

電力送電に関する課題解決を目指す研究

－技術的視点と環境的視点－

静岡県立浜松工業高等学校 電気科 2年 3名

1 研究背景

送電系統に事故が起こり、送電に障害が生じると広範囲で停電や通信障害が発生し、人々の生活に大きな支障を及ぼす。熱帯雨林気候で天候が荒れやすいと思われるマレーシアと日本を比較し、送電系統の事故を防止する方法を①技術的視点と②環境的視点の2つの方向で考えようと思った。

2 研究目的

①技術的視点

自然災害による倒壊を防ぐより良い形の送電鉄塔を考える。

②環境的視点

電線が存在することで起こる交通事故や停電、火災を防ぐため、無線による送電を考える。

3 実験器具・使用機器

- ・パソコン（シミュレーション、データ解析）
- ・Abaqus（有限要素解析ソフトウェア）
- ・低周波発振器（送電実験用）
- ・圧電素子（送電実験の送電部と受電部）
- ・デジタルオシロスコープ（送電状況の確認）

4 実験方法

① 技術的視点

鉄塔の一部分（三角形の組み合わせの部分）を切り出した Abaqus 上に作成し、一方向から 1000N の力を加える検証を実施。結果より、力の大きくかかっている部分を確認し、力を分散させる構造を考える。

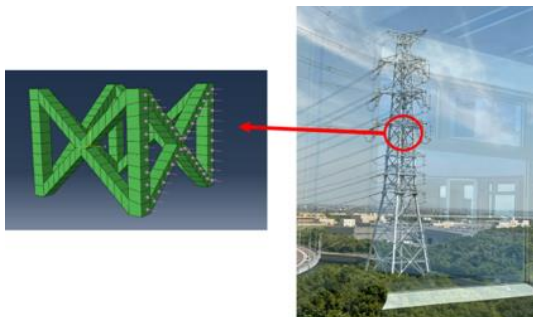


図1 モデル

図2 鉄塔

②環境的視点

圧電素子に電圧を加え、音を作る。その音を別の圧電素子に伝え、電圧を取り出す。オシロスコープにより入力と出力の電圧と電流を計測し、電力を計算。伝

達できるエネルギーを調べる。

周波数によりエネルギー伝達効率が変わるのか確かめるため、圧電素子に加える交流電圧を低周波発振器により 11~5kHz 間を 1kHz 間隔で増やして電圧を測定する。

また、距離によるエネルギー伝達の効率低下を調べるため、圧電素子同士の距離を 1~3cm、1cm 間隔で増やしていき、その都度電圧を測定する。



図3 実験の様子（接続）



図4 実験器具
（圧電素子）

5 研究（実験）結果

①技術的視点

（赤～青の順でかかっている力が強→弱）

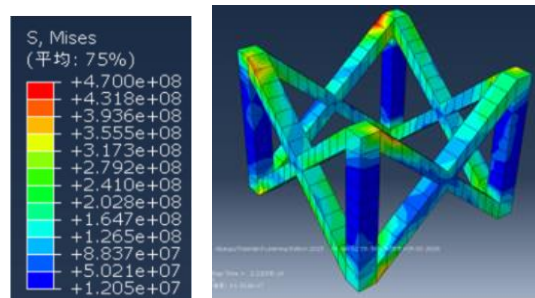


図5 力の分布①

・モデルの節や辺に大きな力が掛かった。この結果から、節を補強するように格子を配置すればかかる力を分散できると考えた。

・十字に格子を配置すると、接続点に力が集中し形が歪んだ。

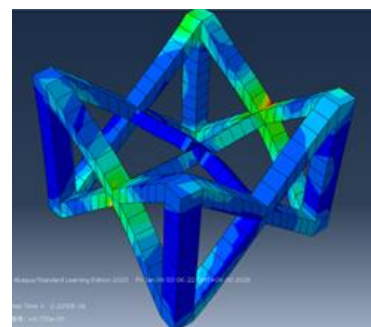


図6 力の分布②

・X字に配置すると、全体にかかる力が弱まった。

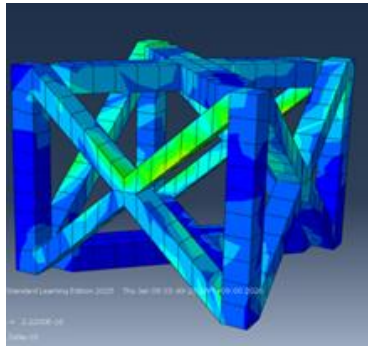


図7 力の分布③

② 環境的視点

圧電素子に加えた電圧と流れる電流から、電力 ($P=VI$) を計算する計画だったが、電流の計測が困難であることが判明したため、加えた電圧と負荷抵抗 ($P=V^2/R$) から、電力を計算することにした。測定結果は以下のようになった。

入力	1cm	2cm	3cm
1kHz	5.25	5.31	5.28
2kHz	5.28	5.34	5.25
3kHz	5.22	5.28	5.25
4kHz	5.00	5.13	5.16
5kHz	5.00	5.03	5.09

図8 入力電圧

出力	1cm	2cm	3cm
1kHz	12.8	9.45	5.78
2kHz	12.3	10.4	7.19
3kHz	7.34	15.5	26.1
4kHz	5.63	11.0	8.59
5kHz	10.0	4.92	4.69

図9 出力電圧

入力電圧の大きさはVなのに対して出力は1000分の1であるmVになり、かなり小さい値となった。電圧と抵抗から電力を計算。結果は以下のようになった。

入力	1cm	2cm	3cm
1kHz	3.45	3.53	3.49
2kHz	3.49	3.57	3.45
3kHz	3.40	3.49	3.45
4kHz	3.13	3.28	3.32
5kHz	3.13	3.16	3.24

