

2021年11月4日

インド鉄道在来線の維持管理技術向上に関わる橋梁数値解析と軌道評価技術の展開

・ 東京大学工学系研究科 蘇迪

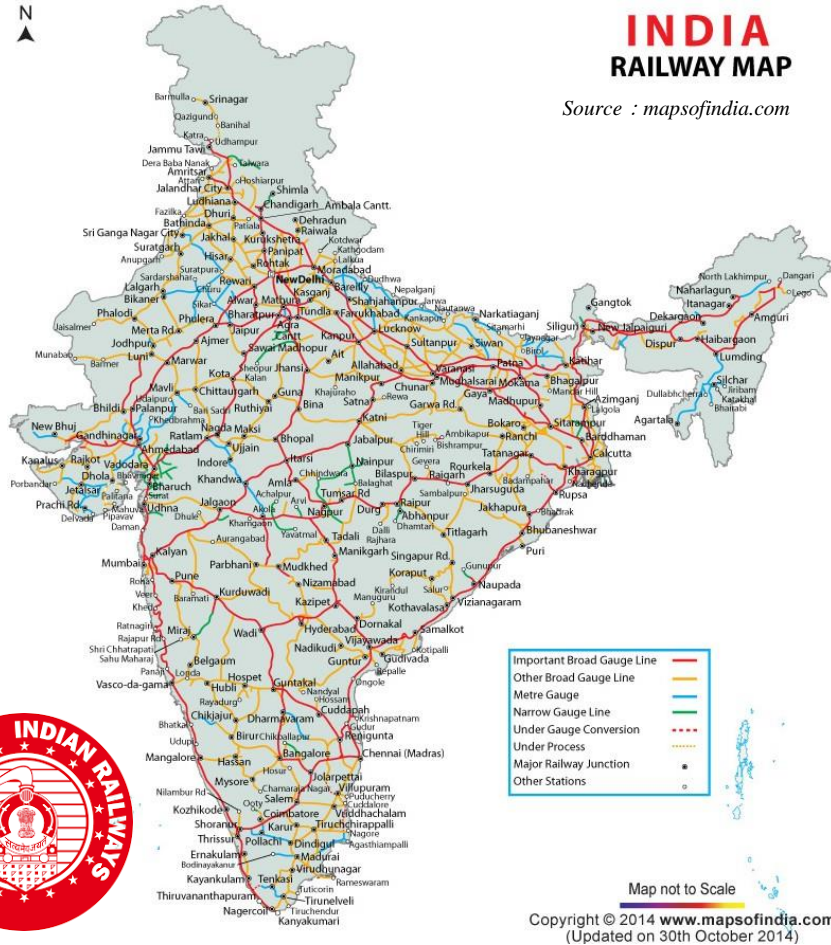
東京大学工学系研究科 Swapnil Chaurasia

インド国鉄研究設計標準機構・橋梁構造部門 Atul Kumar Verma

インド国鉄研究設計標準機構・軌道とモニタリング部門 Rahul Singh

インド科学工業研究委員会構造研究センター K. Kesvan

構想の背景



Country	Network (km)	Passenger (billion)	Freight (million ton)	Track gauge
India	68,525	8.40	1,095.3	Broad gauge (1.676 m) Standard gauge (1.435 m) Narrow gauge (1.000 m, 0.762 m, 0.610 m)
Japan	27,337	22.9	43.94	Standard gauge (1.435m) Narrow gauge (1.372m, 1.067m) Dual gauge (1.067m+1.435m)

• 最近数年間、インド鉄道省、在デリー日本大使館、JICAインド事務所（インド国鉄道安全能力強化プロジェクト）、デリーメトロなどにも訪ねて、インド鉄道の事情をヒアリングした。インド鉄道市場に展開中の日本コンサルタント（高速鉄道事業）や日立（貨物専用鉄道事業）にも会社訪問した。

• 2019年2月に Research Design and Standards Organisation (RDSO, 研究設計標準機構) に訪問し、インド鉄道在来線の維持管理に関わる研究問題を議論でき、双方に共同研究できる課題協議した。

