

III-216

地中配電線防護管の応力・変形算定式の提案

(財)電力中央研究所 正会員 田中幸久 片岡哲之
 同上 正会員 小林精一 吉田保夫
 同上 正会員 池見元宣 国生剛治

1. はじめに 我国における配電線の地中化は、欧米の主要都市と比較して格段の遅れを示している。架空配電線は、都市化の進展に伴い消防活動に著しい支障を与えているとともに、災害時の電柱倒壊、電線断線は避難活動の障害となるものである。また、電柱は歩道を狭め歩行者、自転車、車椅子などの通行の妨げとなっており、交通安全の面及び都市の美観の面から多くの問題が指摘されている。こうした理由により、各方面から今後積極的に配電線の地中化を推進するよう要請されている。一方、現状技術で配電線地中化を行うと建設コストは架空線に比べてはるかに高いので、配電線地中化を一層推進するためには、建設コストを低下させることが重要となる。配電線地中化の建設コスト低減には、防護管の埋設深さを浅くすることが効果的である。そのためには、防護管の各種要因に対する安全性を保てる範囲内での浅層化限界を解明する一環として、防護管の輪荷重に対する安全性を簡便に評価できる算定式が必要となる。

本研究は、歩道下に埋設された配電線防護管の輪荷重に対する浅層化限界を解明するために行われた実規模載荷実験結果をもとに、管軸と直角な断面における地中配電線防護管の応力・変形算定式を提案したものである。

2. 提案する算定式の特徴 ここで提案する地中配電線防護管の応力・変形算定式の特徴を以下に箇条書きにして述べる。

① 輪荷重の載荷面の形状と荷重分布

浅層埋設された防護管の応力・変形を評価する場合、地盤内の鉛直応力を正確に評価することが重要である。浅層における地盤内応力は車輪荷重の大きさだけでなく、その接地面積、形状にも影響されるので特にその点を考慮した。車輪が地表面に接する面の形状としては20cm×50cmを基本として考え、荷重は等分布荷重であると仮定した。ただし、実際の設計計算では簡便のために、荷重の接地面積は、20cm×50cmの矩形と等しい面積を持つ円であると仮定した。両者による計算結果を比較したものが図1である。同一深度で比較した場合載荷面が円形の方がやや大きな鉛直応力となるが、両者の差は小さい。また、半無限均一弾性地盤に対する計算結果によれば、浅層埋設された管に対しては隣接する車輪による影響は無視し得るので、1つの車輪荷重のみを考えた。

② 管周辺の土圧分布について

輪荷重によって管に加わる外力の分布として仮定したものを図2に示す。管の上端に加わる土圧を $p_v/\sin \phi'$ として $2\phi'$ の扇形の部分にのみ加わるとしたのは、扇形の外側の部分では、 p_v によって管の表面に作

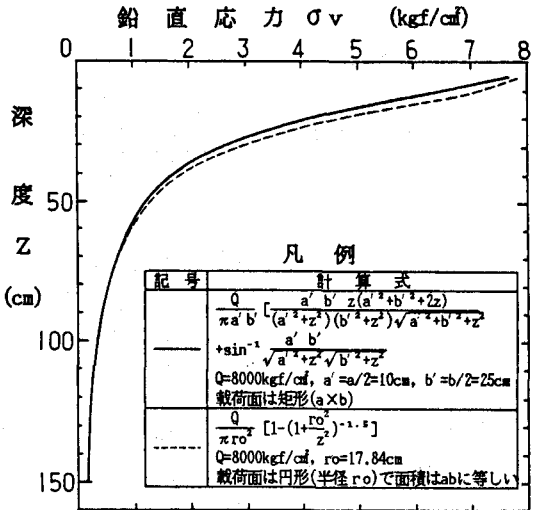
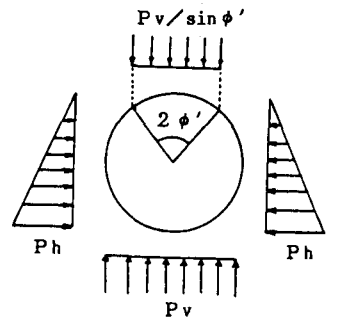


図1 載荷面の中心を通る鉛直軸上の鉛直応力の分布



ここで

$$P_h = \begin{cases} 0.003 E_s \left(\frac{P_v}{P_{vr}} \right) \frac{1}{1 + Df/Dfr} & \left(\frac{P_v}{P_{vr}} \leq 1 \right) \\ 0.003 E_s \sqrt{\frac{P_v}{P_{vr}}} \frac{1}{1 + Df/Dfr} & \left(\frac{P_v}{P_{vr}} > 1 \right) \end{cases}$$

$P_{vr}=0.5(\text{kgf/cm}^2)$, $Dfr=3(\%)$
 E_s : 埋戻し砂の $\sigma'_c=1(\text{kgf/cm}^2)$ における弾性係数
 H_1 : 路盤の厚さ (cm)
 Df : たわみ率 (%)

図2 輪荷重によって管に加わる外力の分布

用するせん断力と直応力の比が $\tan \phi'$ を越え、管表面ですべりを生じていると考えたためである。管の側方に作用する土圧 p_h を p_v 、 E_{s0} 、 D_f の関数としたのは、 p_h に及ぼす拘束圧、埋戻し砂の硬さ、管の変形量を考慮しようとしたためである。

