

III-327

不飽和土の強度の推定誤差が信頼性設計結果に与える影響

名古屋大学工学部
(株) 熊谷組

正員 ○ 正垣孝晴・松尾 稔
正員 西岡吉弘

1. はじめに

一面せん断試験は、乱さない試料採取が困難な不飽和土の強度係数 (c, ϕ) を知る方法として実務では最も汎用的な土質試験法である。著者らは、先に一面せん断試験の問題点を整理し、現在まだ解明の進んでいないそのうちのいくつかの事項を取り上げ、その実態を定性的・定量的に検討した¹⁾。これらの要因に起因する c, ϕ の差が、実際の設計結果にいかなる差を生ずるかを概念的にでも把握しておくことは、試験法の相違や個人差によらず合理的な設計結果を得るための適正な調査法開発のために必須である。

本報告は、このような観点から先の報告¹⁾で取り上げた3つの検討事項のうち、一面せん断試験と円板引抜き試験による強度係数の差が、送電用鉄塔基礎(逆T型基礎)の信頼性設計結果に与える影響を検討する。なお、ここで事例解析の対象として送電用鉄塔基礎の信頼性設計を取り上げる理由は、仕様や設計外力、費用の見積等の設計条件が、明示された研究成果²⁾があるためである。

2. 送電用鉄塔基礎の信頼性設計の方法

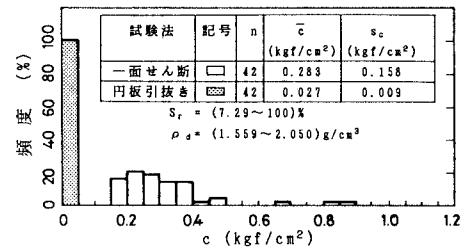
平地に建設される送電用鉄塔基礎の信頼性設計の手法は過去²⁾に提案している。本報告の事例研究の目的は、両試験法による c, ϕ の差が設計結果に与える影響を相対的に明らかにすることである。したがって、送電用鉄塔の仕様や設計外力、費用の見積り、また、便益や現在価値の算定等は文献 2)と同様にする。数値計算では根入れ深さ D_f をパラメータとして基礎幅 B に対する現在価値 PV を計算し、 $PV(\max)$ を与える B を最適設計結果とした。

3. 送電用鉄塔基礎の信頼性設計結果

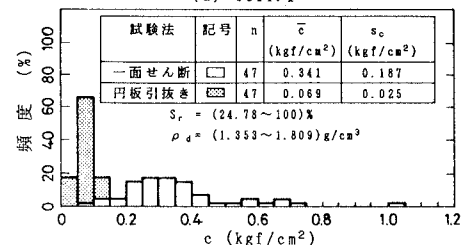
図-1¹⁾は、各供試土に対し、同じ S_r, ρ_d の条件下で実施した円板引抜き試験と一面せん断試験から得た c のヒストグラムである。図中には両者の統計量も併せて示しているが、供試土によらず $\bar{c}$ と c の標準偏差 s_c ともに、一面せん断試験の方がはるかに大きな値を与えている。表-1は、JEC-127³⁾に従って採用した設計値と設計結果である。Soil. 1, 2, 3は締固め度が高くせん断時の拘束の影響が大きな供試土である。このような場合、一面せん断試験では過大な c を与えることが分

表-1 土質調査方法が異なる場合の最適設計結果

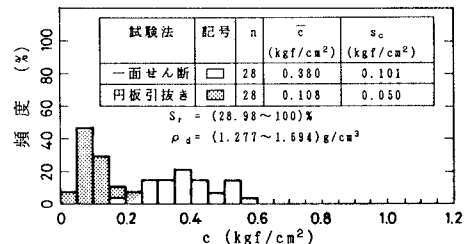
soil	円板引抜き試験					一面せん断試験/1.5					工 学 入 力 値				
	$\bar{c}, s_c$ kgf/cm ²	B m	D_f m	PV 10 ⁶ 円	T	$\bar{c}, s_c$ kgf/cm ²	B m	D_f m	PV 10 ⁶ 円	T	$\bar{c}, s_c$ kgf/cm ²	B m	D_f m	PV 10 ⁶ 円	T
soil. 1	$\bar{c}=0.03$	4.5	5.0	5.12	33	$\bar{c}=0.19$	4.0	5.0	5.56	37	$\bar{c}=0$	5.0	5.0	4.94	31
	$s_c=0.01$	4.0	5.5	5.75	34	$s_c=0.06$	3.5	5.5	5.71	38	$s_c=0$	4.5	5.5	5.08	32
		4.0	6.0	5.32	34		3.0	6.0	5.87	40		4.0	6.0	5.23	34
		3.5	6.5	5.48	36		3.0	6.5	5.85	40		3.5	6.5	5.30	35
soil. 2	$\bar{c}=0.07$	4.5	5.0	4.97	32	$\bar{c}=0.23$	4.0	5.0	5.47	36	$\bar{c}=0$	5.0	5.0	4.64	30
	$s_c=0.02$	4.5	5.5	5.11	33	$s_c=0.07$	3.5	5.5	5.62	37	$s_c=0$	5.0	5.5	4.77	30
		4.0	6.0	5.31	34		3.5	6.0	5.66	37		4.5	6.0	4.92	31
		4.0	6.5	5.37	35		3.0	6.5	5.83	39		4.5	6.5	5.06	32
soil. 3	$\bar{c}=0.11$	5.0	5.0	4.77	30	$\bar{c}=0.25$	4.5	5.0	5.21	33	$\bar{c}=0.25$	5.0	5.0	4.70	30
	$s_c=0.03$	4.5	5.5	4.85	31	$s_c=0.08$	4.0	5.5	5.31	35	$s_c=0.08$	5.0	5.5	4.77	30
		4.5	6.0	4.96	31		4.0	6.0	5.35	35	$\phi=0$	4.5	6.0	4.82	31
		4.0	6.5	5.07	33		3.5	6.5	5.52	36	$s_\phi=0$	4.5	6.5	4.87	31



