

構造物技術に関する最近の研究開発

構造物技術研究部
部長 舘山 勝

1. はじめに

公共事業に対する予算が大幅に縮減している。このため、整備新幹線などの新規建設に対しては、より一層のコスト縮減、工期短縮が可能となる技術開発が求められている。一方、既設構造物に関しては、鉄道は老朽構造物を数多く抱えていることから、これらの延命化や耐震対策技術の開発が喫緊の課題となっている。

鉄道総研では、特徴あるオリジナルな実験装置、解析ツールを多数所有（図 1）しており、これらを用いて、順次、効率的に研究開発を進めているところである。

以降では、構造物に関する耐震化技術、建設技術、メンテナンス技術における最近の研究開発状況について述べる。

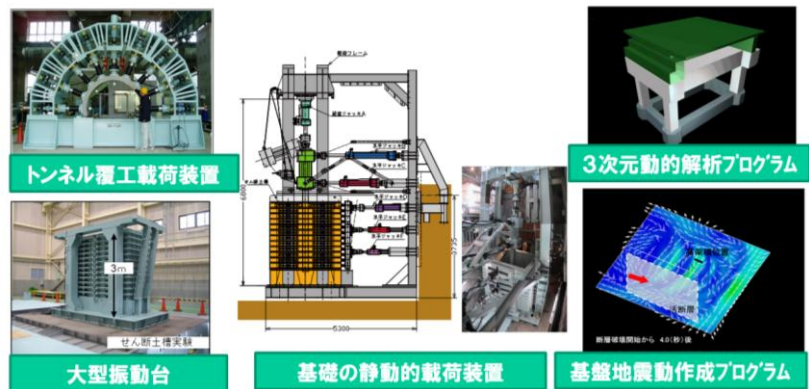


図 1 鉄道総研で所有する試験装置、解析ツールの例

2. 耐震化技術

兵庫県南部地震以降、L2地震動を対象とした設計法の整備が進められてきた。しかしながら鉄道施設は、土木構造物の他、建築物、電力設備、軌道、車両など多くの要素で構成されているが、それぞれ個別に検討がなされ、共通の土俵での評価が行われていなかった。そこで、共通の考え方で各施設の耐震性や列車の走行安全性を評価し、バランスのとれた耐震化を進めるための挙動評価技術、各種対策技術および耐震対策優先度の判断手法の開発を、昨年度終了した将来指向課題 2005「既設鉄道施設の耐震性

評価と対策」¹⁾により行ってきた（図 2）。しかしながら、想定東海地震などの巨大地震では、現行のL2地震動を超える揺れが予想され、震源から遠く離れた地域においても、長周期・長継続時間の揺れが作用することになるため、巨大地震に対して現行の設計体系の枠組みで対応すると、性能不足と判断されてしまう可能性が高い。そこで、現有構造物の耐震余裕度や残存耐力を適切に評価するとともに、走行安定性の確保に関し

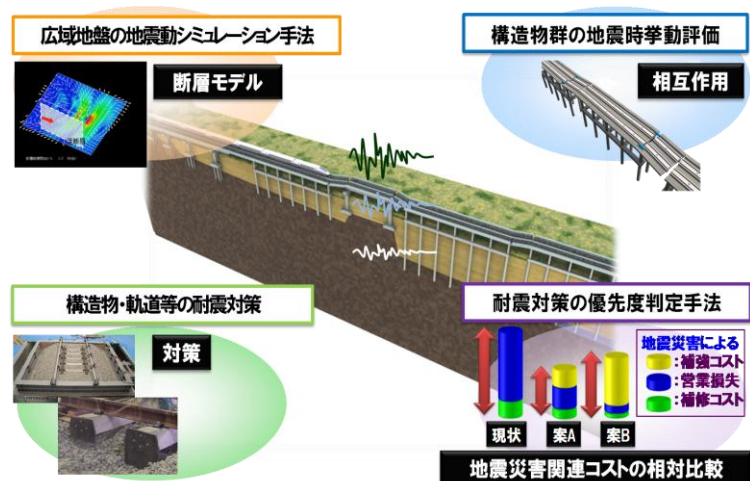


図 2 バランスのとれた耐震化のイメージ

ては制振デバイスなどを用いた新しい対策工法の開発を、今年度から新たにスタートした将来指向課題 2010 によって実施している。

耐震化技術に関しては、この他、種々の研究が行われているが、それらの成果については、以降の発表に詳しい。

3. 建設技術

鉄道における建設技術には、整備新幹線のような新線建設技術と、連続立体交差化や駅改良のように空間の高度利用に伴う空間創造技術がある。新線建設技術に関しては、現行のレベル 2 地震動を超える大地震動への対応、具体的には、より効果的な免震や制振技術、車両走行安定性の向上技術が重要となる。これに対して、負剛性摩擦支承や斜杭基礎（図 3）の適用が検討されており、以降の発表で詳述する。

