

砂詰め基礎を固定化して耐震補強した PC 電化柱に関する実験的検討

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 正会員 ○国井 道浩
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

東北地方太平洋沖地震では、東北新幹線の高架橋上の PC 電化柱に広範囲にわたる折損や傾斜の被害が生じた。これらはコンクリートの圧縮破壊が先行し脆性的な破壊となることが大きな要因であった。これまで既存の PC 電化柱に対しては、PC 電化柱の一部を変形性能に優れた塑性ヒンジとなるよう鋼管巻 RC 構造に改築して補強する工法（以下、高じん性補強）を開発してきた¹⁾。また、減衰効果があり耐震上有利とされた砂詰め基礎の PC 電化柱についても、モルタル詰め基礎同様の被害を受けており、実物大振動台試験²⁾において、砂の密度により破壊性状が異なることが分かり、現在の電車線路設備耐震設計指針ではモルタル詰め基礎を前提としている。既存 PC 電化柱に対する高じん性補強の施工は、電柱埋込み部の固定度が高いモルタル詰め基礎を優先的に進めている。一方で、砂詰め基礎は建替を想定しているが、建替が困難な場所については、電柱を抜柱せずに埋込み部上部の砂を可能な範囲で撤去し、モルタルに置き換えて高じん性補強することを検討している。今回、電柱埋込み部の砂とモルタルの比率を変えた基礎構造に対して高じん性補強した PC 電化柱の構造特性を確認するため交番載荷実験を実施したので報告する。

2. 実験の概要

試験体概要を図-1に、試験体諸元を表-1に示す。PC 電化柱は、載荷スパンを 1,700mm に設定して切り出し、高じん性補強した。電柱埋込み部は、砂とモルタルの比率を変えた 2 タイプとし、埋込み長さ 1,000mm（充填幅 25mm）のうち、No.1 試験体は上部 400mm、No.2 試験体は上部 200mm をモルタルに置き換えた。高じん性補強は、鋼管ユニットを分割して設置し、上段と下段を補強鉄筋で繋ぎ、中段に塑性ヒンジ（電化柱の PC 鋼線は切断）を誘発し、耐震性能を向上させるものである。載荷は、既往の実験に合わせ載荷基準変位 1δ を 30mm に設定し、 1δ の整数倍で正負 1 回の繰り返し載荷を実施した。載荷は、補強鉄筋が破断して、荷重が設計荷重以下になるまでを目安に実施した。

3. 実験結果

(1) 耐力および変形性能

材料試験結果を表-2、モーメント-変位関係を図-2に示す。図-2より、No.1、No.2 試験体の両方とも、負側 5δ 、正側 6δ の載荷途中で補強鉄筋が破断することで耐力低下が生じた。破断箇所は、No.1 試験体が補強鉄筋固定部、No.2 試験体が中央部であった。また、電柱埋込み部のモルタル充填部表面に損傷はみられなかった。履歴曲線について、既往の実験（モルタル詰め基礎）¹⁾と比較すると、荷重低下段階は早いものの、耐力及び変形性能は概ね同じ傾向を示している。表-3に最大耐力及びじん性率を示す。最大耐力は、既往の実験値と比べると、No.1 試験体はほぼ同等、No.2 試験体は上回っている。No.2 試験体の最大耐

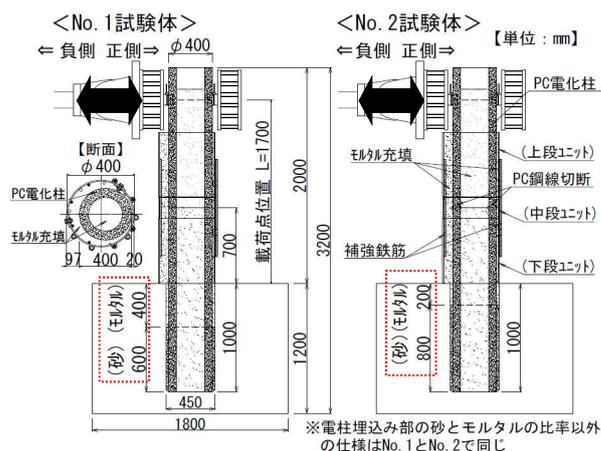


図-1 試験体概要

表-1 試験体諸元

試験体	No.1試験体 砂400mm:モルタル600mm	No.2試験体 砂200mm:モルタル800mm
電化柱	PC電化柱φ400(12-40-N150B)	
高じん性補強部	【補強鉄筋】8-D19-SD345 【鋼管ユニット】上下段 SS400, t=9.0mm, 中段 t=4.5mm	

表-2 材料試験結果 (単位:N/mm²)

試験体	フーチング コンクリート	電柱内部 モルタル	鋼管ユニット内 モルタル	電柱埋込み部 モルタル	D19(SD345) 引張強度
No.1	59.6	56.3	47.8	57.8	532
No.2	65.9	46.5	54.2	68.8	581

キーワード PC 電化柱, 砂詰め基礎, 耐震補強

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目 6 番 1 号 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター TEL03-6851-0086

力が大きいのは、鋼管ユニット部の補強鉄筋の引張強度が大きいことが影響していると考えられる。じん性率は、鋼管ユニット部の回転角にPC電化柱の実際の高さの弾性変位を考慮して換算した値としている。じん性率は、既往の実験と比べるとNo.1, No.2試験体とも小さいものの、高じん性補強開発時に建築限界等を踏まえ目標としていた3.0以上を満足することができた。

