

## 山岳鉄塔の地質調査に対する取り組み方の1事例

中央開発㈱ ○佐藤 真吾・土生田政之

## 1. はじめに

通常の地質調査では、概略・詳細・補足等、数次の調査を行い、調査・検討の精度を向上させている。これに対し、山岳鉄塔の基礎地盤調査では調査箇所が急峻な地形の尾根部を中心とするため、一般に搬入が非常に困難なケースが多く、運搬・仮設に多大の労力と費用を要する。したがって、地質調査は通常1回しか行われず、極力当初の調査で基礎の設計に必要な項目を過不足なく満足する必要がある。ただし、当初調査においては、土質が不均質で工学的に幾層もの薄い地層に分割されることや、サンプリングが困難などの理由で必ずしも土質試験によって各層毎の物性値を定めることはなく、多くは土質とN値からの推定により求めている現状にある。しかしながら、基礎工法が調査時に特定される場合においては、設計上重要な地層（支持層）も特定されるため、1回の調査でもその箇所を絞ったより詳細な調査（室内試験等）が可能である。

本発表は、山岳鉄塔基礎工法の1つとして用いられている拡幅型逆T字コンクリート基礎（以下、「拡底基礎」と呼ぶ）工法において、安定計算式から逆算して求めた地盤定数（単位体積重量 $\gamma$ 、粘着力 $c$ 、内部摩擦角 $\phi$ ）を、あらかじめ各岩種別のN値と関連づけて表すとともに、それを用いて地質調査実施時にN値とコア観察の結果から同工法の適否を現地で判断し、また、その解析に必要な調査・試験等を即座に適宜追加できるようにした事例について報告するものである。

## 2. 拡底基礎工法の設計手法

## (1)山岳鉄塔における直接基礎形式の選定手順

施主の仕様では、良質な支持層の深さが10m以浅である場合は、①逆T字型コンクリート基礎、②拡底基礎、③ロックアンカー基礎、の3つの直接基礎形式の中から工法の選定を行う。一般には逆T字型コンクリート基礎形式が多く採用されているが、経済性により、地下水が無く崩壊の可能性の少ない地盤については拡底基礎が、また硬岩などの非常に堅固な岩盤についてはロックアンカー基礎がそれぞれ採用される。特に、山岳地の場合は、表層部（10m程度）に風化した岩盤が分布する機会が多いことから、拡底基礎が最も経済的な工法となる場合が多く、同工法の採用の可否が第一に検討される。図-1に、山岳鉄塔における直接基礎工法の選定フローを示した。

## (2)拡底基礎工法の特徴

拡底基礎工法は、山岳送電鉄塔における逆T字型コンクリート基礎を構築する工法の1つで、基礎の床板部のみを拡幅掘削することから、①通常の逆T字型基礎と比べて掘削土量大幅に削減される、②基礎底面より上部の土質を乱さないで引揚耐力が大きくとれる、③基礎全体のコンパクト化が図れ、経済的メリットが期待できる、などの利点をもつ優れた工法である。しかしながら、拡幅掘削を人力で行うため、施工時の安全確保が最も重要となる。

### (3) 拡底基礎工法の設計方法

拡底基礎工法の適用については、①地下水が基礎底面まで存在しないこと、②拡幅部周辺地盤の崩壊の可能性が小さいこと、③安定計算の安全率が2以上得られる自立する地盤であること、の3つの条件を満足しなければならない。さらに、本工法が適用可能であっても、基礎構築における全体工事金額において④逆T字コンクリート基礎よりも経済的でなければならない(図-1参照)。なお、鉄塔形式や地盤条件によっても異なるが、一般には基礎深度が7m程度以浅では、拡底基礎工法の方が逆T字コンクリート基礎よりも安価となることが多い。

