

空間創造技術の研究開発の現状と今後の展望

JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 首席研究員
谷口 善則



「グループ経営構想V～限りなき前進～」において6つの基本的な方向性、「究極の安全に向けて」、「サービス品質の改革」、「地域との連携強化」、「技術革新」、「新たな事業領域への挑戦」、「人を伸ばし、人を活かす企業風土づくり」が掲げられました。フロンティアサービス研究所では、これらの方向性に対応する研究テーマを定め、研究開発を進めています。

本号では、構造部材の性能、信頼性向上、地震対策、新幹線の高速化、騒音対策、次世代の建設生産システムをキーワードに、代表的なテーマについて紹介します。

1. はじめに

フロンティアサービス研究所は、サービスデザインと構造システムデザインの2つのチームから構成されています。研究所のミッションとしては、社会環境の変化を予見しつつ、斬新な発想とお客さま視点にたつことで、駅・車内サービスのイノベーションと、これを支える安心な構造物の実現をめざすことであり、「個々のお客さまのニーズに応じたサービスの提供」、「誰にでも使いやすい駅空間の構築」、「鉄道特有の建設技術の創造」に関する研究開発を進めています。

そのうち構造システムデザインチームは、グループ経営構想Vの基本的な方向性のうち、「究極の安全に向けて」、「技術革新」に基づいて空間創造技術に関するテーマを定め、研究開発を進めています。

本号では「究極の安全に向けて」のテーマとして、建築構造物に対する地震対策と吊荷落下対策、部材の耐震性能に関する基礎研究について紹介します。「技術革新」のテーマについては、構造部材の性能、信頼性向上に関する研究、ICTを使った建設生産システムに関する研究、新幹線の高速化に向けた取組みなどを紹介いたします。

2. 空間創造技術の研究開発の現状

2.1 安全対策に関する研究開発

2.1.1 線路上空建物建設時の吊荷落下対策の開発

線路上空に建物を構築する場合、鉄骨建方時に吊荷の落下というリスクがあります。昼間時間帯に鉄骨の建方を行



図1 落下試験の状況

うには、列車の運行に影響を及ぼさないことの確認や列車に支障しない防護措置を施すことなどがが必要です。本研究は、吊っている鉄骨が仮に落下した場合「吊荷重量—落下高さ」、「覆工板の損傷」の関係を実験、解析により具体化し、列車の安全を確保した落下防護対策工法について提案したものです。

2.1.2 棒状せん断補強鉄筋によるせん断破壊挙動に関する基礎研究

ボックスカルバートなどの地中RC構造物は、構造物が土（地盤）で覆われています。そのため後施工でせん断補強を行う場合、せん断補強筋をボックスカルバートの内空側から施工することが、現実的な施工方法です。その耐震補強工法として低コストで実施可能とする方法として、太径鉄筋を用いることが考えられます。本研究は、太径鉄筋を壁部材に用いることを想定し、実断面高さの梁試験体でのせん断破壊実験、

3次元非線形FEM解析から破壊挙動に着目した検討を行ったので、報告します。

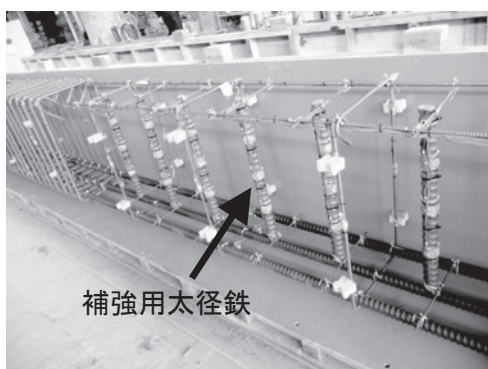


図2 試験体配筋状況

2.1.3 線路上空建物の免震化に用いる厚肉積層ゴムに関する研究

線路上空に建物を構築する場合、一般の構造物のように地中部分に梁を設けると、工期、工費が増大することから、設計上地中部に梁を設置しない構造とすることが多々あります。そのような構造を採用した場合、地震時に建物の応答が大きくなる傾向があります。そこで免震技術を線路上空建物に適用し、地震時の応答を低減することを目的に研究開発を行ったので、報告します。

