

構造物に関する最近の研究開発

構造物技術研究部
部長 館山 勝

1. はじめに

構造物に関しては、性能や経済性に配慮した工法開発、構造物の維持管理や延命化に係わる技術開発、既設構造物の耐震性評価や補強に係わる技術開発、地下水や駅に係わる環境対策、技術基準に関する設計法の整備の5つを柱に研究開発に取り組んでいる。ここでは、これら最近の研究開発の概要について紹介する。

2. 新規建設に係わる技術開発

近年、建設費削減に対する社会的要求が高いが、鉄道総研では経済性のみならず、施工性や維持管理性に優れた各種工法開発を実施している。図1に最近の技術開発状況を示す。このうち、「セメント改良礫土による液状化対策」と「鋼繊維を用いた接合構造」については、別途、発表があるため参照されたい。ここでは、最近、精力的に研究を進めている、「補強土併用インテグラル橋梁」について紹介する。

上部工と下部工を一体化させラーメン構造としたインテグラル橋梁は、断面形状のスリム化と支承部の省略が可能な合理的な構造であり、初期建設コストや維持管理コストを縮減できることから欧米で主に道路橋として盛んに建設されている。しかし、上部工と下部工が一体化されているために、気温の季節変動を繰返し受ける過程において、周期的な伸縮に伴う背面盛土の沈下による舗装面の変状や、土圧の増加に伴う橋梁の構造的損傷が発生する事例が報告されている。これらの問題を解決するために、橋台の背面盛土を補強土構造として橋台躯体とジオシンセティック補強材を結合した補強土併用インテグラル橋梁の開発¹⁾を鹿島建設、東急建設、鉄建建設、クラレ、複合技術研究所の5社と共同で実施している。本工法は補強土工法を併用することによって、施工中、施工後の変形が小さく、耐震性も高くなる。さらに一段と断面形状のスリム化が図れる。これまで模型実験で、本橋梁の温度変化による影響および地震時の

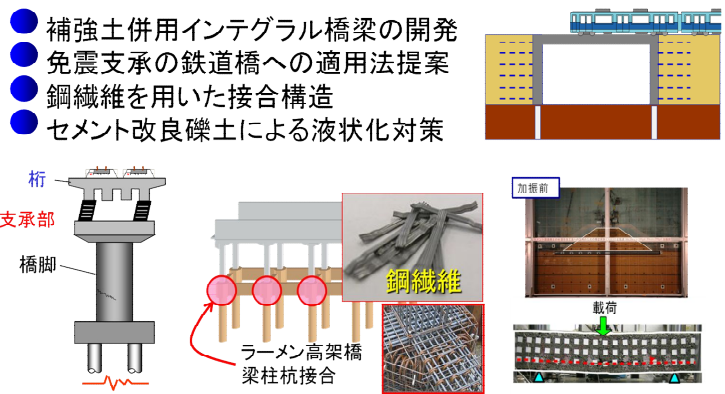


図1 性能や経済性に考慮した技術開発

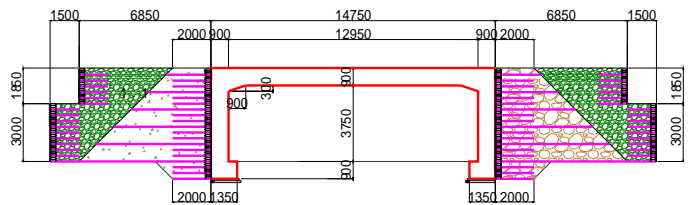


図2 補強土併用インテグラル橋梁

補強土併用インテグラル橋梁の開発¹⁾を鹿島建設、東急建設、鉄建建設、クラレ、複合技術研究所の5社と共同で実施している。本工法は補強土工法を併用することによって、施工中、施工後の変形が小さく、耐震性も高くなる。さらに一段と断面形状のスリム化が図れる。これまで模型実験で、本橋梁の温度変化による影響および地震時の

挙動など基本的な特性は把握できているが、本橋梁の実用化に際しては施工性の評価や実物大レベルでの気温の変化に伴う挙動等の把握が必要となるため、2009年2月に図2に示す実物大規模の試験橋梁を鉄道総研内の盛土試験場に構築し、動態計測を実施しているところである。これにより実用化を進める予定である。