図10 入力電力

出力	1cm	2cm	3cm
1kHz	1.64	0.89	0.33
2kHz	1.51	1.08	0.52
3kHz	0.54	2.40	6.81
4kHz	0.32	1.21	0.74
5kHz	1.00	0.24	0.22

図11 出力電力

また、電力効率を出力/入力×100 から求めた。



図12 電力効率

6 考察

① 技術的視点

実験の結果から、節には力がかかりやすく、節を補強するように格子を配置した時、十字に配置すると接続点に力が集中し、X字に配置すると接続点にかかる力を分散することがわかった。

② 環境的視点

音の漏れにより、入力に比べて出力の電力は大幅に減少した。また、出力から電力が測れたことから、電気を音に変えて運ぶことは可能だとわかった。距離が近い方が音漏れは少なく、電力効率は高くなると考えていたが、結果はそれを肯定するものにはならなかった。このことは、圧電素子の位相や共振の位置の違い

によるものだと考えられた。また、図 12 より、3cm、3kHz の時に効率が一番高くなったが、これは圧電素子の共振周波数が 3kHz あたりであったためだと考えられる。

7 今後の課題

①技術的視点

重力を考慮した実験と電線の引っ張り強さを考慮した実験を行う。

②環境的視点

直進性が高い超音波に対応した圧電素子を回路に組み込み、エネルギーをより効率よく、より長い距離運び、音による送電を現実的なものにする。

8 主要引用・参考文献

①技術的視点

TSUBAME4 ABAQUS/CAE 利用の手引き

https://www.t4.cii.isct.ac.jp/docs/abaqus_cae/pdf/abaqus_cae.pdf

②環境的視点

大阪市立科学館 音を電気に、電気を音に

https://www.sci-museum.jp/wpcontent/themes/scimuseum2021/pdf/study/universe/2020/07/202007_04-09.pdf

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導・ご助言を賜りました電気科の先生方に深く感謝申し上げます。

9 マレーシア研修を終えて

技術的視点として取り上げた、鉄塔の主要構造である「三角形の組み合わせ」による力の分散について、マレーシアの鉄塔も形状の違いは見られたが、日本と同じ三角形を使った構造が用いられていた。よって、研究の方向性は継続し、より強い鉄塔を研究していこうと思います。



図 13 マレーシアの送電鉄塔

環境的視点として取り上げた、「電線の存在」による周囲環境への影響について、実験で取り上げた無線送電だ

けでなく、マレーシアの都市部の様子を見て、電線の地中化による無電柱化も解決の一つであることがわかりました。無線送電はさらに未来を考えた研究内容だと思います。引き続き研究していきたいと思います。



図 14 市街地
(無電柱)

マレーシアに行き、日本の送電設備の安全性の高さを実感しました。マレーシアでは地面から絶縁被覆が剥がれて心線が露出した電線が顔を出していたり、415V の高電圧を変圧している変圧器の鍵が開いていて中が見えるようになっていたり、とても危険だと思いました。また、日本にはない形の鉄塔が複数種類あり、鉄塔の「辺」自体が細かったり、電線と電線の間が接触しないように離れていたり、気候が荒れやすい熱帯雨林ならではの工夫が見られました。しかし、傾いている鉄塔もあったため、自然災害を完全に防いでいる訳ではないと思いました。

言語が通じないところに行き、とても不安でしたが、ジェスチャーや知っている単語を組み合わせると人と話し、言いたいことが通じた時、とても嬉しかったです。

これまで海外に行くことはあまり考えたことがなく、マレーシアについても国名を知っている程度の知識で臨みましたが、現地ですべてに見ていく中で多くの発見がありました。

電力送電について調査する中では、日本と比べて都市部と郊外で大きな差があるのではないかと考えていましたが、規模の違いはあるものの配線方法に大きな違いはなく、多くの地域で電気が利用されていました。家屋が分散している場所では外壁や柱に沿った配線が多く見られ、環境に合わせた工夫がされていることもわかりました。その一方で、配線の処理や電線の保護が十分でない箇所も見られ、日本との違いを感じる場面もありました。特にスコールの多い環境を考えると、安全面について強く印象に残りました。

また、現地でのコミュニケーションでは、拙い英語でもジェスチャーを交えることで意思疎通ができ、伝えようとする姿勢の大切さを実感しました。こうした経験を通して海外への不安が和らぎ、さらにさまざまな国を見てみたいという気持ちが生まれました。

今回初めて海外に行き、新鮮なことばかりで、衣食住全ての分野で今までになかった視点を持つことができました。

マレーシアの街並みからは日本の送電設備との違いを多くものから感じました。特に感じたのは安全面についてです。送電鉄塔の足場の周りにフェンスの囲いがなかったり、街灯の配線部に蓋がされておらず、電線が見えていたり、日本の送電設備の安全性を感じました。また無電柱化も日本に比べるとクアラルンプールのような都市部に限られていると感じました。しかし、地下配線を点検する際に欲しい地上機器は、日本よりもカラフルに街を彩っており、明るい気持ちになれたため、日本にも取り入れて欲しいと感じました。

今回の研修を通し、多くの事に触れ、新たな視点を持つことが出来ました。言語という壁はあれど、伝えたいという気持ちと努力の大切さ、笑顔という共通言語の偉大さを感じました。また、早いうちに色々な国に行き、より多様な考え方が出来るようになりたいです。



図 15 開いている配電盤 (危険)



図 16 地を這う送電線