失測定方法” に準じて行なった。試料取付開口面積は $3.0 \text{ m} \times 3.34 \text{ m} \approx 10 \text{ m}^2$ 、残響室容積 218 m^3 、測定周波数は 1/3 オクターブバンド、中心周波数 125 Hz~4 kHz で行なった。

始めにコンクリート壁（厚さ 120 mm、密度 $2.4 \text{ g}/\text{cm}^3$ ）を実験室の試料取付開口部に施工し、壁単体の透過損失を測定した後に各種試料の内装仕上材を施工して透過損失を測定した。なお内装材はコンクリート壁の片面の受音室側に施工した。ただし一部の試料については

両面にも施工して片面のみとの比較を行なった。

3.2. 測定試料

コンクリート壁体の内装仕上工法として下記の 4 種類の工法について実験した。それぞれの工法を図一 2 の(a)~(d)に示す。

(a) コンクリート壁体から離して独立間柱を設け、ボードを貼る独立間柱工法

(b) コンクリート壁体に胴縁、または金物などをじかに取り付けてボードを貼る乾式下地工法

(c) コンクリート壁体に接着材で直貼りするボンド直貼り工法

(d) コンクリート壁体にモルタルを薄塗り仕上げする湿式直仕上工法

また、(b)の乾式下地工法（木造胴縁を用いた場合）については、表一 1 に示す 3 種類のボードを貼り替え、表面仕上材のボードの違いによる影響を調べた。またそれぞれのボードを用いた場合の共鳴周波数を(1)式で計算した結果を表一 2 に示す。他の工法の仕上ボードは全てプラスチックボード 12 mm とした。

内装材	物性	厚さ (mm)	密度 (g/cm^3)	ヤング係数 (kgf/cm^2)
プラスチックボード		12	0.8	2.0×10^4
インシュレーションボード		12	0.3	3.0×10^3
ロックウールボード		12	0.4	4.3×10^3

表一 1 内装仕上ボード一覧

試験体	空気層 d (cm)	3.5	5.0	11.0
プラスチックボード		108	90	61
インシュレーションボード		169	142	96
ロックウールボード		147	123	83

表一 2 コンクリート壁と仕上ボードによる二重壁の共鳴周波数 (Hz)

4. 実験結果と考察

4.1. 独立間柱工法による透過損失

独立間柱工法によりプラスチックボードを取り付け、空気層の違いによる比較、さらにグラスウールの有無による比較を行なった。測定結果を図一 3~図一 5 に示す。これらの結果から以下のことが分かる。

○グラスウール無しで空気層が 35 mm と小さい場合は 125 Hz、160 Hz でコンクリート壁単体の透過損失と比べて 6 dB 程度の低下がみられる。これはボードとコンクリート壁との共鳴透過による影響であると考えられ、この場合の共鳴周波数は表一 2 に示すように $f = 108 \text{ Hz}$ となる。