(2) 電柱埋込み部と鋼管ユニット部の挙動

砂詰め箇所のPC電化柱のひずみを図-3、鋼管ユニット部(上段・下段部の上下)の水平変位を図-4、各計測箇所を図-5に示す。図-3より、No.1試験体は、正側・負側載荷において引張及び圧縮ひずみがほぼ同程度に生じている。No.2試験体は、正側・負側載荷において、圧縮ひずみがNo.1試験体より大きく進展している。引張ひずみはNo.1試験体と比べると、正側は若干大きくなり、負側はほぼ同等である。ひずみの値から、モルタル厚さを薄くすることで砂詰め部のPC電化柱に作用する応力は大きくなり、その傾向は引張側より圧縮側で顕著にみられた。図-4より、1δ載荷時の正側において、No.2試験体はNo.1試験体より変形が小さいものの、5δ載荷時には変形がほぼ同じになっており、モルタル厚さを薄くすることで載荷に伴う鋼管ユニット部の変形に大きな差異はみられなかった。

4. まとめ

砂詰め基礎上部の一部をモルタルに置き換えた構造について、No.1試験体(モルタル厚400mm)とNo.2試験体(モルタル厚200mm)は、荷重低下段階に大きな差異はなく、履歴曲線は既往の実験(モルタル詰め基礎)と概ね同じ傾向を示した。最大耐力も、No.2試験体がNo.1試験体より小さくなることはなく、目標としたじん性率3.0以上を確保したことからモルタル厚さを薄くしても所定の性能を満足した。

電柱埋込み部における砂詰め箇所のひずみの値から、モルタル厚さを薄くすると、砂詰め部の電化柱に作用する応力は圧縮側で大きくなるものの、鋼管ユニット部の変形、全体の耐力及び変形性能に与える影響は小さい。

参考文献

- 1) 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.38, No.2, pp.1087-1092, 2016
- 2) 佐々木 崇人, 築嶋 大輔, 松田 康紀, 草野 英明: 実物大のコンクリート柱(電車線路用)を用いた振動台試験, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.859-864, 2016

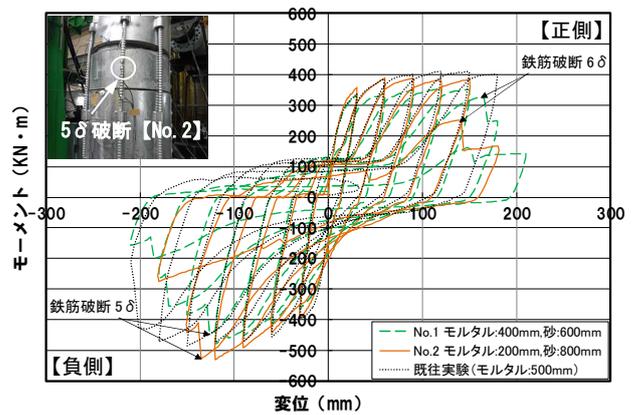


図-2 モーメント変位関係

表-3 最大耐力及びじん性率

試験体No.	最大耐力 (kN・m)	降伏変位 δ_y (mm)	終局変位 δ_u (mm)	じん性率 μ (δ_u / δ_y)
No.1 (モルタル400mm:砂600mm)	479	472	1589	3.37
No.2 (モルタル200mm:砂800mm)	531	482	1502	3.11
既往実験(モルタル500mm)	485	382	1422	3.72

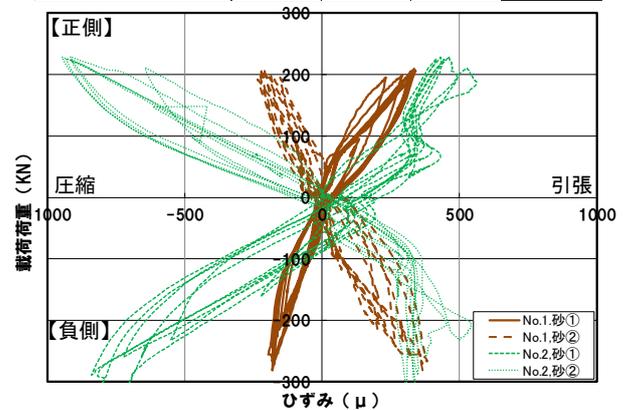


図-3 載荷荷重-ひずみ関係

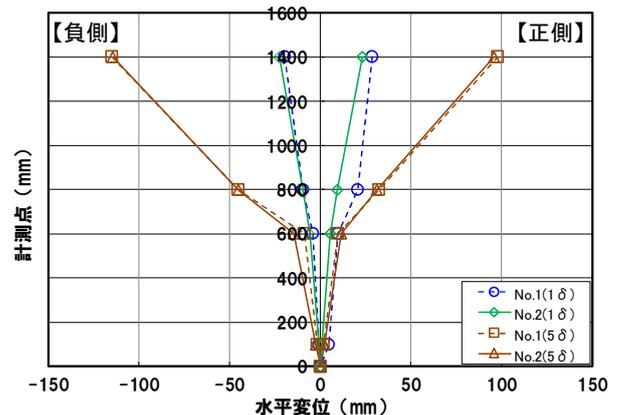


図-4 鋼管ユニット部の水平変位

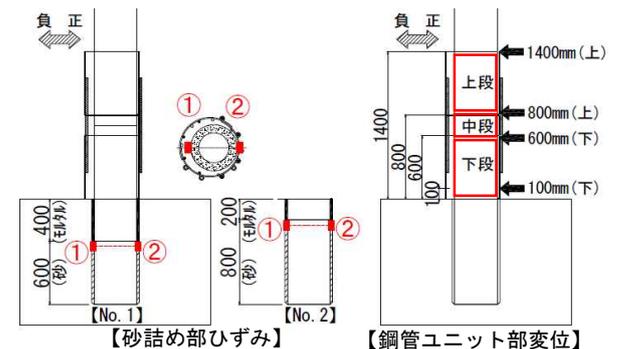


図-5 計測箇所