

グラスウール中の音響伝搬現象について

-離散複数音源による実験と伝搬定数による理論的考察-

正会員 ○岩瀬 昭雄*

グラスウール	多孔質材料	軽量 2 重壁
遮音効果	屈折	音響伝搬定数

1. はじめに

グラスウールは吸音効果や軽量 2 重壁に挿入することによる遮音性能向上効果が知られる多孔質材料で、諸効果を知るには音響インピーダンスや音響伝搬定数等の把握が重要である^{1,2)}。音響伝搬定数を計測すると材料内での減衰と音速低下が明瞭に判り、空気中からグラスウール内への伝搬で屈折現象が想定され、筆者は実際にこれら様々な実験や考察を行い³⁻⁵⁾、今回も音源等の入射条件を変えて屈折に関わる検討を行ったので結果を報告する。

2. 実験概要

Fig.1 に実験系統図を示す。床面にグラスウールを厚く積層させ、試験対象のグラスウール(32K)をその上に配置する。試料下に 1 軸感度指向性を有する粒子速度センサーを配置して、これに向けて約 1 m 離れた音源スピーカーからホワイトノイズを放射し鉛直と水平の方向別音響強度を計測した。入射角度は 0 度(鉛直)から 90 度(水平)まで 10 度ごとで、合板箱に収納した口径 70mm の小型スピーカーを代表点から 100mm 間隔に 5 点平行移動して音源に見かけ上の拡がりを与えて平面波入射条件に近づけた実験条件とした。分析は音源信号に対する伝達関数分析を行ない、代表の中央 1 点による分析と 5 点分散配置同相駆動条件での伝搬特性の分析処理も加えた。グラスウール試料の厚さは 25,50,75mm とし、試料無し(0mm)を比較基準とした。グラスウール内の伝搬角度 ϕ と音響伝搬強度 U を水平鉛直 2 成分強度 u_z, u_x から以下の式で推定した。

$$\phi = \tan^{-1}(u_x / u_z) \quad (1)$$

$$U = \sqrt{u_x^2 + u_z^2} \quad (2)$$

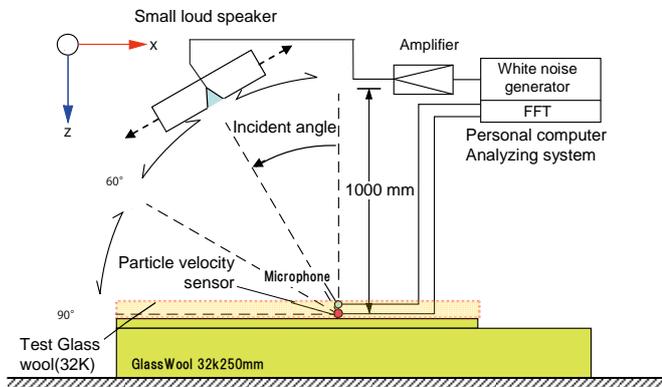


Fig.1 Block diagram for acoustic measurement of sound propagation in glass wool.

3. 実験結果

まず、GW32K の試料無し (0mm) で点音源での入射角 0,30,45,60,80 度の例を Fig.2(A)に示す。これを見ると、試料無しで鉛直に近い入射条件を含め入射角度より鉛直に近づく傾向が認められる。これまで水平入射条件では観測されたが、床面反射防止のグラスウール 250mm 層にセンサーをより密着配置した影響と考えられる。

50mm 厚試料をセンサーの上側に配置してグラスウール中の伝搬方向を推定した結果を示した Fig.2(B)では、試料無し(0mm)と比べて全般的により法線方向に近づく傾向が明瞭であり、低い周波数ほどその傾向が強いことが判る。なお、Fig.3 に示したスピーカーを 5 個仮想配置条件の場合、分析結果の周波数特性に凹凸の乱れが生じている。これはスピーカー間の位相干渉の影響と考えられる。平面波音場の再現にはより細かく広い範囲に音源配置が必要な事が示唆される結果と考えられる。

以上の伝搬角度について、グラスウール内では中音域で 30 度、高音域でも 60 度前後の伝搬角度であり屈折現象を想起される音響伝搬が再確認された。

グラスウール中の音響伝搬での減衰量として、センサー上に試料が無い場合と比較した Fig.2(C),Fig.3(C)の結果を見ると、低い周波数で 0dB を超える乱れも窺えるが、周波数が増すに従い数 dB から 20dB 程度まで強度低下、入射角度が水平に近づくに従いより減衰が大きくなる傾向が明らかであり、試料厚さが厚いほど減衰が増す結果も得られている。参考に、後述の Fig.5 での垂直入射時の u_z 成分と 80 度入射時の u_x 成分の減衰値と比較すると鉛直入射時と水平入射に近い場合の減衰量と概ね対応することがわかる。グラスウール中の斜め伝搬時の減衰はこの両実験値の間と考えてよさそうと思われる。