一方、施工品質や施工性向上などへの対応として、プレキャスト部材を用いたプレハブ高架橋の構築技術の研究が今年度からスタートした。施工間合いが少ない近接工事に有効であるとともに、新線建設においても工期短縮や品質確保の観点からその適用が期待されている。この技術の確立のために、プレキャスト部材間・異種部材間の接合技術、設計技術に関する研究を実施しているところである。

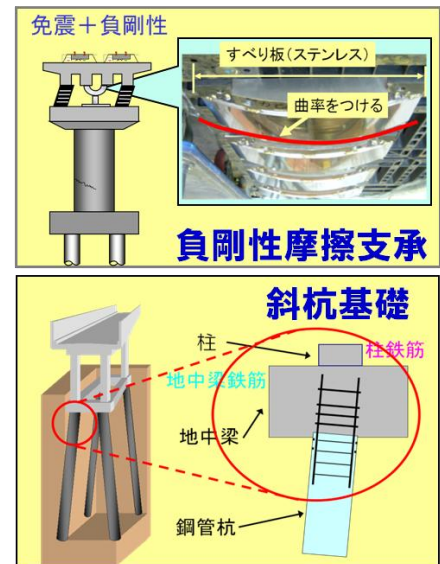


図 3 大地震に対する対応例

次に、メンテナンスフリーを目指した橋梁構造として、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の研究を行っている。本構造は、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³⁾を東京理科大学、鹿島建設、東急建設、鉄建建設、クラレ、複合技術研究所の 6 社で行っている。

本工法は初めに補強盛土を施工し、その後躯体コンクリートを打設することによって一体化を図る構造であり、施工中、施工後の変形が小さく、耐震性も高い（図 4）。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 月から実物大規模の試験橋梁を鉄道

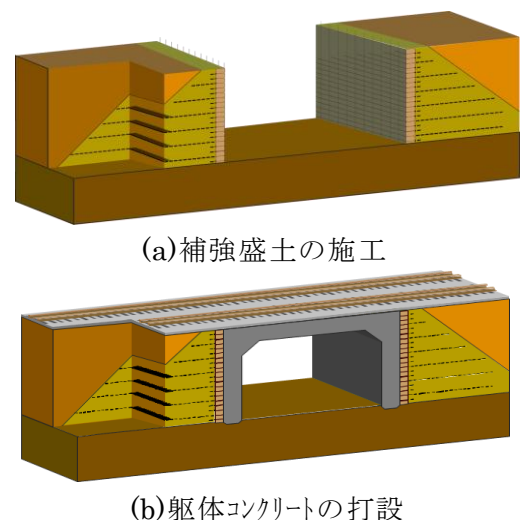


図 4 補強土併用インテグラル橋梁

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。今後は載荷試験を実施し、設計法を確立することにより、実用化を進める予定である。

4. メンテナンス技術

構造物のメンテナンス、検査業務の合理化に関しては、センシング、モニタリング技術の進展が期待される。鉄道総研では将来指向課題 2005「設備管理業務へのセンシング技術・ITの適用」により構造物ヘルスマニタリングシステム⁴⁾を提案し、橋梁やトンネル、土構造物、駅上家など、列車の走行安全を阻害する可能性のある施設の各所に無線センサを配置し、指令所や走行中の列車にデータ伝送する方法について研究してきた。また、センサやシステム全体への信頼性に対する検証として所内ネットワーク（図5）を構築し、現在も計測データの蓄積を行っている。本システムは当面、基礎など検査できない箇所、支承など検査しにくい箇所を中心に、人による検査の補助的な使用を想定した運用を目標としているが、将来的には検査業務の無人化が最終目標となる。そのためにはシステムの信頼性向上に対する更なる技術開発が必要となる。その一つとして、MEMS などによる低価格センサを開発し、高密度計測を行うことが有力と考える。この方法では1つのセンサの信頼性に頼るのではなく、多点に計測することにより、異常値と実際の挙動をマクロに識別しようとするものである。このためには、

センサの思い切った低廉化に加え、無電源センサの開発、データ伝送量の圧縮技術、データマイニング技術の確立などが必要となる。

一方、鉄道は道路などと比べて著しく老朽化が進んでおり、例えば鋼橋を例にすれば道路の30年に対して鉄道の平均経年は60年程度であり、老朽化対策は喫緊の課題となっている。