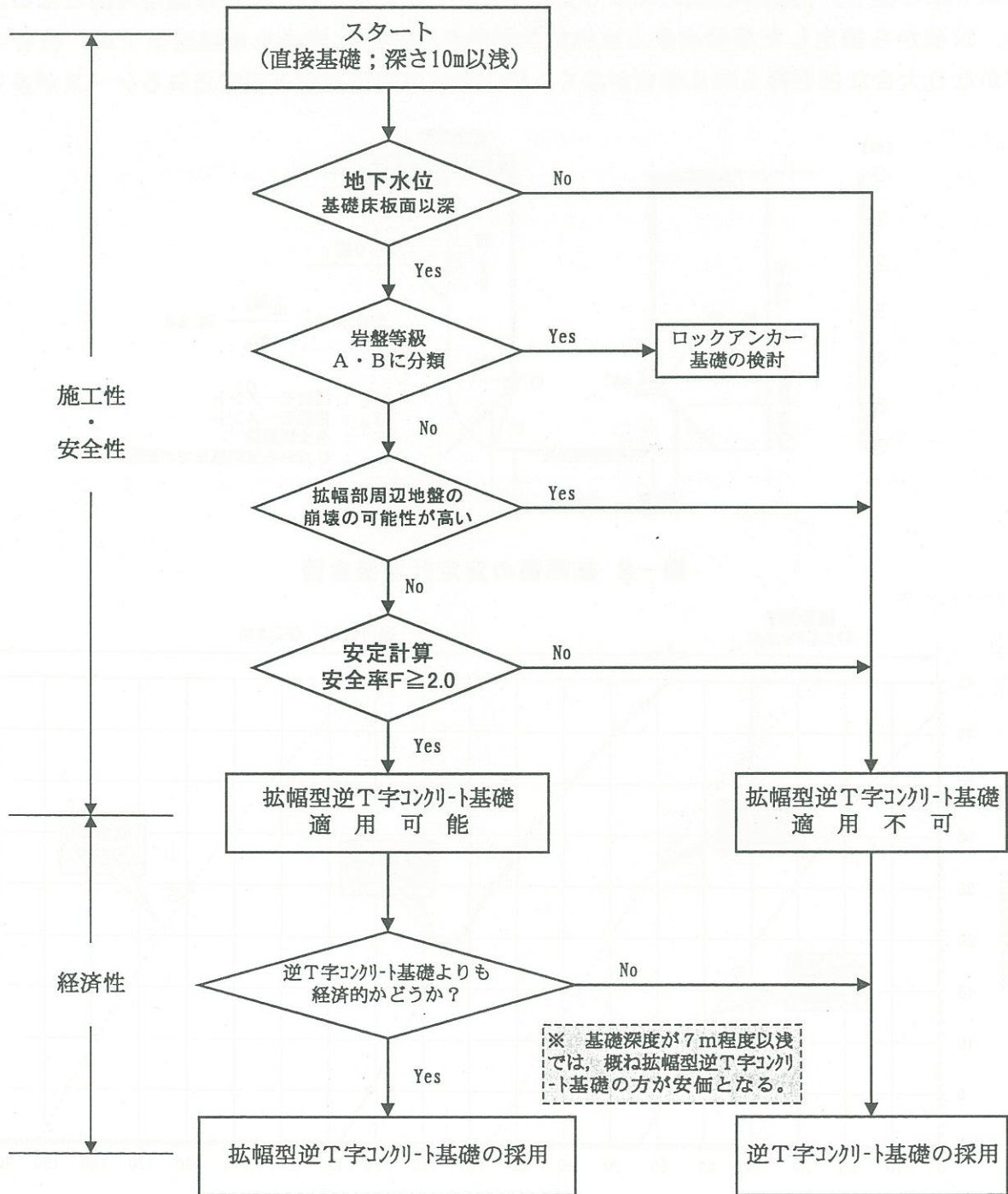


図-1 山岳鉄塔における直接基礎工法の選定フロー

### 3. 拡底基礎工法を意識した地質調査の取り組み方

#### (1) 安定計算における簡易判定図の作成

図-2に、拡幅部の安定計算の概念図を示した。また、図-2のモデルケースにおいて、単一地層で $\gamma = 19.6 \text{ kN/m}^3$  { $2.0 \text{ tf/m}^3$ }、重機荷重 $q = 44.1 \text{ kN/m}^2$  { $4.5 \text{ tf/m}^2$ }の場合の地盤定数 $\gamma$ 、 $\phi$ 、 $c$ と安全率 $F$ の関係をまとめ、拡幅部の安定計算における簡易判定図として図-3に示した。図-3の使用例としては、 $N$ 値と土質(岩種)から推定した地盤定数( $\phi$ 、 $c$ )を同図にプロットし、 $F \geq 2.0$ の領域にある場合については適用可能と判定する。また、境界領域( $1.0 \leq F < 2.0$ )にプロットされるものについては、地盤定数を室内試験等により求め直し、再度詳細検討により安全率が $F \geq 2.0$ 得られた場合は適用可能となる。なお、 $N$ 値から推定した地盤定数と室内試験等から直接的に求めた地盤定数では、後者の方がかなり大きな値を得られる場合が多く、結果的には適用可能と判定されるケースが多い。