• 鋼橋の腐食； • 在来線の速度向上； • 貨物列車の速達化と重載化； • 軌道管理； • 老朽構造物の補強 など



インド国鉄

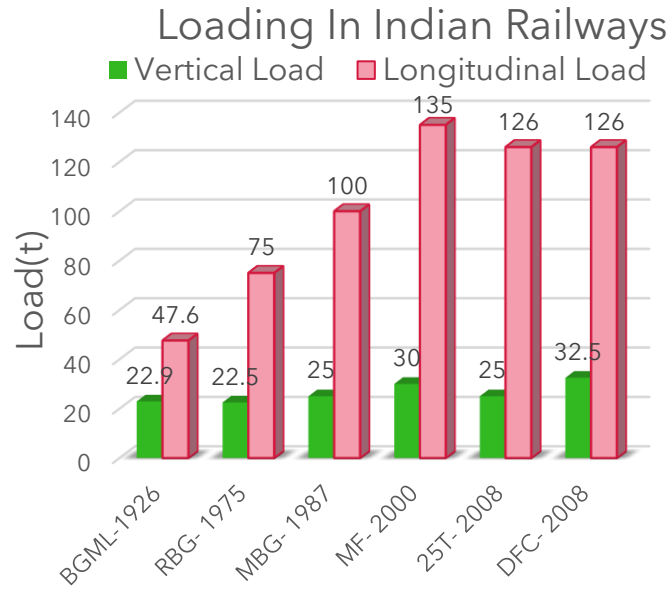


研究設計標準機構



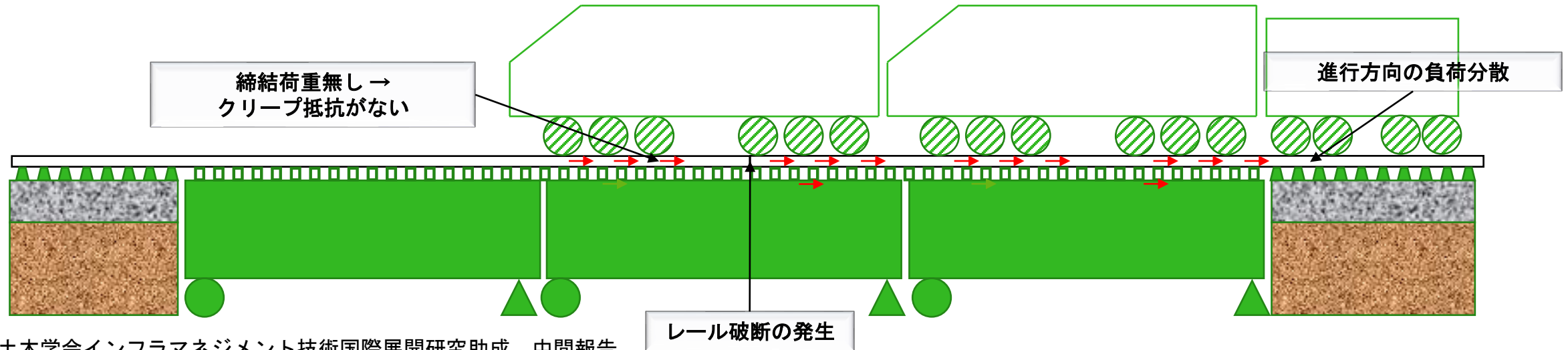
科学工業研究委員会

研究背景 インド鉄道：長編成の重載貨物列車



進行方向作用力の増大

問題点	現行基準	改善策
<ul style="list-style-type: none"> 75%以上橋が60年以上 下部構造は安全でないと判断された 	<ul style="list-style-type: none"> 下部構造へ進行方向の荷重分配しない 	<ul style="list-style-type: none"> 補強/建て替え 橋梁上通過列車の牽引荷重低減
<ul style="list-style-type: none"> ロングレール (LWR) の破断が頻発 	<ul style="list-style-type: none"> 橋の長さが11m以上の場合、LWRは認められない 	<ul style="list-style-type: none"> 使用許容の橋長の増加 新しい締結装置の考案

