

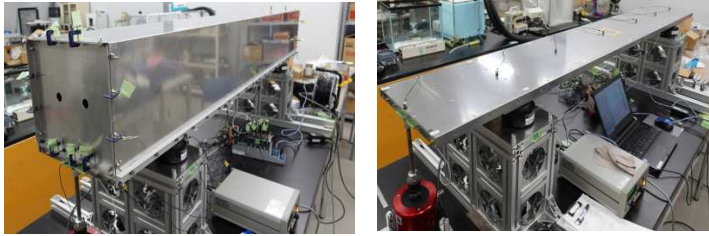
薄板角筒状構造体の構造変更による弾性振動特性への影響

秋田県立大学 機械知能システム学科 動的設計研究室 4年 武田昇悟 指導教員 富岡隆弘

鉄道車両などの構造体の軽量化、高速化により、構造体自身が変形することによる弾性振動が問題となる事例も増えている。構造体の弾性振動の制振のためにはまず、その振動特性の把握が重要となる。本研究では、実際の構造体で問題となる振動を模擬できる実験用構造体として、鉄道車両の車体構造を模擬し、補強部材を追加できる薄板角筒状構造体を製作した。そして、補強部材による構造体の弾性振動特性への影響を数値解析と実験的検討により調査した。

先行研究

先行研究⁽¹⁾では様々な弾性振動が生じやすい構造として、鉄道車両の車体を約1/10サイズで模擬した薄板角筒状構造体を製作した(図1)。実際の鉄道車両と同様に4箇所を空気ばねで弾性支持している。



(a) 薄板角筒状構造体 (b) 台枠(床構造)

図1 先行研究で用いた薄板角筒状構造体

しかし、その構造体では、図2のように各面が局所的な変形をする振動が非常に多く見られた。実際の鉄道車両は、図3のように局所的な変形以外で車体全体が一体となって変形をする特性(以下、グローバルな変形と呼ぶ)を持ち、それに対する制振が優先されることから、先行研究で製作された薄板角筒状構造体においても、グローバルな変形をする特性を示すよう構造変更が必要と考えられる。

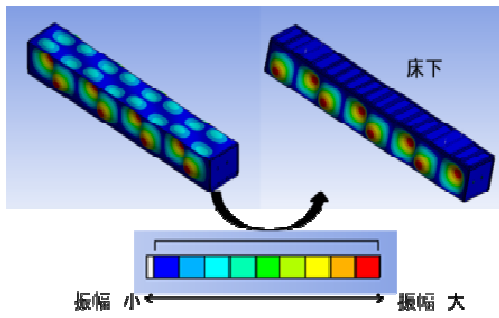


図2 先行研究で用いた薄板角筒状構造体の固有モード(FEM解析)

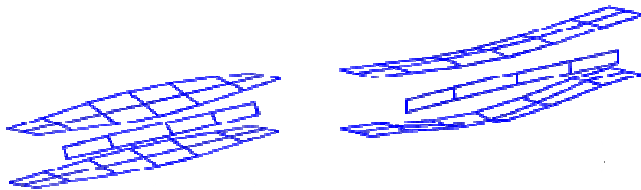


図3 実際の鉄道車両の固有モード(実測)

FEMモデルによるモード解析

図1(a)に示す、薄板角筒状構造体はSUS304で、4つの部材から構成されている。図2(b)のような床構造(以下、台枠と呼ぶ)、厚さ1 mmの平板をコの字型に折り曲げた上部構造(以下、枠と呼ぶ)、前後の妻部材で構成されている。その構造条件をS01とする。今回は上部構造である枠に図4のように補強し、補強の条件について示す。ハット型の断面をもつはり状の補強部材を、枠の両側面の高さ方向、屋根の幅方向に追加した。ここで側面の高さ方向の補強部材を柱、屋根の幅方向の補強部材を垂木とよぶ。S01に柱と垂木を追加した構造条件をS02_H_Tとした。次に、台枠と枠の、S02_H_Tの構造に、枠の下部にプレート(以下、横板)を追加した条件を設定し、これをS03_H_T_Yとする。さらにアングル材(以下、腰帯)を枠の側面に2つずつ追加した条件を設定し、S04_H_T_Y_Kとする。

