東北地方太平洋沖地震による高架橋上電化柱の損傷に及ぼす土木構造物や地盤等の影響

JR 東日本　正 会 員　○草野　英明
JR 東日本　フェロー　野澤伸一郎
JR 東日本　フェロー　岩田　道敏

１．はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した M_W9.0 の東北地方太平洋沖地震および同 4 月 7 日に発生した余震では，東北新幹線の高架橋や橋梁上の電化柱が折損・傾斜し，復旧に多くの時間を要した．

本報告では，電化柱の主な損傷地区（白石蔵王付近・仙台付近・古川～くりこま高原付近）における電化柱の基礎形式，土木構造物形式，地盤の固有周期による損傷の違いを考察し，その結果について報告する．

２．被害概要

3 月 11 日の本震における電化柱の被害は，**図-1** に示すように大宮～いわて沼宮内の延長 500km 以上の広範囲で発生している．また復旧が進んだ中で発生した 4 月 7 日の余震では，郡山付近～いわて沼宮内にかけて再度被害を受けた．大宮からいわて沼宮内間の電化柱は 17,418 本あり，内訳は鋼管柱が 910 本，鉄柱 1,340 本，コンクリート柱が 15,168 本である．このうち被害を受けたのは大半がコンクリート柱で，**写真-1** のような損傷が本震では折損 120 本，傾斜は 416 本発生した．また余震においてもコンクリート柱に被害が集中し，折損 68 本，傾斜 200 本であった．なお，余震で被害を受けた電化柱の本数は，補修後に再折損した電化柱も含んでいる．

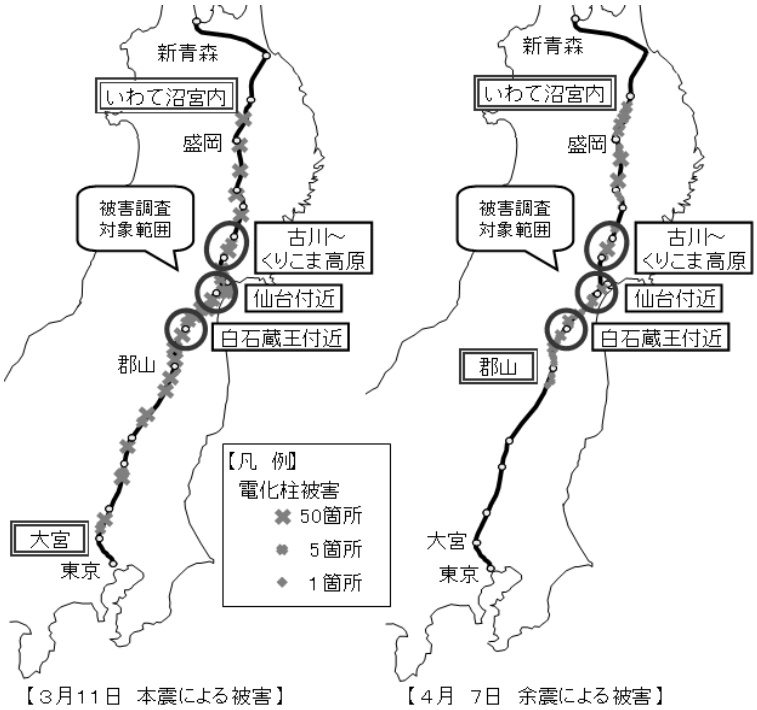

図-1 地震による電化柱被害分布

３．基礎構造と損傷状況

東北新幹線の高架橋や橋梁上のコンクリート柱の基礎形式は施工年代により変化しており，建設当初は投げ込み式基礎（モルタル）が主流であったが，宮城県沖地震以降は投げ込み式基礎（砂詰め）に変更され．その他，建設箇所の条件等によりアンカー基礎も多く採用されている．今回調査対象とした白石蔵王付近・仙台付近・古川～くりこま高原付近の3箇所におけるコンクリート柱は 756 本あり，折損した数は 95 本であった，基礎構造と折損した電化柱の関係を**表-1** に示す．表に示すように電化柱の折損率は，

写真-1 折損・傾斜したコンクリート製電化柱

キーワード　地震　電化柱被害　固有周期
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）構造技術センター　ＴＥＬ03-5334-1288

