

送電鉄塔の基礎コンクリート深部におけるひび割れ診断および補修技術について

(株)四国総合研究所 電力技術部 山口 純司
(株)四国総合研究所 電力技術部 新居 浩治
(株)四国総合研究所 電力技術部 (現: 四国電力(株)) 藤川 真人
香川大学 創造工学部 松島 学
香川大学 創造工学部 山本 翔大

キーワード: 基礎コンクリート
ひび割れ
診断
小口径
カメラ
補修
せん断耐力
鉄筋

Key Words: Concrete foundation
Cracking
Diagnosis
Small bore
Camera
Repair
Shear capacity
Reinforcement

The cracking diagnosis and repair for the deep part of concrete foundation of transmission tower

Shikoku Research Institute, Inc., Electric Power Technology Department
Junji Yamaguchi, Kouji Nii, Masato Fujikawa
Kagawa University, Faculty of Engineering and Design
Manabu Matsushima, Syouta Yamamoto

Abstract

The concrete foundation of transmission towers is used reactive aggregates. And, some concrete foundations of transmission towers exist at high ground water level. So, the foundations are easy to occur Alkali Silica Reaction, it is concerned that cracking is occurred by Alkali Silica Reaction. To diagnose and repair the cracking for the deep part of the concrete foundation, it is necessary to dig the ground around the foundation. This time, the proposed diagnosis and repair methods doesn't need that digging the ground.

The proposed diagnosis method obtains a concrete core by boring of small bore, and observes the inner wall of the borehole with a camera. As a result of applying the method to the foundation of transmission tower, this method was able to accurately diagnose the condition of the deep part of concrete foundation. The proposed repair method inserts a reinforcement using the borehole for diagnosis. This method can repair the unreinforced concrete foundation. And is effective particularly thick base foundation. As a result of tensile experiment on the concrete foundation of transmission tower of one-sixth the scale, the shear capacity of the concrete foundation increased 10-20% by inserting two or more reinforcements.

1. はじめに

送電鉄塔では、基礎コンクリート深部（地中埋設部）において、アルカリシリカ反応による骨材周囲の生成ゲルが吸水膨張することによって、ひび割れが生じる場合がある。このひび割れは基礎の地表部でも確認されることがあり、耐力を維持するためには基礎コンクリート深部のひび割れの診断および補修が必要となっている。

しかし、基礎コンクリート深部のひび割れを診断および補修するためには、基礎周辺の土砂を掘削する必要があり、大掛かりな土木工事が必要となる。

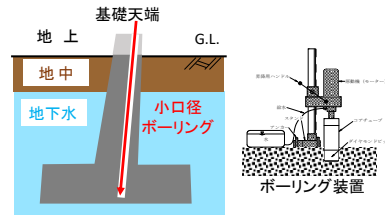
今回、周辺土砂の掘削を不要とした基礎コンクリート深部のひび割れ診断および補修技術として、小口径のコンクリートコア採取およびコア孔の空洞内撮影方法（診断技術）ならびに、診断に用いたコア孔に鉄筋を挿入してせん断耐力を補強する方法（補修技術）を提案する。

2. 診断技術

基礎コンクリート深部のひび割れ診断技術として、図1に示す基礎天端部から深部へ小口径ボーリングでコンクリートコアを採取するとともに、孔内の壁をカメラで直接確認し、コアと合わせて評価する方法を提案する。

一般的なコンクリートコア採取はφ100 mmが使用されているが、鉄塔基礎の形状では鉄塔材や鉄筋などを損傷する恐れがあるため、コンクリートコアが採取可能な最小のφ25 mmを採用した。しかし、コンクリートコアが細くなるため、コア採取時にカッターなどの外力でコンクリートコアに割れが生じる可能性が高い。そこで、小口径のコンクリートコアを採取した後に、孔内の壁をカメラで撮影することで、基礎コンクリート深部のひび割れなど劣化状況が直接確認でき、採取コアと合わせることでより詳細なコンクリートの状態評価が可能となる。

①基礎天端から深部へ
小口径ボーリングでコンクリートコアを採取



②小口径のコンクリートコアを採取した後に、
孔内の壁をカメラで撮影

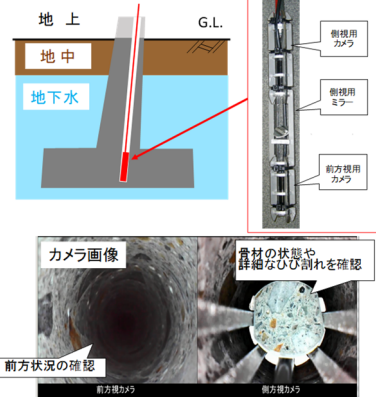


図1 基礎コンクリート深部のひび割れ診断技術

現地の送電鉄塔の基礎に対して、提案する診断技術を実施した例を図2に示す。採取コア4.4m付近の割れについて、採取コアだけではコア採取時の外力による割れなのか、劣化による割れなのか、評価が困難であった。ここに孔壁のカメラ画像を用いることで、孔壁のコンクリートにひび割れを発見し、外力による割れではないことが分かり、コンクリートの劣化を正確に診断できた。

