

構造物技術研究部



構造物技術研究部では、省力化・省人化に寄与する既設の鉄道構造物の【維持管理技術】、安全性向上・早期復旧に寄与する既設の鉄道構造物の【災害対策・復旧技術】、鉄道建設や既設の鉄道構造物の補強の生産性向上・低コスト化に寄与する【建設・改良技術】の3つを研究開発の重点項目に掲げ、基礎研究から応用研究、さらに実用化展開に至るまで実施しています。ここでは、構造物技術研究部が取り組んできた最近の研究開発の例を紹介します。

構造物技術研究部長 神田政幸
ホームページ <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd43/>

はじめに

鉄道の安全・安定輸送のため、鉄道構造物の維持管理の重要性は、ますます高まっています。一方、激甚化する自然災害が、鉄道構造物に甚大な被害をもたらし、鉄道運行に支障を及ぼす事例が生じています。さらに、コロナ禍後の社会変化に対応すべく、鉄道経営の効率化に資す

る鉄道構造物の維持管理業務の、デジタルシフトに関わる研究開発も求められています。このように鉄道構造物を取り巻く研究課題は、鉄道構造物の維持管理の省力化・省人化策、および災害対策、災害時の早期復旧策と広範に及びます。構造物技術研究部は、コンクリート構造、鋼・複合構造、基礎・土構造、トンネル、建築の5

図1 研究開発の重点項目





図2 三次元画像による構造物の目視検査支援システムと活用

研究室からなり、研究開発の重点項目として、【維持管理技術】、【災害対策・復旧技術】、【建設・改良技術】の3点を掲げ、基礎研究から応用研究、さらに実用化展開へと幅広く、かつ迅速に対応可能な研究者・技術者集団をめざしています(図1)。

ここでは、最近の研究開発の例として、【維持管理技術】【災害対策・復旧技術】【建設・改良技術】に貢献する3つの研究開発例のほか、国土交通省鉄道局・鉄道事業者と協力・連携し取り組む【技術基準整備】の事例を概説します。

三次元画像による構造物の目視検査支援システム 【維持管理技術】

鉄道構造物の全般検査の省力化・省人化、デジタル記録の蓄積による精度向上、さらに技術者育成を目的として、「三次元画像による構造物の目視検査支援システム」を開発しました(図2)¹⁾。画像取得および三次元画像処理技術を活用し、巡回時に動画記録により画像データを取得し、三次元画像構造物をデジタルデータとしてPCに保存します。ここでいう三次元画像構造物とは、構造物画像と画像データから抽出した点群データ(位置データ)を連携させた

PC内の構造物のことです。PC内であらゆる離隔や方角から、構造物を外観することができます。三次元画像構造物をタブレット端末に表示することで、次の全般検査時にタブレット端末上の過去の三次元画像構造物と、現物を直接比較することが可能となります。さらに全般検査での未確認事項など再検査が必要な場合、現地に赴くことなく、PC内の三次元画像構造物に対して、熟練技術者の助言をふまえた目視検査が可能となります。現在、鉄道事業者・共同開発者の協力を得て研究会を立ち上げ、全般検査で「三次元画像による構造物の目視検査支援システム」を試行し活用方法の共有段階にあります。これは、既設の鉄道構造物の維持管理業務の変革に資する研究成果の1つと考えています。

鋼橋りょうの耐震補強工法 (鋼桁・橋台・盛土一体化工法) 【災害対策技術】

1970年代以前に建造された旧式鋼橋りょうには、耐震補強が必要なものがあります。耐震補強のためには、用地を確保し仮線・仮橋りょうの構築や鉄道運休を余儀なくされる場合や、場合によっては橋りょうの架け替えが必要な場