3. 維持管理・延命化に係わる研究開発

鉄道は道路などに比べて、いち早く社会基盤整備が進められてきたことから老朽構造物が多く存在し、それらの補強、延命化に関する技術の確立は喫緊の課題となっている。図3に本件に係わる最近の技術開発状況を示す。このうち、鉄桁の疲労亀裂対策については、別途、発表があるため参照されたい。ここでは、その他の研究概要について紹介する。

- 高架橋梁の耐震補強法
- センサーネットワーク
- 鉄桁の疲労亀裂対策
- 既設橋梁インテグラル化

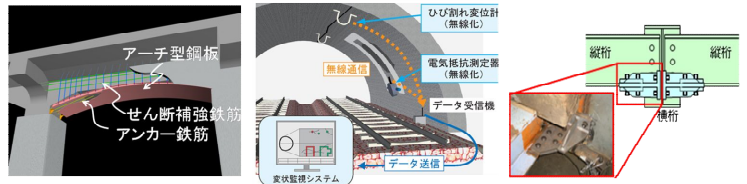
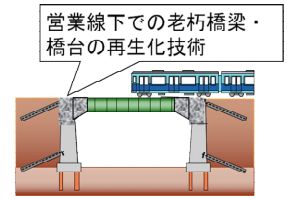


図3 維持管理・延命化に係わる最近の技術開発

RC ラーメン高架橋は、大正末期頃から建設されるようになってきたが、経年による劣化対策や機能改善の観点から、耐久性や耐震性等の向上を目的としてリニューアルを行う場合がある。これまで、高架橋のRC柱に関して数多くの研究がなされ、様々な補強工法が開発されてきたが、RC梁に関しては研究開発事例が少ないのが現状である。そこで高架橋の梁部材を対象に、鋼板と形鋼で構成されるアーチ型鋼材を用いた補強法（以下、アーチサポート工法）を東急建設と共同開発²⁾した。本工法について、上層梁を模擬した試験体による載荷試験により、せん断補強鉄筋、アーチ型鋼板、アンカー鉄筋等の形状、および配置について検討した。さらに、昭和初期に建設された高架橋の上層梁を模擬した実大試験体による交番載荷試験を行い、アーチサポート工法で補強された上層梁が所要の性能を確保していることを確認した。アーチサポート工法は、せん断補強鉄筋や施工時の型枠の配置が簡略化できることから、従来のコンクリート巻立て工法に比べ、施工性、工期、コスト、景観に優れた工法である。

鉄道では明治・大正年間に架けられた橋梁の中には100年近くあるいはそれ以上のものもあり、現在では半数以上が建設後約50年以上経過している。また、このような老朽橋梁は災害に対して脆弱であり弱点となりやすい。したがって、老朽橋梁の再生と併せて、簡易で合理的な高耐災化に対する対応も急務となっている。

そこで、本研究ではこのような諸問題を解決するために、仮線の構築や架け替えなどを行わず、鉄道線路が営業された条件下で、老朽橋梁をそのまま存置した状態で、橋桁と橋台躯体、さらには背面盛土との一体化を図ることにより、老朽橋梁の再生と合理的な強化を図ることができる工法の開発を目的とする（図4参照）。本工法は前述した補強土併用インテグラル橋梁の既設補強バージョンであり、現在、接合部における各種性能試験を実施中である。

