

送電鉄塔拡底基礎の三次元模型引揚げ実験について

九州産業大学 正会員 石堂 稔 学生員〇知念吉松
九州電力(株) 正会員 中村駿平 正会員 秋花芳一

1. まえがき 九州電力(株)管内の主要送電幹線鉄塔で採用されている鉄塔基礎は、逆T字型基礎、深礎基礎、杭基礎が主である。このうち、逆T字型基礎は、施工が比較的簡単で経済的にも優れていることから、主要送電幹線の鉄塔基礎において全体の80%を占め、最も一般的に用いられているものである。鉄塔基礎の特徴的なことは、架線の角度、風、着雪等により基礎体に引揚げ力が作用するため、引揚げ支持力を考慮して設計することであり、引揚げ力や引揚げ支持力によって基礎体の形状が決まる場合も多い。したがって、基礎体の引揚げ支持力の一部に周辺地盤のせん断抵抗力を見込むことができれば基礎体の規模が小さくでき、より経済的な施工が可能になる。そこで、現在では基礎体引揚げ時の支持力として地盤のせん断抵抗力を期待するために、この逆T字型基礎底板の一部を周辺地盤内に拡幅した円形床板基礎(以下「拡底基礎」と呼ぶ)が考慮されるようになり、今後建設予定である大型送電用鉄塔のうち逆T字型基礎を設置する地点では、この拡底基礎を採用する方向にある。今回の研究は、この拡底基礎の引揚げ力に対する支持力機構を明らかにするために、室内三次元模型による拡底基礎の引揚げ実験を行い、拡底幅と地盤の破壊形態及び引揚げ耐力との関連性について検討を行った。以下にその結果について報告する。

2. 実験方法 図-1に実験装置を示す。模型基礎は、実規模の約1/10を考えて直径40cmの鋼製の円形床板とし、根入れ深さは40cm、50cmとした。実験地盤に用いたまき土は、比重2.65、自然含水比16~18%で、その粒度分布を図-2に示す。表-1に実験項目一覧を示す。拡底部の大きさは、図-3に示すように、円形床板の全面積に対する拡底部の面積比 α で表し、この α を0~60%(拡底幅 $k=0\sim7.5$ cm)まで変化させた。地盤の物性値については、ケース1は原地盤の変形係数 E_1 (一軸圧縮試験による E_{50})を40kgf/cm²、ケース2はその約半分の25kgf/cm²とした。また、埋戻し地盤の変形係数 E_0 は原地盤の変形係数 E_1 の半分($E_0/E_1=0.5$)の場合を基本とし、さらに埋戻し部分が空の状態の場合($E_0/E_1=0$)と原地盤と同じ場合($E_0/E_1=1$)でも実施した。次に、地表面から床板面までの根入れ深さ D_f' は、床板直径 D と同じ40cm($D_f'/D=1.0$)と50cm($D_f'/D=1.25$)とした。載荷は荷重制御で行い、実験後に原地盤を掘削して地盤の破壊形態を観察した。

3. 実験結果 破壊形態からみた拡底効果: 模型地盤の破壊形態は、図-4に示すような ㊶原地盤内に対数線形的にせん断破壊面が生じたもの(対数線形的破壊) ㊷拡底部近傍のみに破壊面が生じたもの(局部破壊) ㊸原地盤と埋戻し地盤の境界面に破壊面が生じたもの(直上せん断破壊)の3つに分類された。全ケースの破壊形態を