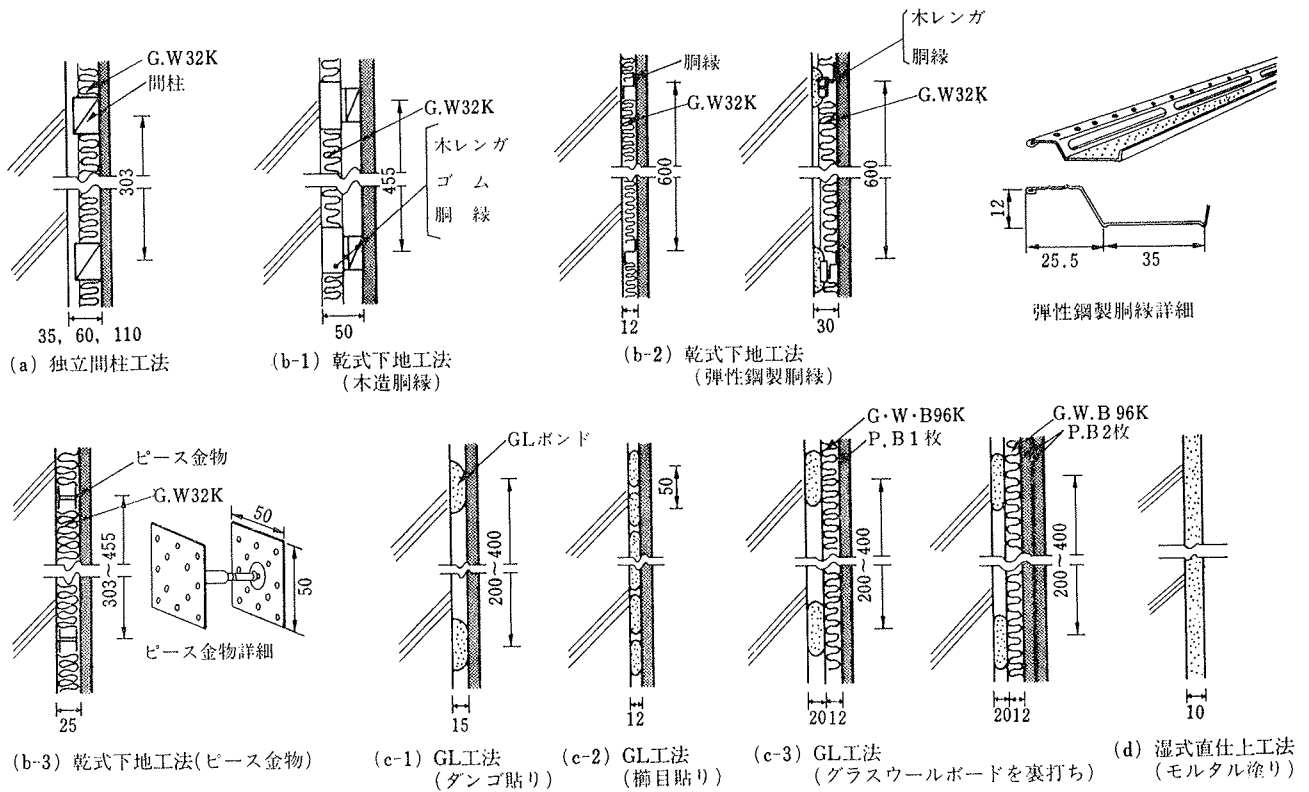


図-2 各工法別の測定試料

○コンクリート壁単体の透過損失より良くするには、空気層はグラスウール入りで最低限 50~60 mm 必要であり、空気層 50 mm 以下でグラスウール無しの場合、透過損失を改善することは下地の種類によらず困難である。

4.2. 木造胴縁を用いた乾式下地工法による透過損失

木造胴縁を用いた乾式下地工法で、表-1 に示す 3 種類の仕上ボードの違いによる透過損失を測定した。また、同じ空気層 (50 mm) での独立間柱工法との比較実験も行なった。測定結果を図-6 ~ 図-8 に示す。これらの結果から以下のことが分かる。

4.2.1. 仕上ボードの違いによる比較

○いずれのボードも木レンガ付胴縁の場合は 500 Hz 以上でコンクリート壁単体の透過損失より増加するが、200 Hz では低下が大きく 5~7 dB 程度コンクリート壁単体の透過損失より悪くなる。

○プラスターボードよりもインシュレーションボードの方が低い周波数における透過損失の低下がやや小さいがその他の周波数では仕上ボードによる大きな違いはない。

○コンクリート壁と仕上ボードとの共鳴周波数は表-2 に示すように、インシュレーションボードで 140 Hz 程度、他のボードで 100 Hz 前後である。従って 200 Hz 付近の透過損失の低下は、ボードと胴縁との支持方法に

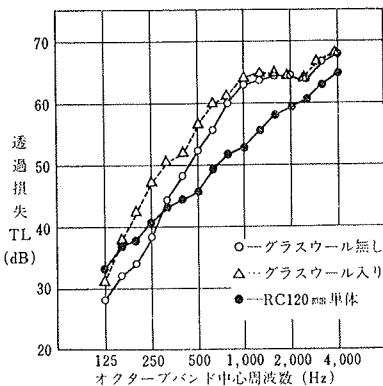


図-3 独立間柱工法の TL (空気層 35 mm)