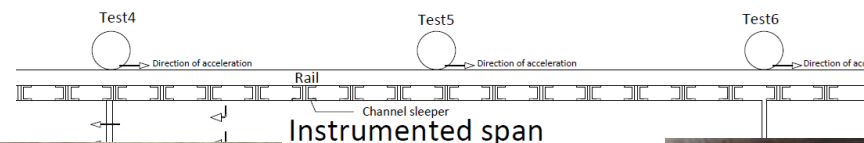


インド現地の橋梁実測

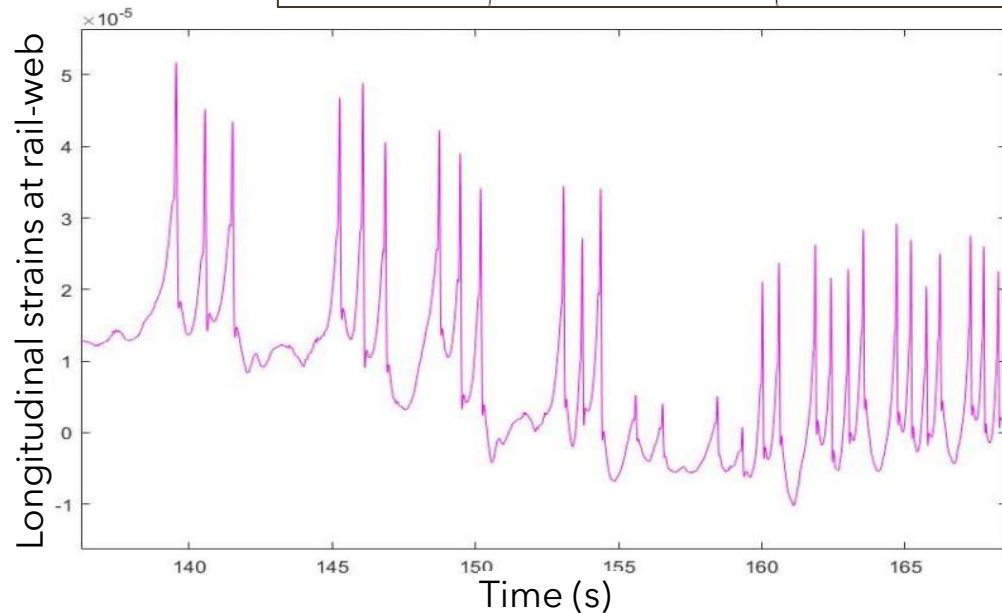
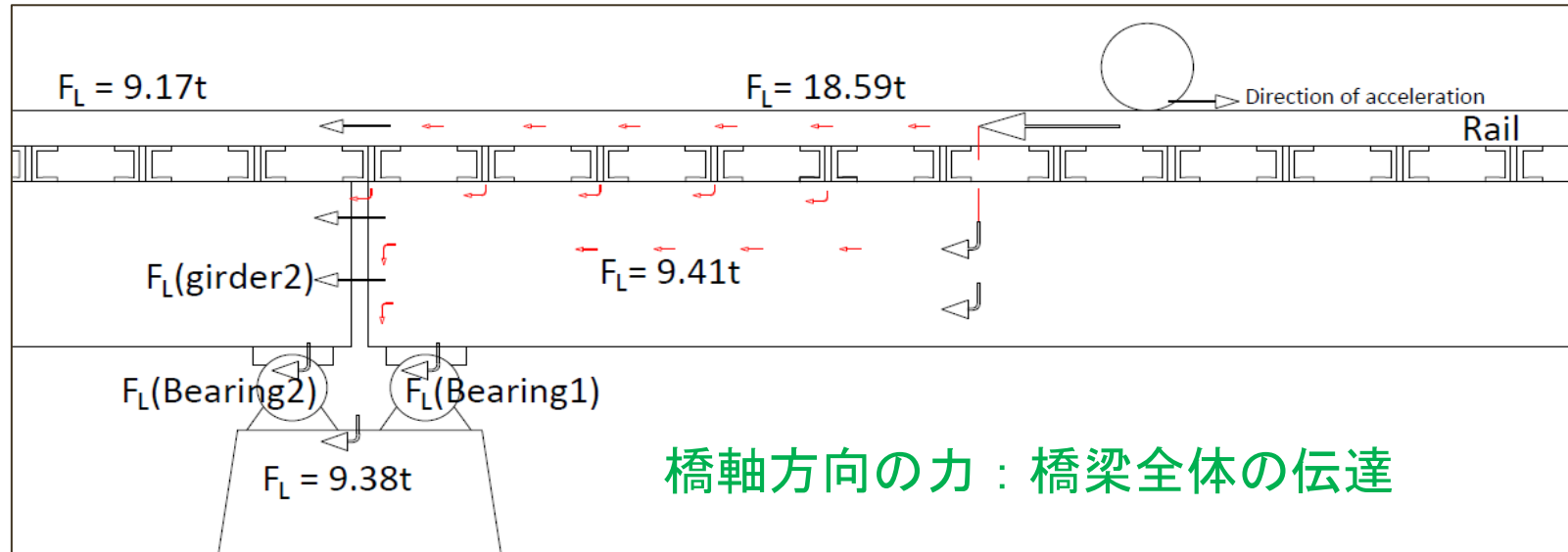
- 計測橋梁：スパンが10 m～60 mの代表的なコンクリート橋や鋼橋，橋梁実測を実施する。
- 計測種類：
 - Static Test 静的計測
 - Dynamic Test 動的計測
 - Tractive effort
 - Braking force
 - Constant Speed
 - 動的荷重（主に牽引力と制動力）を受けた際，桁の応答を計測する
 - 始動，制動と走行に分類し，それぞれ3回テストを行った



