

車軸の摩耗対策について

1. 前回委員会 (H29.7) において、耐久走行試験に移行する場合は、車軸のメッキ厚の増加など、車軸の交換周期を延伸するための新たな対策を立案し、その効果を確認することが必要と評価を受けた。
2. これを受け、車軸のメッキ厚を増加 (20 μ m \Rightarrow 50 μ m \ast) した場合の影響を検証した。その結果は以下のとおり。

① 車軸とすべり軸受との間の圧力(接触面圧)

数値解析を行った結果、メッキ厚を50 μ mに増加しても接触面圧は変わらないことを確認した。

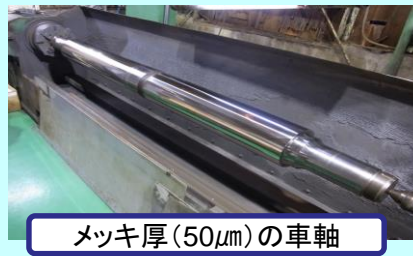
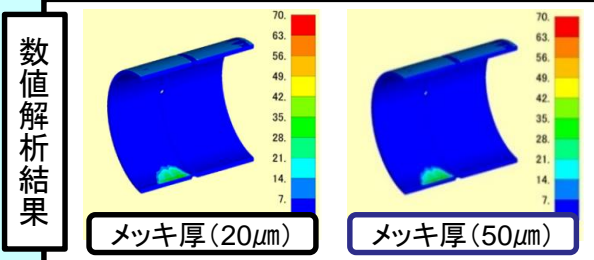
② メッキ厚増加の施工状態

増厚後の車軸の寸法やメッキ表面の粗さを計測した結果、良好に施工できることを確認した。

③ 疲労強度

文献調査や過去の試験結果に基づく検討からは、必要な疲労強度を有していた。引き続き、現在製作中の試験軸を用いた回転曲げ疲労試験により疲労強度を最終検証する。

\ast メッキ厚を50 μ mとする理由: 前回の検証走行試験の結果、最も摩耗が生じた台車でも60万キロの走行を可能とするためには、約50 μ mのメッキ厚が必要と推定。



経済性について

FGTの経済性については、前回委員会での評価のとおり、一般の新幹線に比べ、製造コストは約1.9倍、メンテナンスコストは約2.7倍、トータルコストは約2.3倍、歯車付き外筒及び車輪スリーブを車両の供用期間中は交換不要と仮定した場合のトータルコストは約1.9倍と見込まれる。

FGTの経済性の検討結果
(一般の新幹線との比較)

【軌間可変技術評価委員会(H29.7.14)資料再掲】

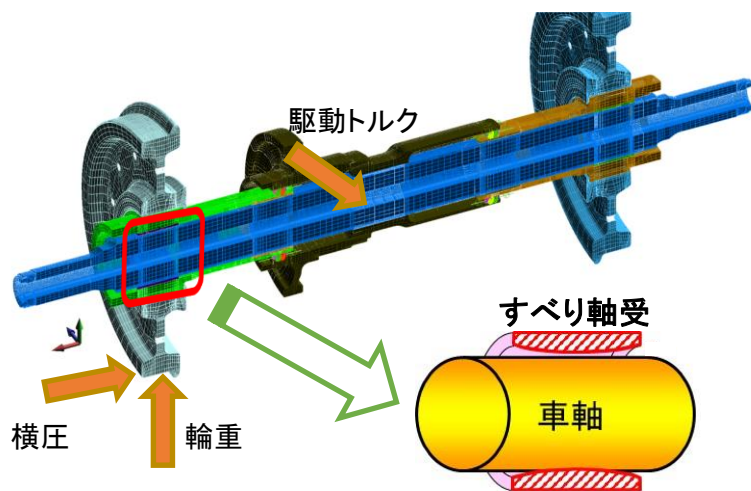
	前回評価委員会時(H28.11)	コスト削減を反映 (供用期間中は当該部品交換不要)
トータルコスト	約3.1倍	約2.3倍 (約1.9倍)
製造コスト	約2.0倍	約1.9倍
メンテナンスコスト	約4.6倍	約2.7倍 (約1.8倍)

- 車軸のメッキ厚の増加に係る影響については、上記のとおり回転曲げ疲労試験を行い最終的に確認するが、これまでの検討・検証の結果、特に問題はないと評価。
- 耐久走行試験に移行する場合は、上記の回転曲げ疲労試験後に、メッキ厚50 μ mとした実際の試験用車軸を製作し、検証走行試験などにより耐久性がどの程度なのかの検証をするなど、その効果を確認する必要がある。

