

鉄道地震工学研究センターの活動と役割

鉄道地震工学研究センター
研究センター長 室野 剛隆

1. 鉄道地震工学研究センターの設置目的

日本列島の周辺では、複数のプレート同士が衝突している。また、日本列島には活断層も多数存在する。このため、日本は地震活動度が高く、頻繁に地震が発生している。さらに、多くの研究者が、いまの日本列島は地震活動期に突入していると指摘しており、マグニチュード8以上の巨大地震に関して言うなら、今後30年間で60～70%と公表されている。今後、各種の計画を策定するには、こうした巨大地震の発生を織込んでいくことが強く求められている。

近年の地震による被災状況を考察すると、巨大地震では地震被害が広範化かつ複雑化することが分かる。例えば、[図1](#)は2011年東北地方太平洋沖地震の震源域および南海トラフ沿いの地震の想定震源域を示すが、長さは400km以上とも言われており、日本全土が地震の影響を受ける。[図2](#)は2004年新潟県中越地震の新幹線の脱線、[図3](#)は東北地方太平洋沖地震の際の電車線柱の被害であるが、構造物と車両、電車線柱などが複雑に相互作用系を形成し被害が発生している。

このような巨大地震に対処し、より安全・安心な鉄道を実現するために、地震工学に関わる鉄道総研の研究リソースを『集約』するとともに、わが国唯一の鉄道地震工学の『拠点』として、鉄道総研では新たに「鉄道地震工学研究センター」を、平成26年4月1日に設置した。本発表では、鉄道地震工学研究センターの活動内容と役割について紹介する。

2. 鉄道地震工学研究センターの活動

2.1 活動方針

鉄道地震工学研究センターでは、従来の研究部としての研究開発に加えて、鉄道地震工学の拠点としての新たな事項についても取り組むことになる。



図1 巨大地震の震源域の例



図2 新潟県中越地震による新幹線の脱線



図3 東北地方太平洋沖地震による電車線柱の損傷

(1) 地震に対する各種の研究開発については、従来は構造物・車両・電力・軌道など分野ごとの研究グループが実施してきたが、人材などの研究リソースを研究センターに集約することにより、鉄道の地震リスクの軽減と強靭化を目指した最先端の研究を、より高品質に、よりスピーディーに実施する。

(2) 鉄道地震工学の拠点としての取組みとして、以下の内容を推進する。

- ①地震関連情報やノウハウを高度に集積した鉄道地震アーカイブスを整備し、必要な情報を鉄道事業者に提供する。
- ②耐震設計や地震防災など地震関連のコンサルティングや教育講座・研修を強化・拡充し、震災リスク軽減のための技術を実践展開できる技術者を鉄道事業者内に育成する支援をする。
- ③地震発生時には、鉄道に係る地震関連の情報を提供するとともに、国・大学・鉄道事業者などと連携して、被害調査や情報収集、復旧技術支援をする。

なお、鉄道地震工学研究センターは、地震解析、地震動力学、地震応答制御の3研究室から構成されるが、構造物や地盤、地球物理の専門家その他、電力の専門家から構成されている。今後、車両力学の専門家なども参画予定であり、幅広い研究者が集中する。各研究室の担当分野は下記を目安とするが、各関連研究部と常に連携して業務に取り組むことになる。

表1 鉄道地震工学研究センターの組織

研究室	研究内容	
地震解析	・ 早期地震検知，地震被害推定に関すること	・ 耐震設計に関すること ・ 地震リスクマネジメントに関すること
地震動力学	・ 地震動，液状化など地盤挙動に関すること	
地震応答制御	・ 構造物，車両，電車線路設備等の地震応答，免震・制震に関すること	

2. 2 研究開発業務

鉄道地震工学研究センターでは、地震に関わる様々な研究課題に取り組むことになる。現在は以下の研究課題に取り組んでいる。

- ①鉄道地震災害シミュレータの構築に係る研究開発
- ②巨大地震に対する地震安全向上に係る研究開発
- ③早期地震防災システムに関連する研究開発
- ④新しいシミュレーション技術の開発
- ⑤電化柱・車両の地震時走行安全性に係る研究開発（関連研究部と連携）
- ⑥耐震設計の技術支援

さらには、今後は、i)地震リスクマネジメント、ii)津波や地表断層などの地震随伴事象の問題などにも取り組んでいく予定である。

今回の月例発表会では、上記の②については『負剛性摩擦ダンパーの開発とハイブリッド実験による制震性能の検証』を、③については『直下地震を対象とした地震早期検知に関する基礎的研究』、④については『本震後の余震発生に伴う地盤の再液状化挙動の評価』をそれぞれ詳細に報告する。本発表では、それ以外のテーマについて、簡単に紹介する。