モルタルの場合が 31.9%と最も高い．これはモルタルによって電化柱の基部が拘束され，揺れに対する減衰効果が無いことが原因としてあげられる．また，減衰効果のある砂詰めも 9.6%の被害を受けているが，この原因として地震動の長さが影響していると考えられる．これは本震の長さが 150～200 秒程度と長時間繰り返された振動により，砂詰めによる減衰効果が無くなったと想定され，今後検討が必要である．

４．土木構造物形式と損傷状況

今回調査対象とした区間における電化柱が建植している土木構造物の形式は，**表-2** に示すように橋脚・ラーメン橋台・高架橋の 3 つに分類される．その中で電化柱の折損率を比較すると，それぞれ 10 数パーセントの割合で折損が発生しており，土木構造物の形式に対する差異は見られなかった．また，折損した 95 本の電化柱のうち 18 本は，地震動により損傷を受けた土木構造物上に建植されていたが，他の電化柱は土木構造物が大きな損傷を受けていないにも係わらず損傷していた．

５．地盤種別と損傷状況

耐震設計上の地盤種別は、表層地盤のせん断弾性波速度に基づいて算定される固有周期に応じて，**表-3** に示すとおり G0 地盤から G7 地盤までに区分され，今回調査対象とした区間については**表-4** のとおり G1･G2･G3 地盤の 3 種類に分類される．またコンクリート製電化柱の固有周期は，一般的な電化柱のモルタル基礎で約 0.5sec，砂詰め基礎で約 0.7sec とされているが，地盤種別の中で電化中の折損率を比較すると，G1 地盤における折損率は 10%，G2 地盤では 19.7%・G3 地盤では 16.5%となっており，高い相関性は認められなかった．

６．まとめ

今回被害を受けたコンクリート製電化柱の折損状況について，電化柱の設置条件から比較を行ったが，基礎構造による比較ではモルタル基礎の場合の被害が最も多く，土木構造物と地盤種別で比較した場合，高い相関性は見られなかった．

今後は電化柱損傷原因の推定と電化柱の耐震補強工法を開発し、将来発生すると想定される大地震に対して鉄道の安全性を更に向上させたいと考えている．

表-1 基礎構造によるコンクリート製電化柱被害状況

電化柱本数		折損本数/折損率 注1)		
全体	内訳	本震	余震	合計
756本	砂詰め：311本	23本 / 7.4%	7本 / 2.3%	30本 / 9.6%
	モルタル：113本	19本 /16.8%	17本 /15.0%	36本 /31.9%
	アンカー：332本	20本 / 6.0%	9本 / 2.7%	29本 / 8.7%

表-2 土木構造物形式によるコンクリート製電化柱被害状況

電化柱本数		折損本数/折損率 注1)		
全体	内訳	本震	余震	合計
756本	橋　　脚：411本	27本 / 6.6%	21本 / 5.1%	48本 /11.7%
	ラーメン橋台：109本	7本 / 6.4%	5本 / 4.6%	12本 /11.0%
	高 架 橋：236本	28本 /11.8%	7本 / 3.0%	35本 /14.8%

表-3 耐震設計における地盤種別

地盤種別	固有周期(sec)	地盤条件
G0	－	岩盤
G1	－	基盤
G2	～ 0.25	洪積層
G3	0.25 ～ 0.5	普通地盤
G4	0.5 ～ 0.75	普通～軟弱地盤
G5	0.75 ～ 1.0	軟弱地盤
G6	1.0 ～ 1.5	軟弱地盤
G7	1.5 ～	極めて軟弱地盤

表-4 地盤種別によるコンクリート製電化柱被害状況

電化柱本数		折損本数/折損率 注1)		
全体	内訳	本震	余震	合計
756本	G1地盤：507本	26本 / 5.0%	25本 / 5.0%	51本 /10.0%
	G2地盤： 86本	10本 / 11.6%	7本 / 8.1%	17本 /19.7%
	G3地盤：163本	26本 /15.9%	1本 / 0.6%	27本 /16.5%

※注1)余震･合計の折損本数/折損率には再折損した電化柱を含む

参考文献

1) 財団法人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, 1999.10