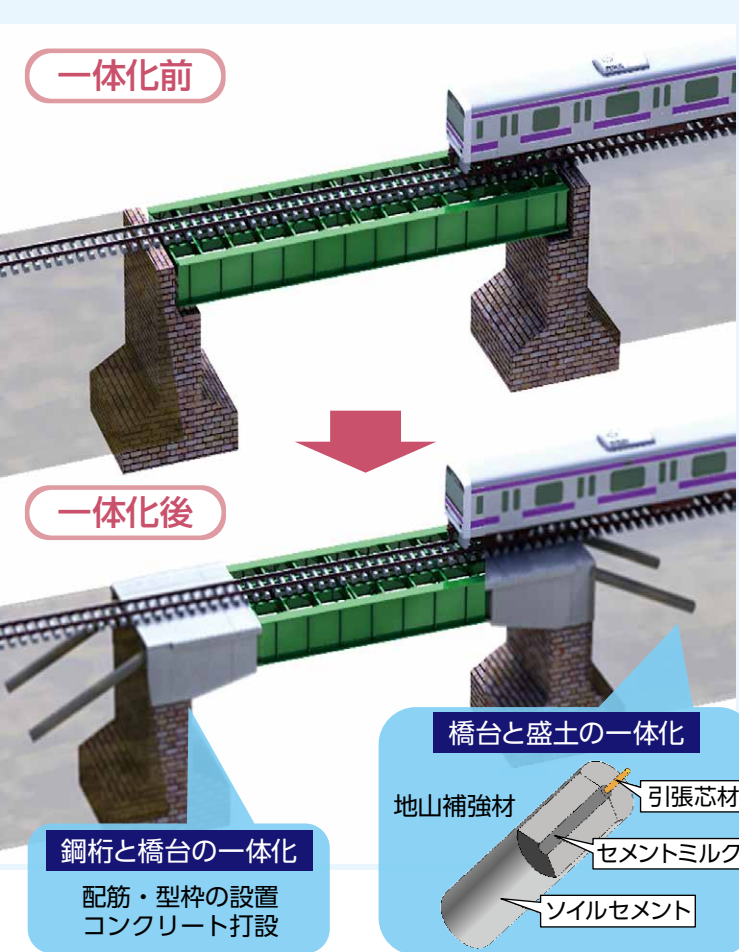


図3 鋼橋りょうの耐震補強工法（鋼桁・橋台・盛土一体化工法）

合があります。いずれの場合も、長い工期と多額の費用を要するうえ、とくに都市部では、用地確保が難しい課題がありました。また、鋼桁・支承部の腐食やき裂など経年劣化対応の補修・補強が必要となります。鉄道運行を支障せずに、あるいは架け替えや用地取得をすることなく、旧式鋼橋りょうの耐震補強と延命化を目的に、橋台と背面盛土を地山補強材で結合した後、鋼桁と橋台を鉄筋コンクリートで結合する「鋼橋りょうの耐震補強工法（鋼桁・橋台・盛土一体化工法）」を開発し、実用化しました（図3）²⁾³⁾。これにより非常に高い耐震性能を発揮するとともに、鋼桁のたわみやひずみが半減し、支承部がなくなることで、鋼桁・支承部の維持管理業務の省力化につながります。これは、既設の旧式鋼橋りょうの延命・耐震化に寄与し、桁橋台形式橋りょうから一体化橋りょうへの構造変更という、これまでなかった新しいコンセプトの耐震補強工法といえます。

ラーメン高架橋の 柱はり接合部における機械式定着工法 【建設・改良技術】

ラーメン高架橋の柱はり接合部における軸方向鉄筋の過密配筋対策として、柱軸方向鉄筋の定着に機械式定着工法を用いる場合があります（図4）。柱はり接合部は柱鉄筋のほか、はり鉄筋が三方（あるいは四方）から配置されるうえ、各鉄筋端部は定着のために折り曲げる必要があるため過密配筋になります。この折り曲げ部を省略させるために用いられるのが写真に示す機械式定着工法です。国土交通省のi-Constructionにおいても、生産性向上の観点から、機械式定着工法の活用が推奨されていますが、柱はりの接合部はコンクリートによる拘束が小さく、機械式定着工法を用いた場合の定着部の挙動が明らかになっていませんでした。そこで、柱とはりの接合部における柱の軸方向鉄筋に、機械式定着工法を用いた場合の定着部の挙動を明らか