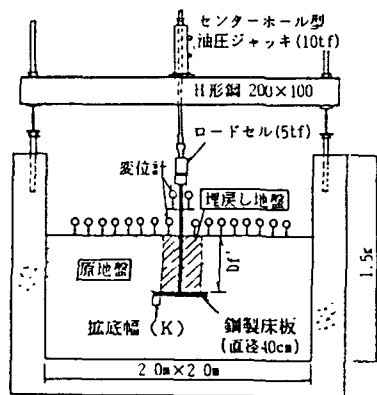


図-1 実験装置

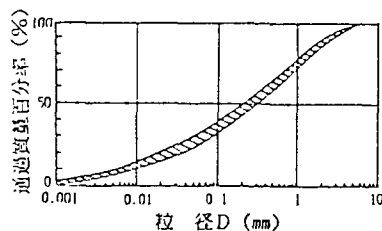


図-2 粒度分布

表-1 実験項目

	$D_f'(\text{cm})$ $\alpha(\%)$	40					50
		0	10	20	40	60	20
ケース1	0	-	⑥	⑦	⑧	-	-
	0.5	①	②	③	④	⑤	⑩
	1.0	-	⑨	-	-	-	-
ケース2	0.5	-	-	-	⑪	-	-

注) ①内の数字は実験番号を示す

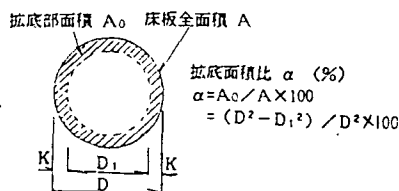


図-3 拡底面積比の説明

表-2に示す。まず、ケース1において $Df'=40\text{cm}$ ($Df'/D=1.0$)、 $E_0/E_1=0.5$ の場合には $\alpha=0\%$ (①) は直上せん断破壊、 $\alpha=10\%$ (②) は局部破壊を示し、 $\alpha=20\%$ 以上 (③④⑤) になると対数ラ線破壊を示す。しかし、 $Df'=50\text{cm}$ ($Df'/D=1.25$) と根入れが深くなると、 $\alpha=20\%$ (⑩) で局部破壊を示すようになる。一方、 $Df'=40\text{cm}$ 、 $E_0/E_1=0$ では $\alpha=40\%$ (⑥) で対数ラ線破壊を示し、 $E_0/E_1=1$ では $\alpha=10\%$ (⑨) で対数ラ線破壊を示す。なお、ケース2の原地盤の強度が小さい場合も $\alpha=40\%$ (⑩) で対数ラ線破壊を示す。

引揚げ耐力からみた拡底効果：図-5に降伏荷重 P_y 及び破壊荷重 P_u から基礎体と床板直上部の土重を合わせた重量 (ΔW)

を差し引いた値 ($P_{y0}=P_y-\Delta W$ 、 $P_{u0}=P_u-\Delta W$) と拡底面積比 α の関係を示す。まず、 $E_0/E_1=0.5$ の結果を見ると、 P_{y0} は $\alpha=0\sim20\%$ では α の増加に伴い大きくなるが、 $\alpha=20\%$ 以上になるとほぼ一定の値となる。 P_{u0} についても多少のばらつきがあるものの P_{y0} と同様 $\alpha=20\%$ 以上になると一定の値となり、この $\alpha=20\%$ 以上の時に対数ラ線破壊面が生じた。次に、 $E_0/E_1=0$ の結果をみると、 $\alpha=10\sim40\%$ の範囲で P_{y0} 及び P_{u0} はともに増加し、 $\alpha=40\%$ で対数ラ線破壊を生じた。なお、 $\alpha=40\%$ の P_{y0} 、 P_{u0} を $E_0/E_1=0.5$ において同じ対数ラ線破壊を生じた ③④⑤と比較すると大きな値となっているが、これは、③の原地盤の密度が他の実験ケースより若干大きかったことに起因すると思われる。これらより、 $E_0/E_1=0$ では $\alpha=40\%$ 以上に拡底部を大きくすると対数ラ線破壊が生じ、 P_{y0} 、 P_{u0} は $E_0/E_1=0.5$ とほぼ同じ大きさで一定の値を示すと考えられる。更に、 $\alpha=10\%$ においては $E_0/E_1=1.0$ と埋戻し地盤を原地盤と同じ物性に締固めると対数ラ線破壊を生じ、 P_{y0} 及び P_{u0} とも $E_0/E_1=0.5$ 、 $E_0/E_1=0$ に比べて大きく

