

変電所屋外鉄構の地震時応答特性の検討

変電所設計の合理化

Earthquake Response Characteristic of Structure at Substations

Rationalization of Structural Design at Substations

(基幹系統建設センター 技術G)

変電所屋外鉄構の地震時応答特性の検討は、鉄構単独での検討であり、引き留められる送電線の挙動の影響を考慮していない。そこで今回、送電線を考慮したモデルにて地震時応答特性を解析した。この結果、屋外鉄構の荷重条件となる加速度応答倍率が低減される傾向が確認された。連成系での検討により加速度応答倍率低減の可能性があり、部材のサイズ変更が期待できる。

(Technical Section, Transmission & Substation Construction Office)

Conventionally, earthquake response characteristic of structure at substations have been examined by focusing on their freestanding nature without considering their motion of electric power lines connected to them. This report studies their earthquake response characteristic by using a model in which the motion of the electric power lines is taken into account. The results of our analysis showed a possibility of reducing the acceleration response magnification, which is one of the parameters affecting their load-bearing structure, through adjustment of their inter relation by varying component size.

1 背景・目的

変電所の屋外鉄構の耐震設計における地震時荷重条件（加速度応答倍率）は、過去の実加振試験等による地震時応答特性の検討結果から得られたもので、ボルト構造は4.2倍、溶接構造は7倍を使用している。

しかし、今までの検討は屋外鉄構単独での振動特性から地震時応答特性を求めており、鉄構に引き留められる送電線等の挙動の影響は考慮していない。

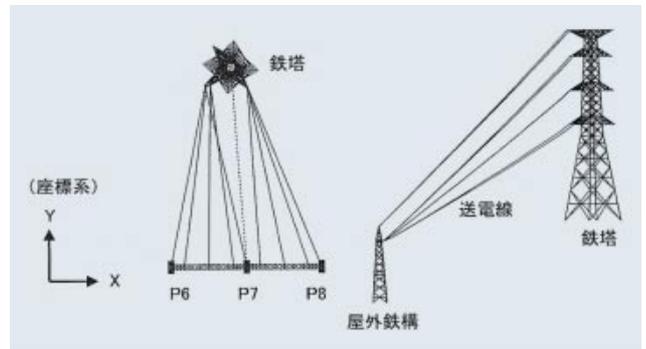
そこで、送電線を考慮した連成系の振動解析モデルを用い、送電線との高低差や張力を変えた時の地震時応答特性について検討した。

2 解析モデル

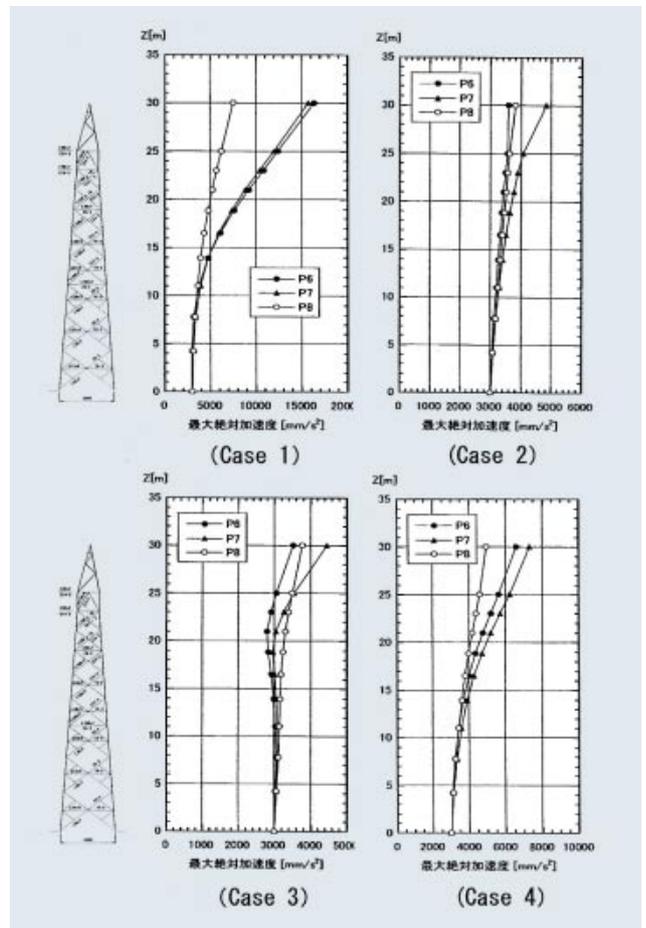
解析対象の屋外鉄構は、500kV用の引留鉄構で、高さ30m、幅56mの山形鋼によりボルト構造にて構成される。また隣接鉄塔は、塔高75.5mで、屋外鉄構 - 隣接鉄塔の径間長は78mである。また、固有値解析で得られた鉄構単体の1次固有振動数は、X方向2.343Hz、Y方向2.891Hzである。