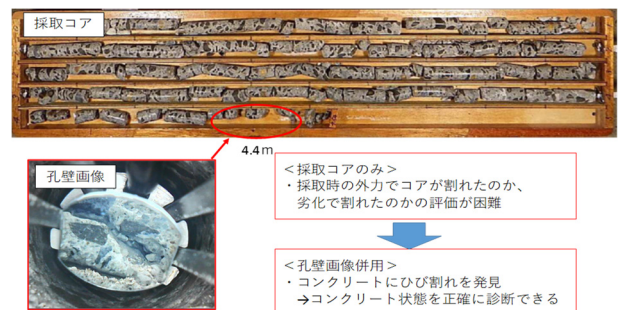


図2 採取コアと孔壁画像

3. 補修技術

3.1 補修方法の検討

基礎深部にひび割れが見られるコンクリートのコアを採取するとその多くにアルカリシリカ反応が確認できる。これによりコンクリートや鉄筋の強度が低下し、曲げ破壊やせん断破壊を起こす恐れがある。これらの補修方法としては、既設床板の上部に新基礎を設置する方法が考えられるが、基礎床板までの掘削を要することから、費用が高くなる。

ここで、劣化が少なくコンクリートや鉄筋の強度低下が小さい基礎であれば、診断に用いた小口径コア孔から破壊面を抑える方向に補強鉄筋を挿入する補修方法により、掘削せずに低下した強度分を回復することが期待できる。

今回、図3に示す基礎床板のせん断耐力低下を補修する方法について、実験を行い、その有効性を確認した。

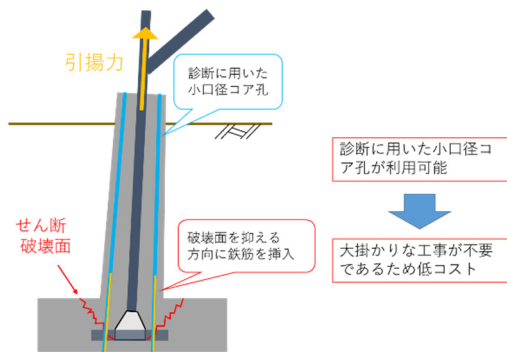


図3 せん断補強鉄筋による補修方法

3.2 せん断補強鉄筋による補修方法の対象基礎

図4に示すように基礎床板が破壊する様相には、曲げ破壊とせん断破壊があり、本補修方法はせん断破壊によって壊れる基礎を対象としている。せん断補強鉄筋による補修方法の適応の可否は基礎個別に検討を要する。鉄筋基礎はせん断破壊面上に既に鉄筋が配置されており、せん断破壊が生じにくいため適用対象となりにくい。また、基礎床板の厚さが薄い基礎では床板部の曲げ破壊が先行しやすい傾向がある。

以上から、本補修方法が適用可能となる基礎の特徴としては、無筋基礎で床板厚さが厚い基礎であることがあげられる。

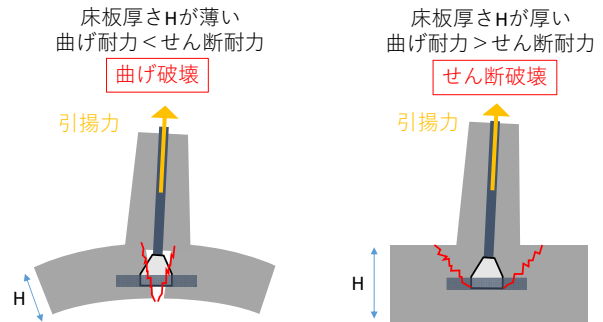


図4 床板部の形状による破壊様相の種類

3.3 試験体の引張実験

せん断補強鉄筋による補修方法の有効性を確認するため、送電用鉄塔基礎の1/6スケール試験体3体の引張実験を行った。

(1) 試験体

試験体のサイズには、引張実験装置に設置できる寸法である送電用鉄塔基礎の1/6スケール縦500mm×横500mmとした。試験体の構造を図5に示す。せん断補強鉄筋の本数によるせん断耐力の増加効果を確認するため、3体の試験体（せん断補強鉄筋1、2、4本）を準備した。

