

鉄道台車でのフラット損傷の影響を 解明する走行シミュレーション

研究・開発機関 : [公益財団法人鉄道総合技術研究所](#)
 利用施設 : 自社設備 (Cray XC-50, Xeon 6150 クロック 2.7GHz)
 計算規模 : 18 ノード利用時の計算時間は 1 カ月程度/ケース
 利用ソフトウェア : 車輪・レール転がり接触シミュレータ
 (FrontISTR を自社で機能拡張したもの)

Before

- 車輪のフラット損傷によって引き起こされる衝撃力は車両の各部材やレールに悪影響を及ぼし、部品脱落等の恐れがあるため、フラット衝撃メカニズムとその影響を解明することが重要です。
- フラット衝撃メカニズムの解明において重要なのは、車輪とレールの間に発生する接触力ですが、これを実験的に計測することは困難でした。

After

- 開発した車輪・レール転がり接触シミュレータを活用することによって、フラット損傷を有する鉄道台車が走行する際に発生する衝撃力を再現することができました。
- 車輪・レール間にどのように接触力が発生するかを把握することができ、これによりフラット衝撃メカニズムを解明し、レールや車両の保守管理に結びつけることが可能になります。

背景と目的

通常の列車走行時において、車輪はレール上を転がりますが、駆動力とブレーキのバランスが崩れた際には車輪がレール上を滑走してしまい、その結果、図1に示すようなフラットと呼ばれる車輪表面の一部が平らになったような損傷が発生する場合があります。



図1 車輪表面上に発生したフラット損傷

フラットを有する車輪が走行すると、フラットがレールと接触するたびに大きな衝撃力が発生し、車両の各部材やレールに悪影響を及ぼす可能性があります。そのため、レールや車両の保守・管理を行う上で、フラット衝撃メカニズムを理解し衝撃力の影響評価を行うことが重要です。

しかし、車輪・レール間の接触部の大きさが1円玉程度と非常に小さく、また大きな面圧が作用するため、センサーで実験的に接触力を計測することは困難です。そこで、オープンソースの非線形構造解析ソルバー FrontISTR を機能拡張し、列車走行時に車輪・レール間に発生する接触力を詳細に求めるための解析ツール「車輪・レール転がり接触シミュレータ」を独自に開発しました。このツールを利用して、フラット損傷を有する鉄道台車モデル (図2) の走行シミュレーションを行い、フラット衝撃メカニズムの解明と衝撃力の影響評価を目指しました。

利用成果

軸箱 (輪軸を支える部材) の加速度は実験による測定が容易であり、この加速度についてシミュレーションとの比較検討を行うために、軸箱に相当する位置 (図2参照) の加速度を算出しました。得られた結果は図3の通りで、周期的に著大な荷重が発生していることが分かり、また車輪が1回転するごとにフラットがレールと接触し、その際に衝撃力が発生する様子が再現できました。さらに、シミュレーションの妥当性を確認するために、軸箱加速度の著大値 (加速度の最大値) の大きさが走行速度によってどのように変化するかを実験値と比較し、両者が概ね一致していることが確認できました (図4)。

ここでは一例として走行速度を100km/hに設定し、車輪表面上に発生するレールとの接触応力の分布を可視化した結果を図5に示します。この場合、車輪とレールの接触箇所はフラットを飛び越えており、車輪が一時的に浮き上がった状態となっていることが分かります。さらに、接触箇所がフラットを飛び越えた後、接触力は大きな値をとります。したがって、車輪・レール間の接触箇所がフラット端部にさしかかると、車輪はレールから僅かな時間だけ浮き上がり、再び車輪とレールが接触する際は車輪が降下しレールに衝突するような動きとなるため、衝撃力が発生すると予測できます。このように車輪・レール転がり接触シミュレータを利用することによって、実験では把握しにくい車輪・レール間の接触挙動を明確に可視化し、解明することができました。

