

氏 名	寺 井 俊 夫 てら い とし を
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1298 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	積 分 方 程 式 に よ る 建 築 の 音 場 計 算 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 松浦邦男 教授 南井良一郎 教授 堀江悟郎

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は建築においてしばしば現れる不整形な室内及び建築物の外部の音場を予測するために、境界積分方程式を用いて数値計算を行う際の問題点を研究したもので、3部8章から成っている。

第1部においては定常音圧応答を取扱っている。

第1章では、剛な骨格をもつ多孔質材料よりなる吸音性物体に対する音場を求める連立積分方程式をグリーンの公式を用いて導き、従来から用いられてきた層ポテンシャルによる積分方程式との対応及び数値計算上の利点について論じている。またグリーンの公式を法線微分して得られる積分方程式中に含まれる2重層ポテンシャルの法線方向導関数を取扱う方法として、特異性を減ずるための余分な演算を必要としない直接的方法を示している。

第2章では、剛な陵や隅角を有する物体のまわりの音場を取扱っている。まず、陵や隅角を有する場合の積分方程式を示し、次いで物体に対応する閉空間内の固有周波数に対応する周波数に近い音源の周波数においても安定な解を与える方法を検討し、剛な物体を吸音性物体でおきかえ、グリーンの公式を法線微分して得られる積分方程式において、音響コンダクタンスを小として解を求める方法について論じている。また、グリーンの公式より導いた積分方程式より得られた代数方程式の係数行列の行列式が極小値をとる周波数として、残響室の固有振動を求めることが可能であることを示している。

第3章では、剛板のまわりの音場を取扱っている。まず、基本積分方程式を剛な物体の厚さが0となった極限として導いている。これを解いて剛な平板の場合の音場を求め、従来広く利用されてきたギルヒホッフの近似に基づく障壁の遮音の計算法との対応を考察し、特に板の背後面の近くで著しい差があることを示している。

第4章では、吸音性物体による散乱を求めるための4種の可能な連立積分方程式を検討し、吸音性物体に対応する閉空間内の固有周波数近くでも安定な解を得る定式化として、自由空間側の境界積分方程式を法線微分して得られる積分方程式を用いれば解が安定であることを示し、4種の定式化に対する可否の判断を示している。また、アドミッタンスを用いる近似化の場合も微分して得られる積分方程式が安定な解

を与えることを示している。

また、一般の凹凸のある地形に対して得られる積分方程式の解の精度を見るために、半無限吸音体に対する解を級数展開により求め、他の方法により得られる解と比較している。

第2部では過渡的音源による音場を論じている。

第5章では、過渡音に対するグリーンの公式より導かれるボルテラ型の積分方程式即ちキルヒホッフの公式と、簡単な形に対する計算例を示している。

第6章では、パルスによる吸音物性値の同定のために、層状吸音材料に垂直入射するパルスの反射波形を表す積分方程式を解き反射波の実測値を最小自乗的に最良近似するとき3個の吸音物性値を決定する方法について述べている。

第7章では、剛または吸音性の壁面を有する室内の三角波による過渡応答を計算する方法について述べている。解が安定に求まるための音源の波形、影響領域の近似、時間及び空間分割の大きさ、積分の計算と平滑化の方法等を検討し、剛壁の場合の正確値と比較して良い一致を得ることを示している。

第3部、第8章では、境界積分方程式を用いて同様の方法で解ける問題として、熱伝導の場合に対する定式化を論じている。

論文審査の結果の要旨

実在の不整形な建築物の内外の音場を求める問題は、建物と同程度の波長の存在及び音源に近距離の音場が対象となるため、近年の電算機の能力の増大にもかかわらず定量的な計算はなお困難であることが多い。本論文は、このような問題を解決するために、空間内部に点を配置する方法に比べ、境界上の点のみを取扱い、未知数を少なくできる境界積分方程式による解法を示すとともに、数値計算の際に問題となる点を解明したもので、得られた成果を要約すると次のとおりである。

(1) 積分方程式を導く方法として、層ポテンシャルを用いる方法は、グリーンの公式による方法と等価であること、及び後者の方法が特に解が滑らかになるため数値計算上有利であることを示した。

(2) 積分方程式に現われる2重層ポテンシャルの法線導関数は、これまで特異性を減ずるため種々の変換を施してきたが、本研究では考えている境界面上の要素の周辺に関する線積分の形にして、より簡単に取扱う方法を示した。

(3) 剛な物体の外部音場を求める場合、内部固有周波数で解が不安定となるが、吸音性物体におきかえその音響コンダクタンスを小とし、且つ微分して得られる積分方程式を用いれば安定な解を得て、音場を良く近似できることを明らかにした。

(4) 剛板に対する積分方程式を剛板の厚さが0となった極限として導き、板の表裏及び周囲の音場を求めた。その結果と実験による測定値とを比較してよく一致することを確かめたが、従来の近似計算法による結果と比べて特に剛板の裏面において著しい精度の向上を得ている。

(5) 吸音物体に対し可能な4種の連立積分方程式による解法を検討し、非消散性の媒質(空気)側に微分して得られる積分方程式を用いれば、周波数に対し安定な解が得られることを示した。

(6) 層状材料に垂直に入射する平面波パルスを積分方程式を利用して解き、吸音材の物性値の同定に利

用できることを確認した。

(7) 剛または吸音性壁面を有する室内の三角波に対する過渡音圧応答を、ポルテラ型積分方程式であるキルヒホッフの公式を用いて計算し、正確値とよく合うことを確かめ、この方法が曲面を有する多重反射に対しても有効であることを明らかにした。

以上要するに、本論文は定常及び過渡的音源による建築物の内外の音場を求めるために、不整形な境界に対しても適用し得る利点を有する積分方程式に着目し、その数値解法に対する基本的な問題点を明らかにしてその解決方法を示すとともに、簡単な形状物体に対しその有効性を確かめたもので、学術上また実用上寄与するところが多い。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。