ここで、鉄道施設のリニューアル工事における制約条件としては、営業線下における安全な施工、経費抑制、耐震性など機能向上に対する要求が挙げられる。これに対しては現状のリニューアル技術では、特に経費の面において現実的対応が困難となる。このため、新たな観点か



図5 所内ネットワークによる検証

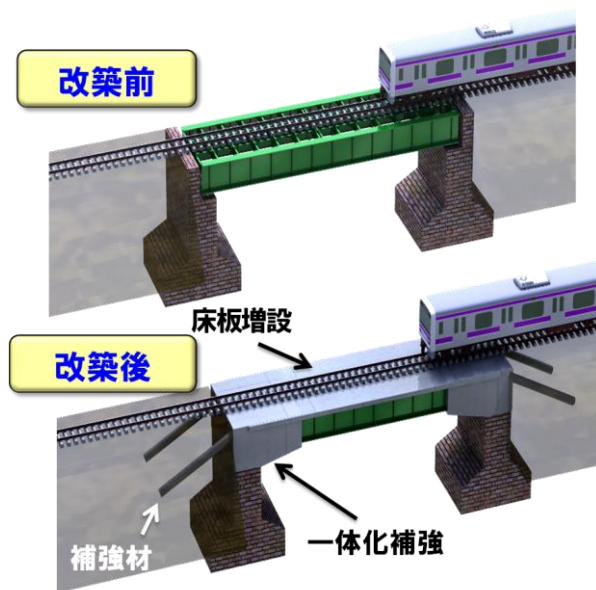


図6 老朽鋼桁・橋台のリニューアル技術

らの技術開発が期待される。図6はその一例として、従来の仮線方式による桁の架け替え方式に代えて、橋梁支承部をコンクリート等で固め、橋台背面に補強材を設置することにより、片持ち式橋台・単純桁方式から、ラーメン形式に構造変更⁵⁾する試みであり、前述の補強土併用インテグラル橋梁の応用技術である。隅角部の負曲げによって桁断面力を半減させ、老朽鋼桁を延命化しようとするものである。このような大胆な発想による技術提案が多数、待たれている。

また、高架橋のリニューアルに関しては、兵庫県南部以降、柱の耐震補強などが概ね終了しているが、さらに老朽化が進むと部分的な処置では対処できなくなることが予想される。そこで、老朽化が著しい高架橋への大規模リニューアルに対応するために、柱の取替技術、梁や床版の補強技術の開発を進めている。鉄道総研では老朽梁の補強工法として、この後発表があるアーチサポート工法を開発しているが、同時に床版も補強することを検討している(図7)。これによりスラブ面の剛性が高まるため、副次的効果として列車振動や騒音の低減に寄与すると考えている。経済的で施工性のよい工法開発は必須であるが、副次的な効果も含めたリニューアル効果を定量的に示すことができれば、さらに需要は増えると考えられる。

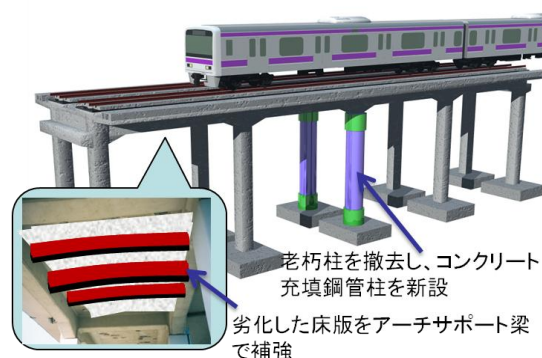


図7 高架橋のリニューアル技術のイメージ

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。

今後も鉄道事業者ならびに関係各位のご支援を頂きながら、安全で安心して利用して頂ける鉄道構造物の実現に向けて努力したい。

参考文献

- 1) 佐藤勉：鉄道施設の耐震性向上、第23回鉄道総研講演会要旨集、2010
- 2) 澤井正明、吉住陽行：直接高架工法による鉄道の立体化、土木施工、Vol.47、No.11、pp.58-63、2006
- 3) 龍岡文夫、館山勝、平川大貴、渡辺健治、清田隆：GRS一体橋梁の特徴と開発経緯：ジオンセティックス論文集、第24巻、国際ジオンセティックス学会日本支部、2009.12
- 4) 野末道子、土屋隆司、篠田昌弘、渡辺義大、佐藤紀生：鉄道構造物の常時・異常時モニタリングシステムの開発、鉄道総研報告、第24巻第10号、pp.41-46、2010
- 5) 白仁田和久、館山勝、神田政幸、小島謙一、渡辺健治：桁・橋台・盛土一体化(ラーメン構造化)による延命化工法の提案、第45回地盤工学研究発表会、pp.1393-1394、2010