

### 第60回

# 電車線を支持する電柱

## はじめに

電力用をはじめ、電話や通信線用、街灯用、道路信号や標識用など、電柱は街中のあらゆる所で見られます。鉄道用の電柱も見かけ上はこれらと大きな違いはありませんが、とくに電車線用の電柱は安全に列車を通過させるため、大きな強度を長期的に保つ必要があります。ここでは、まず電車線用の電柱の概要と性能について紹介し、次に変遷や今後の展望について紹介します。

## 電車線支持物の概要と電柱の種類

電車線は、変電所からの電力をパンタグラフを介して電気車に供給するための送電線で、架線とも呼ばれます。

この電車線を支持する構造物を電車線支持物(図1の赤字箇所)と呼び、電柱と電柱基礎、ブラケットなどの金具で構成されます。

電車線の高さは一般的に5m程度です。これは、感電に対する安全を確保するため、人が容易に触れることがない高さとして決められています。また、踏切などで自動車が安全に通過できる高さでもあります。これに加え、電柱には電車線以外の電線も支持されるため、直流電化区間では7~9m、新幹線では10~14m程度の高さが必要となります。

電柱は古くは木製でしたが、現在はコンクリート柱、鉄柱、鋼管柱が主に使用されています(図2)。このうち、コンクリート柱は安価で塗装などのメンテナンスが不要であることから最も

多く使用されています。一方、鉄柱や鋼管柱は軽量で強度が高い特長がありますが、コンクリート柱に比べて高価であり、また腐食を防止するため、あらかじめ亜鉛めっきを施すことや定期的な塗装などが必要となります。

電柱の強度がどんなに大きくても、それを支える基礎(電柱基礎)が弱ければ安全に電車線を支持することはできません。電柱基礎は、古くは根かせが使用されていましたが、現在はより強度が高いコンクリート基礎、直埋込<sup>じか</sup>投げ込み式基礎、ボルト基礎が使用されています<sup>1)</sup>(図3)。コンクリート基礎は、盛土箇所などで使用され、土中に柱長の1/6程度の深さで築きます。投げ込み式基礎、ボルト基礎は主に高架橋上などで使用されます。