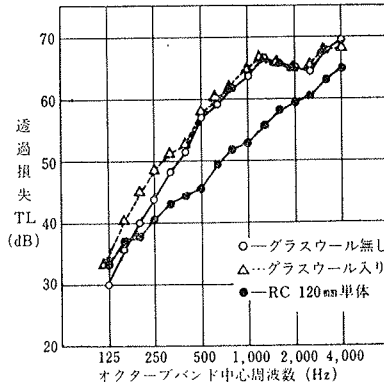


図-4 独立間柱工法の TL (空気層 60 mm)

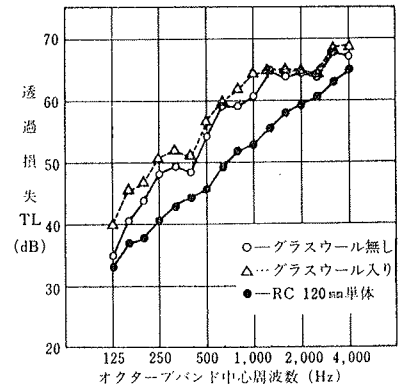


図-5 独立間柱工法の TL (空気層 110 mm)

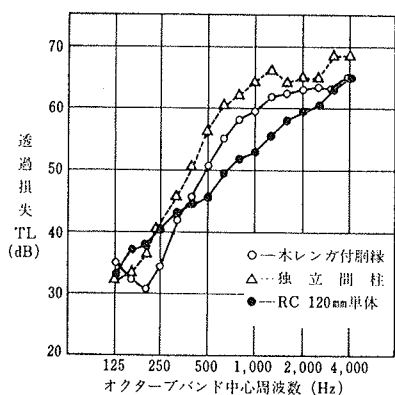


図-6 木造胴縁 プラスターボード 貼りの TL

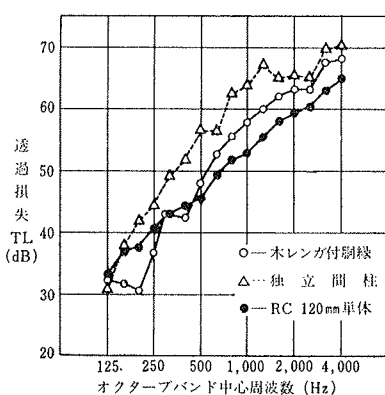


図-7 木造胴縁ロックウールボード 貼りの TL

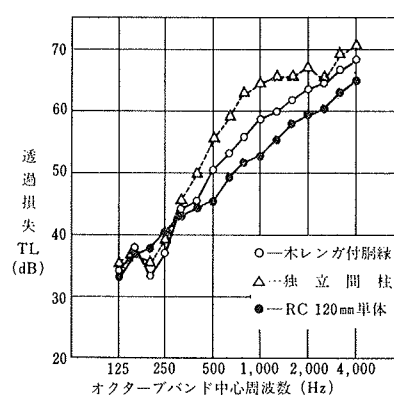


図-8 木造胴縁インシュレーションボード 貼りの TL

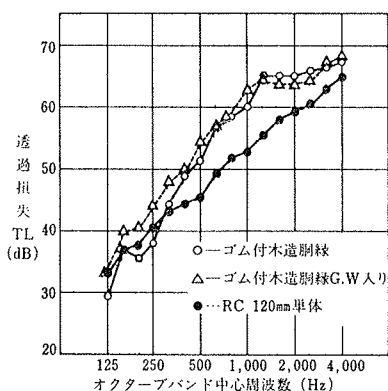


図-9 ゴム付木造胴縁による TL

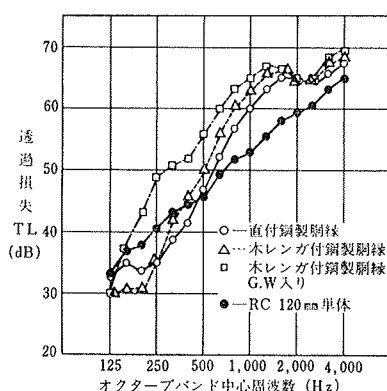


図-10 鋼製胴縁による TL

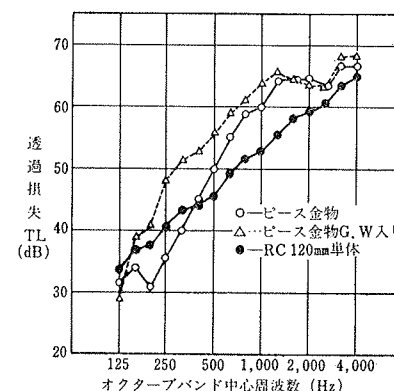


図-11 ピース金物による TL

起因するものであり、木レンガにゴムを挿入して胴縁を弾性支持することにより遮音改善が期待できると考えられる。

4.2.2. 木造胴縁にゴムを挿入した場合の効果 胴縁と木レンガの間にゴムを挿入し、接着剤と釘とを併用して胴縁を支持した場合と、さらにグラスウールを挿入した場合の効果について仕上ボードをプラスターボードで実験を行なった。測定結果を図-9に示す。

○ゴムを挿入した場合はゴムを挿入しない場合と比べて特に 160 Hz~250 Hz の周波数で透過損失が 5 dB 程度増している。

○ゴムを挿入しさらにグラスウールを挿入した場合は、500 Hz 以下の中低音域での効果が大きく、全周波数でコンクリート壁単体の透過損失を上回っている。