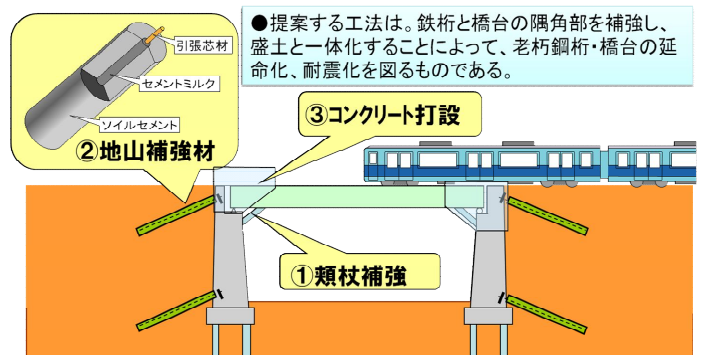


図4 既設老朽橋梁の延命化工法

次に、トンネルの変状監視システムとして、導電材料を用いたひび割れ検知システムの開発³⁾を行っている(図5参照)。このシステムはコンクリート表面に塗布された導電材料がひび割れによって破断し電気を通さなくなることを利用したものであり、一度に広範囲を計測できるメリットがある。一方、どの位置でひび割れが発生したかを特定できない問題があった。そこで、回路シミュレーション解析による抵抗値と測定値を比較することにより、ひび割れの発生位置を特定できる技術を開発した。また、ひび割れ変位計や導電材料を用いたひび割れ検知計の計測出力を無線化する技術も開発し、安全かつ経済的なトンネルの変状監視が可能となった。なお、開発したシステムは小型・小電力で、計測器とレコーダーの配線の作業が不要となるため、列車間合いの短い場所でも計測器の設置が容易である。

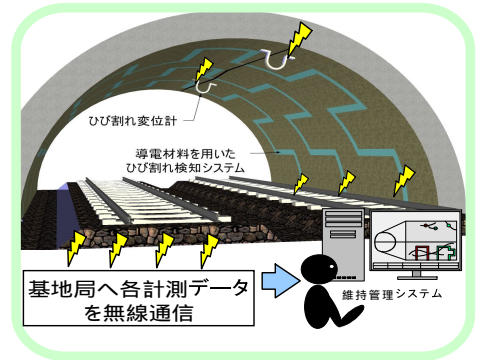


図5 変状監視システムのイメージ

4. 耐震性評価・補強に係わる研究

近年、内閣府より東海・東南海地震や首都圏直下地震などの想定地震動が示され、鉄道や高速道路、原子力施設などの重要構造物に対しては、このような巨大地震に対する対応が求められている。図6は本件に関する研究開発状況を示す。このうち、基礎部の耐震補強法として、鋼矢板を用いた簡便で経済的な既設基礎耐震補強工法については、別途、発表があるため参照されたい。ここでは、その他の研究概要について紹介する。

- 既設トンネルの耐震性評価
- 既設基礎の耐震補強法
- 角折れ防止工の開発
- トンネルレンガ覆工対策

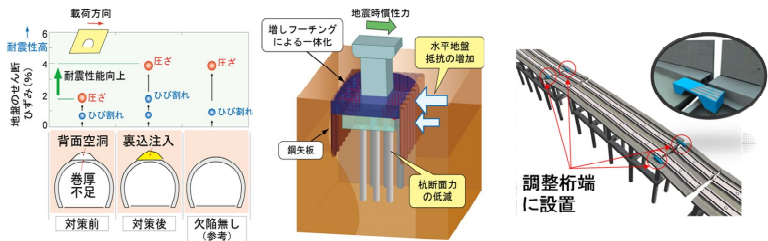


図6 耐震性評価・補強に係わる最近の研究開発

昭和初期までに造られた山岳トンネルにおいては、石・れんが・コンクリートブロックによるブロック積み覆工が相当量存在する。また、このような老朽トンネルにおいては変形が進み始め、建築限界とトンネル覆工との離隔がほとんどないものも多い。このような箇所においては、施工性がよく内空をほとんど支障しないことから繊維シート接着工法による補強事例が増加しているが繊維シート接着工法は接着材硬化までに剥離する恐れがあり、湧水箇所や覆工表面の凹凸が大きい箇所へは適用が困難である等の短所を有する。そこで、それらの短所を克服できうるFRP製の帯板とネットやシートを用いた新しい内面補強工法(帯板接着工法と呼ぶ)を開発⁴⁾した。本工法は図7に示すように、FRP製の帯板とネットとを組み合わせたものであり、覆工の耐力向上には帯板が、剥落防止には帯板およびその間に設置するネット

