

鉄道構造物の耐震性向上に向けて



水野 寿洋
Toshihiro Mizuno

国土交通省
鉄道局施設課
鉄道防災対策室
専門官



東 翔太
Shota Azuma

国土交通省
鉄道局施設課
係員

平成7年に発生した兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)では、新幹線の高架橋の崩壊や地下駅の陥没等、鉄道構造物がこれまで経験したことがないような甚大な被害が生じました。このような甚大な被害を鑑み、新設の鉄道構造物に対する耐震基準を新たに見直すとともに、既設の鉄道構造物についてはこれ以降本格的に耐震補強を進めていくようになったところです。

本稿では、兵庫県南部地震以降の鉄道行政としての鉄道構造物の耐震対策について述べていきます。

鉄道構造物の耐震基準について

(1) 平成10年 鉄道構造物等設計標準(耐震設計)

兵庫県南部地震発生直後、運輸省では、有識者等で構成された「鉄道施設耐震構造検討委員会」を設置し、新たな耐震基準や鉄道構造物の耐震補強等の耐震対策について検討を行いました。このうち、新設の鉄道構造物の耐震基準については、平成8年に同委員会において、「新しい耐震設計標準のあり方に関する基本的な考え方」としてとりまとめられました。

この基本的な考え方の主な内容としては、

- ①地震動として、従来の海洋型地震動に加え、兵庫県南部地震に代表される内陸型地震動も考慮する。
- ②鉄道構造物の安全性の検討は、必要な耐震性能を定め、これを満足することを照査する方法とする。
- ③構造物の地震時挙動の算定に当たっては、動的解析を主体とする。

であり、この基本的な考え方に基づいて作成され平成10年に制定されたものが「鉄道構造物等設計標準(耐震設計)」(以下「平成10年耐震標準」)です。

この「平成10年耐震標準」は、これまでコンクリート構造物であれば、「鉄道構造物等設計標準(コンクリート構造物)」、鋼構造なら、同じく「鉄道構造物等設計標準(鋼・合成構造物)」と、それぞれ構造物別に規定されていた耐震基準をひとつにまとめたもので、主な内容として、

- ①兵庫県南部地震のような、発生する可能性は低いが非常に強い内陸直下型地震も考慮することとした。
- ②構造物は、上記①の地震に対しても、崩壊しないような設計をすることとした。
- ③新幹線や大都市の鉄道などの構造物は、上記②に加え、早期に復旧できるような設計をすることとした。

以上の点について考慮したもので、従来の耐震基準から大きく内容を変更し

たものでした。

この「平成10年耐震標準」に基づいて建設された鉄道構造物は、その後の大規模地震に対し非常に高い耐震性能を発揮しました。具体的には、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)において、この耐震基準に基づいて設計された鉄道構造物については地震の揺れによる被害は確認されませんでした。

(2) 平成24年 鉄道構造物等設計標準(耐震設計)

兵庫県南部地震以降、我が国ではM7前後の地震が相次いで発生しました。これらの地震については様々な分析が行われ、その結果、構造物の耐震設計に関する新しい知見が飛躍的に蓄積されてきました。このような状況を踏まえ、「平成10年耐震標準」について平成18年度より見直しを開始しました。当初、この見直しによる改正は平成23年春頃を予定していましたが、平成23年3月に発生した東北地方太



図1 高架橋の耐震補強

平洋沖地震の影響についても確認を行い、平成24年7月に改正しました。

この改正された耐震標準は、基本的には「平成10年耐震標準」を踏襲していますが、次の点について改正しました。①性能照査型設計への移行、②設計地震動の見直し、③近年の地震工学の知見を取り入れた応答値算定手法等の改正、④津波等の地震随伴事象への配慮の4点です。

性能照査型設計への移行については、「平成10年耐震標準」においても、性能照査型設計を取り入れた内容でしたが、今回の改正では、要求性能(安全性、復旧性)を明確にし、他の設計標準との整合を図りました。