解析ケースを第1表に示す。入力地震波は3m/s²共振正弦3波である。地震波の入力位置は、鉄構の基礎部とした。

第1図に解析対象の鉄構 - 電線 - 鉄塔連成系モデル図を表す。減衰定数は、鉄構は1次固有振動数に対し10%、鉄塔は2%とした。



第1図 構造解析モデル



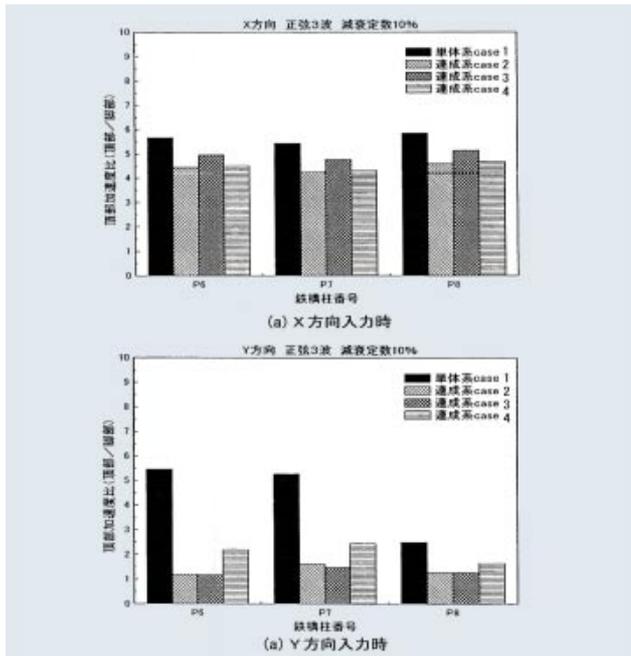
第2図 最大応答加速度分布 (Y方向)

第1表 解析ケース

ケース No.	高低差	張力
Case 1	単体系	-
Case 2	連成系	32m 架空地線：8kN、電力線：12kN
Case 3	連成系	32m 架空地線：5kN、電力線：8kN
Case 4	連成系	52m 架空地線：8kN、電力線：12kN

3 解析結果

各ケースにおいて最大応答加速度分布を求めた。X方向入力時はいずれのケースにおいてもほぼ同じ応答加速度を示す結果となったが、Y方向入力時では単体系に比べて連成系は大幅に小さくなっている。第2図にY方向における最大応答加速度分布を、第3図に各ポストにおける加速度応答倍率を、第2表に加速度応答倍率の最大値を示す。



第3図 加速度応答倍率

第2表 加速度応答倍率（最大値）

ケースNo.	X方向入力	Y方向入力
Case 1	5.85	5.46
Case 2	4.43	1.61
Case 3	5.13	1.48
Case 4	4.67	2.44

4 解析結果の評価

4.1 単体系と連成系の比較（Case1とCase2）

加速度応答倍率は、Case2がCase1に比べ、X方向入力時で2割ほど、Y方向入力時で4～7割ほど小さくなった。これは連成系としたためである。

X方向入力時は屋外鉄構が揺れることで送電線も揺れ、張力変化が発生して鉄構の中心方向（P7の方向）への張力が増加する。それにより屋外鉄構の揺れが抑えられたためと考えられる。

Y方向入力時も同様であり、送電線方向の入力であることから、屋外鉄構の挙動が電線張力の変動に大きく作用している。そのため、屋外鉄構の揺れの低

減効果がX方向に比べて大きい。

以上より、隣接鉄塔と送電線を含めた連成系を考慮することにより、加速度応答倍率は低減されることが確認された。

4.2 張力の相違による比較（Case2とCase3）

加速度応答倍率は、Case3がCase2に比べ、X方向入力時で1割ほど大きくなっている。これはCase3の電線張力が小さいため、屋外鉄構の揺れを抑制する影響が小さくなったと考えられる。

Y方向入力時は同程度となっている。初期の張力が異なっているが線路方向の入力のため、鉄構の挙動は大きく偏位量は同程度であった。また張力変動もほぼ同じである。線路方向の入力のため、電線が鉄構の挙動を抑える働きをし、初期張力に差があっても屋外鉄構の挙動はほぼ同程度となる。

以上より、今回検討した初期張力の範囲の差では、加速度応答倍率への影響は、Y方向入力時では差が無く、X方向入力時では初期張力が小さいと電線が鉄構に与える影響が小さくなり加速度応答倍率が大きくなることが確認された。

4.3 高低差の相違による比較（Case2とCase4）

X方向入力時はほぼ同じとなっている。これは電線張力が同じため、屋外鉄構に与える影響が同程度であるためと考えられる。

Y方向入力時は、Case4がCase2に比べ大きくなっている。高低差が大きいためY方向に電線支持位置が変化しても張力変動に与える影響が少ない。よって送電線の張力が鉄構の挙動に与える影響が少ないため、加速度が大きくなったと考えられる。

以上より、高低差の変化は、X方向入力時には影響に差が無く、Y方向入力時では高低差が大きいと加速度応答倍率が大きくなることが確認できた。

5 今後の展開

屋外鉄構について電線を考慮した連成系の振動解析モデルを作成し、条件を変えて解析を行い、その際の地震時応答特性の傾向を把握することができた。

屋外鉄構設計における地震時応答特性において、鉄構単独での検討から、電線を考慮した連成系で検討することにより、鉄構の部位によって加速度応答倍率低減の可能性があることが分かった。このため地震時の荷重で決まる部材についてはサイズ低減が期待できるため、今後の変電所新設等の際に今回の手法を用いて検討していきたい。



執筆者 / 渡部達也
Watanabe.Tatsuya2@chuden.co.jp