

送電用鉄塔深礎基礎の周面摩擦に関する研究

九州産業大学 正会員 石堂 稔 学生員 崎間 隆 学生員○崩口信介
九州電力(株) 正会員 江藤芳武

1. はじめに

送電用鉄塔深礎基礎の引揚げ抵抗力は、基礎体の自重および基礎体と地盤の周面摩擦力の合力で設計されている。しかしながら、周面摩擦力を直接現地で求める調査がなされた例は、費用、工期の面で困難なことから非常に少ない。このため、アンカー杭引抜き試験等から得られた結果を基に、推察された安全側の数値を使用しているのが現状である。そこで、本研究は、周面摩擦力を定量的に把握するため、室内試験および模型引抜き試験を行ったものである。

2. 使用材料、試験項目および試験方法

試験に用いた材料は、福岡市近郊より採取した比重が2.64、自然含水比14.7%のまき土で、その粒度分布を図-1に示す。室内試験および模型引抜き試験の項目を表-1に示すが、このうち、室内試験とは、安定処理地盤の強度試験と室内要素試験のことである。安定処理地盤の強度試験では、地盤そのものの一面せん断試験(供試体寸法:直径10cm、高さ4cm)により、粘着力(c)を求めた。室内要素試験は、地盤の上にモルタルを打設し、その接触面で一面せん断試験(供試体寸法は安定処理地盤の強度試験と同じ)を行い、地盤とモルタルの接触面での摩擦抵抗力(τ_{ra})を求めるものである。なお、両試験とも地盤の目標一軸圧縮強さを1, 5, 10, 20, 50 kgf/cm²の5種類について行った。模型引抜き試験は、直径11.6cm、長さ80cmの基礎体(実規模の約1/20のスケール)を試験土槽内の中央部に設置し、荷重制御で試験を行った(図-2参照)。模型引抜き試験での地盤の目標一軸圧縮強さは、5, 10, 20 kgf/cm²の3ケースとした。なお、各試験とも目標とする地盤強さを確認するため、一軸圧縮試験を行った。

3. 試験結果

前述の諸試験より得られた地盤の粘着力、地盤とモルタルの摩擦抵抗、ならびに模型引抜き試験における地盤と模型基礎体の周面摩擦抵抗を表-2に示す。このうち、模型引抜き試験における周面摩擦抵抗は、地盤の破壊形状(試験終了後、基礎体を完全に引抜いて観察した)も考慮し、数ケースについて

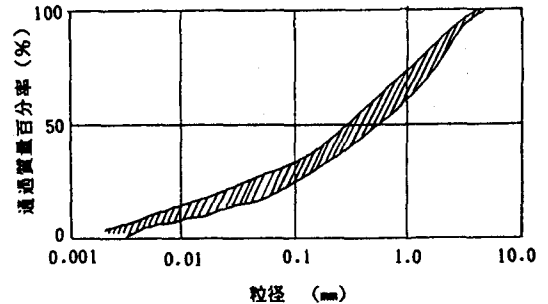


図-1 材料の粒度曲線

表-1 試験項目と数量

目標一軸 圧縮強さ (kgf/cm ²)	安定処理地盤の 強度試験		周面摩擦に関する試験			
	一軸圧縮 試験	一面せん断 試験	室内要素試験 一軸圧縮 試験	室内要素試験 一面せん断 試験	模型引抜き試験 一軸圧縮 試験	模型引抜き試験 引抜き 試験
1	4	6	4	5	-	-
5	4	6	4	6	14	1
10	4	6	4	6	16	1
20	4	6	4	6	22	1
50	4	5	4	6	-	-

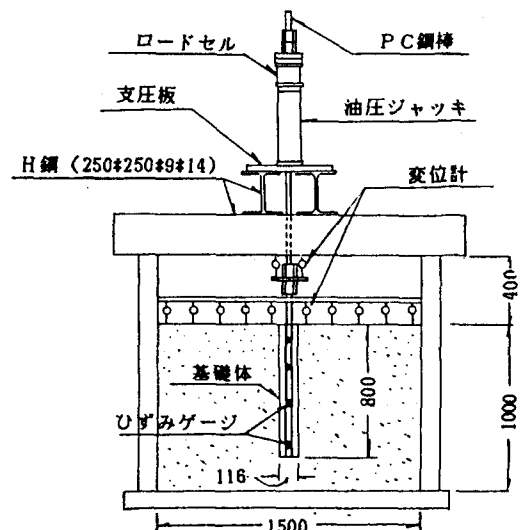


図-2 試験土槽および試験装置

検討を行い総合評価した値を採用している。なお、表-2には、各試験時の目標一軸圧縮強さに対応する実際の一軸圧縮強さも示しているが、各試験とも目標値をほぼ満足しており、試験結果を総合的に比較・検討していくうえで支障はないと判断した。