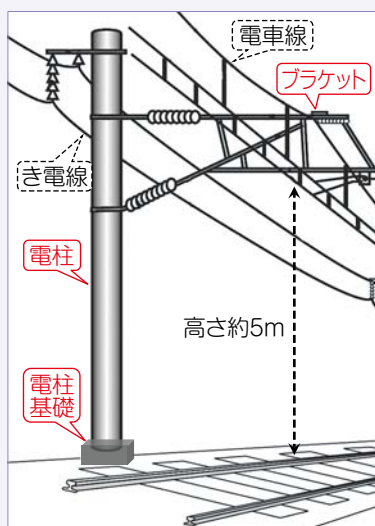


図1 電車線支持物の構成



図2 電車線用電柱の種類

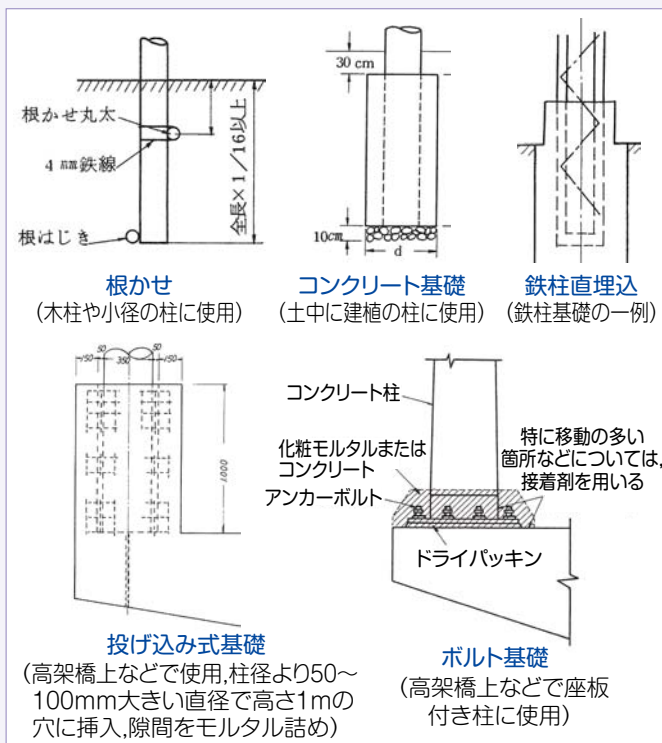


図3 電柱基礎の種類<sup>1)</sup>

## 電車線用電柱の性能

電柱を含む電車線路に必要な性能の一つとして、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」では、「予想される最大風圧荷重、電線の張力に耐えることができること」などと定められています。

表1に必要な性能の一例を示します。電柱や電車線の線条などが風を受けると荷重が生じ、電柱がそれに耐えられない場合、根元で折損することになります。これを防止するため、電柱は一般に台風などを想定した風速に対して安全であるように設計され、コンクリート柱の場合、風圧荷重に対して2倍の強度を持つ電柱が選定されます。また、強風時にトロリー線がパンタグラフから外れることがないように、運転見合わせとなる風速において、電柱のたわみと電柱基礎の傾斜を合わせて電車線の偏位の変化分が100mm以内となるように設計され、たわみを抑制できる電柱が選定されます。なお、省令は性能を規定しているものですので、

表1は事業者間で統一された数値的基準ではありません。

このほか、耐震性、保守性、景観への配慮や雪害防止なども望まれます。これらについては次章以降に紹介します。

## 電車線用電柱の変遷

図4は大正3年の東京駅のモダンな電柱の様子を描いたイラストです<sup>2)</sup>。当時から、単に電車線を支える機能のみではなく、駅の雰囲気づくりにも配慮している様子がうかがえます。

国内での電化の始まりは、京都電気鉄道の路面電車が営業運転を開始した明治28年です<sup>3)</sup>。その後、明治39年の鉄道国有化などにより電化が進展し、電車線用柱として木柱が使用されました。初期の木柱は腐食や白蟻<sup>あり</sup>による害で寿命が短かったため、その後、防腐剤としてクレオソートを注入した木柱

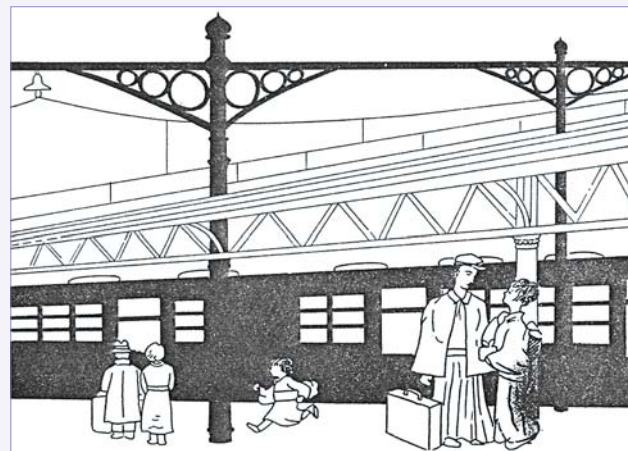


図4 大正3年の東京駅の電柱<sup>2)</sup>

表1 電車線用電柱に必要な性能、望まれる性能

必要な性能	基準の例
最大風圧荷重に耐える	風速 40 ~ 50m/s (台風など想定)
運転時のトロリー線偏位が過大とならない	風速 30 ~ 35m/s (運転規制速度) 電車線高さで 100mm 以下 (電柱のたわみ 50mm, 基礎の傾斜 50mm)
望まれる性能	
耐震性 (地震時に倒壊などの重大被害に至らない)	
保守性 (長寿命, メンテナンスが容易, 取り替えが可能)	
良好な景観の維持, 落雪などによる被害防止	

