

構造最適化手法による 車両構体の強度向上

鉄道力学研究部 (計算力学)
高垣 昌和

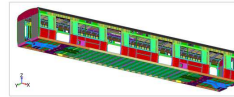
研究の目標

構体の高強度化と軽量化の両立を図るため、車両構体の構造精緻な応力解析をもとにした最適化手法を構築する。

⇒鉄道車両の安全性の向上や省エネ化に繋がる

従来の取組み

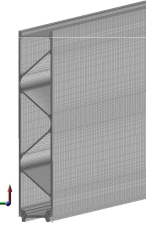
- 板厚のみを目的関数とした構造最適化
- ハイトラムの骨組み構造の位相最適化
- ダブルスキン構造の最適化



板厚の構造最適化



骨組の位相最適化



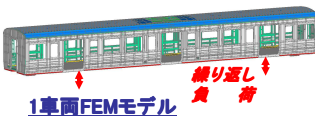
ダブルスキン構造

車両構体の構造最適化

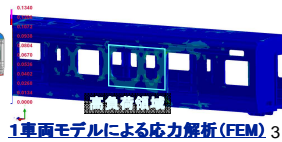
1車両モデルは、大規模となるため精密なモデル化が困難
⇒ズームング法による評価領域の高精度モデル

高強度化および軽量化を目指した構造最適化手法の提案

- ◆ 1車両モデルによる高応力領域の評価
- ◆ 走行試験データを基にした動的応力解析
- ◆ ズームング法による精密モデルの適用
- ◆ 溶接部のモデル化

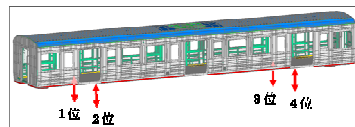


1車両FEMモデル

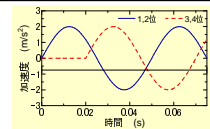


1車両モデルによる応力解析 (FEM)

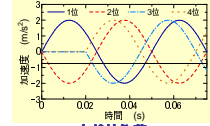
車両モデルによる 応力解析結果



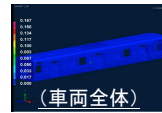
1車両FEMモデル



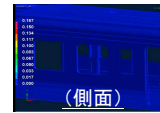
垂直加速度



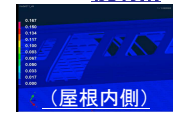
ねじり加速度



(車両全体)



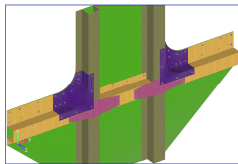
(側面)



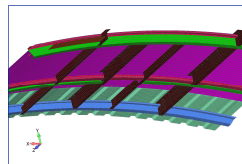
(屋根内側)

ねじり負荷時のMises相当応力 (GPa)

部分構体モデルによる構造最適化



(構体側面窓コーナー部)



(屋根部)

部分構体FEMモデル

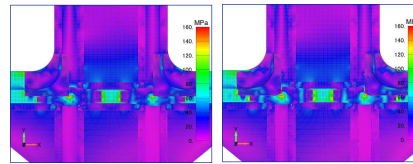
最適化条件

- 目的関数: 応力最小
 - 制約条件: 構体質量(保持、12%減、20%減)
- 境界条件
- 1車両モデルによる解析からのズームング
⇒モデルの同位置の変位を適用

*ズームング法

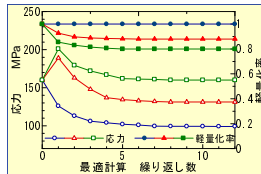
全領域を粗いモデルで解析を行い、その計算結果を境界値として、特定の局所領域を精緻なモデルにより解析する手法

高応力領域の形状最適化(側構構体)

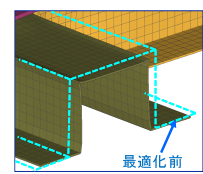


最適化実施後
質量-12%低減
最大応力: 18%減

Misesの相当応力カウンター図(質量低減12%)



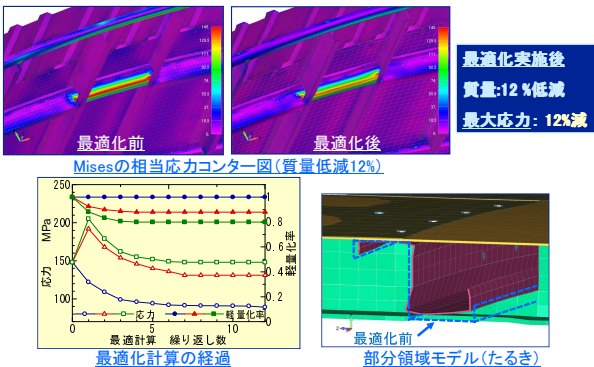
最適化計算の経過



最適化前

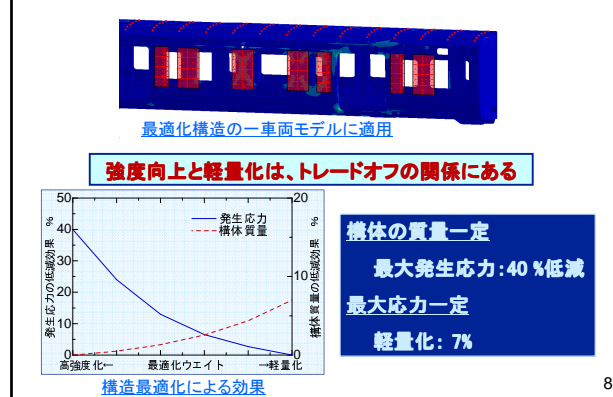
部分領域モデル(側柱)

高負荷領域の形状最適化(屋根部)



7

一車両全体における形状最適化の効果



8

オリジナリティ

- スポット溶接部などを再現した精緻な1車両モデルの応力解析をもとに高負荷領域の構造最適化を実施

活用性

- 既存構体の延命工事における構造検討
- 乗り心地等の改善に向けた剛性評価
- 新構体構造の提案

9

研究のまとめ

- 鉄道車両構体に適用可能な構造最適化アルゴリズムを構築した
- ズーミング法を活用したFEM解析により一車両の応力評価を効率的に実施する手法を構築した
- 在来線車両に対して構造最適化手法を適用し、構体の高強度化および軽量化が実現可能であることを示した

➢ 主要な研究成果

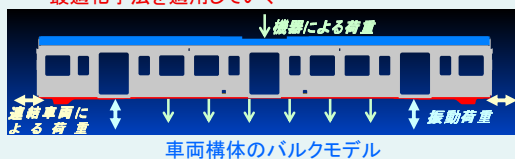
「構造最適化手法による車両構体の強度向上」

10

今後の展開

- N505141R「プレス成型体による車両構体の提案」
実施期間:2014-2016年度

- 従来構造から脱却し、最適化手法を元に新たな構体構造の提案を目指す
- 軽量化に加えて剛性の向上、低重心化を目的として、最適化手法を適用していく



車両構体のバルクモデル

11