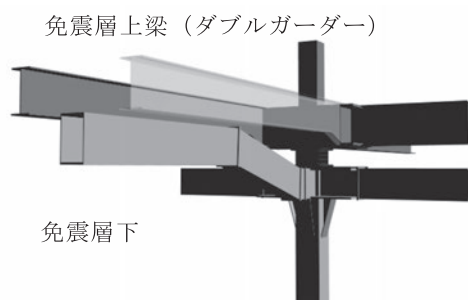


図3 免震層周りの架溝形式

2.1.4 RC橋脚の中間部で損傷を抑制するために内巻きスパイラル筋を用いた基礎研究

RC橋脚が河川内にある場合など、地震時に橋脚基部が損傷すると復旧工事に際し、仮締切工や仮栈橋などの仮設設備が必要となり、工期、工費の増大を招く恐れがあります。そこで橋脚く体中間部に損傷を誘導し、地震により損傷が生じた場合に補修を容易にする研究を行ってきました。耐震性能を満足した橋脚構造とするためには、橋脚く体中間部での塑性ヒンジの回転性能をより大きくする必要があり、その変形性能を高めるためには大変形領域において内巻きスパイラルが有効であることが確認できました。今回は、その内巻きスパイラル筋のピッチ、コア面積、軸力が変形性能に影響するの

か実験を行い、確認したので報告します。



図4 試験体配筋状況

2.2 構造部材の性能、信頼性向上に関する研究開発

2.2.1 後施工アンカー定着体の引き抜き機構の基礎研究

あと施工アンカーは、付帯設備を後から構造物に取り付ける場合などに多く用いられています。接着系あと施工アンカーの高耐力化、信頼性向上を目的に、アンカーの先端形状をテーパ型にする工法を考案しました。テーパ型先端定着体の力学的挙動を把握し、実験により変位・荷重の関係と比較し、引抜き抵抗力の設計式を提案したので、報告します。

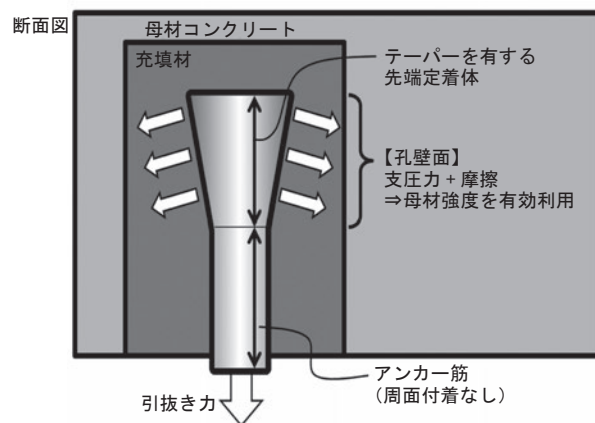


図5 アンカーの概要

2.2.2 先端プレロード場所打ち杭の注入材料の開発

先端プレロード場所打ち杭において、鉄筋がご先端に設置した注入バッグの破損や、杭孔の掘削底部に局所的に脆弱になっている箇所が存在するなどの要因から、注入バッグに注入した固化材が地盤中に漏出し浸透する可能性があります。このような場合でも注入した固化材が地盤中の空隙に注入され、充填されることにより、地盤の強化が図れるものと考えます。このように固化材が地盤中に浸透し始めたときに、それ以上注入材が地盤中に入っていないような拡散防止機能を有する固化材（注入材料）の提案を行い、その性能を実験により確認したので、報告します。

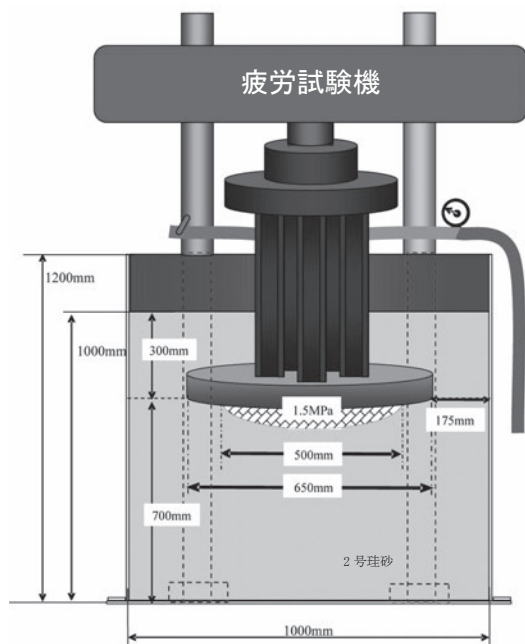


図6 実験概要図

2.2.3 RC梁の高性能化を目指した内部に引張強度の高い領域を有するRC梁試験体の破壊形状について

既存のRC構造の梁よりもせん断耐力を向上させることを目的に、梁の内部にコンクリートよりも引張強度の高い領域を設けた梁を構築し、曲げ荷重試験によりその性能を確認しました。内部に引張強度の高い領域部分を設けたRC梁試験体は、コンクリート断面が受け持つ耐力と引張強度の高い領域断面が受け持つ耐力の2段階のピーク荷重を有する変形挙動を示すことが確認できたので、報告します。