また、設計地震動については、L2地震の定義を「構造物の設計耐用期間内に発生する確率は低い非常に強い地震動」から「建設地点で想定される最大級の地震動」に変更するとともに、標準地震動についても、平成10年以降の観測記録を基に改正しました。

鉄道構造物の耐震補強について

(1) 高架橋等の耐震補強

兵庫県南部地震による鉄道構造物の甚大な被害の特徴としては、高架橋の柱、開削トンネルの中柱等のコンク

リート構造物が激しい地震動によりせん断破壊を起こし、高架橋の落橋や開削トンネル駅の崩壊に至ったものでした。これらを踏まえ、「鉄道施設耐震構造検討委員会」では、既存の鉄道構造物の耐震対策について検討され、平成7年7月に「既存の鉄道構造物に係る耐震補強の緊急措置について」として、主な内容として以下のことが委員会の提言としてとりまとめられました。

1. 基本方針

- 阪神・淡路大震災の被害状況や施設の重要性を考慮し、緊急に耐震補強を実施。
- 耐震補強の目標の基本は、大規模な地震に対しても構造物が崩壊しないこととする。

2. 対象線区

- 構造物の被害による人命、住民の生活活動、地域経済及び復旧の難易等への影響を総合的に勘案して優先度の高いものを定めることとし、新幹線及び輸送量の多い線区とする。

3. 対象構造物

- ラーメン高架橋及びラーメン橋台(RC柱)
- 開削トンネル(RC中柱)
- 橋りょう、高架橋(落橋防止工)

なお、対象の鉄道構造物の補強の基本的な考え方としては、「ラーメン高架橋及びラーメン橋台」、「開削トンネル」については、せん断破壊を防止するため、「せん断力に対する安全度が曲げモーメントに対する安全度より小さいものについて、せん断耐力、じん性を強化することとし、「橋りょう、高架橋」については、桁の落下を防止するため「桁座の拡幅、連結工の設置等の対策を行う」こととしました。

この提言に基づき、運輸省では、平成7年に「鉄道施設耐震構造検討委員会の提言に基づく鉄道構造物の耐震性能に係る当面の措置について」として、以下の内容の鉄道構造物の耐震補強を指示しました(図1、図2)。

①対象線区

「仙台地域、南関東地域、東海地域、名古屋地域及び京阪神地域等は優先的に対処することとし、新幹線及び在来線等についてはピーク時1時間列車本数10本以上の線区」等を対象の線区としました。