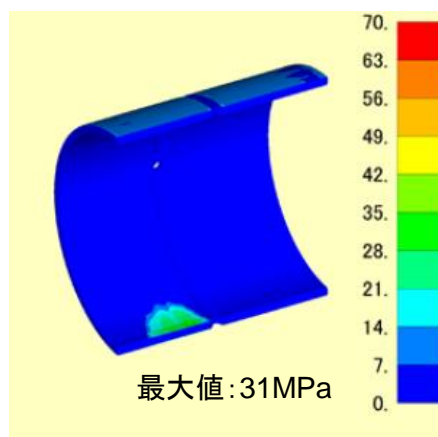
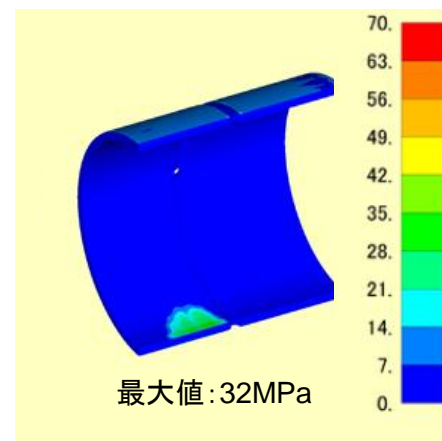
①車軸とすべり軸受との間の圧力の検証結果

検証内容・結果

- 車軸のメッキ厚を増加することにより、すべり軸受との接触状態が変わると、走行時の摩耗の状況に影響を及ぼす可能性がある。
- このため、数値解析により、メッキ厚を増加した車軸とすべり軸受との間の圧力（接触面圧）の変化を、メッキ厚（ $20\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ ）、車輪位置（標準軌側、狭軌側）、輪重の大きさ（静止状態、輪重変動状態）の条件を変えて検証。
- その結果、メッキ厚を $50\mu\text{m}$ に増加しても、 $20\mu\text{m}$ と比べて、接触面圧の最大値や面圧の分布状況は変わらないことを確認した。このため、走行時の車軸とすべり軸受の接触状態は、メッキ厚を増加しても変わらないものと推定。



解析モデル(車軸、車輪等をモデル化)

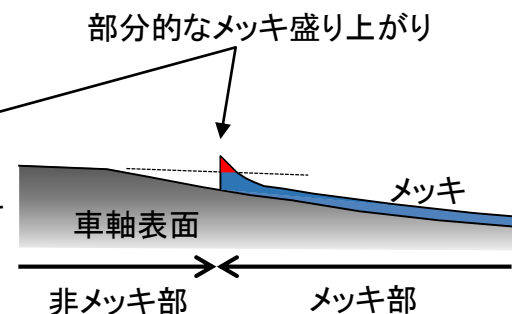
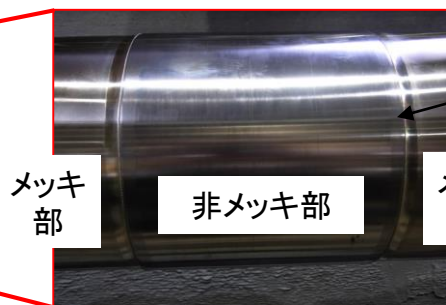
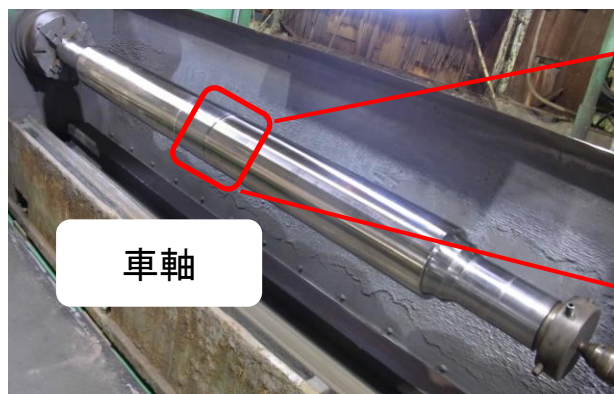
メッキ厚 $20\mu\text{m}$ メッキ厚 $50\mu\text{m}$

すべり軸受の面圧分布の一例(数値解析結果)