4.3. 弾性鋼製胴縁による透過損失

測定試料、乾式下地工法の図-2に示す弾性鋼製胴縁を使った場合の実験を行なった。胴縁をコンクリート壁に直付けした場合、木レンガ、グラスウールを用いた場合などを比較し図-10に示す。測定結果より以下のことが分かる。

○直付けでグラスウールを挿入しない場合は、400 Hz よりも低い周波数でコンクリート壁単体の透過損失より

劣っている。また、木レンガを用いた場合には 315 Hz 以下でコンクリート壁単体の透過損失より劣っている。これらは空気層が 30 mm 以下と小さいためと考えられる。

○木レンガ、グラスウール両方を用いた場合には、160 Hz 以上でコンクリート壁単体の透過損失より上回っている。

4.4. ピース金物を用いた場合の透過損失

ピース金物による施工はレベル調整のできる自在アンカーをボンドでコンクリート壁面に圧着し、それにボードを直貼りする乾式下地工法であり、グラスウールを挿入しての効果は大きい。図-11に測定結果を示す。

○グラスウールを挿入しない場合は 315 Hz 以下でコンクリート壁単体の透過損失より劣っている。

○グラスウールを挿入した場合は 125 Hz 付近においてコンクリート壁単体の透過損失より劣るがそれ以上の周波数ではコンクリート壁単体の透過損失よりも上回り断熱、遮音の双方を考慮する場合には有利な工法といえる。

4.5. ボンド直貼り工法 (GL 工法) による透過損失

ボンド直貼り工法の改善としてプラスターボードにグラスウールボードを裏打ちしたものを接着材でダンゴ貼りする工法が考えられる。従来のボンド貼り工法、接着

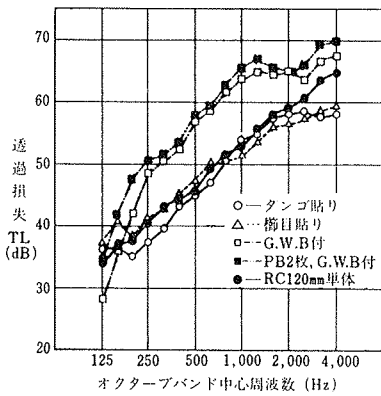


図-12 GL工法の TL

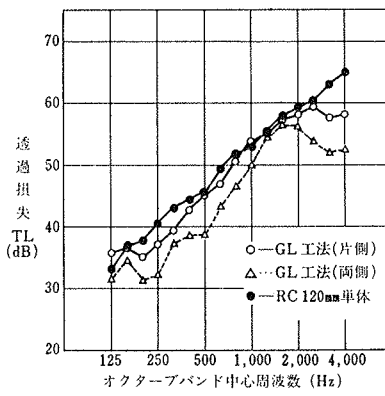


図-13 GL工法の TL(片面・両面施工)