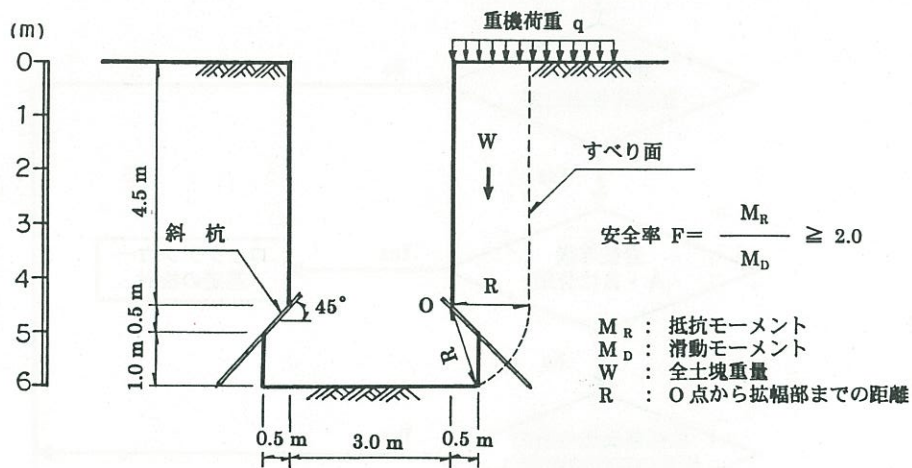


図-2 拡幅部の安定計算概念図

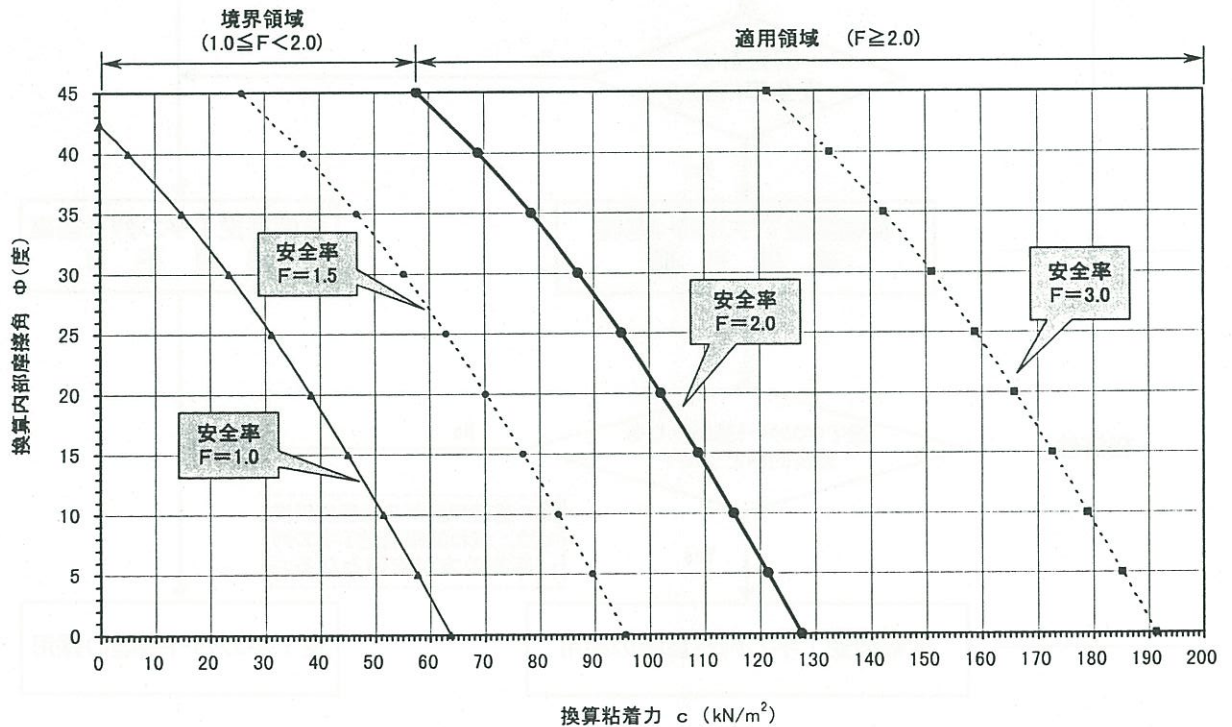


図-3 拡幅部の安定計算における簡易判定図 [ $\gamma = 19.6 \text{ kN/m}^3$  { $2.0 \text{ tf/m}^3$ }]

(2)N値から拡底基礎工法の適否を推定する方法

地盤定数 ( $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$ ) を岩盤分類とN値 (換算N値) から推定する方法<sup>1)</sup>があるが、同方法における関係式を表-1に示した。同関係式は、集積データ数が少なくバラツキも大きいので精度的には乏しいが、目安値として用いる分には十分実用できる。表-1は、換算N値と $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$ の関係を岩盤分類別に示したものであるが、同表中に図-3に示す断面について $F \geq 2.0$ を得るために必要な $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$ , すなわち換算N値を安定計算式から逆算して求め、網掛けで示した。同表より、拡底基礎の適否がN値を基にして現場でリアルタイムで予測でき、その結果、必要に応じて拡底基礎の設計に必要な定数を得るための試験、室内試験用のサンプリング等を現地作業中に直ちに追加することも可能となる。特に、N値が僅かに不足して拡底基礎の適用ができないと判断される場合においては有効である。なお、拡幅掘削ができるような自立した地盤については、サンプリングの技術において問題は少ない。

表-1 換算N値と $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$ の関係早見表例 [図-2に示すモデルケースの場合]