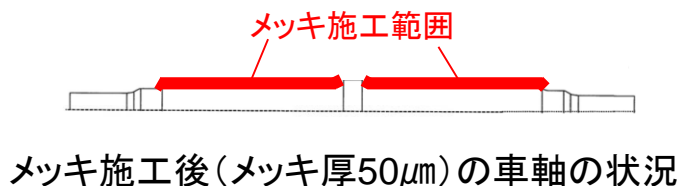
②メッキ厚増加の施工状態の検証結果

検証内容・結果

- FGT用の実物大のモデル車軸を用いて、 $50\mu\text{m}$ のメッキ処理(ニッケルボロンメッキ、施工管理値 $50\sim 60\mu\text{m}$)を行い、メッキ後の車軸の寸法やメッキ表面粗さ(表面の凹凸)を計測してメッキ増厚の施工状態を検証した。
- その結果、メッキ厚は施工管理値($50\sim 60\mu\text{m}$)の範囲内にあり、また表面粗さも基準値内にあったことから、良好に施工できることを確認。
- なお、メッキ部の端部において、部分的なメッキ盛り上がり認められたため、実際の車軸にメッキ施工を行う場合には、メッキ部と非メッキ部の位置の調整等を行い、当該盛り上がりの影響がでないようにする必要がある。



メッキ境部のメッキ盛り上がりの状態



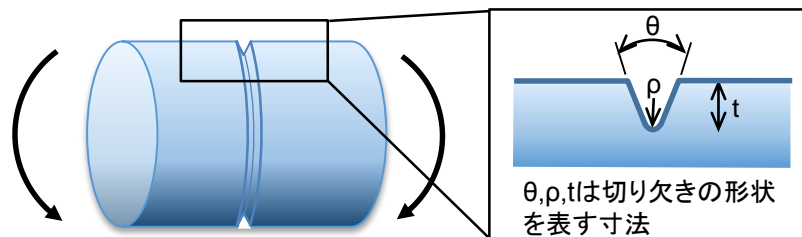
メッキ部と非メッキ部の位置の調整(マスキング位置の見直し)や補助電極の追加※等により対応

※車軸のメッキ施工に用いている電解メッキでは、電流が集中する部分でメッキが厚くなりやすいため、補助的に電極を追加して電流を制御しメッキの厚さを抑制する。

③疲労強度の検証結果

検証内容・結果

- 金属材料の回転曲げ疲労強度は一般にメッキ厚の増加に伴い低下する傾向があるため、FGTの車軸のメッキ厚を増加する場合においても、車軸が必要な疲労強度を有するかどうか確認する必要がある。
- 現在のFGTの車軸については、過去の疲労強度試験※1に基づき、20 μ mのメッキ施工により、疲労強度がメッキがない場合に比べて11%低下することを考慮して設計、製造されてきた。
 - ※1 軸径7.8mmの試験軸を用いた試験(小野式回転曲げ疲労試験)。実際のFGTの車軸径は187mmであり、軸径の小さい試験軸での試験では、メッキ厚の増加の影響を過大に評価している可能性あり。
- このため、メッキ厚を50 μ mに増加しても、疲労強度の低下が11%以内であることを確認する必要があり、文献調査等による検討や、より精度の高い疲労試験(軸径45mmの試験軸※2)による検証を行う。
 - (現在、試験機の改修および試験軸の製作中であり、準備出来次第、疲労試験を実施。)
 - ※2 既往の研究によれば、試験軸の軸径が45mm程度あれば、実際の車軸(軸径187mm)に近い疲労強度の評価が可能。
- 文献調査に基づき、一般的な金属材料(丸棒)の切り欠きによる疲労強度の低下率に関する算定式を用いて、試験軸および実際の車軸でのメッキ厚の影響を試算した。
 - その結果、軸径45mmの試験軸のメッキ(厚さ50 μ m)の疲労強度の低下率は、軸径7.8mmの試験軸のメッキ(厚さ20 μ m)とほぼ変わらない結果であった。
 - また、車軸(軸径187mm)のメッキ(厚さ50 μ m)では、疲労強度の低下率はさらに小さい結果であった。

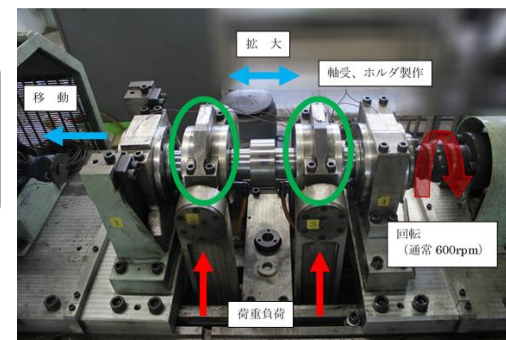


切り欠き詳細図

回転曲げを受ける切り欠きを有する丸棒

(金属材料:疲労強度の設計資料(1)(日本機械学会)を参考)

切り欠きをメッキにき裂が発生した状態とみなして、メッキによる疲労強度の低下率を試算。



回転曲げ疲労試験装置

- 引き続き、現在製作中の試験軸(軸径45mm)を用いた回転曲げ疲労試験により疲労強度を最終検証する。