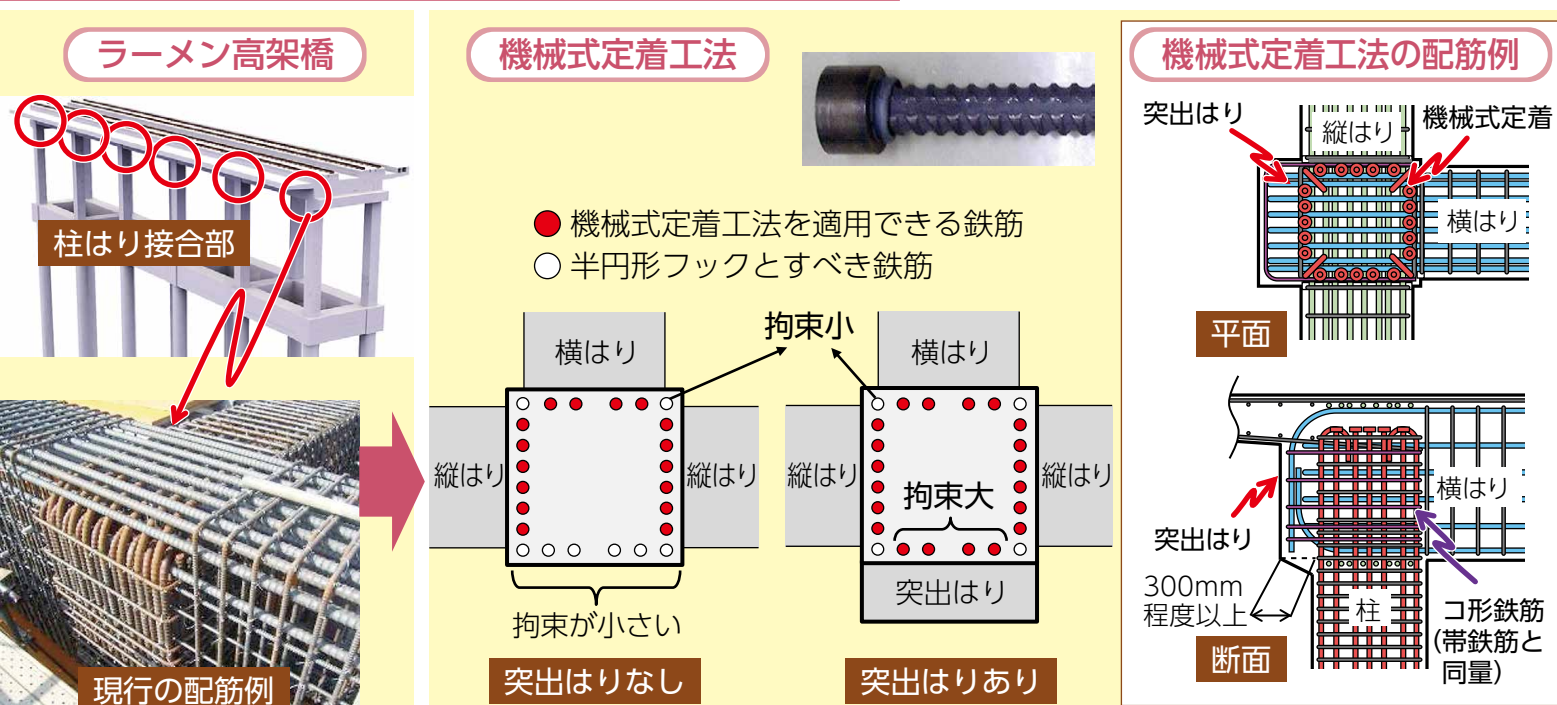
にし、機械式定着工法の適用条件を示すことを目的に、載荷実験および有限要素解析を実施しました。これよりラーメン高架橋の柱はり接合部の柱軸方向鉄筋に機械式定着工法が適用できる箇所およびその配筋方法などを提案しました(図4)⁴⁾⁵⁾。突出はりまたは直交はり(縦はり、横はり)を有する面においては、機械式定着工法が適用でき、拘束が十分でない想定される隅角部は半円形フックを用いることとしています。これは、鉄道建設や既設の鉄道構造物の改良工事における配筋作業の生産性向上・省力化に貢献する研究開発の1つと考えています。

