



<はじめに>

本研究室では材料力学や構造力学、構造最適化手法に基づく構造設計理論の構築及びその応用に関する研究を行っている。優れた力学的機械特性を有し、且つ超軽量な構造の最適形態をコンピュータ自動計算により求める最適設計手法を開発している。

自動車のボディデザインを例として考えるとき、なるべく「軽くて強い」形が理想であるが、その設計はとても複雑で、設計者の経験や技術が大きく影響してしまう。そこでこの研究では、コンピュータでの自動計算で最適な形を導き出せるプログラムづくりに取り組んでいる。実用化すれば設計者の経験に左右されず、自動車など工学デザインの軽量化・小型化・省エネ化構造を素早く出すことができる。

この技術は工学分野を飛び越え、医学での応用も試されている。たとえば、人骨の中で最も繊細な骨と言われる「耳小骨」の再建手術。骨の代わりにコルメラという棒を入れるが、人体実験ができない耳の中の振動をシミュレーションし、聞こえやすくなるコルメラの形を予測して患者への負担なく最適な手術方法を提案することが可能である。工学技術で医師を支え、医療技術の進歩に大きく貢献できる可能性を秘めている。

<研究内容>

1. 3次元構造体の形状・トポロジー最適化

構造最適化とは、あらかじめ決められた設計・境界条件から所望の性能を最大限に得られる構造・形状を求める方法論である。構造最適化を大別すれば、寸法最適化、形状最適化、トポロジー最適化の3つに分類される。寸法最適化は、材料や構造物の寸法(長さ、幅、直径など)を設計変数として最適化を行う。寸法を変化させるだけなので、例を挙げた3手法の中で最も簡易的な方法である。形状最適化とは構造物の外形形状を設計変数として最適化を行う方法で、詳細設計案が決まった段階では非常に有効で実用的な手法である。また、トポロジー最適化とは、構造物の位相を設計変数として最適化する手法である。最も自由度が高く、既存概念にとらわれない設計案の導出が可能である。

本研究では、汎用有限要素ソフトと自作プログラムを使用し、3次元構造体の形状最適設計及びトポロジー最適設計システムを構築する。図1に示すように、形状最適化の計算例の一つである薄板・シェル構造は軽量性や加工性、経済性等を特

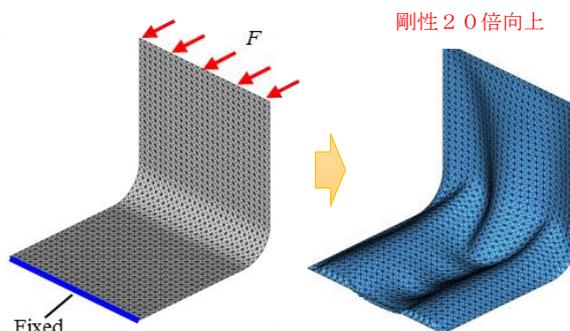


図1 車体薄板・シェル構造の形状最適化

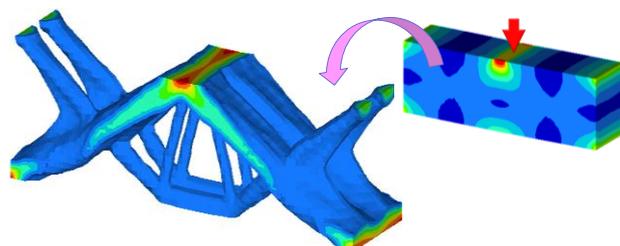


図2 トポロジー最適化計算例1

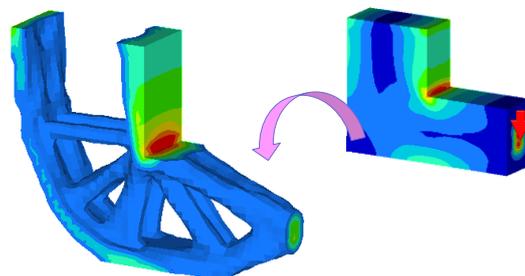


図3 トポロジー最適化計算例2

徴とするが、形状最適設計により、その力学特性を飛躍的に向上させ得る。図2と図3に構造体のトポロジー最適化計算例を示す。体積60%減らしても最大応力はほぼ変わらない最適なトポロジー構造が自動計算で得られた。