②対象の構造物

「ラーメン高架橋及びラーメン橋台(RC柱)」、「開削トンネル(RC中柱)」、「橋りょう、高架橋(落橋防止工)」としました。

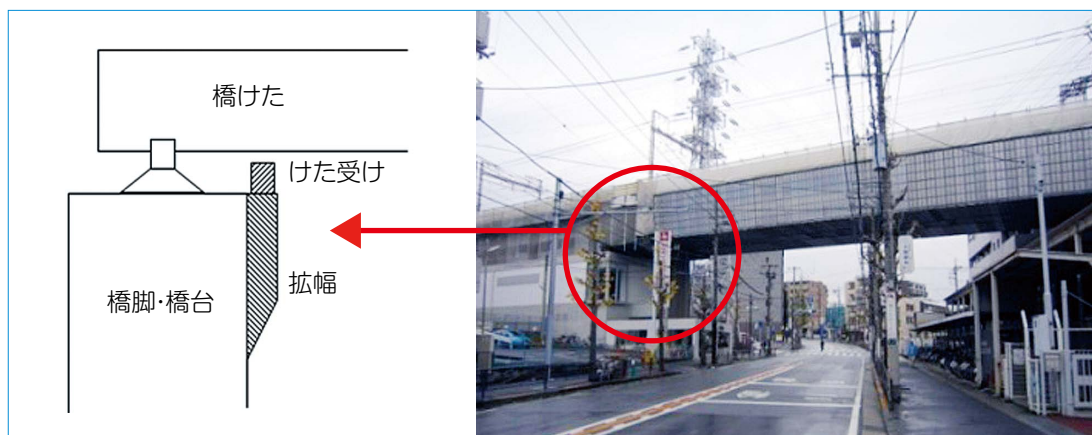


図2 橋りょうの耐震補強



図3 橋上駅の耐震補強

現在の耐震化の状況としては新幹線については概ね100%完了し、在来線については、現在、平成29年度末までの耐震補強完了を目指し鋭意進めているところで、平成24年度末時点の耐震化率としては約96%です。

(2) 鉄道駅の耐震補強

鉄道駅、特に、一定の乗降客を有し、かつ、複数路線と接続するような駅については、大規模地震発生時において、一時避難場所、帰宅困難者等への情報発信拠点及び複数路線の結節機能確保による緊急輸送の拠点ともなることから、平成17年より、「1日の平均利用者数が1万人以上、かつ、折り返し設備を有する又は他路線と接続している駅」を緊急的に耐震性の確保が必要な鉄道駅とし、耐震補強を進めていくこととしました(図3)。

現在、上記の条件を満たす鉄道駅に

ついては、平成27年度末までの耐震補強完了を目指し鋭意進めているところで、平成24年度末時点の耐震化率としては約90%です。

(3) 首都直下・南海トラフ地震対策

首都直下地震(図4)、南海トラフ地震(図5)については、発生の切迫性が指摘され、また、発生した場合の影響も非常に大きいことから、防災・減災対策の強化が喫緊の課題とされています。このような状況を踏まえると、両地震の影響を大きく受ける地域については、早急に耐震補強を進めていく必要があるため、平成25年4月に両地震に備えた耐震補強の実施に努めることとした「特定鉄道等施設に係る耐震補強に関する省令」を施行しました。

この省令では、内閣府の中央防災会議で示されている首都直下地震、南海トラフ巨大地震で震度6強以上が想定

される地域等(具体的には市町村名を告示にて規定)にある高架橋等の鉄道施設について、平成29年度末までの耐震補強の実施に努めることとし、対象の鉄道施設については、1日あたりの片道断面輸送量が1万人以上の線区のラーメン高架橋及びラーメン橋台(RC柱)、開削トンネル(RC中柱)、橋りょう(落橋防止工)及び乗降客1日あたり1万人以上の駅を対象としました。

また、緊急輸送道路等と交差又は隣接して並走する線区についても速やかな耐震補強の実施に努めるようにすることとしました。

耐震対策の支援

(1) 助成制度

鉄道施設の耐震対策に関する国庫補助としては、以下の助成制度があります。補助率はいずれも事業費に対し、

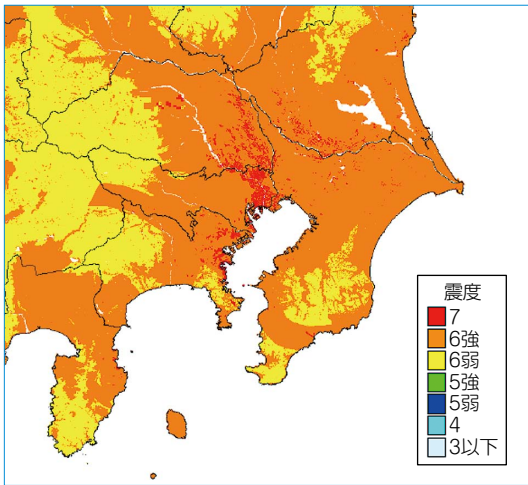


図4 首都直下地震の震度分布(中央防災会議)