可動式ホーム柵支持部の設計の手引き 【技術基準整備】

可動式ホーム柵は、旅客のホームからの転落や鉄道との接触を防止することを目的に設置が進められています。一方、ホーム柵を支える補強桁などの支持部の設計法は、技術基準などで定められたものがなく、乗換跨線橋設計指針⁶⁾を準用するなど、鉄道事業者の判断で設計外力や設計法が用いられていました。設計実務がよ

り適切、かつ効率的に行われるように、実際の使用環境などをふまえた合理的な可動式ホーム柵支持部の設計法を構築するため、国土交通省鉄道局および鉄道総研が事務局として、2020年8月に学識経験者、鉄道事業者、研究機関および関係協会などからなる「可動式ホーム柵の設計に関する検討会(座長：吉村英祐 大阪工業大学特任教授)」を設置し、4回の検討会を開催しました。鉄道総研が実施した、近傍遮蔽物の影響を考慮した風荷重や、群集推力に関する研究成果を審議に加え、設計実務者の技術判断の参考となる「可動式ホーム柵支持部の設計に関する手引き」をとりまとめました(図5)⁷⁾⁸⁾。本手引きは、①性能照査型設計法を適用(許容応力度法も含む)、②プラットホーム上の日常的な状態(通常時)とこれ以外(異常時)に区分、③風荷重、群集推力の特性値を提示の3点に特徴があります。なお、本手引きは2021年12月に国土交通省鉄道局より各運輸局に事務連絡され公開されています。これは、安全性を確保し使用環境などをふまえた可動式ホーム柵支持部の設計法の標準化に貢献した研究成果といえます。

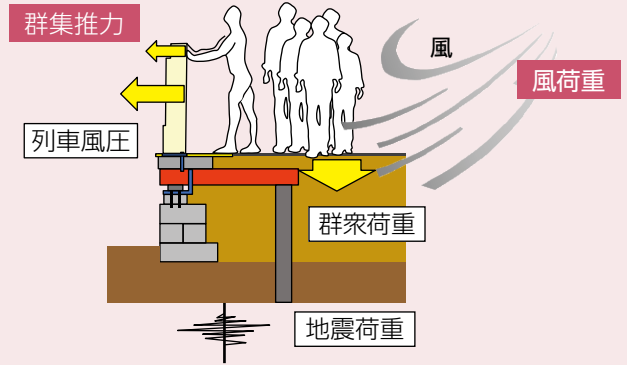
図4 ラーメン高架橋における柱はり接合部への機械式定着工法



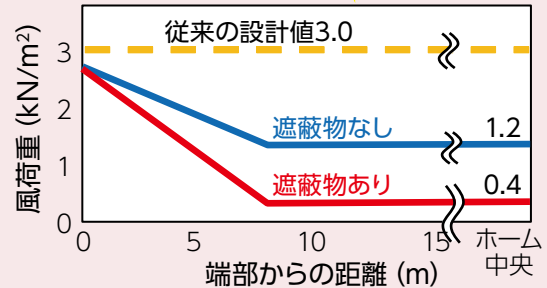
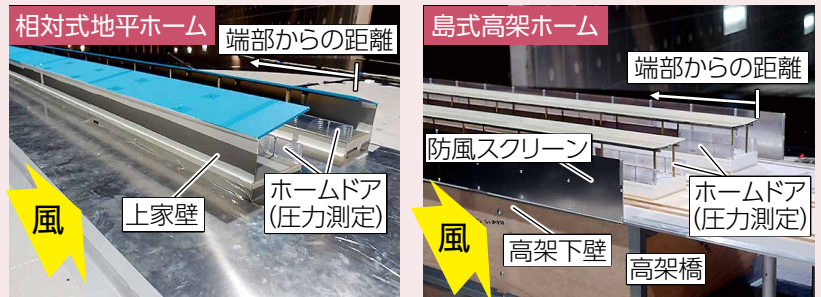
目次