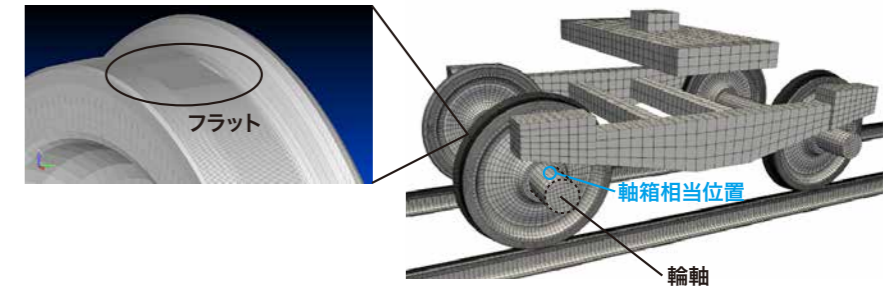


図2 鉄道台車モデル

今後、得られた知見をベースにレールや車両の保守管理に結びつけたいと思います。

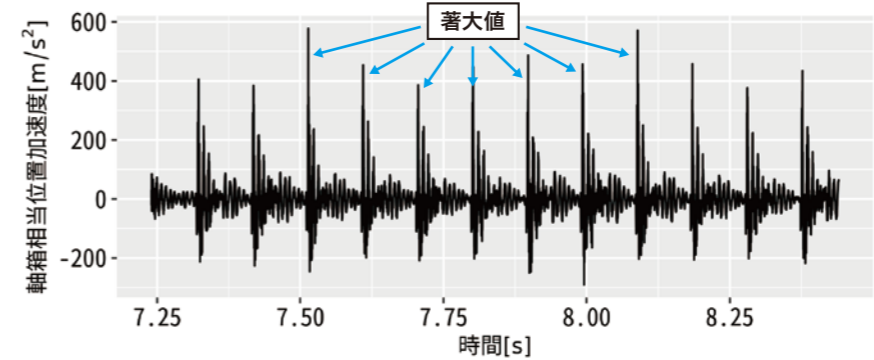


図3 軸箱相当位置加速度の時刻歴

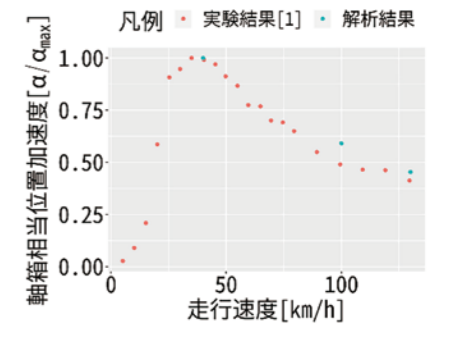


図4 走行速度に対するフラット衝撃力の変化傾向

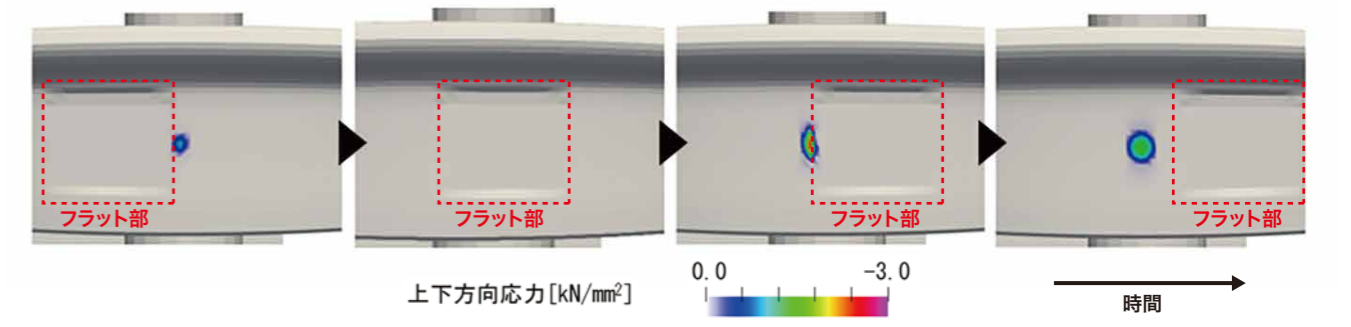


図5 フラット衝撃発生時の車輪表面上の接触応力分布

出典 : [1] 真木康隆, 睡道佳明, 日本機械学会論文集, Vol.84., (2019)