図-3は、横軸に安定処理地盤の強度試験で求めた粘着力（ c ）を、縦軸に室内要素試験で求めた摩擦抵抗（ τ_{r0}' ）を示している。これより、地盤の一軸圧縮強さが小さい範囲（ $q_u < 10 \text{ kgf/cm}^2$ ）では、粘着力より摩擦抵抗の方が大きな値を示し、それ以上一軸圧縮強さが大きくなれば粘着力の方が大きくなっていることがわかる。地盤の一軸圧縮強さが小さい範囲で $c < \tau_{r0}'$ になる原因の一つとしては、室内要素試験用の供試体を作製した際、地盤側にモルタルのセメント含有水がしみ込み、地盤とモルタルの接触面付近のセメンテーションが大きくなったためと考えられる。

図-4は一軸圧縮強さに対する粘着力、摩擦抵抗および模型引抜き試験から求まる周面摩擦抵抗（ τ_F ）の関係を

示しているが、一軸圧縮強さが 5 kgf/cm^2 程度以下では、室内試験と模型引抜き試験の値はほぼ同等の値を示し、一軸圧縮強さが、それ以上になると室内試験に対し約2~3倍も模型引抜き試験結果の方が大きくなっている。このようになる原因は、ダイレイタンスーの考え方により次のように説明できるのではないであろうか。まず、室内試験の場合では、せん断中にダイレイタンスーが発生するが一面せん断試験機のせん断箱は上下方向には拘束されていないため、供試体が自由に膨張できる。しかしながら、模型引抜き試験の場合は、ダイレイタンスーが発生し地盤は膨張しようとするが、試験土槽の側壁の拘束により膨張が抑制され、ひずみが発生し、その結果応力となって基礎体周面にかかる。よって、ダイレイタンスーによる応力が、引抜き荷重を増大させていると考えられ、模型引抜き試験結果が室内試験結果より大きくなったのであろう。

なお、今回の模型引抜き試験の基礎体は削孔径 116mm で設置したが試験終了後に基礎体の直径を実測したところ $125 \sim 143 \text{ mm}$ と最大で約23%も大きくなっており、試験地盤によっては削孔径で周面摩擦抵抗を評価すると、かなり過大評価になることがわかった。

4. まとめ

鉄塔基礎基礎の設計において、以上の研究結果より室内試験の結果をもって、地盤と基礎体の周面摩擦抵抗を定量的に評価することができるとのではないかという結論が得られた。しかしながら、この結果には地盤のゆるみ、クリープ等の影響は考慮しておらず、今後はそのような影響を考慮して解析・検討していく必要があると思われる。

表-2 周面摩擦抵抗総括表

目標一軸圧縮強さ (kgf/cm^2)	安定処理地盤の強度試験			周面摩擦抵抗に関する試験					
	一軸圧縮強さ (kgf/cm^2)		粘着力 (kgf/cm^2)	室内要素試験			模型引抜き試験		
	破壊時	引抜き時		一軸圧縮強さ (kgf/cm^2)	摩擦抵抗 (kgf/cm^2)	粘着力 (kgf/cm^2)	一軸圧縮強さ (kgf/cm^2)	周面摩擦抵抗 (kgf/cm^2)	粘着力 (kgf/cm^2)
1	1.2	1.2	1.0	1.0	1.3	1.3	—	—	—
5	5.4	1.5	2.1	4.7	2.0	3.3	4.0	2.3	3.4
10	11.5	2.3	2.7	10.9	3.2	3.8	10.0	5.7	8.0
20	23.0	6.2	6.1	22.6	4.8	6.0	21.0	11.5	17.0
50	49.9	—	14.1	50.4	—	9.8	—	—	—

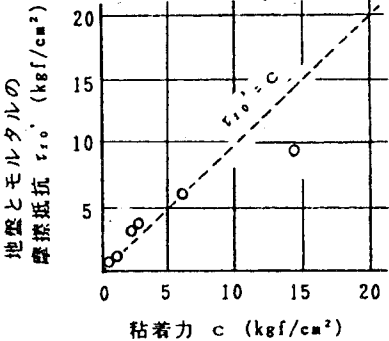


図-3 c と τ_{r0}' の関係

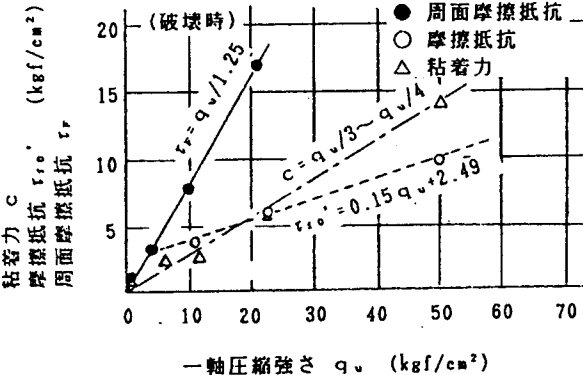


図-4 一軸圧縮強さと摩擦抵抗の関係