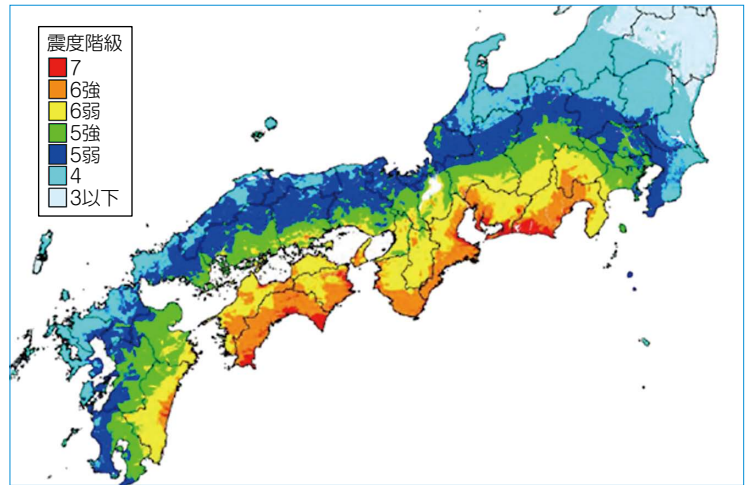


図5 南海トラフ地震の震度分布(中央防災会議)

国1/3, 地方1/3(協調補助)です。

①鉄道駅耐震補強事業

乗降客1日1万人以上の高架駅であって、かつ、折り返し運転が可能な駅又は複数路線が接続する駅において、鉄道事業の用に供する駅の建築物及び構造物の柱、基礎等の補強を行う事業に対する補助。

②鉄道施設緊急耐震対策事業

首都直下地震若しくは南海トラフ地震で震度6強以上が想定される地域等にある路線の高架橋・橋りょうのうち、地方自治体が指定する緊急輸送道路及び津波避難路と交差又は並走する箇所において、柱、基礎等の補強や落橋防止工の整備を行う事業に対する補助。

③首都直下地震・南海トラフ地震対策事業(仮称)

平成26年度より路線、駅について新たに実施予定の補助事業。

[路線]

首都直下地震若しくは南海トラフ地震で震度6強以上が想定される地域等の片道断面輸送量1日1万人以上の路線であって、ピーク1時間あたりの片道列車本数10本以上の路線及び空港アクセス路線の高架橋・開削トンネルの柱等の補強、橋りょうの落橋防止工の整備を行う事業に対する補助。

[駅]

首都直下地震若しくは南海トラフ地震で震度6強以上が想定される地域等の乗降客1日1万人以上の駅(ただし地平駅は除く)の建築物及び構造物の柱、基礎等の補強を行う事業に対する補助。

(2) 税制優遇

鉄道施設の耐震対策に関する税制優遇は、平成25、26年度に「特定鉄道等施設に係る耐震補強に関する省令」に基づいて実施した耐震補強により取得した償却資産については、固定資産税が5年間2/3に優遇されます。

おわりに

地震が多発する日本においては、今後も大規模地震が発生するおそれがあり、耐震対策の推進は重要な施策です。

鉄道構造物の耐震基準については、数々の大規模地震を経験して得た知見を基に過去から改正を重ね、現在に至ったところです。

また、既存の鉄道構造物の耐震補強についても、過去に発生した大規模地震による被害を踏まえ、鉄道構造物の倒壊のような甚大な被害を防止するため、鉄道事業者の努力により鋭意進められてきているところですが、完了ま

ではまだ時間を要します。このように鉄道構造物の耐震補強は、時間、費用及び補強を始めるにあたっての高架下利用者等との協議等、非常に時間を要するものです。

一方、日本において鉄道は、多くの人々の生活に欠かせないものとなっていて、国としても迫りつつある大規模地震に備え、各鉄道事業者において耐震対策を推進できるよう、補助等の支援制度を整備することで、より安全な鉄道が構築されるよう努めていきたいと考えています。 [RRR]

文献

- 1) 鉄道施設耐震構造検討委員会：新しい耐震設計基準のあり方に関する基本的な考え方, 1996
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999
- 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 2012
- 4) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等(第二次報告)及び被害想定(第一次報告)について, 2012
- 5) 中央防災会議：首都のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書, 2013