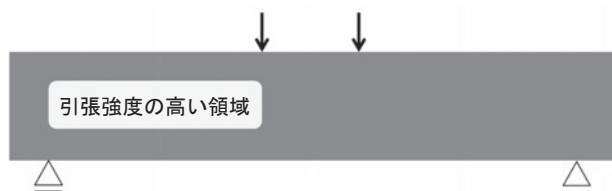


図7 試験体のイメージ

2.2.4 先端プレロード場所打ち杭の先端支持機構の基礎研究

当社の研究開発で開発した先端プレロード場所打ち杭工法は、場所打ち杭の先端地盤に応力履歴を与えることで、先端支持力を向上させる工法です。この応力履歴を与える圧力の大きさや保持時間は、過去に行われた荷重試験などにより経験的に定められたもので、理論的な検討が十分なされていませんでした。今回、模型実験を行い、プレロード圧の大きさや圧力保持時間の長さが支持力向上におよぼす影響について検証を行いましたので、報告します。



図8 実験装置

2.3 ICTを使った建設生産システムに関する研究

鉄道施設の新設・改良工事は、企画・計画段階～調査・設計～工事施工という流れを経て、最終的に完成した構造物を保守管理する部門に引き継ぐというサイクルが一般的です。この一連のサイクルにおいて、ある段階から次の段階へのデータのやり取りや引継ぎは紙ベースで行われているのが現状です。各段階の担当部署においては、デジタルデータでの情報蓄積を行っていますが、データの連携が行われていないとは言い難い状況にあります。この一連の業務の流れの中で構造物に関するデータの共有化を図ることにより、構造物の高品質化や一連の業務の効率化が図れるものと考えます。

このICTを使った建設生産システムに関する研究として「次世代の建設生産システムに関する研究」、「3次元モデルを活用したネットワークカメラの研究」を紹介します。

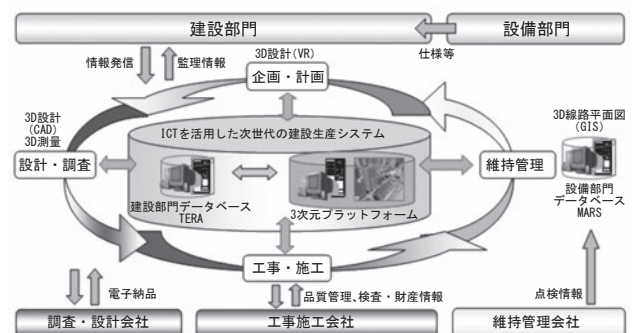


図9 次世代建設生産システムのイメージ

2.4 新幹線高速化に向けた取組み

2.4.1 地盤振動低減工法開発に向けた取組み

新幹線などの車両が高速で走行すると、橋りょうや高架橋などの橋脚から振動が伝わり、橋脚を加振源として地盤に振動が伝播します。その結果、構造物周辺家屋の窓や戸が揺れる現象が生じることがあります。列車の速度がさらに高速になると、橋脚から地盤へ伝わる振動が大きくなることが想定されることから、高速列車の速度向上の実現に際しては、地盤振動は解決しなければならない重大な課題のひとつです。これまで実効性の高い地盤振動対策工の設計施工法の確立を目的に、構造物近傍で実施する振動対策工（連続地中壁）の効果を評価する検討手法の提案をおこなってきましたので、報告します。

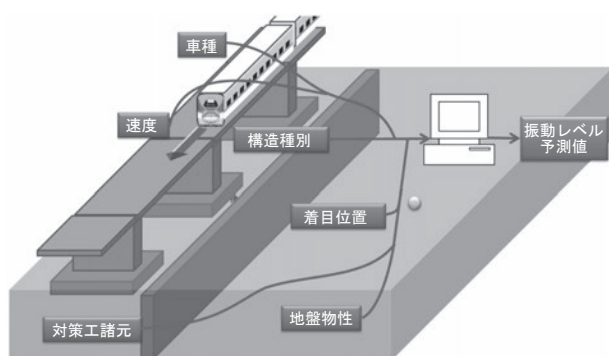


図10 地盤振動概念図

2.4.2 新幹線高速化に伴う地上側環境対策について

当社では新幹線の360km/hでの営業運転の実現を目指し、高速走行時の車両などの安定性向上や沿線への環境負荷低減に向けた地上設備に関する研究開発をすすめています。本報告では、新幹線の高速化により増大するトンネル微気圧波と沿線騒音に対するそれぞれ対策方法について述べます。



