地震により損傷した鉄筋コンクリートラーメン高架橋の中層梁の被害と復旧

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　○水野光一朗
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　阿部　光三
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　小林　將志

１．研究の背景と目的

東北地方太平洋沖地震により，鉄道の RC ラーメン高架橋の一部で被害を生じた．本報告では，同地震により被害を生じた２層式ラーメン高架橋の中層梁で，損傷度が特に著しかったものに対して実施した補強について，その設計ならびに施工の概要について報告する．

２．被災した構造物の概況

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下，本震）により被災した高架橋の中層梁のうち，損傷度が特に著しかった事例を**写真－１**に示す．当該高架橋は，３径間の２線２柱式の複線２層ビームスラブ式ラーメン高架橋である．各ブロック間は単純桁で接続され，基礎形式は場所打ち杭である．また，当該高架橋は橋軸方向（以下，L 方向）が約 35 度北東に傾斜した南北方向に位置した配置となっている．

写真－１　被災した中層梁の事例

中層梁の主な被害は，**写真－１**に示すような本震の強い地震動による斜めひび割れおよびかぶりコンクリートの剥落である．中層梁の軸方向鉄筋や帯鉄筋の顕著な変形は確認されなかった．被害のあった部材は，線路直角方向（以下，C 方向）の中層梁に集中しており，L 方向の中層梁には復旧を必要とするような大きな損傷が発生しなかった．また，当該ブロックの高架橋においては，柱においても斜めひび割れが生じたが，中層梁と比較して損傷程度は軽微であった．中層梁の損傷度が大きくなった理由として，中層梁の耐力が高架橋の柱と比較して小さいため，C 方向の地震動により，他の部材に先行して損傷が進行したと推定される．

さらに，度重なる余震により，中層梁に再度損傷を生じる高架橋も存在した．

３．復旧の方針と設計

（１）復旧の方針

中層梁に生じた損傷の復旧は，被災した RC ラーメン高架橋の柱の復旧と同様に，損傷度に応じて復旧方法を区分して実施することとした．すなわち，中層梁の損傷が比較的軽微で，柱の損傷が確認されない場合には，ひび割れへの樹脂の注入およびモルタル等を使用した断面修復により，損傷した部材を元の性能に回復させることとした．一方，損傷度が著しいものについては，損傷した中層梁の補強を行うとともに，高架橋全体の耐震性能の向上に配慮して，柱の補強も併せて実施することとした．

（２）中層梁の補強設計

中層梁の補強に際しては，補強により中層梁のせん断耐を向上させるとともに，変形性能を期待できる部材とし，所定の性能を満足できる量のせん断補強鋼材を配置することとした．

また，中層梁の補強と併せて，高架橋の柱と中層梁との接合部である格点部の損傷を防ぐことを目的として，中層梁と柱とを接合するハンチを設けることした．ハンチの新設に際しては，高架橋の柱および中層梁の寸法

キーワード　東北地方太平洋沖地震，RC ラーメン高架橋，中層梁，復旧，耐震補強
連絡先　〒151-8578　東京都渋谷区代々木 2-2-2　東日本旅客鉄道（株）建設工事部構造技術センター　03-5334-1288

や配筋，新たに配置するハンチの鉄筋の配筋を考慮してハンチの寸法を決定した．さらに，ハンチを設けることで，柱のせん断スパンが短くなり，柱の耐震性能が低下することから，２層式ラーメン高架橋で一般的に柱の長さが長い１層部の柱にハンチを設け，せん断スパンの短縮の影響を小さくすることに配慮した．

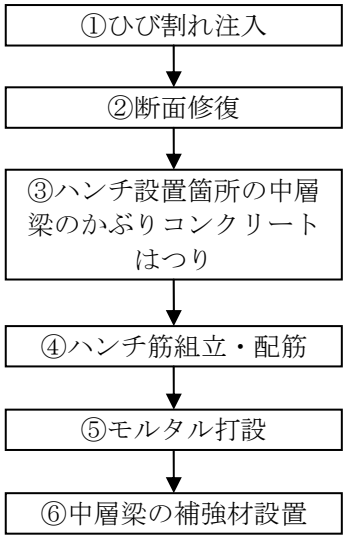
なお，ハンチを設けることで柱長さが短くなった１層部の柱については，耐震性能の再評価を行っている．

以上のように，中層梁の補強により，中層梁のせん断耐力ならびに変形性能を向上させた．また，中層梁と１層部の柱とをつなぐハンチの新設を行うことで，柱と中層梁との接合部である格点部において設計上剛域とみなせる範囲[1)]を拡大させることとした[2)]．これらの部材と，十分な耐震性能を有する柱と組み合わせることにより，地震による高架橋の損傷をハンチの始点と中層梁との接合部で塑性ヒンジが形成されるようにして，高架橋の構造物全体の耐震性能を向上させることとした．

４．復旧工事の施工

損傷度が軽微な中層梁は，低粘度のアクリル系の材料を使用して，低圧でひび割れの注入を行った後に，セメント系の材料を使用して断面修復を行い，中層梁の性能を地震前まで回復させた．損傷が軽微であった中層梁の復旧後の状況を**写真－２**に示す．

損傷度が著しい中層梁については，ひび割れ注入および断面修復を行った後に，ハンチ筋を配置し，モルタルを打設してハンチを新設した．そして，中層梁を補強する鋼材を配置した．中層梁の耐震性能を向上させる場合の復旧工事の流れを**図－１**に示す．ハンチの新設に当たっては，**写真－３**に示すように中層梁および柱にコア削孔を行い，フレア溶接を用いて鉄筋を接合して組み立てたハンチ筋を配置した．その後，削孔した孔をモルタルで注入することで，ハンチ筋の定着を確保した．さらに，中層梁のせん断耐力および変形性能の向上については，柱の耐震補強工法で使用される断面の外側に補強鋼材を設置する方法を用いた．**写真－４**に中層梁の補強およびハンチの設置後の中層梁の復旧状況を示す．また，**写真－４**に示す高架橋においては，中層梁の復旧と併せて実施した柱の補強についても完了しており，高架橋全体として耐震性能が向上されていることがわかる．



図－１　中層梁の耐震性能を向上させる場合の施工の流れ

写真－２　損傷が軽微な中層梁の注入および断面修復後の状況

写真－３　ハンチの施工状況

写真－４　中層梁の補強およびハンチの設置後の状況

参考文献：

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説　コンクリート構造物，丸善，2004 年 4 月

2) 齋藤啓一，石橋忠良，井料青海，武田三弘，秋山充良，鈴木基行：有効高さが変化する RC 棒部材のせん断耐力評価に関する実験的研究，土木学会論文集，No.725/V-58，pp.71～83，2003 年 2 月

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，丸善，1999 年 10 月