

既存送電用鉄塔基礎の安全性評価手法に基づく四国内の構造物における実態調査

香川大学大学院 学生会員 ○大谷刀麻
香川大学 正会員 岡崎慎一郎

1. はじめに

送電用鉄塔基礎は図 1 に示すように上部構造物に風荷重が作用するため基礎体の一方に引揚力、もう一方に圧縮力が作用する特殊な環境に置かれている。引揚力が引き起こす破壊モードは脆性的な破壊であり、安全性が懸念されている。

2019 年 9 月には台風により鉄塔が倒壊する事故が千葉県で発生した。このような風荷重は近年増加しており、送電用鉄塔基礎の安全性の確保は急務となっている。

送電用鉄塔基礎は大部分が地中に埋設されているため、地表から確認できるのは基礎体天端部の数十 cm のみであり、調査や補修を容易に行うことができない。そのため送電用鉄塔基礎の適切な維持管理方法が求められている。

送電用鉄塔基礎のうち無筋基礎体は構造耐力と靱性が極めて小さいため鉄筋コンクリート製の基礎体と比較すると脆性的な破壊を引き起こす。図 2 に示す曲げ破壊は鉄筋が配筋された基礎体において脆性的な破壊ではないが無筋基礎においてはコンクリートにひび割れが発生した後脆性的に破壊する。

また図 3 に示す引抜せん断破壊はいかり材が引き抜かれるため非常に危険な破壊モードである。引抜せん断破壊は曲げ破壊と比較するとより脆性的な破壊であるため危険視されている。さらに四国においてコンクリート構造物に

アルカリ骨材反応による耐力低下も懸念されている。本研究では、送電用鉄塔基礎のうち無筋基礎体の安全性評価手法について提案し、ある送電線に適用することで補強対象の鉄塔基礎を選定する。

2. 安全性評価手法

送電用鉄塔無筋基礎の安全性評価手法として安全率を定義する。曲げおよびせん断安全率は、基礎体の寸法とコンクリートの圧縮強度から算出される曲げ耐力およびせん断耐力を、柱体部の自重等から算定される引揚力で除したものとする。安全率は曲げ安全率およびせん断安全率値のうち、値の小さいものを基礎体の安全率 F とする。安全率に区分を設けることで基礎体の評価を明瞭化する。既存の研究成果をもとに、安全率が 1.5 以下のものを補修・補強対象として Rank 1, 安全率が 1.5 から 2.0 のときは最低限の安全性は保障されるが経過観察が必要とし Rank 2, 安全率が 2.0 を超えるものは経過観察が不要として Rank 3 とした。

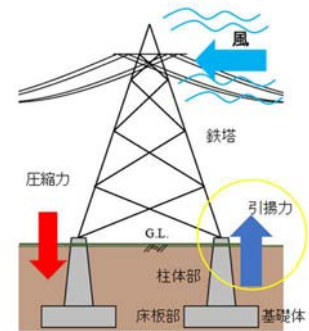


図 1 送電用鉄塔に作用する力

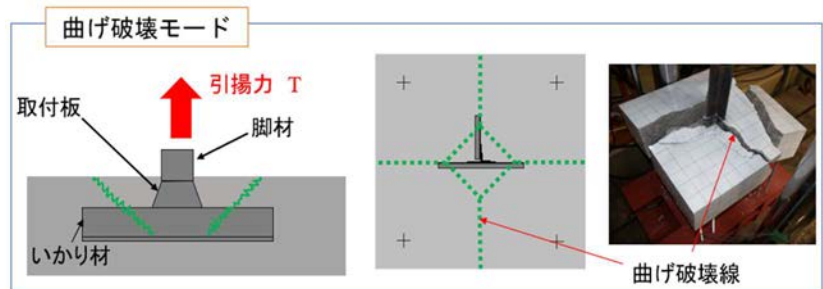


図 2 曲げ破壊モード

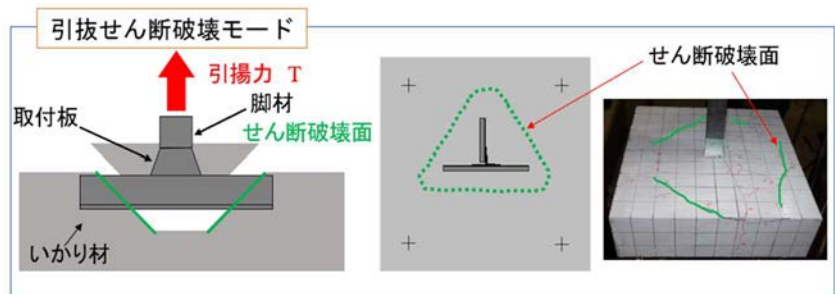


図 3 引抜せん断破壊モード

$$F = F_{\min}(F_m, F_s)$$

(1)

$$F_m = \frac{\text{曲げ耐力}}{\text{引揚力}}, F_s = \frac{\text{せん断耐力}}{\text{引揚力}} \quad (2)$$