(1) 鉄道地震災害シミュレータの構築に係る研究開発

鉄道地震災害シミュレータは、スーパーコンピュータを活用しながら、鉄道路線数百 km の線区全体の地震時の挙動を評価できるシミュレータであり (図 4 参照), ①地震動シミュレータ, ②地盤・鉄道構造物群モデル構築シミュレータ, ③地盤・鉄道構造物群挙動シミュレータ, ④断層・地盤・構造物アーカイブス, から構成されており, 今年度中の実用化を目指している。本シミュレータを活用することで, “どこにどのような震災リスクが潜んでいるのか” 事前に評価することが可能となる。

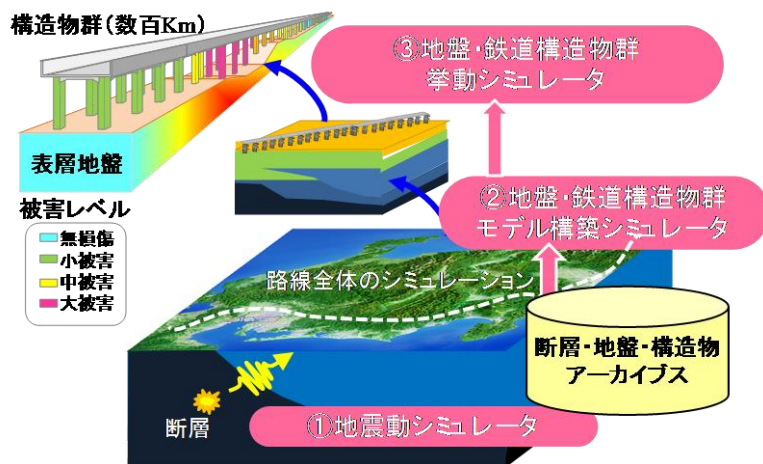


図 4 鉄道地震災害シミュレータのイメージ

(2) 巨大地震に対する地震安全向上に係る研究開発 (超連続基礎構造の提案)

巨大地震に対応した次世代構造物として, 橋脚・高架橋の基礎を数百 m にわたって連続化する『超連続基礎構造』の開発を行っている (図 5 参照)。

超連続基礎構造では, 地盤構造の変化による地表面地震動のばらつきが平準化されることにより, 構造物の入力地震動が一様化され, 場合によっては従来の構造に比して, 応答値が数 10% 低減されることを解析的に検証した。

本構造の利点には, 応答の低減・平準化により, i) 列車の走行安全性の向上や電車線柱などの付帯構造物の設計の合理化が期待できるとともに, ii) 杭配置の自由度が増すため過密配筋を防いだり, iii) 応答の平準化により個別の地盤条件を配慮した設計をする必要がなく, 上部工のプレキャスト化ができる可能性がある。今後, 実用化を目指してより広範囲な検討を行う予定である。

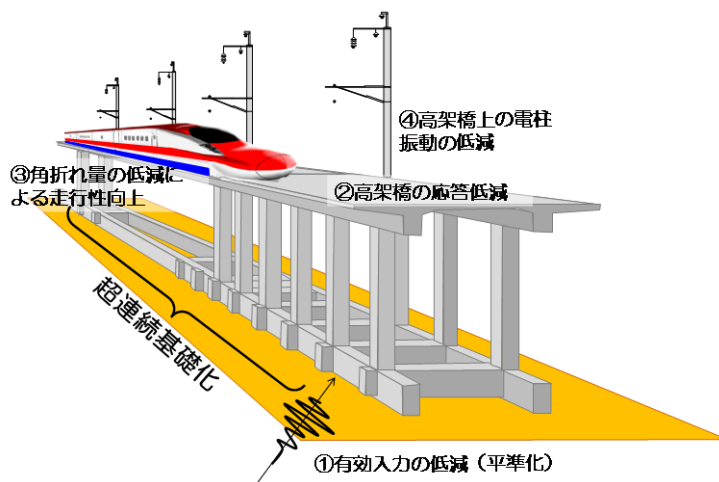


図 5 超連続基礎高架橋のイメージ図

(3) 新しいシミュレーション技術の開発 (破壊進展解析の開発)