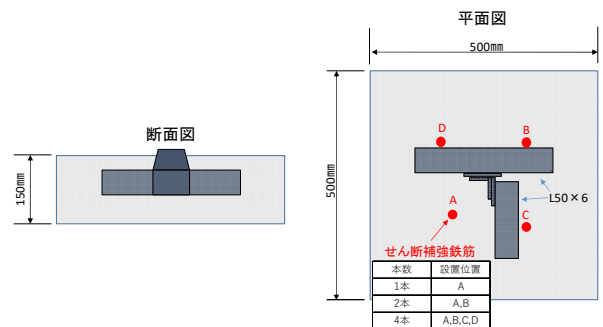


図5 試験体の構造

(2) 実験方法

図6に示す引張実験装置（島津製作所、油圧式サーボパルサ EHF-UG35-70L）を用いて、固定した試験体のいかり材を引張り、試験体の最大耐力（せん断耐力）を求める。試験体のいかり材はL型から平板に溶接加工のうえ実験装置に取り付けた。また、試験体を固定する引張実験装置の土台に合わせた架台を製作した。

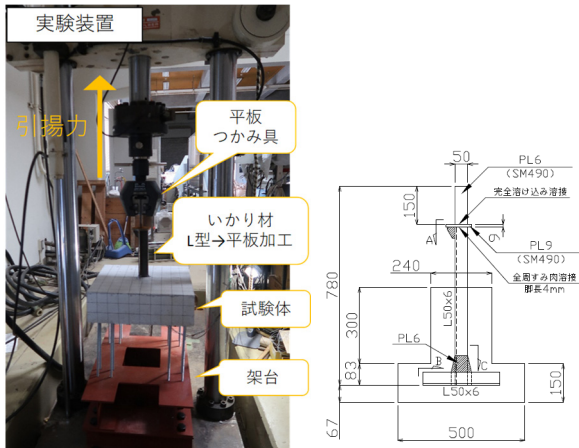


図6 実験装置・いかり材構造

(3) 実験結果

せん断補強鉄筋による補修方法を施した送電用鉄塔基礎の1/6スケール試験体3体について、引張実験を行った結果を図7に示す。

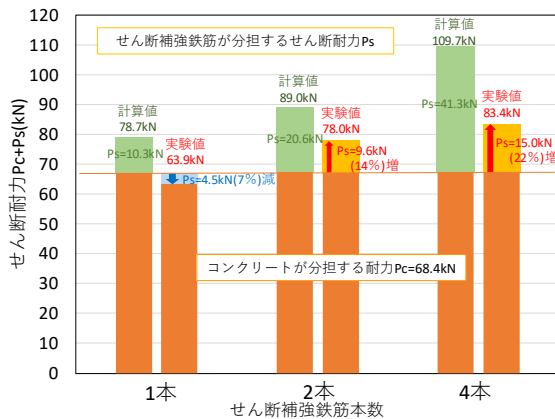


図7 各試験体の引張実験結果

せん断補強鉄筋1本(図5の位置A)を挿入した場合、せん断耐力は63.9kNとなり、コンクリートが分担する耐力の計算値68.4kNより4.5kN(▲7%)低い値であった。せん断補強鉄筋2本(図5の位置A, B)を挿入した場合、せん断耐力は78.0kNとなり、コンクリートが分担する耐力の計算値68.4kNより9.6kN(+14%)大きい値であった。また、せん断補強鉄筋4本(図5の位置A~D)を挿入した場合、せん断耐力の計算値は83.4kNとなり、コンクリートが分担する耐力値68.4kNより15.0kN(+22%)大きい値であった。

(4) 実験の評価

本実験において、2本以上のせん断補強鉄筋を挿入することで、せん断耐力を1~2割増加させることが確認できた。しかし、せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力は、計算値と比較して半分以下の値であった。これは、せん断破壊面の状況からせん断補強鉄筋が十分に荷重のかかる位置に配置されていなかったためと考えられ、より効果があるせん断補強鉄筋の配置検討が今後の課題である。

4. まとめ

基礎コンクリート深部のひび割れ診断技術として、小口径コア採取後の孔壁面をカメラ撮影・目視観察する方法を現地適用した結果、コア採取と孔壁のカメラ画像を併用することで、コンクリートのひび割れを発見でき、コンクリートの状態を正確に診断できた。

無筋基礎コンクリート深部の補修技術として、診断に用いたコア孔にせん断補強鉄筋を挿入する方法を検討し、1/6スケールで引張実験を行った。この結果、2本以上のせん断補強鉄筋を挿入することでせん断耐力を1~2割増加できたことから、ひび割れによってせん断耐力が低下した基礎コンクリートの補修に有効であることが確認できた。

[謝辞]

本研究は、四国電力(株)送配電カンパニー送変電部殿より委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。