が開発され<sup>4)</sup>、コンクリート柱にその座を譲る昭和初期まで広く使用されました。本格的な建植(電柱を建てること)は昭和の初期頃まででしたが、戦後の物資不足の時期にも一部で建植が行われました。

電化用のコンクリート柱は、大正12年頃の横須賀線電化の際、き電線の専用柱として使用されたのが始まりとされています<sup>4)</sup>。当時のコンクリート柱は、一般の構造物と同様に現場打ち(現地で型枠を作り、鉄筋を配置してコンクリートを注入)のものでした。その後、工場製のコンクリート柱が開発され、現在まで広く使用されています。工場での製造方法は、鉄筋(主筋とらせん筋)を組み上げて円形の型枠内にセットし、型枠内にコンクリートを注入の後、型枠を回転させて遠心力によりコンクリートを固める方法です(図5)。コン

クリート柱には、一般のコンクリート柱と主筋に張力をかけて製造したプレストレストコンクリート柱がありますが、後者は昭和32年に電車線柱用として規格化され、一般柱に比べて強度が高く、ひび割れも抑制できることから、その後広く採用されています。

鉄柱は大正に入ってから使用され始め、大正13年の東京～横浜間の電車線改良時には山形鋼などを組み合わせた四角柱にペイント塗装を施したものが使用されました<sup>4)</sup>。鉄柱は鋼材を組み合わせることによりさまざまな構造が可能で比較的自由に設計できますが、昭和2年には組み合わせる鋼材や断面などの標準化が行われ、防錆対策も溶融亜鉛めっきに統一されました。現在は、駅部や引留箇所などで電車線が複雑で

比較的強度が必要な箇所や、高架橋上の電柱として広く使用されています。

鋼管柱は昭和に入ってから使用され始めました。東海道新幹線では高架橋上の電柱として、それまで一般的であった鉄柱に代えて使用され、山陽新幹線では防錆対策をペイントから溶融亜鉛めっきに変更した鋼管柱が使用されました。鋼管柱は、規格化された鋼管パイプを所定の長さ<sup>せい</sup>に切断することで比較的容易に製作可能であり、軽量で強度が高いため、近年ではコンクリート柱や鉄柱に代えて採用が拡大しています。

### 耐震性の評価と向上対策

電柱の耐震性は、昭和53年の宮城県沖地震で当時建設中であった東北新幹線の高架橋上のコンクリート柱に多数の被害が生じたことが契機となり、検討され始めました。被害は、地震時に生じる構造物（高架橋など）の振動の周期（等価固有周期）とコンクリート柱の固有周期が

近く、共振により電柱の根元に大きな荷重が作用したことによることが解明され、この共振の程度に応じて地震時に電柱に生じる荷重を算定し、安全性（重大被害が生じないこと）を確認する設計法が策定されました。これ以降、電柱の強度設計には風圧荷重に加えて地震時荷重も考慮されることとなりました。この設計法（電車線路設備耐震設計指針<sup>5)</sup>）は、その後も最新の知見を取り入れた改訂が行われています。

このように、電柱の耐震性向上に関する大きな方針は、構造物の振動と共振を生じさせないことです。図6のように、電柱に加わる振動は地震によって生じる構造物の天端の振動となります。構造物の等価固有周期は0.5～1sの範囲であることが多く、コンクリート柱は、その固有周期が0.5s前後であるため、共振により被害が生じやすい傾向があります。このため、高架橋上ではコンクリート柱と同じ強度でも固有周期が短く（0.3s前後）、共振を避けることができる鋼管柱の採用が近年では一般的となっています。

