

I - B78

強風時における大型送電用鉄塔基礎の動的挙動分析

東電設計	送変電土木部	正会員	鶴飼 祐一	*1
東京電力	電力技術研究所	正会員	広中 了	*2
東京電力	電力技術研究所	正会員	佐藤 博	*2
東京電力	送変電建設本部	正会員	田邊 成	*3

1. まえがき

近年、基幹送電設備は高電圧化・大規模化が進んでおり、送電鉄塔および基礎も構造規模が大型化している。基幹送電鉄塔・基礎の設計においては風が支配的な荷重となることから、実構造物を対象とした強風時の動的計測を実施してその挙動を把握し、高精度の解析手法の開発により設計手法の合理化を図ろうとするものである。

本報告では、この基礎資料として、強風時における送電鉄塔から基礎への荷重伝達について、実観測データを用いた動的挙動の分析および検討を行ったので、その結果について述べる。

2. 計測概要

計測対象とした送電鉄塔地点は、平坦な水田地帯に位置する。地質は、表層の23mが平均N値2の粘性土であり、それ以深に平均N値30以上の泥岩層が続いている。鉄塔基礎は、逆T型独立杭基礎（場所打ち杭、杭径1.5m、杭本数1脚当たり4本）が採用されている。

その計測項目は、図-1に示すように①基礎直上の鉄塔部材軸力（ひずみ計より算定）および②3番杭深度方向の軸力・曲げモーメント（鉄筋計より算定）である。強風時計測データは600秒の記録であり、20Hzでサンプリングを行った。

3. 解析モデル

基礎体天端には、立体トラス構造として面内・面外方向より動的な荷重が加わる。図-2に鉄塔からの荷重を示す。

荷重の変動成分に対しては、面外方向へのエネルギーの逸散を考慮した基礎～地盤系の擬似3次元FEM時刻歴応答解析により解析した。図-3に解析モデルを示す。モデルの奥行き幅は基礎床板の奥行き幅（ $B=6.0\text{m}$ ）とし、地盤の減衰定数は $h=1\sim4\%$ の値を用いた。

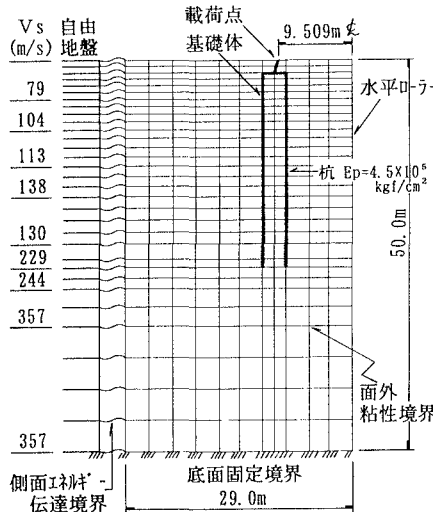


図-3 基礎～地盤系の動的解析モデル

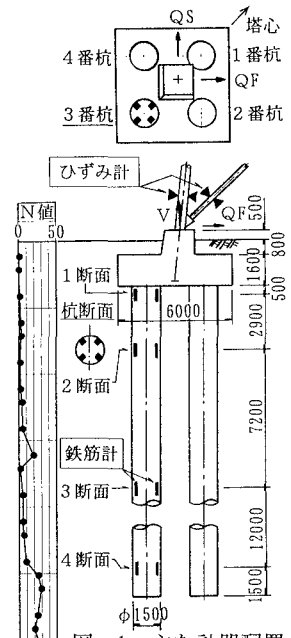


図-1 主な計器配置

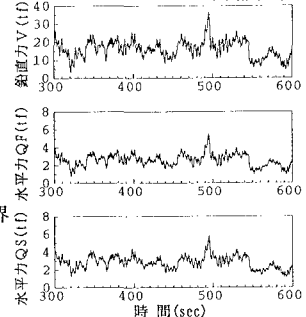


図-2 基礎体天端に加わる荷重

キーワード：杭基礎、風荷重、動的計測、FEM動的解析、荷重伝達

連絡先：*1 〒110-0015 台東区東上野3丁目3番3号 TEL 03-5818-7575 FAX 03-5818-7585
 *2 〒230-0002 横浜市鶴見区江ヶ崎町4番1号 TEL 045-585-8400(代) FAX 045-585-8631
 *3 〒100-0011 千代田区内幸町1丁目1番3号 TEL 03-3501-8111(代) FAX 03-3596-8546