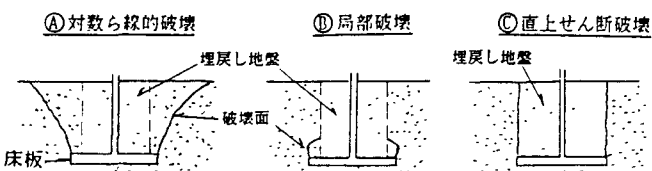


図-4 地盤の破壊形態

表-2 破壊形態一覧表

	$Df'(\text{cm})$	E_0/E_1	$\alpha(\%)$				
			0	10	20	40	60
ケース1	40	0	—	(B)	(B)	(A)	—
	40	0.5	(C)	(B)	(A)	(A)	(B)
	40	1.0	—	(A)	—	—	—
ケース2	40	0.5	—	—	—	(A)	—
	50	0.5	—	—	—	(A)	—

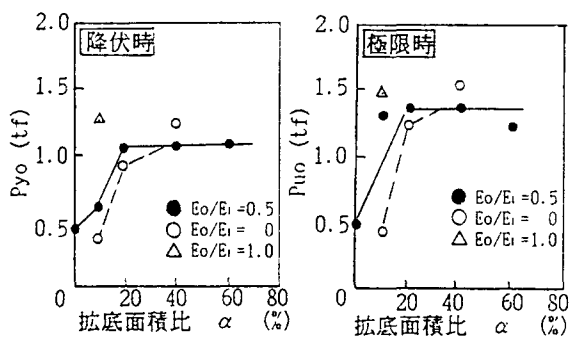


図-5 引揚げ耐力と拡底面積比

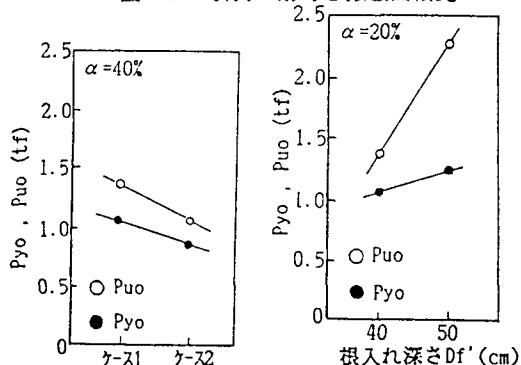


図-6 原地盤の影響

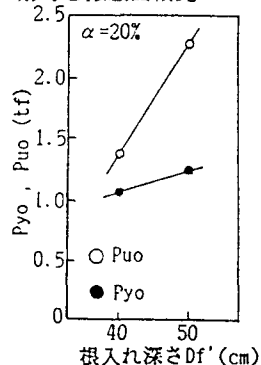


図-7 根入れ深さの影響

なっている。次に、図-6に $\alpha=40\%$ においてケース1 (④)とケース2 (⑩)で原地盤の物性の違いが引揚げ耐力に与える影響を示す。図より、④及び⑩ともに対数ラ線破壊が生じているものの原地盤の強度が小さくなると P_{y0} 、 P_{u0} はともに約8割に低下することがわかる。最後に、根入れ深さの影響 (③と⑩の比較) を図-7に示す。図より根入れ深さが40cmから50cmに深くなると破壊形態は対数ラ線破壊から局部破壊となるものの耐力としては大きくなることがわかり、特に破壊荷重は約1.5倍になっている。

4 まとめ 以上の結果より、今回行った約1/10の模型レベルでは、 $\alpha=40\%$ 程度の拡底部を設ければ対数ラ線破壊面が生じ、最大の引揚げ耐力が発揮されることがわかった。また地盤の破壊形態は、原地盤及び埋戻し地盤の変形係数や根入れ深さの影響を受けることが明らかになった。