破壊 (亀裂進展) 解析を行うための新しいシミュレーション手法として, 粒子離散化法を

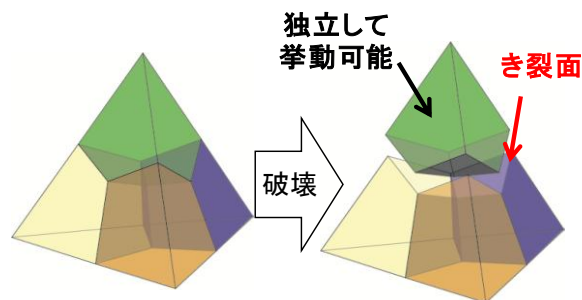


図 6 粒子離散化法のイメージ

FEM に適用する技術開発を行っている。変位の離散化において、通常使用される 1 次関数のような滑らかな関数ではなく、矩形関数を用いることに特徴がある。これにより、要素内で不連続を扱うことが可能となり（図 6）、き裂発生後はブロックが独立して挙動できるようになる。コンクリートの一点中央載荷試験を模擬した解析事例を図 7 に示す。長辺の寸法をパラメータ（800mm, 200mm）として 2 ケースの解析を行ったが、部材寸法に応じて想定通りの破壊現象が見られる結果となった。本シミュレーションを活用することで、例えば既設構造物の耐震性評価をより合理的に行うことが可能になるとと思われる。

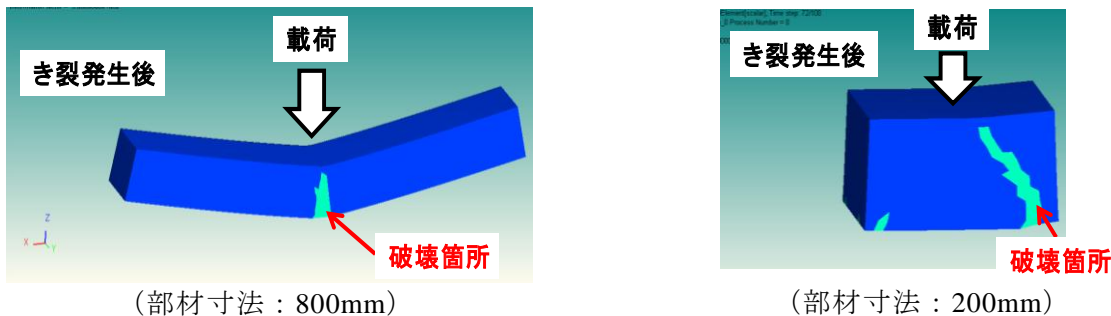


図 7 一点中央載荷試験を模擬した破壊解析の結果

2. 3 拠点化に係る業務

地震に関連した様々な情報や復旧ノウハウなどを高度に集約・蓄積した『鉄道地震アーカイブス』を整備する。これにより、平常時においても、必要に応じて情報を鉄道事業者に提供することができる。また、教育講座・研修を強化・拡充などによる耐震・地震防災の高度専門技術者の育成支援にも力を入れる予定である。

地震発生時には、地震の特徴や鉄道の耐震設計との関係など、鉄道の耐震技術者や地震防災技術者に有意義な情報を提供する予定である（例えば図 8）。特に、鉄道に被害が発生するような場合には、鉄道総研内の災害支援本部の下、鉄道事業者や学協会・大学と連携して情報収集し、必要に応じて被害調査や復旧支援

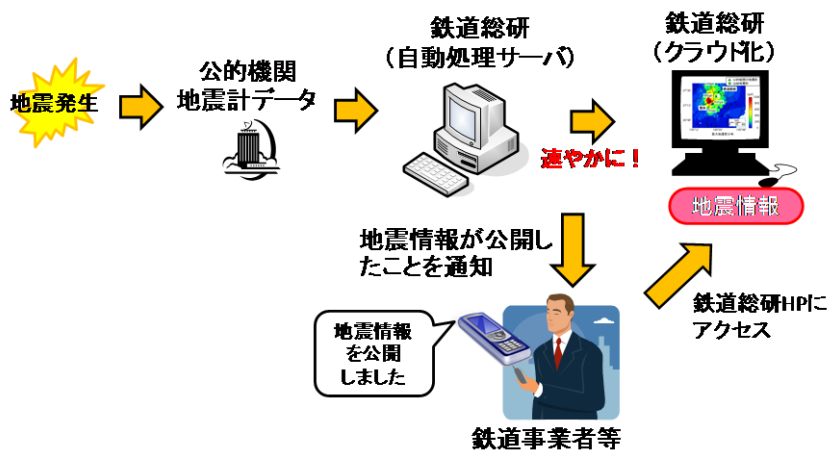


図 8 拠点化業務の 1 例（地震速報の配信イメージ）

（情報提供、ノウハウ提供、技術提供、人材派遣 etc）を行い、災害復旧の拠点となることを目指す。

3. おわりに

鉄道は社会経済活動の基盤であり、今後想定される巨大地震に対しても、鉄道がレジリエンス性を発揮することが期待されている。そのために、地震工学研究センターは、“研究開発”および“拠点化活動”の両面から貢献することを目指していく所存である。