2. 最適設計手法による高性能極軟鋼制震デバイスの開発

地震多発国である日本における構造物の耐久性や安全性を高めることが必要不可欠である。そのため、多くの構造物に免震、制震デバイスが組み込まれてきた。特に橋梁構造物では地震の対策として免震ゴムが設置されることが一般的であった。しかし、近年の公共投資の削減からより経済的な免震、制震デバイスが求められている。

本研究はせん断型パネルダンパー (SPD: Shear Panel Damper) という低降伏点鋼の平板からなる制震デバイスを研究対象とする。SPDはエネルギー吸収性に優れ、構造も単純で安価である

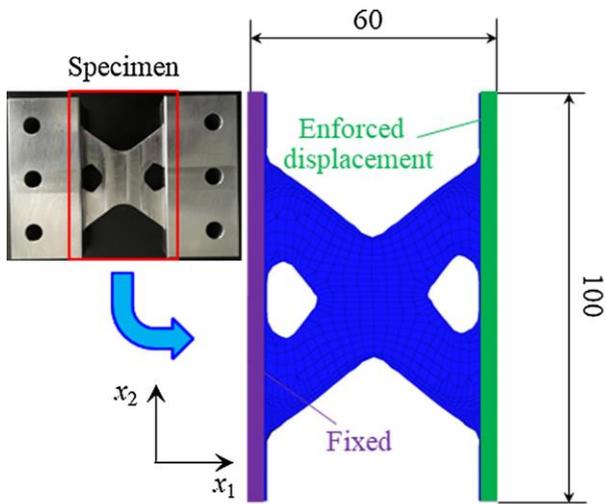


図4 極軟鋼制震デバイスの最適設計

ことから高層ビルなどに使用されてきた。しかし、SPDは同じく高層ビルや、橋梁構造物などで使われている積層ゴムに比べて変形能力が不足していることが課題である。本研究では、繰り返し弾塑性解析と実験計画法を利用した応答曲面法を利用して、SPDの変形能力を最大化する形状最適化を試みた。図4に橋梁を対象とした経済的で信頼度の高いせん断型制振デバイスの最適設計を示す。

3. 工業分野だけでなく医療分野への応用も

構造最適設計の技術は、医療分野でも生かされようとしている。そのひとつが、私たちの耳の奥にある「耳小骨」の再建である。耳小骨は、

鼓膜がキャッチした音を内耳に伝える役割を担っているが、中耳炎などの疾患で、骨のつながりが損傷することがある。通常、コルメラという素材を使って、鼓膜と内耳とを直接つなぐ手術を行うが、何度も手術をして聞こえの善し悪しを実験するわけにはいかない。耳鼻科では損傷を受けた耳小骨を修復し、聴力を改善する伝音再建手術が主として医師の技術と経験に基づいて行われてきた。その効果を手術の前に予測することができれば画期的な医療技術の進歩に繋がると考えられる。このような視点に立って、H27年度から鳥谷耳鼻咽喉科医院の鳥谷先生と共同で耳小骨の伝音再建手術効果予測法の開発、改善に着手し(図5に参照)、そこに用いられるコルメラ(再建部品)の形状や取り付け位置の最適化に関する研究にも取込んできた。

<おわりに>

近年、激化する国際競争を勝ち抜ける高付加価値の製品を生み出すために、製品コンセプトを初期段階で定量的に評価して最適化する革新的設計手法の重要性は一層増してきている。それに応える研究として、本研究室では優れた特性を有し、且つ軽量の構造の最適形状をコンピュータにより自動的に求める理論及びその応用の研究を行っている。また、社会的ニーズに応じた医工連携テーマのような新しい分野の研究も挑戦して行きたい。

