

福島県沖地震における PC 電化柱高じん性補強工法の効果検証

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 正会員 ○小林 香野
 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 正会員 木野 淳一

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北新幹線の電化柱に多大な被害が発生し、その復旧工程が運転再開時期を左右する要因のひとつとなった。これをうけて、PC電化柱の耐震補強を進めることとなり、狭隘箇所のPC電化柱の曲げ耐力を上げずにじん性を向上する耐震補強工法（以下、高じん性補強という）が開発され²⁾、施工が進められた。そのような状況下で、2021年2月13日、福島県沖を震源とするマグニチュード7.3の福島県沖地震が発生し、無補強のPC電化柱が折損したほか、電柱の傾斜、基部の損傷など多くの被害が生じた。本稿では、実際に地震動を受けた高じん性補強柱と無対策柱との比較を行い、高じん性補強工法の有効性を確認した結果について報告する。

2. 調査概要

(1) 調査範囲

現行の耐震補強エリアは、地震発生確率が高い「南関東エリア（首都直下型地震）」、「仙台エリア（海溝型及び活断層）」、活動度が高い「活断層エリア（活断層近郊区間を含む）」の3エリアである。本調査では、そのうち地震応答値が比較的高い東北新幹線福島～白石蔵王間、263km350m付近から264km940mの範囲にあるPC電化柱67本（うち高じん性補強柱30本）を対象とした。

(2) 土木構造物の状況

当該区間において被害を受けた土木構造物の一覧を表-1に示す。当該区間にある土木構造物は、①単純桁式橋りょう10連、②連続桁式橋りょう2連、③ラーメン高架橋25ブロック（ゲルバー式で調整桁あり）である。これらの土木構造物では、ラーメン高架橋中層梁のせん断ひび割れやラーメン高架橋柱・橋脚く体の損傷などについて被害報告があった（図-1）。なお、橋りょう（単純桁及び連続桁）上の電化柱については、高じん性補強を施しており、ラーメン高架橋上の電化柱については、多くが無補強柱である。これは、高架橋上のPC電化柱は砂詰め基礎になっており、耐震対策対象であるものの、施工の優先順位が低かったためである。

(3) 電柱の状況

当該区間において被害を受けたPC電化柱の一覧を表-1に併記する。本調査区間のPC電化柱67本のうち、損傷を受けたものは11本であり、すべてが無対策柱であった（図-2）。高じん性補強柱においては、損傷があった無対策柱付近に位置し、同程

表-1 土木構造物と電化柱の被害

（被害箇所と一部の高じん性補強柱を抜粋）

電化柱				土木構造物			
電柱番号	キロ程	耐震補強	被害状況	構造	被害状況		
26-163	263.490		傾斜	ラーメン高架橋	せん断ひび割れ (中層梁)		
26-167	263.576	高じん性					
26-168		高じん性					
26-171	263.658		圧壊				
26-172			表面剥離				
26-173	263.700						
26-174							
26-175	263.743						
26-176							
26-179	263.830						
26-181	263.876			連続桁式橋りょう	せん断ひび割れ (中層梁)		
26-182							
26-183			折損				
26-184	263.921		表面剥離				
26-184							
26-185	263.956	高じん性+門型	※補強鉄筋座屈				
26-186		高じん性+門型	※補強鉄筋座屈				
26-187	263.993	高じん性					
26-188		高じん性					
26-189	264.030	高じん性					
26-190		高じん性					
26-191	264.068	高じん性		ラーメン高架橋	断面欠損・クラック (橋脚段落とし)		
26-192	264.105	高じん性					
26-193	264.105	高じん性					
26-194	264.105	高じん性					
26-203	264.292	高じん性					
26-204		高じん性					
26-205	264.329	高じん性					
26-206		高じん性					
26-207	264.368		表面剥離				
26-208							
26-209	264.413		表面剥離	ラーメン高架橋	せん断ひび割れ (中層梁)		
26-210			表面剥離				
26-211	264.458		ひび割れ				
26-212							
26-213	264.501						
26-214							
26-215	264.543						
26-216							
26-224	264.721					単桁式橋りょう	断面欠損・クラック (柱)
26-225	264.766	鋼管柱					
26-227	264.812		傾斜				
26-228			傾斜				
26-231	264.901	鋼管柱	傾斜				
26-232		鋼管柱					
26-234	264.942	高じん性+門型	※補強鉄筋座屈				

キーワード 高じん性補強工法, PC電化柱, 福島県沖地震

連絡先

〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル31階 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 03-6851-0086

度の地震応答値を受けたと考えられるものについても、折損や補修基準を超えるような傾斜等の被害は見られず、運転再開に向けて補修が必要となる損傷を受けていないことが確認された。なお、26-185、26-186、26-233、26-234の4本については、補強鉄筋がわずかに座屈変形していることが確認された。

変形がみられた4本の高じん性補強柱に対して、詳細な調査を実施した。露出鉄筋4本は、すべて高欄側に位置しており、そのうち最も高欄側に近い2本の鉄筋が大きく変形していた。変形量は、最も外側に座屈している箇所で、最大約8mmの座屈変形が生じていた(図-3)。よって、電柱の変位は、主に軌道直角方向で地震時に発生したものと考えられる。一方、露出していない軌道側の4本については状況が確認できなかったため、鋼板を打音検査した。その結果、打音は清音であったことから、軌道側補強鉄筋には大きな変形は生じていないと判断した。

なお、表-1における土木構造物の損傷位置と電化柱の損傷位置の関係性より、これらは必ずしも一致しておらず、本調査範囲においては、土木構造物の被害と電化柱の被害の相関性はないと考えられる。



図-1 中層梁せん断破壊



図-2 電化柱の折損



図-3 補強鉄筋の変形

(4) 高じん性補強の有効性に関する考察

高じん性補強を施した電化柱における補強鉄筋の座屈変形量は、最大8mm程度であった。高じん性補強柱の交番載荷試験結果²⁾を図-4に示す。補強鉄筋の変形量8mmを示すのは、図中ハッチング部に相当し、この時点ではまだ十分な変形性能を有していると考えられる。

これらの被害状況より、高じん性補強を施した電化柱については、今回折損した電化柱と同程度の地震動を受けても、運転再開に補修が必要となるような損傷は発生しないことが確認できた。

(5) まとめ

- ・ 2021年2月13日に発生した福島県沖地震において、無対策柱と高じん性補強柱の被害状況を比較した結果、高じん性補強柱については大きな被害がなく、致命的な損傷の抑制が可能であることが確認された。
- ・ なお、軌道側補強鉄筋には大きな変形は生じておらず、高欄側補強鉄筋はわずかに露出鉄筋の降伏による座屈変形が見られたものの、まだ変形性能を十分有していると考えられる。

(6) 参考文献

- 1) 特集「東北地方太平洋沖地震と鉄道構造物」, SED, No.37, 2011.11
- 2) 築嶋大輔, 佐々木崇人, 草野英明: 高架橋上のPC電化柱に対する耐震補強, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp1009-1014, 2013.7

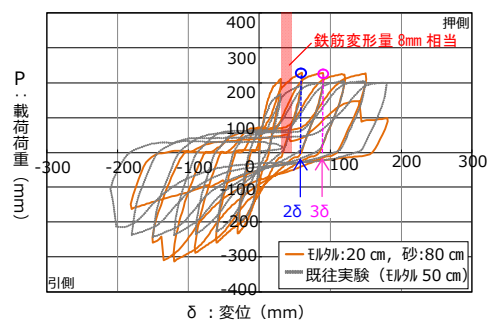


図-4 高じん性補強柱交番載荷試験結果