表 1 安全率の評価区分

| 安全率の評価区分 | Rank1(F<1.5) | Rank2(1.5≦F<2.0) | Rank3(2.0<F) |
|----------|--------------|-------------------|--------------------|
| 評価 | 補修・補強対象 | 最低限の安全率 (経過観察) | コンクリートの短期許容応力度を満たす |

3. 実構造物への適応

提案した安全性評価手法を四国内の送電線 M 線に適用した。M 線は鉄塔 60 基、電圧 66kV の送電線である。図 6 に示すように M 線の基礎体形状は逆 T 型基礎であり、基礎体に鉄筋は配筋されておらず無筋基礎である。基礎体に作用する引揚力の多くは 500kN 前後となっている。しかし 1000kN を超える引揚力が作用している基礎体も確認され、安全性が懸念される。図 7 のように M 線の安全率を算出すると多くの基礎体が安全率 2.0 付近の値であり、設計通りの基礎体が多い。しかし No.2, No.3, No.60 の基礎体で安全率が 1.5 以下となり、Rank 1 の補修・補強の対象と評価された。

No.46 では ASR の特徴的なひび割れが確認されたため調査を行った。この建設時期の鉄塔基礎はコンクリートの骨材に安山岩が使用され、上述のようなひび割れを引き起こしたものと考えられる。No.46 の基礎体 D 脚において放射状のひび割れが 4 本確認され、同心円状のひび割れも確認されたため ASR を受けていると考えられる。基礎体のコンクリートコアを抜き内部の調査を行うと、図 8 に示すように骨材の長手方向にひび割れが確認され、図 9 のように骨材の周囲に反応リムが発生していた。このことから No.46 は ASR を受けていると断定し、文献 1), 2) で提案された、劣化が生じた際の耐力評価法を適用した。ひび割れの発生形状から、コンクリートの圧縮強度の低下率を推定し、その結果からさらに基礎体の耐力推定した。その結果、No.46 の安全率は 2.04 から 1.77 に低下したものの Rank 2 に留まっており、概ね安全性は確認されたが、今後さらに反応が進行し耐力が低下する可能性があるため、経過観察に基づく対応が求められる。

以上、M 線では多くの基礎体が安全率 2.0 近くの値を示し、安全性が確認された。ASR を受けた基礎体も耐力低下があるが、Rank 2 に留まり最低限の安全性が確認された。Rank 1 であった基礎体 3 基について今後調査し再評価を行う。また、基礎体の簡易で効率的な補修・補強方法の検討を今後行う。

参考文献

- 岡崎慎一郎, 片岡洋輝, 松島学: コンクリートの膨張により損傷した鉄塔基礎の内部応力推定と健全性評価, (Journal of Society of Materials Science, Japan), Vol.65, No.11, pp. 818-823, Nov. 2016

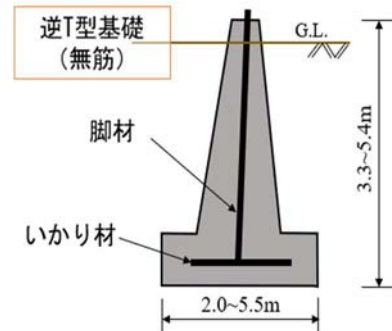


図 6 M線基礎体

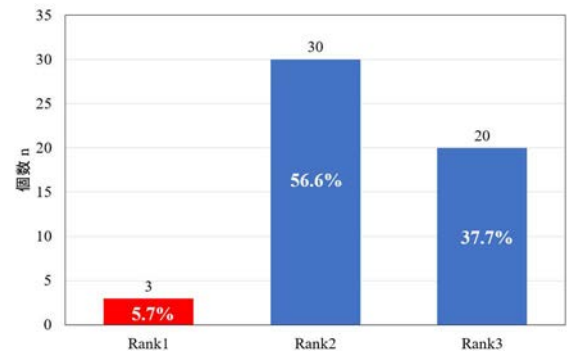


図 7 M線安全率評価区分



図 8 骨材のひび割れ 図 9 骨材の反応リム