図11 新幹線用騒音低減装置NIDES

2.5 在来線騒音対策工における構造物音低減効果の把握について

在来線鋼鉄道橋から発生する橋梁振動および構造物音の制振対策による低減効果を定量的に把握することを目的に、サイズや厚さの異なる鉄板4種類と橋梁部材において制振対策前後の加振試験を実施しました。その結果、総合損失係数 η を用いて制振対策後の振動低減量を予測するモデルを提案しましたので、報告します。

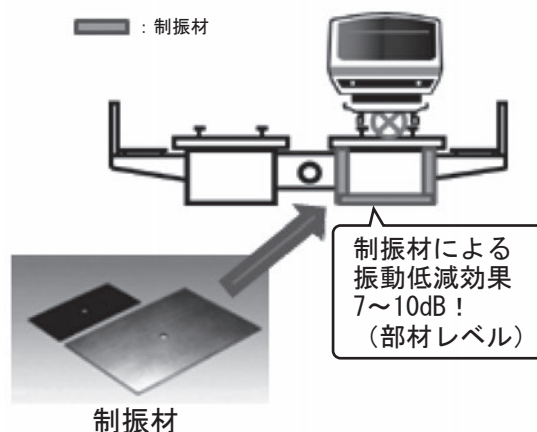


図12 騒音対策試験イメージ

3. 空間創造技術の今後の取組みについて

当社の構造物の地震対策としては、高架橋などのせん断破壊先行型に構造物の耐震補強を進めてまいりました。また首都圏地震に備えた耐震対策として、駅・ホームなどの天井、盛土などの土構造物やレンガアーチ高架橋などの補強についても進めていくこととなりました。フロンティアサービス研究所では、これまでも多くの地震対策の研究開発を進めてきました。これからも地震の対策工を迅速かつ効率的に進めるために研究開発を続けてまいります。耐震対策のメニューや適用できる構造物の種類などのバリエーションを増やすとともに、列車走行安全性の向上のための評価手法などにも取り組んでいきたいと考えています。

また新幹線の高速化については、地上設備の対策に関して環境負荷低減効果の確認、対策コストの低減そして対策工のバリエーションを増やすなどの取り組みを引き続き取り組んで参ります。

今までご紹介したような重要課題を解決するための研究開発については、引き続き取り組んでいきますが、次世代の研究開発に向けた課題、基礎的研究にも取り組み、新たな研究課題の創造、そして研究員の研究開発能力の向上を図りたいと考えています。

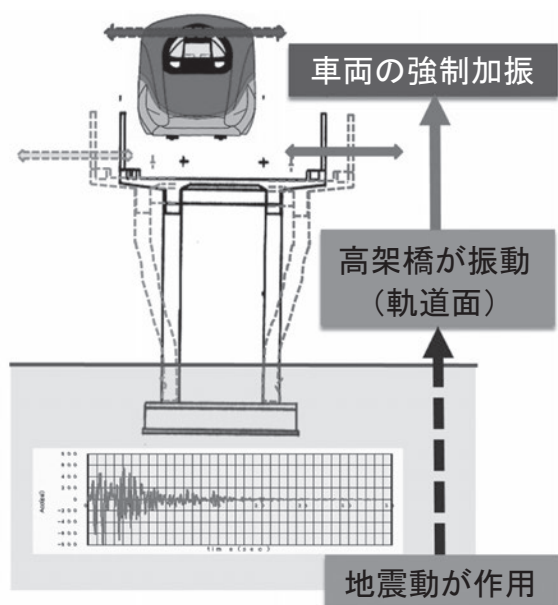


図13 地震時列車挙動のイメージ

4. おわりに

空間創造技術における研究開発については、設備を保守する側、造る側それぞれの現在または今後のニーズを的確に把握し、研究テーマに反映することを心がけています。各主管との意見交換、情報交換を通じ、または実際に設備がある場所、建設中の場所などに足を運び、自らの目で課題や問題点を発見することで研究テーマに繋げることができると感じています。また、現場との意見交換の機会を通して、潜在的なニーズなどの情報を得ていきたいと考えています。さまざまな機会をとらえ、研究開発に生かしていきたいと思っています。

最後に、グループ経営構想Vに示されている「技術革新」を進めていくには、研究開発センターだけではできません。各関係個所にニーズや課題をテーマに活かして、また開発したものが実際のフィールドに使われて初めて有効な研究開発であるといえます。各機関と連携して研究開発を行い、皆さまであって役に立つ研究開発機関となれるようにメンバーと一丸となって取り組んでまいりたいと考えております。