1. 総則
 - 1.1. 目的
 - 1.2. 適用範囲
 - 1.3. 用語の定義
2. 調査および構造計画
 - 2.1. 調査
 - 2.2. 構造計画
3. 要求性能と性能照査
 - 3.1. 要求性能と性能項目
 - 3.2. 性能照査
 - 3.3. 安全係数および修正係数
4. 作用
5. 材料および地盤
 - 5.1. 一般
 - 5.2. 材料の品質
 - 5.3. 材料の特性値および設計値
 - 5.4. 盛土・地盤の諸数値の特性値および設計用値
6. 応答値の算定
 - 6.1. 一般
 - 6.2. ホーム柵支持部のモデル化
 - 6.3. 構造解析
7. 設計限界値の設定

- 付属資料1 ホーム柵支持部の構造形式の事例
付属資料2 群集推力の特性値の考え方
付属資料3 風荷重の特性値の算定例
付属資料4 在来線トンネル区間における圧力変動の測定事例
付属資料5 小口径杭の地盤抵抗モデルの考え方
付属資料6 許容応力度設計法の基本的な考え方



考慮する設計作用 (可動式ホーム柵支持部)



縮小模型による風洞試験と風荷重

図5 可動式ホーム柵支持部の設計の手引き

おわりに

ここでは、最近の研究開発の例として、「三次元画像による構造物の目視検査支援システム」, 「鋼橋りょうの耐震補強工法(鋼桁・橋台・盛土一体化工法)」, 「ラーメン高架橋の柱はり接合部における機械式定着工法」, 「可動式ホーム柵支持部の設計に関する手引き」を紹介しましたが、このほか構造物技術研究部は多くの実用化展開済みの研究成果を有しています。詳細は鉄道総研の構造物技術研究部のホームページを参照ください (<https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd43/>)。

構造物技術研究部は、鉄道構造物の【維持管理技術】、【災害対策・復旧技術】、【建設・改良技術】に貢献する研究開発を今後も継続し、鉄道経営に資する研究成果につなげていきます。

文献

- 1) 小林裕介, 宮本祐輔, 笠原康平, 内藤直人, 向島宏記, 神馬和歌子: 構造物の三次元モデル化により目視検査を支援する, RRR, Vol.77, No.9, pp.8-11, 2020
- 2) 神田政幸, 館山勝, 小林裕介, 杉本一朗: 構造変更による旧式鋼橋梁のリニューアル, RRR, Vol.69, No.10, pp.4-7, 2012
- 3) 鉄道総合技術研究所: 旧式鋼橋りょうの耐震補強工法が実用化されました, ニュースリリース, 2022/3/17, https://www.rtri.or.jp/press/vln4b3000000c3q-att/20220317_001.pdf (入手日: 2022/6/9)
- 4) 中田裕喜, 西村脩平, 田所敏弥, 甲良淳志: ラーメン高架橋の柱梁接合部における機械式定着工法の適用性, 鉄道総研報告, Vol.34, No.6, pp.29-34, 2020
- 5) 中田裕喜, 西村脩平, 田所敏弥, 甲良淳志: ラーメン高架橋の柱はり接合部における機械式定着工法の適用方法, 日本鉄道施設協会誌, No.4, pp.36-39, 2021
- 6) 鉄道総合技術研究所: 乗換跨線橋設計指針, 1987.9
- 7) 可動式ホーム柵の設計に関する検討会事務局, 国土交通省鉄道局・鉄道総合技術研究所編: 可動式ホーム柵支持部の設計に関する手引き, 2021.12
- 8) 清水克将: 可動式ホーム柵支持部の構造設計に用いる風荷重と設計法, 施設研究ニュース, 2021年12月号, No.376, pp.1-2, <https://www.rtri.or.jp/rd/news/structure/2021/kmrllk00000003nc-att/stn202112.pdf> (入手日: 2022/6/9)