(a) soil. 1



(b) soil. 2



(c) soil. 3

図-1 粘着力のヒストグラム¹⁾

かっている¹⁾。したがってここでは、円板引抜き試験が土の実状に最も近い値を与える試験法であるという立場に立ち、円板引抜き試験、(一面せん断試験/1.5)³⁾、工学入力値(工学的判断に基づいて決定した設計入力値)のそれぞれを設計値とした場合の設計結果を検討する。

表-1からは次の2つの結論が得られる。

① (一面せん断試験/1.5)の設計値を用いた設計結果は、円板引抜き試験の場合のそれに較べてBを(0.5~1.0)m程度小さく見積る。また、PVは供試土によらず、T年で1基あたり4500万円程度過大評価することになる。その結果、(一面せん断試験/1.5)の設計値は危険側の設計結果を与える。

② 工学入力値を設計値とした場合の設計結果は、円板引抜き試験のそれに較べてBを(0~0.5)m程度大きく見積り、PVはT年で1基あたり平均で1600万円(Soil. 1), 3400万円(Soil. 2), 1200万円(Soil. 3)過小評価する。その結果、工学入力値は過大設計になる。

図-2は、Soil. 1の3つの設計値を用いて $D_f = 6.5\text{m}$ の場合のBとPVの関係を示したものである。設計値として大きなcを採用するほどPVは大きくなり、逆にBは小さくなっている。送電用鉄塔の高さや基礎の形状

は、鉄塔が敷設される地形や地盤条件によって異なってくるのは当然である。今、平均的なものとして、文献 2)に示す鉄塔を考え、送電線の総延長100kmに286基の鉄塔を敷設した場合のPVの差を概算すると、例えばSoil. 2の場合では、T年間で128億7000万円/286基も過大評価し、工学入力値では97億2400万円/286基も過小評価することになる。本設計法では、BとT年間で同時に決定されることになる。最適耐用期間は老朽化関数の影響を受けるが、表-1のT年=(30~40)年は従来の研究成果²⁾とほぼ同様の値である。

4. おわりに

ここで対象とした送電用鉄塔基礎の信頼性設計では、送電用鉄塔という全体の設計システムが大きいため、要因として取り上げた強度係数の差が極めて大きなPVの差となっている。このような設計問題では、特に土のc, ϕ を的確に知ることが、合理的な設計結果を得るための基本であることが分かる。なお、ここでいう設計結果とは、調査・設計計算式・施工の三者を含めた設計法に加え、例えば投資効果をも勘案した信頼性設計のように、全体を1つのシステムとしたときの設計結果を考えている。不飽和土の短期安定問題に関する総ての設計問題に、円板引抜き試験を適用することは困難であり、工学的に見て適切でない場合もある。先の報告¹⁾に述べたように、供試土の状態や設計対象によって各種のせん断試験法を使い分け、その試験結果を慎重に用いていくことが望まれる。

参考文献

- 1) 松尾稔・正垣孝晴：一面せん断試験の実務設計への適用に関する諸問題, 土と基礎, Vol. 36, No. 9, 1988.
- 2) 松尾稔・上野誠：構造物の耐用期間内に生起する外力の不確実性を考慮した信頼性設計法, 土木学会論文報告集, Vol. 289, pp. 89~98, 1979.
- 3) 電気学会編：送電用支持物設計標準(JEC-127), 電気規格調査会, pp. 136~146, 1979.

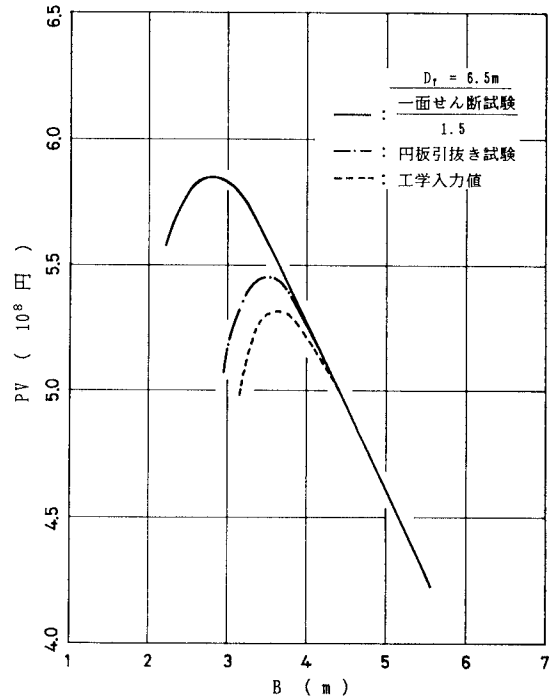


図-2 現在価値と基礎幅の関係(SOIL. 2)