Tractive Effort Tests



インド現地の橋梁実測 動的計測結果概要



- 5～6割の橋軸方向の力は下部構造に伝達
- 進行方向の荷重は最大荷重の15%程度しかかかっていない
- 数値モデル化することで、進行方向の最大荷重をかけるケースを調査する

数値解析結果 (1)

静的荷重実験

Sr. No	Loading condition	スパン中央変位 (実測)	スパン中央変位 (解析)
1	Central Loading	8.42 mm	7.98 mm
2	Loading for maximum bending moment	7.89 mm	7.53 mm

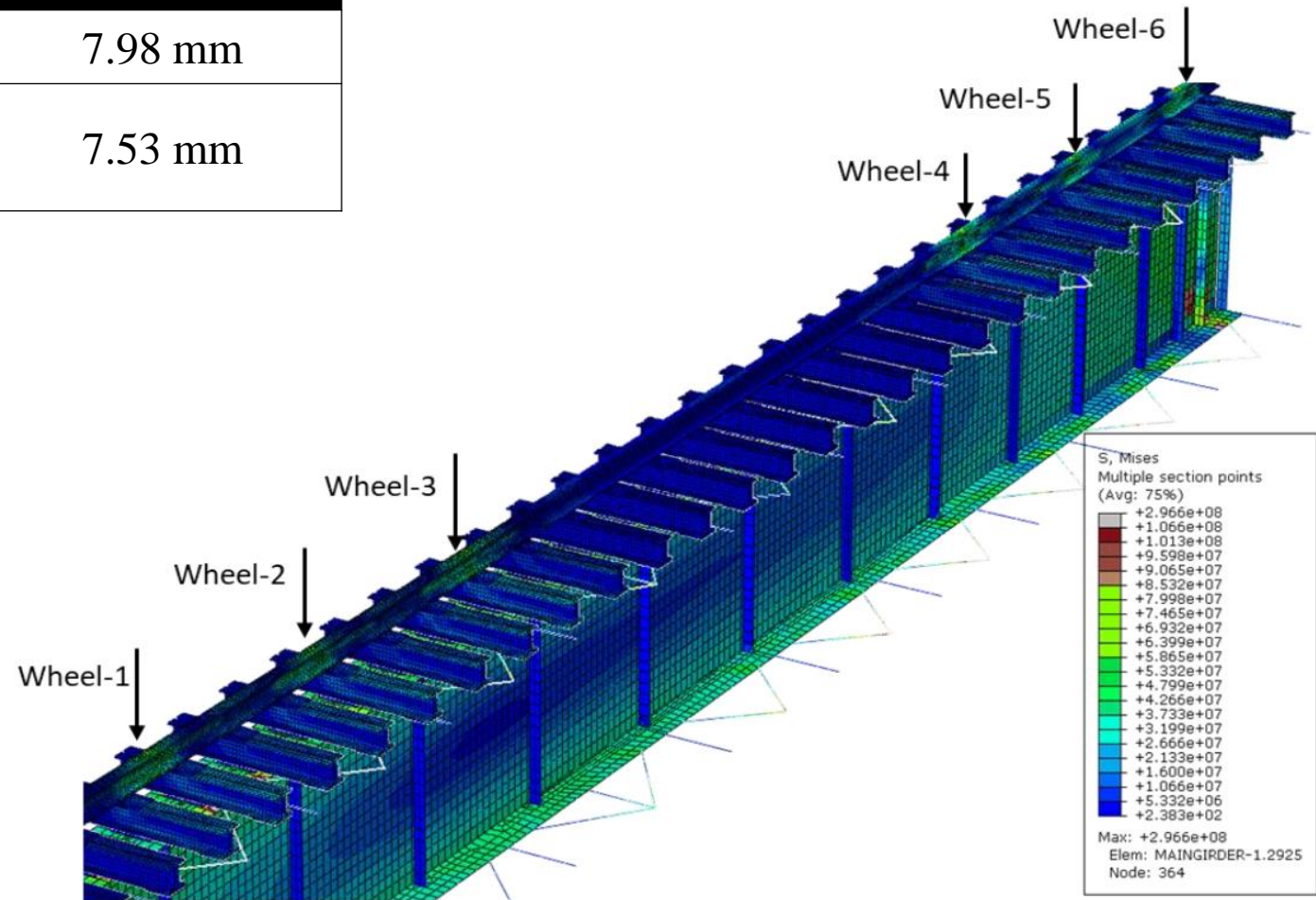
動的解析

USER-SUBROUTINEで荷重をかける

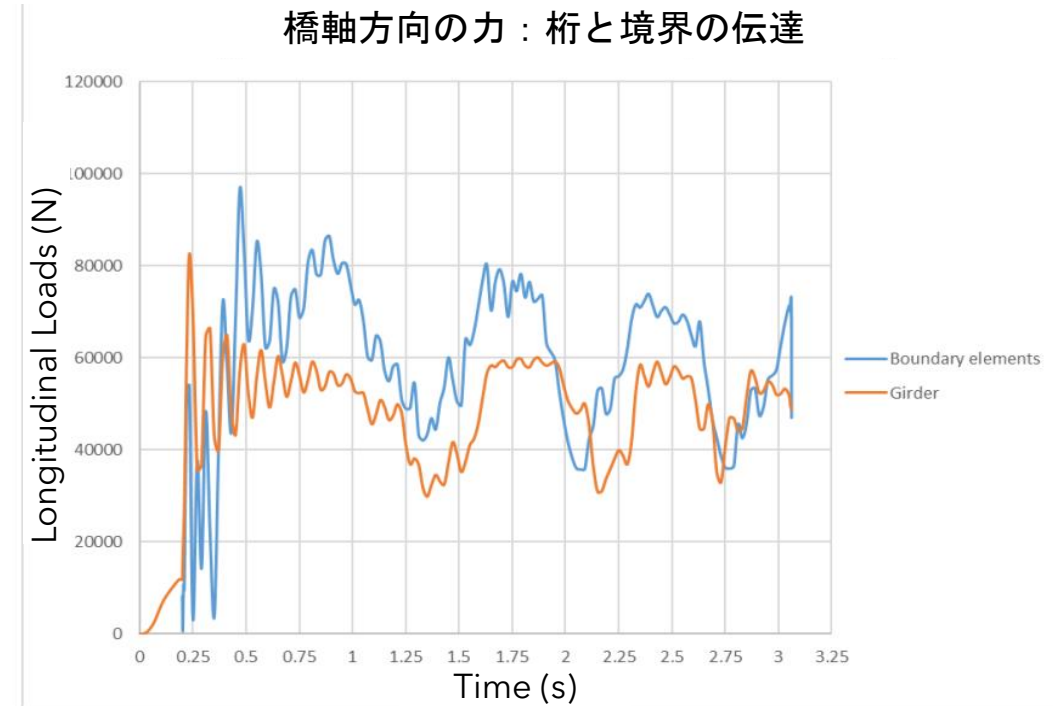
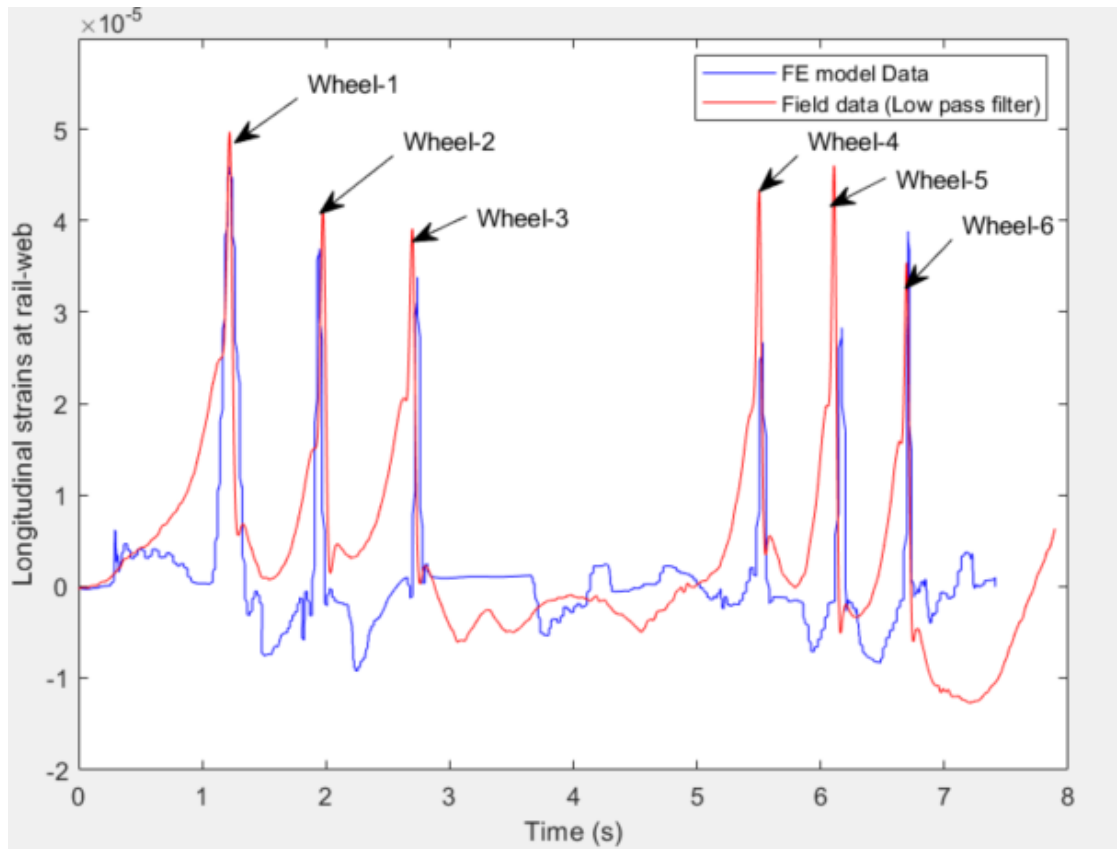
加速する機関車を0.5 m/s^2 の加速度で5秒間移動させる

機関車による鉛直荷重は10.25トン、牽引荷重は1.866トン/輪

静的な荷重実験結果からFEモデルの荷重のかけ方を検証できた



数値解析結果 (2)



1) 数値解析の結果は橋梁実測から検証され、高い信頼性を示す

2) 観測された荷重の分配率が55%以上であること

3) 橋軸方向の荷重が大きくなると分配率が大きくなる

今後の予定

- 支承や下部構造の対策検討 橋梁の桁連結を考案し，数値解析から橋梁構造の補修・補強等においても有用な情報を検討する。
- 温度によるロングレールの破断調査 影響要因を解明し，適用条件の拡大を提案
- 携帯情報端末を用いた簡易軌道評価システムの提案 国内の計測事例から，脱線事故に直接関係する軌道変状を検知する方法を提案

