

Ⅲ-12 輪荷重が作用するときの埋設管の設計法の検討

阿南工業高等専門学校

正会員 吉村 洋

同 上

○学生会員 中村有佑

同 上

築山 優

1. まえがき

地中埋設管の現行の設計法は、Marston-Sangler理論¹⁾に基づいて構築されている。実際の埋設管の挙動は土と管との相互作用として決まるのに対して、この理論は古典的な極限釣合法に基づいており、また、多くの実態に合わない仮定を用いて組み立てられている。そのため、施工時に管の破損や過度なたわみを発生する事故が生じている。この問題の解決のため、東田ら²⁾は土と管の相互作用の観点に立脚した合理的な設計法を提案した。この提案設計法では、土と管自重が作用する場合に対する設計図表が構築されているが、地表面に作用する輪荷重の影響がまだ考慮されていない。今回、この提案設計法について、輪荷重が作用する場合への拡張を目的とし、盛土型で埋設される場合の管に対する検討を行ったので報告する。

2. FEM計算による検討

提案設計法の構築では、盛土型で埋設される場合の盛土幅Bは管外径Dの34/9倍であったが、輪荷重が作用したときの側方の境界条件の影響を調べるために、Bを34/9D～200/9Dまで変化させてFEM計算を行った。図-1に計算モデルを示す。FEM計算では文献2)と同様、管と地盤を等方弾性体とし、平面ひずみ条件で行った。計算では管の曲げ剛性 $S_p=0.1\text{kgf/cm}^2$ 、地盤の変形係数 $E_s=10\text{kgf/cm}^2$ とした。ここに $S_p=E_p \cdot t^3 / \{12(1-\nu_p^2) \cdot R^3\}$ であり、 E_p は管のヤング率、 $R=(D-t)/2$ は管厚中心半径、 t は管厚をそれぞれ表す。管の外径 $D=270\text{cm}$ とし、管のヤング率 E_p は $70,000\text{kgf/cm}^2$ 、単位体積重量 γ_p は 5.56gf/cm^3 とした。地盤の単位体積重量 γ は 1.65gf/cm^3 を与え、管のポアソン比 ν_p 、地盤のポアソン比 ν_s はそれぞれ0.3を与えた。境界条件は、地盤下端では水平方向変位、鉛直方向変位ともに拘束とし、地盤側方では水平方向変位を拘束、鉛直方向変位を自由の条件とした。管と地盤との境界にはジョイント要素を挿入し、垂直剛性 $k_n=1000\text{kgf/cm}^2$ 、せん断剛性 $k_s=0\text{kgf/cm}^2$ を与えた。土被り高 $H=1D$ 、 $2D$ の2通りに変化させ、管直上の地表面にT-20荷重に相当する $q=1.26\text{kgf/cm}^2$ を作用させた。

図-2は、FEM計算で得られた管の鉛直たわみ率 $\delta(=\Delta D/D)$ 、管の最大曲げモーメントMを盛土幅 $B/D=200/9$ のときを基準として示したものである。なお、 ΔD は管の鉛直たわみ量を示す。 δ およびMは、 $H=1D$ 、 $H=2D$ の場合とも、盛土幅 B/D が大きくなると一定値に収まっていく。盛土型で埋設される場合のFEM計算では、盛土幅 $B/D=10$ 以上にすれば、盛土幅が管のたわみや最大曲げモーメントに与える影響はほとんど無視できることがわかった。

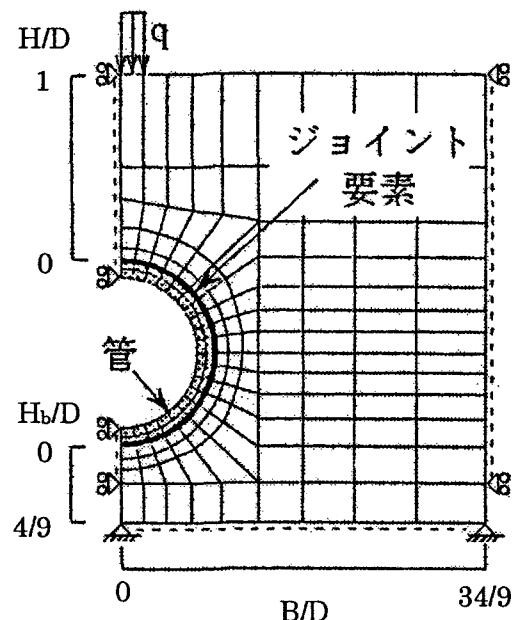
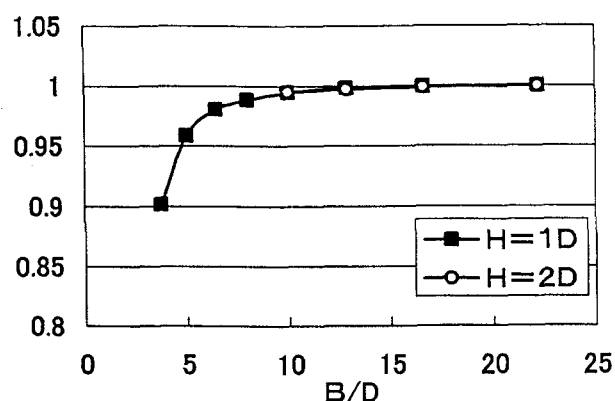
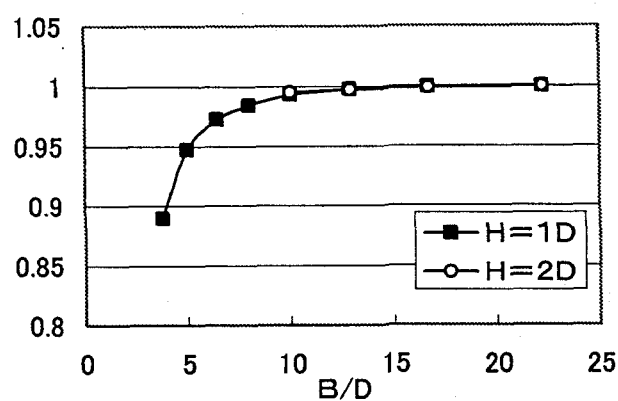