### 電柱の保守管理

コンクリート柱が電車線用柱として

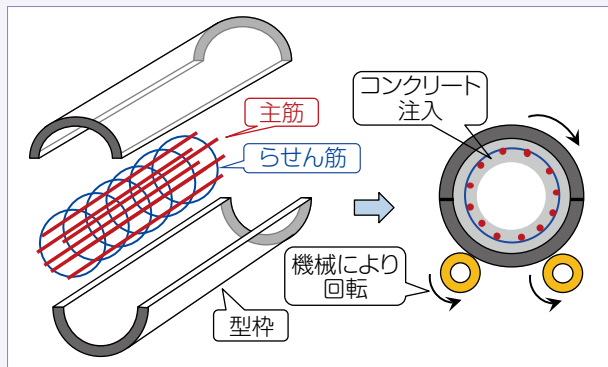


図5 コンクリート柱の製造方法の概要

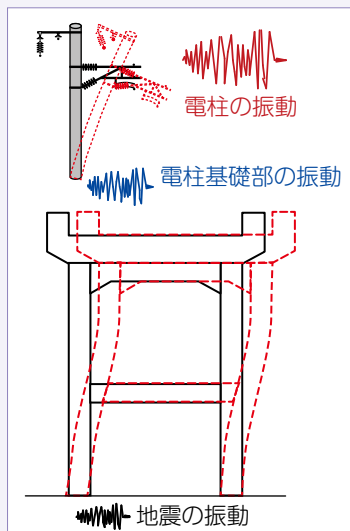


図6 地震動の電柱への伝播

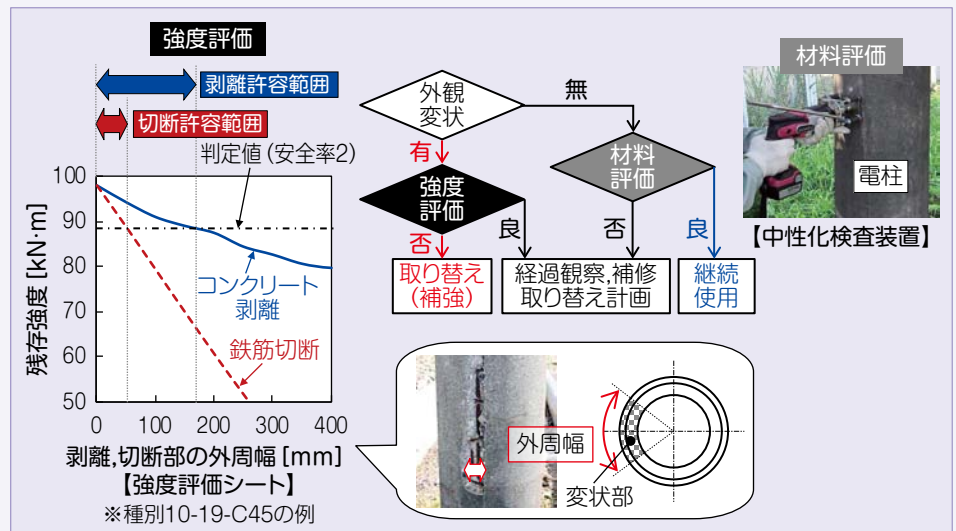


図7 コンクリート柱の保全判定フロー<sup>6)</sup>

本格的に採用されてから50～60年が経過しています。採用当時から期待される寿命は60～100年程度とされており、本格的に建て替えを検討する時期となってきましたが、建て替え作業は列車が走行しない夜間などに限られるため、建て替えの必要性をより正確に評価し、効率的な建て替え計画を立てる必要があります。従来、コンクリート柱の保守管理は、ひび割れやコンクリートの剥離の程度に応じて防水処理や補修を行うことが主で、残存の強度を評価できる手法がありませんでした。