③ アスファルト、砕石の剛性の考慮

歩道においては、埋戻し砂の上に砂よりも剛性の高いアスファルト、砕石の路盤があるため、その分だけ埋設管に加わる土圧は有利になる可能性がある。そこで、2層地盤を対象とした弾性論¹⁾を適用して、路盤の剛性と厚さが路床(埋戻し砂)内の鉛直応力に及ぼす影響を調べたものが図3である。図中の実線が弾性論¹⁾による計算結果である。ここでは簡単のために、図3中の実線を次式で近似することを考えた。

$$\sigma_v = \frac{Q}{\pi r_o^2} [1 - \{1 + r_o^2 / (Z - H_1 + H_1 (E_1/E_2)^{1/2})\}^{-1.5}] \quad (1)$$

ここで、 E_1 、 E_2 ：それぞれ路盤、路床の弾性係数； H_1 ：路盤の層厚； Z ：埋設深度； Q ：輪荷重； r_o ：20cm×50cmの矩形と等しい面積の円の半径 ($r_o = 17.84$ cm)； m ： H_1/r_o の関数であり、図4に示される。

(1) 式の計算結果を図3中の破線

で示す。なお、詳しい解析によれば、

(1) 式は $H_1/r_o \geq 1.7$ で $E_1/E_2 = 1 \sim 2.0$ 程度の範囲に適用性がある。 $H_1/r_o < 1.7$ の場合には、安全側を考慮して $E_1 = E_2$ とすることにした。

3. 室内・現場載荷試験結果との比較

載荷試験の詳細については、文献2)を参照されたい。

1) 偏平率について

管の偏平率に関して、室内および現場載荷試験の実測結果と計算結果を比較したものが図5である。試験結果と計算結果の対応は比較的よい。

2) 管頂の縁応力について

管頂の縁応力に関して、室内及び現場載荷試験の実測結果と計算結果を比較したものが図6である。計算値は実測値よりもいずれも大きな値となっている。

参考文献：1) Fox, L., Proc of 2nd ICSMFE, Vol.2, 1948, pp.236~246.

2) 配電線地中化土木建設合理化技術の開発、電力中央研究所総合報告、1987.出版予定

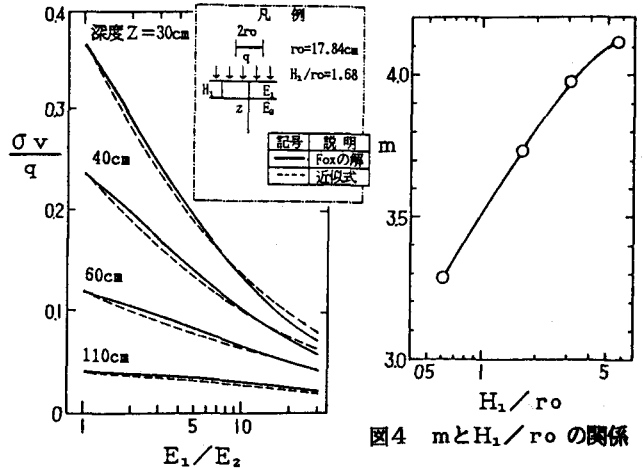
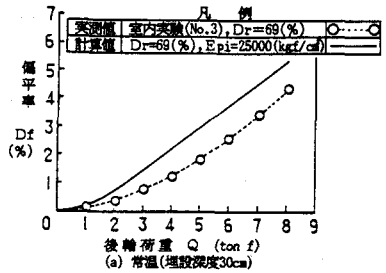
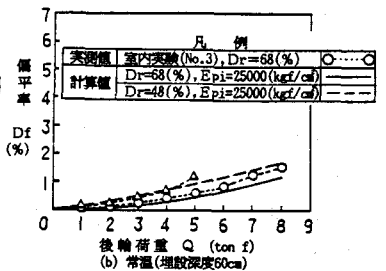


図3 厳密解と近似式の比較



(a) 常温(埋設深度30cm)



(b) 常温(埋設深度60cm)

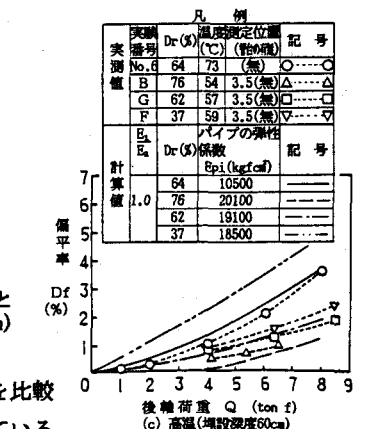


図5 偏平率に関する実測値と計算値の比較 (歩道 $H_1=11$ cm)

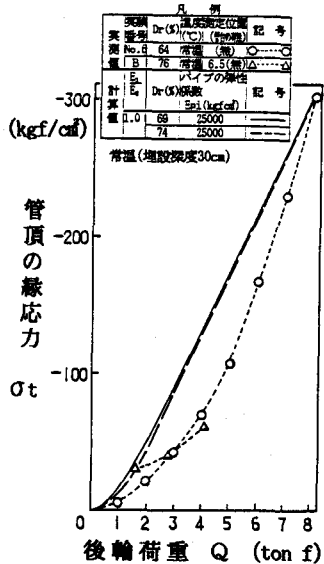


図6 管頂の縁応力に関する実測値と計算値の比較 (歩道 $H_1=11$ cm)