図-1 計算モデル ($H/D=1$, $B/D=34/9$ の場合)



(a) 鉛直たわみ率 δ の場合

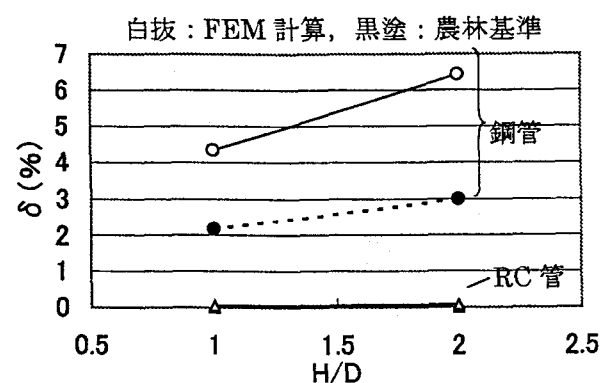


(b) 最大曲げモーメント M の場合

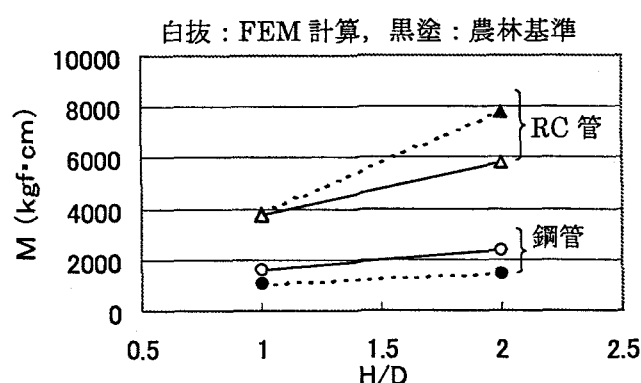
図-2 盛土幅Bを変化させたときのFEM計算の結果

3. FEM計算と現行設計法の比較

図-3は、FEM計算による結果と現行設計法を比較したものである。現行設計法は、日本の埋設管設計法の中で内容が最も充実しているという理由により、土地改良事業計画設計基準³⁾（以下、農林基準とよぶ）を選んだ。設計条件は、鋼管($D=270\text{cm}$, $t=2\text{cm}$)と遠心力鉄筋コンクリート($D=270\text{cm}$, $t=17.4\text{cm}$, 以下、RC管とよぶ)が、まさ土地盤($E_s=10\text{kgf/cm}^2$, $\gamma=1.65\text{gf/cm}^3$)に盛土型で、 $H=1D$ および $2D$ で埋設される場合を想定した。図-3(a)に示すように、 δ については、鋼管とRC管の場合ともFEM計算の結果が農林基準に比べて大きくなった。一方、図-3(b)に示すようにMはRC管では農林基準が大きくなったものの、鋼管ではFEM計算の結果が大きくなった。



(a) たわみ率 δ



(b) 最大曲げモーメント M

図-3 FEM計算と現行設計法の比較

4. あとがき

盛土型で管が埋設されるとき、土と管自重が作用する場合と同様に輪荷重が作用しても、現行設計法は過小な δ やMを与えることがわかった。今後、他の埋設方式の場合についても検討を行い、輪荷重が作用する場合の合理的埋設管の設計法の構築を実施したい。

参考文献：1) Spangler, M. G : Underground conduits—an appraisal of modern research, Trans. of ASCE, Vol. 113, pp. 316-374, 1948. 2) 東田 淳, 吉村 洋 : たわみ性埋設管の合理的設計法の提案, 土木学会論文集, No. 617/Ⅲ-46, pp. 51-72, 1999. 3) 農林水産省構造改善局 : 土地改良事業計画設計基準「パイプライン」基準書・技術書, 1999.