コンクリート柱は工場で遠心成型されるため、コンクリート材料の品質を表す指標の一つである水セメント比が小さく、中性化などの材料劣化が表面の変状部分以外では進行しにくい特長があります。このような特長に着目し、コンクリート柱の保全判定フロー<sup>6)</sup>を提案しています(図7)。まず、目視による外観検査を行い、コンクリートの剥離や鉄筋の破断があればその外周幅を確認します。電柱の種類ごとに外周幅と強度の関係を示す強度評価シートを用意していますので、確認した外周幅によって簡単に残存強度が評価できます。外観に変状がない場合は、コンクリートの中性化の進行度を検査します。これらの総合評価により、取り替え、補修、継続使用の判定が行えます。

鉄柱、鋼管柱は表面に亜鉛めっきが施されており、亜鉛めっきが消失して鋼材が腐食するより前に、再度塗装を行えば強度を維持できます。検査は表面状態を目視で確認すれば良く、比較的容易です。亜鉛めっきの寿命の目安はおおむね30年とされていますが、再塗装は労力を要するため、塗装の効率化や間隔の延伸が課題となっています。最近では、長寿命が期待されるアルミニウム・マグネシウム系の溶融亜鉛めっきを施した電車線用鋼管柱が開発され、



図8 金属の素材感を抑えた鋼管製支持物<sup>7)</sup>  
出典：電気学会技術報告，第984号



図9 支持物の雪害防止対策

北陸新幹線の一部に採用されています。

## 景観への配慮，雪害防止

現代は鉄道の路線長も増え、高架化なども進められており、周囲の景観への配慮が必要となっています。都市圏では、電車線の支持物に鋼管柱や鋼管パイプを使用し、電線類を集約して良好な景観を保つ構造の採用が拡大しています。また、周囲の景観との調和のため、金属の素材感(光沢など)を抑えた鋼管製の支持物(図8)も採用されています<sup>7)</sup>。

雪国では、支持物に積雪して塊となった雪が落下することによる被害が見られます。これを防止するため、金属の鋼管パイプ化や電柱天頂部に傾斜を設けることなどにより、雪塊となる前に落雪させ、被害を防止する対策も採用例があります(図9)。

## 電車線用電柱の今後

電車線用電柱には安全に列車を通過させるための強度が必要ですが、一般に風圧荷重より地震時荷重の方が大きく、それに耐えうる強度の電柱を選定することが必要となっています。近年の地震に関する研究の進展によって、地震時に電柱に作用する荷重がより正確に算定できるようになりました<sup>5)</sup>。

今後は、これに対応した強度の向上や、地震時荷重を低減できる対策の進展が望まれ、研究が進められています。

保守管理面では、より低コストで効率的な延命対策、防錆対策の開発が望まれます。また、長期的な視点から建て替えのしやすい工法の開発も望まれます。

近年は街中の街路灯なども非常に凝ったデザインが採用され、私たちを楽しませてくれています。電車線用電柱も、機能面に加えてデザインの工夫があれば、利用者の皆さまにより楽しい時間を提供できるでしょう。

(清水政利/電力技術研究部  
電車線構造研究室)

## 文献

- 1) 日本国有鉄道電気局：電気工作物(電車線路)設計施工標準，日本国有鉄道，1979
- 2) 日本国有鉄道：電車線路保全技術資料集，日本国有鉄道，1987
- 3) 鉄道電化協会：鉄道電化と電気鉄道のあゆみ，p.7，鉄道電化協会，1978
- 4) 電車線技術進展のあゆみ編集委員会：電車線技術進展のあゆみ，pp.23～27，電車線工業協会，1996
- 5) 公益財団法人鉄道総合技術研究所 鉄道技術推進センター：電車線路設備耐震設計指針・同解説，2013
- 6) 常本瑞樹，清水政利，近藤優一，工藤輝大，上田洋，飯島亨：コンクリート電柱の取替判定方法，鉄道総研報告，Vol.31，No.2，2017
- 7) 最近の集電技術動向に関する調査専門委員会：最近の集電技術動向に関する調査報告，p.39，電気学会，2004