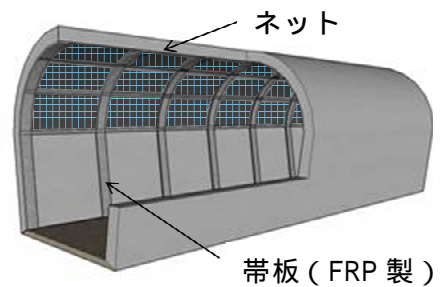


図7 帯板接着工法の概要

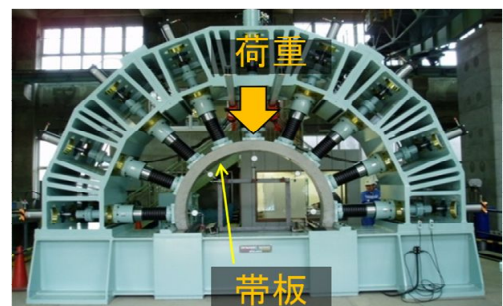


図8 覆工载荷試験の状況

が寄与するものである。鉄道総研が所有する大型トンネル覆工模型実験装置を用いた縮尺比1/5の模型供試体に対する載荷試験（図8）の結果から、簡単な補強であるにも係わらず、圧ぎ発生変位が1.4倍、圧ぎ発生荷重が1.3倍となり、耐震性の向上効果が確認されている。

高架橋の角折れによる列車の走行安全性への影響については、ゲルバー式高架橋の方がより厳しいことから、鉄道総研ではゲルバー式高架橋を対象とした角折れ防止工の開発⁵⁾を進めている。図9に概略を示す。図に示すように、高架橋スラブ上面に開発した角折れ防止装置を設置し、後施工アンカーボルトにより固定する構造であり、簡易で施工性に優れる。

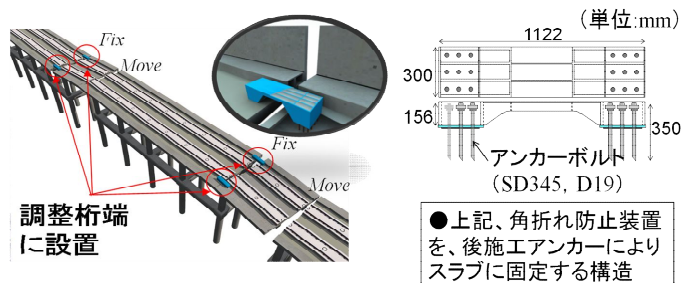


図9 角折れ防止装置の概要

図10に、動的解析により対策の有無による応答回転角の比較結果を示す。設置位置（図中の終端、起端）にもよるが、大きな応答低減効果が得られることを確認した。

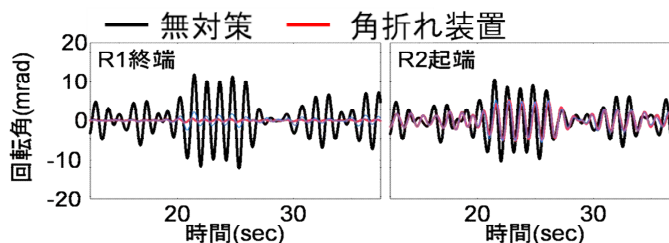


図10 動的解析による角折れ装置の効果検証

5. おわりに

構造物に係わる設計や施工に関する技術開発はこれまで多くの実績を上げてきたが、まだ取り組むべき課題も多い。特に、地震対策や老朽化が進む既設構造物の延命化対策については喫緊の課題であり、研究成果の早期実用化が望まれている。実用化を進めるにあたっては、鉄道事業者ならびに関係各位のご支援を頂くこととなるが、ご協力をお願いしたい。

参考文献

- 1) 川西智浩, 室野剛隆, 剛性マトリクス法とFEMを結合させた広域な地震動評価方法, 鉄道総研報告 Vol.22, No.1, 2008.1
- 2) 前田欣昌, 黒岩俊之, 谷村幸裕, 田所敏弥: アーチ型鋼材により補強したT形RC梁の変形性能に関する載荷試験, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.1105-1110, 2009.7
- 3) 津野究, 中西祐介, 仲山貴司: 無線センサを活用したトンネル変状監視システム, RRR, Vol.66, No.2, pp.18-21, 2009.2
- 4) 岡野法之, 植村義幸, 小島芳之: FRP帯板を用いたトンネル覆工の内面補強工法の開発, 鉄道総研報告 Vol.23, No.12, 2009.12 (掲載予定)
- 5) 曾我部正道, 谷村幸裕, 室野剛隆, 松橋宏治: 既設新幹線高架橋の地震時変位抑制工法の性能評価, 鉄道総研報告 Vol.23, No.2, 2009.2
- 6) 館山勝: 構造物に関する最近の研究開発, 鉄道総研報告 Vol.23, No.12, 2009.12