4. 伝搬特性の理論推定結果との比較

以上の例について、GW32K の伝搬定数計測値^{1,2)}を Fig.4(A)のように近似した複素波長定数を Snell の法則に適用して⁶⁾、グラスウール中への屈折角とそれによる見かけ長くなる伝搬経路の透過減衰を推定した。その結果を Fig.4(B),(C)に示す。これを見ると、低い周波数や高い周波数でやや傾向は異なるが中高音域では水平入射でも 60 度前後に進行し、減衰も数 dB から 20dB 程度となるなど Fig.3 に示した離散音源の場合と概ね対応する。

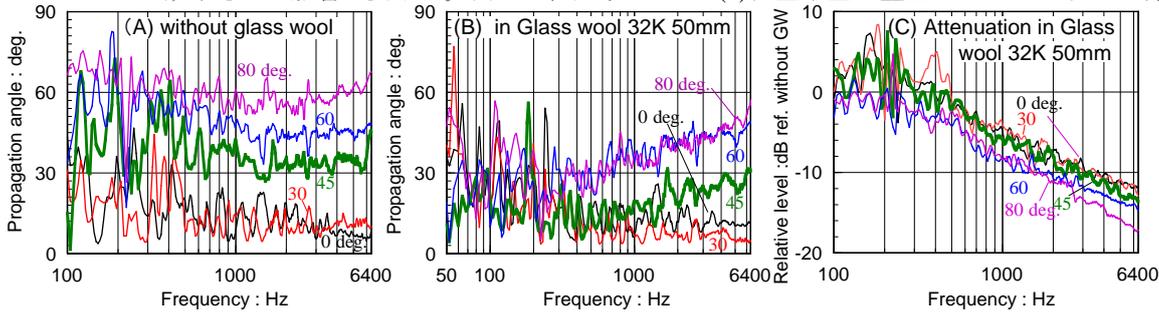
5. 軽量2重壁への挿入効果の考察³⁾

軽量二重壁へのグラスウール挿入効果はグラスウール内の伝搬特性に依存し、全体の遮音性能は概略、①音源側の入射角度に依存した単板の遮音性能と、②以上に述べたグラスウール層透過減衰、さらに③透過側2層目への入射角度に依存した単板料の遮音性能を併せ推定する。透過減衰は今回の実験や検討から Fig.3 や Fig.4 に示した値から把握できるが、Fig.5 (A) に示す垂直入射の鉛直成分と水平入射の水平成分の減衰の間の値と考えられる。2層目の板材料の遮音性能に関し、前述のグラスウール内の伝搬角度(屈折角度)を入射角度と考えるのが妥当で、コイシデンス効果もこの影響を受ける。例えば、同厚2

層構造の場合でも垂直に近づく屈折角度で入射すると仮定すると、Fig.6 に示す様にコイシデンス周波数は 1/3 オクターブ程度やや高い側へ移行し、見掛け上の異厚化効果も加わって遮音低下が抑制されると期待される。

6. まとめ

- (1) スピーカ 5 個を離散配置した幅を持たせた音源で斜め入射時のグラスウール内での伝搬角度と減衰を観測した。
- (2) 屈折現象が想定できる角度変化と減衰効果を確認した。
- (3) 中音域でもこれらの効果が確認できた。
- (4) 音響伝搬定数を Snell の法則に適用して、屈折現象を推定し、実験結果との概ねの対応が得られた。
- (5) 軽量中空二重壁へのグラスウール挿入効果を考察した。



付記 本研究は科研費(H22-23 挑戦的萌芽)によったが、卒研生の田中則光君、渡辺拓巳君、前駆期には浅野雄太君、元院生直入弘貴君から多大の協力を得た。ここに深謝の意を表す。

文献 1)岩瀬, 伊積, “音響管を用いた新しい音響伝搬定数の計測法-試料背後の空気層を必要としない計測法-”音響学会誌, Vol.52, No.6, p411-419(1996)
 2)岩瀬, 齊藤, 川端, “音響管を用いた新しい伝搬定数計測法の実用化に関する研究-多孔質材料の試料共振の抑制方法と応用計測を中心として-”建築学会計画系論文集, No.503, p17-24(1998)
 3)T. IWASE, S. SUGIE, J.YOSHIMURA and K. YOSHIIHISA, “On sound propagation in light weight double leaf wall with porous material”, Internoise-2007, in07_485.pdf
 4)直入, 岩瀬, “多孔質材料中における音波の伝搬特性について”, 音響学会騒音振動研究会資料N-2009-3, p1-8 (2009)
 5)直入, 岩瀬, “多孔質材料中における音波の伝搬特性-背後空気層における音波再入射時の屈折現象の観測”, 建築学会大会梗概集(環境工学 I), p291-292(2009)
 6)J.F.Allard, “Propagation of sound in porous media”, Elsevier applied Science (1993)