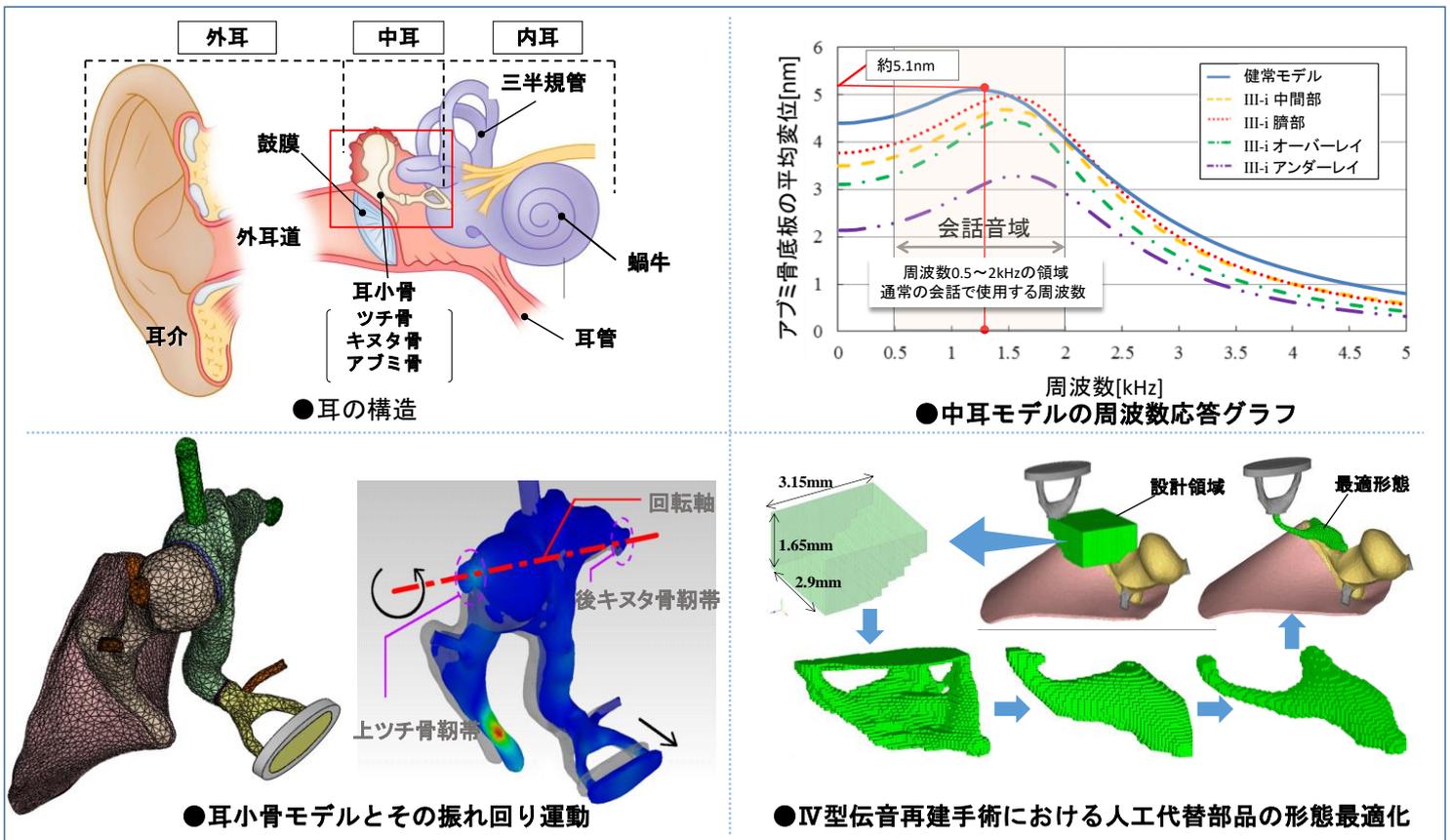


図5 耳小骨の伝音再建手術に用いられるコルメラの形状最適設計