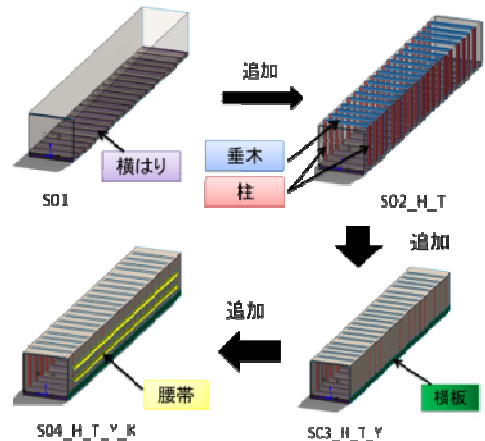


図4 それぞれの構造条件と手順

3つの条件に対してFEMによるモード解析を行ったところ図5のような3つのグローバルな変形をするモードが確認できた。これらのモードの着目し、実際に製作した補強部材と枠を用いた構造体をそれぞれの構造条件での加振試験を行い、補強部材がこれらのモードに及ぼす影響を確かめる。

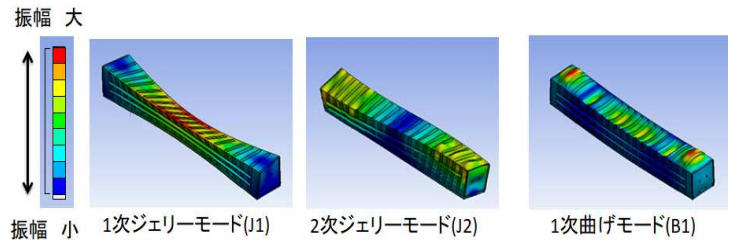


図5 3つのグローバルな変形をするモード(FEM解析)

製作された薄板角筒状構造体の加振試験

加振試験で得られたデータをもとに実験モード解析を行い、それぞれの構造条件における固有振動モードを求めた。図6, 7, 8はS02からS04までの構造条件のJ1, J2とB1の3つの固有モードと固有振動数を表している。以下に得られた結果についてまとめる。

- S02_H_Tでは柱と垂木により、側面と屋根の面外変形が拘束され、構造体の各面が局所的な変形をする振動が抑制された。
- S03_H_T_Yでは横板により、台枠と枠の結合部分を強化され、両側面の剛性が上がり、B1の固有振動数が上昇した。
- S04_H_T_Y_Kは腰帯により、両側面の剛性が上がりJ2において、局所的な変形が減り、グローバルな変形をする振動を確認できた。

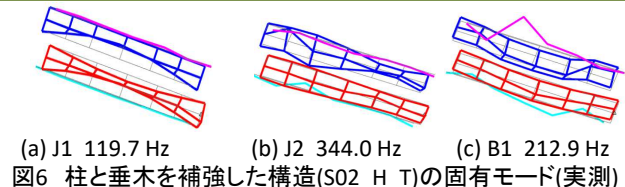


図6 柱と垂木を補強した構造(S02_H_T)の固有モード(実測)

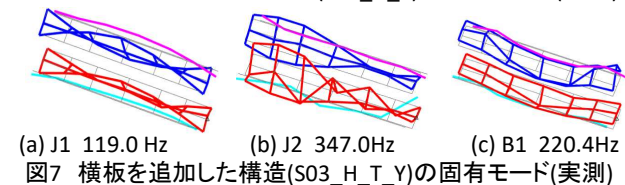


図7 横板を追加した構造(S03_H_T_Y)の固有モード(実測)

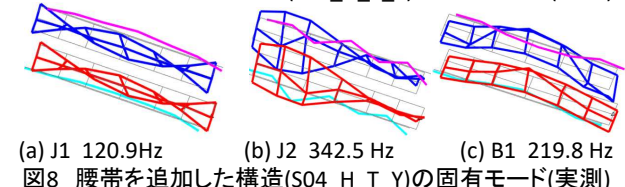


図8 腰帯を追加した構造(S04_H_T_Y_K)の固有モード(実測)

参考文献
(1) 佐々木諒, 柔軟構造物の弾性振動特性把握システムの構築, 平成30年度 秋田県立大学卒業論文