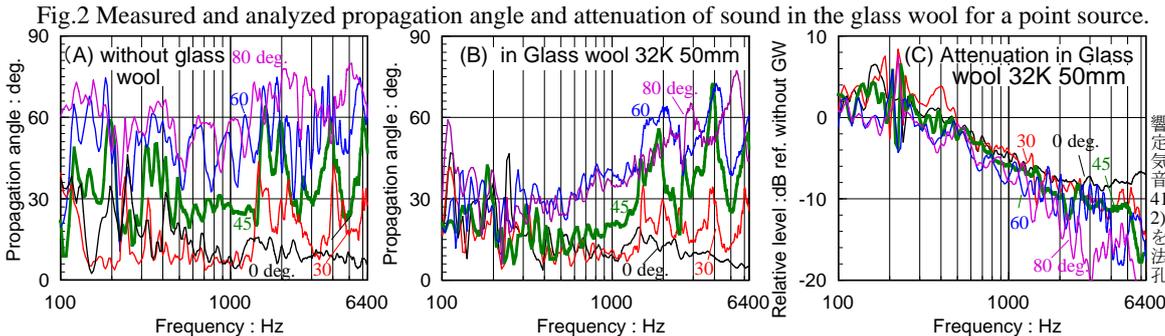


Fig.3 Measured and analyzed propagation angle and attenuation of sound in the glass wool for 5 parallel sources.

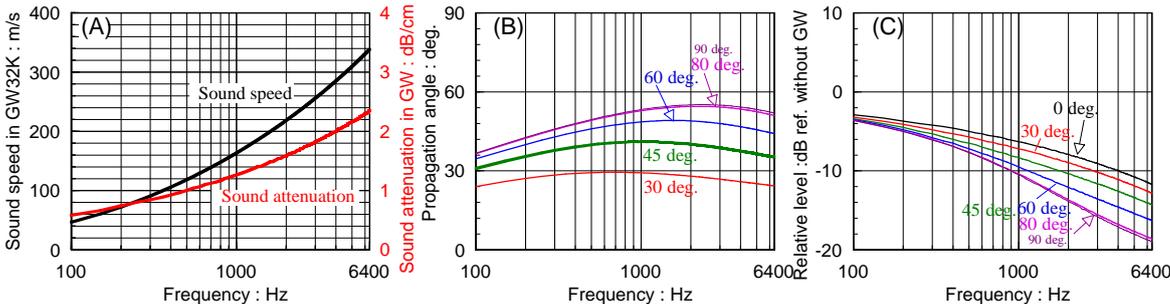


Fig.4 Acoustical properties of test glass wool and estimated propagation angle and attenuation for 5 parallel sources.

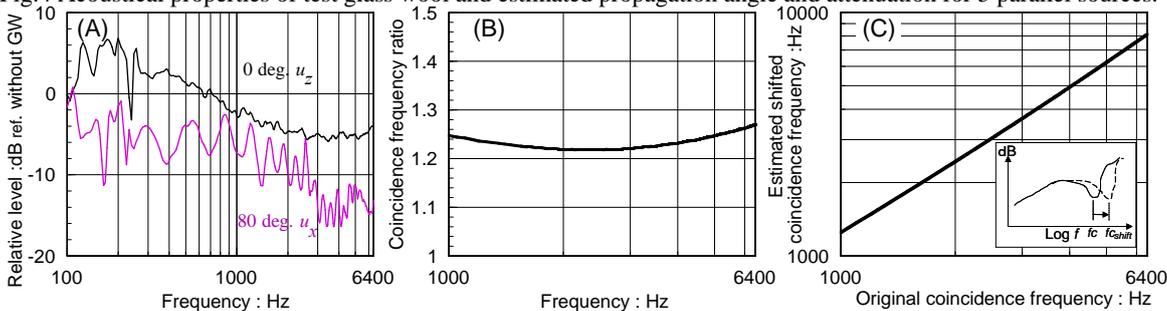


Fig.5 Measured sound attenuation for typical two direction. Fig.6 Estimated frequency ratio and sifted coincidence frequency.

*新潟大学工学部 教授・工博

*Prof., Dept of Architecture, Faculty of Engineering Niigata Univ., Dr. Eng