杭は剛結した梁要素でモデル化し、地盤と一体に挙動するものとした。また、荷重の平均値成分に対しては、2次元FEM静的解析を別途実施し、両者の重ね合わせを行った。

解析で用いた鉛直荷重の最大値は36.6tf（引揚荷重）であり、既往の計測データの中では大きいめの荷重であるが、強風による設計荷重（引揚鉛直荷重＝464tf）の8%程度の値である。従って、風荷重では動的解析および静的解析とも地盤の非線形性は無視し得ると考えられることから、弾性解析とした。

4. 鉄塔・基礎の挙動

〔動的応答〕 図-4に、杭部軸力の時刻歴波形・フーリエスペクトルおよび伝達関数（軸力／鉛直力）について、計測値と解析値とを比較した結果を示す。ここで解析値は、鉛直力 V 、水平力 $QF \cdot QS$ の変動成分を個別に作用させて重ね合わせた結果である。これらより、①荷重の変動成分による杭部断面力の時刻歴波形は、計測値と擬似3次元FEM動的解析値とが良く一致した。②荷重および杭各部断面力の時刻歴波形において波形のピークに時間差がないこと、および杭部断面力の伝達関数がスペクトル振幅の大きい1.0Hz以下においてほぼ一定値であることから、基礎体天端に加わる動的な外力は、杭先端まで瞬時に、かつ静的に伝達することが明らかになった。

また、図-4のフーリエスペクトルおよび伝達関数において、1.5Hz以上の計測値と解析値の応答形状が異なるが、これは計測値にノイズが含まれているためである。

〔軸力および曲げモーメント〕 図-5～図-6に、杭部軸力および杭部曲げモーメントの最大値の深度方向分布を示す。ここで、解析値は、荷重の平均値成分および変動成分による断面力を重ね合わせた値である。これらより、計測値と解析値による杭部断面力は、比較的良く一致する結果となった。

〔静的応答〕 図-5および図-6には、荷重の最大値による杭部断面力の静的解析結果を併せて示したが、軸力および曲げモーメントとも動的解析による最大応答値と概ね同等の結果となった。これは、風荷重により基礎に伝達される荷重が1.0Hz以下の成分が支配的であるのに対し、地盤の基本振動数が1.0Hz～1.2Hzであり、両者の固有振動数が一致しないため、地盤の動的効果が現れず荷重が静的に伝達するためである。

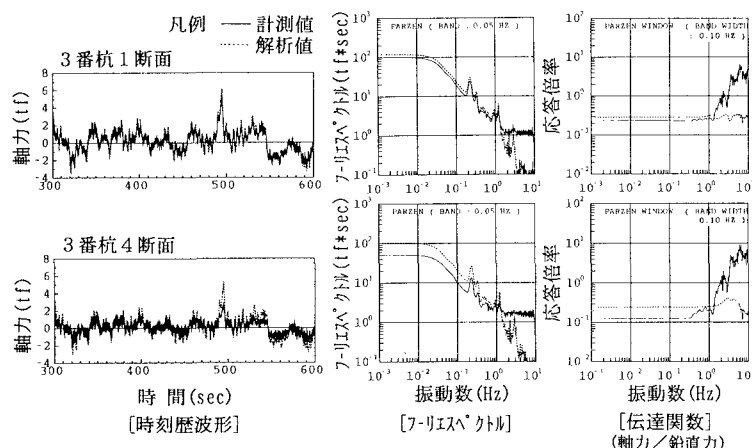


図-4 杭部軸力の計測値と解析値との比較

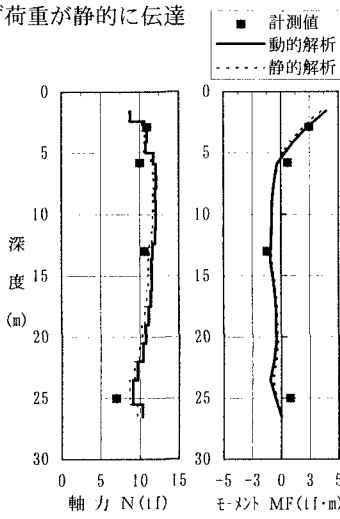


図-5 3番杭の 図-6 3番杭の
軸力分布 曲げモーメント分布

5. あとがき

送電鉄塔・基礎の実構造物を対象とした動的計測結果および動的解析結果より、強風時に基礎天端に加わる動的な外力は、杭先端まで瞬時に、かつ静的に伝達することが明らかになった。

また、風荷重により基礎に伝達される荷重は1.0Hz以下の成分が支配的であり、地盤の固有振動数と一致しないため、地盤の動的効果はほとんど見られないことから、風荷重による基礎～地盤系の動的応答は、静的解析による検討で十分に実挙動を表し得ることが確認できた。