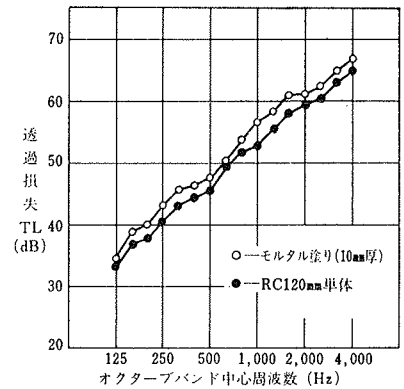


図-14 湿式直仕上工法の TL

材をボード裏面に櫛目状に塗付し壁面に圧着する石膏ボンド櫛目貼り工法、さらにプラスターボードを2枚貼した後、グラスウールボードを裏打ちした工法とともに、それぞれの測定結果を図-12に示す。また、ボンド直貼り工法で、音源側、受音側両側で施工した場合と片側(受音室側)のみ施工した場合の透過損失の比較実験も行なった。その結果を図-13に示す。測定結果から以下のことが分かる。

○石膏ボンド櫛目貼り工法は 1 kHz 以上でコンクリート壁単体の透過損失より 2~6 dB 程度低下するが、その他の周波数ではコンクリート壁単体の透過損失とほぼ同等である。

○グラスウールボードを裏打ちした施工例では、独立間柱(空気層 35 mm)にグラスウールを挿入した施工例と特性がほぼ同じでありその効果は大きい。

○グラスウールボードを裏打ちしたプラスターボード2枚貼りは全周波数でコンクリート壁単体の透過損失よりも増しており、プラスターボード1枚と比べてさらにその効果は大きい。

○図-13に示すコンクリート壁両側にプラスターボードを施工した場合は、コンクリート壁単体の透過損失と片側施工の透過損失の差の2倍程度さらに低下する。

4.6. 湿式直仕上工法による透過損失

コンクリート壁体にモルタルを薄く塗る湿式直仕上工法は、コンクリートの打上りの精度を上げて厚さ 10 mm 程度のモルタルを塗って仕上げる一工程の仕上工法で、GL工法と同様、簡便な施工法といえる。遮音機構からいえば単一壁と見なせるので二重壁構造のような遮音低下の心配はない。測定結果を図-14に示す。測定結果からコンクリート壁単体の透過損失より全域にわたり 2 dB 程度改善されていることが分かる。

5. まとめ

コンクリート壁体を内装仕上げする工法として主に、

中空層を設けてボードを貼る二重壁構造の遮音測定の実験と遮音低下に対する改善を目標に実験を行なった。その結果、低音域での遮音低下がなくすべての周波数でコンクリート壁単体よりも透過損失が上回るものとして、独立間柱工法でボード1枚貼りの場合、空気層はグラスウール入りで最低 50 mm 程度は必要である。

従って、独立間柱工法以外では、同程度の空気層を確保し、グラスウールを挿入し、胴縁などのボードの支持材をコンクリート壁体に剛に取付けないなど、ボードとコンクリート壁との結び付けを和らげることが要求される。

空気層が 30 mm 程度以下でボード1枚貼りの場合でも、グラスウールを挿入し、弾性胴縁などを用いれば、低音域ではコンクリート単体の透過損失より多少劣るがその他の周波数では全く問題なく、従来の GL 工法からすれば大幅な遮音改善となる。

一方ボードを2枚貼りする場合は、内装材の質量が増すことにもなり、空気層が小さい場合でも低音域での遮音改善が得られ、GL工法でもグラスウールボードを裏打ちすればすべての周波数でコンクリート壁単体の透過損失を上回ることになり、他の工法でも2枚貼りの効果は期待できる。

謝辞

当研究を行なうにあたり、弾性鋼製胴縁を用いた乾式下地工法と GL 工法の両工法については、吉野石膏(株)研究所 石井覚研究室長と共同で実験・検討を進め、それぞれの工法の試験体の製作、取付けは同社開発部富樫國昭主事の全面的な協力を得た。ここに両氏に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中洪: 二重壁の遮音性能予測方法, 騒音制御, Vol. 9, No. 4, (1985), pp. 10~14