岩種	換算N値と $\gamma$ , $\phi$ , $c$ の関係式	単位	換算N値 (打撃回数/貫入長 cm)					
			30	37	100	107	115	300
			(30/30)	(37/30)	(50/15)	(50/14)	(50/13)	(50/5)
第三紀砂岩	$\gamma = (1.214 + 0.350 \cdot \log N) \times 9.807$	kN/m <sup>3</sup> {tf/m <sup>3</sup> }	17.0 {1.7}	17.3 {1.8}	18.8 {1.9}	18.9 {1.9}	19.0 {1.9}	20.4 {2.1}
	$\phi = 1.394 + 16.005 \cdot \log N$	° [度]	25.0	26.5	33.4	33.9	34.4	41.0
	$C = (10^{[0.011 + 0.444 \cdot \log N]}) \times 9.807$	kN/m <sup>2</sup> {tf/m <sup>2</sup> }	45.5 {4.6}	50.0 {5.1}	77.7 {7.9}	80.1 {8.2}	82.7 {8.4}	126.6 {12.9}
泥岩	$\gamma = (1.259 + 0.307 \cdot \log N) \times 9.807$	kN/m <sup>3</sup> {tf/m <sup>3</sup> }	16.8 {1.7}	17.1 {1.7}	18.4 {1.9}	18.5 {1.9}	18.6 {1.9}	19.8 {2.0}
	$\phi = 0.547 + 9.109 \cdot \log N$	° [度]	14.0	14.8	18.8	19.0	19.3	23.1
	$C = (10^{[-0.059 + 0.841 \cdot \log N]}) \times 9.807$	kN/m <sup>2</sup> {tf/m <sup>2</sup> }	149.5 {15.2}	178.4 {18.2}	411.6 {42.0}	435.7 {44.4}	463.0 {47.2}	1037.0 {105.7}
凝灰岩	$\gamma = (0.788 + 0.657 \cdot \log N) \times 9.807$	kN/m <sup>3</sup> {tf/m <sup>3</sup> }	17.2 {1.8}	17.8 {1.8}	20.6 {2.1}	20.8 {2.1}	21.0 {2.1}	23.7 {2.4}
	$\phi = 20.509 + 3.029 \cdot \log N$	° [度]	25.0	25.3	26.6	26.7	26.8	28.0
	$C = (10^{[0.161 + 0.510 \cdot \log N]}) \times 9.807$	kN/m <sup>2</sup> {tf/m <sup>2</sup> }	80.5 {8.2}	89.6 {9.1}	148.8 {15.2}	154.0 {15.7}	159.8 {16.3}	260.5 {26.6}
第三紀礫岩 (砂礫)	$\gamma = (1.623 + 0.253 \cdot \log N) \times 9.807$	kN/m <sup>3</sup> {tf/m <sup>3</sup> }	19.6 {2.0}	19.8 {2.0}	20.9 {2.1}	21.0 {2.1}	21.0 {2.1}	22.1 {2.2}
	$\phi = 23.904 + 5.525 \cdot \log N$	° [度]	32.1	32.6	35.0	35.1	35.3	37.6
	$C = (10^{[-0.132 + 0.414 \cdot \log N]}) \times 9.807$	kN/m <sup>2</sup> {tf/m <sup>2</sup> }	29.6 {3.0}	32.3 {3.3}	48.7 {5.0}	50.1 {5.1}	51.6 {5.3}	76.7 {7.8}
非割れ目系 非深成岩類 (花崗岩・マサ等)	$\gamma = (1.563 + 0.270 \cdot \log N) \times 9.807$	kN/m <sup>3</sup> {tf/m <sup>3</sup> }	19.2 {2.0}	19.5 {2.0}	20.6 {2.1}	20.7 {2.1}	20.8 {2.1}	21.9 {2.2}
	$\phi = 27.775 + 6.493 \cdot \log N$	° [度]	37.4	38.0	40.8	41.0	41.2	43.9
	$C = (10^{[0.107 + 0.361 \cdot \log N]}) \times 9.807$	kN/m <sup>2</sup> {tf/m <sup>2</sup> }	42.8 {4.4}	46.2 {4.7}	66.1 {6.7}	67.8 {6.9}	69.6 {7.1}	98.3 {10.0}

4. おわりに

構造物の建設に先立って地質調査を実施する場合は、いかに精度よく地層の分布状態を把握し、最適な室内試験や原位置試験方法を選択して目的に合致した精度の高い結果を得るかが課題となり、さらに個々の結果を総合的に判断して設計定数を定め、最終的には精度の高い設計地盤モデルを作成することが重要である。本発表では、山岳鉄塔の基礎地盤調査を例として、限定された時間と費用の中で設計に必要な項目を合理的・効率的に入手する方法を紹介した。今後は、データの蓄積により表-1の精度を高めるとともに、基礎の規模が限定された他の構造物についても同様な適用を図っていきたいと考える。

《参考文献》

- 1) 土質工学会編：傾斜地と構造物，pp74~81，1990.12 (※ 一部加筆して引用)