

Ⅲ-33 仮設矢板を用いて溝型埋設されるパイプの設計法

阿南高専 正会員 ○吉村 洋
同上 非会員 大高治樹
大阪市大 正会員 東田 淳

1. まえがき

現行の埋設管の現行設計法は、古典的な極限釣り合い法に基づいた Marston-Spangler 理論¹⁾をベースに構築されており、土と構造物の相互作用として決まる実際の埋設管の土中挙動を正しく捉えていない。したがって、実際の施工では種々の問題を生じており、とりわけ、日本で最も一般的に用いられる仮設矢板を用いた溝型で管が埋設される場合、仮設矢板の引き抜き後に管が破損するような重大な事故がしばしば発生している。この問題に対し、著者らは埋設管の挙動を土と構造物の相互作用問題として捉え、その実態の解明を行うとともに、実際の管挙動を反映させた合理的な設計法を提案した²⁾。今回、この合理的設計法の適用範囲を拡大させるため、掘削溝の幅を変化させたときの FEM 計算を行い、設計図表としてまとめた。

2. 計算モデル

計算は前報²⁾と同様、管と地盤を等方弾性体と仮定し、平面ひずみ条件で行った。図-1 は計算に用いた FEM 計算モデルである。管の外径 D は 270cm、管厚 t は 3.33cm または 7.08cm である。前報²⁾の計算モデルでは掘削溝の幅 (B_d) を実施工で通常採用される寸法として $B_d/D=1.44$ を採用したが、今回の計算では $B_d/D=1.67, 2, 2.5$ の 3 通りに変化させた。また、土被り高 H は $1D$ 、基盤までの距離 H_b は $0.44D$ とした。

管と地盤の材料特性は次のように与えた。管のヤング率 E_p は、 t が 3.33cm のときは管の曲げ剛性 S_p が 0.1kgf/cm^2 となるように $70,000\text{kgf/cm}^2$ を与え、 t が 7.08cm のときは S_p が $1\sim 100\text{kgf/cm}^2$ の範囲で 1 桁ずつ変化するように $70,000\sim 7,000,000\text{kgf/cm}^2$ の範囲で変化させた。ここに、 $S_p=E_p\cdot t^3/\{12(1-\nu_p^2)\cdot R\}$ で、 ν_p は管のポアソン比、 R ($= (D-t)/2$) は管厚中心半径をそれぞれ表す。管の ν_p と単位体積重量 γ_p は 0.3、 2.63gf/cm^3 とそれぞれ一定値を与えた。地盤の変形係数 E_s は $10\sim 90\text{kgf/cm}^2$ の範囲で 7 通りに変化させ、ポアソン比 ν_s は 0.3、土の単位体積重量 γ は 1.65gf/cm^3 を与えた。

地盤側方の境界条件は、仮設矢板の引き抜きが終わったときに矢板抜け跡が空洞となって残る状態を想定して、溝壁の位置で外力が働かず、かつ、鉛直と水平方向の変位を拘束しない空洞条件を与えた。地盤下端の境界条件は固定とした。管面の境界条件は、半径方向の剛性 k_n が $1,000\text{kgf/cm}^2$ 、接線方向の剛性 k_s がゼロのジョイント要素を管と土の境界に挿入して完全滑動の条件を与え、さらに、ジョイント要素の垂直応力が引張りとなった領域では k_n をゼロに置き直すことによって、管面と土の開口を考慮した。

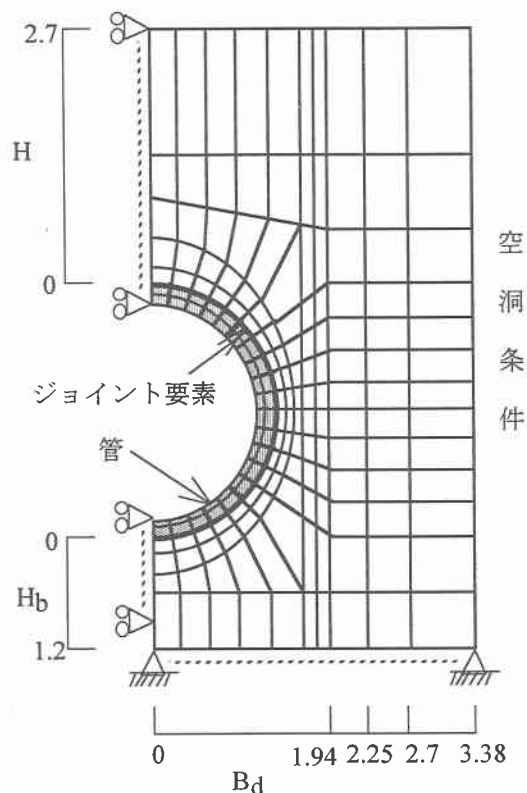


図-1 計算モデル (単位: m)

3. 設計図表

図-2 は FEM 計算で得られた管の鉛直たわみ率 δ

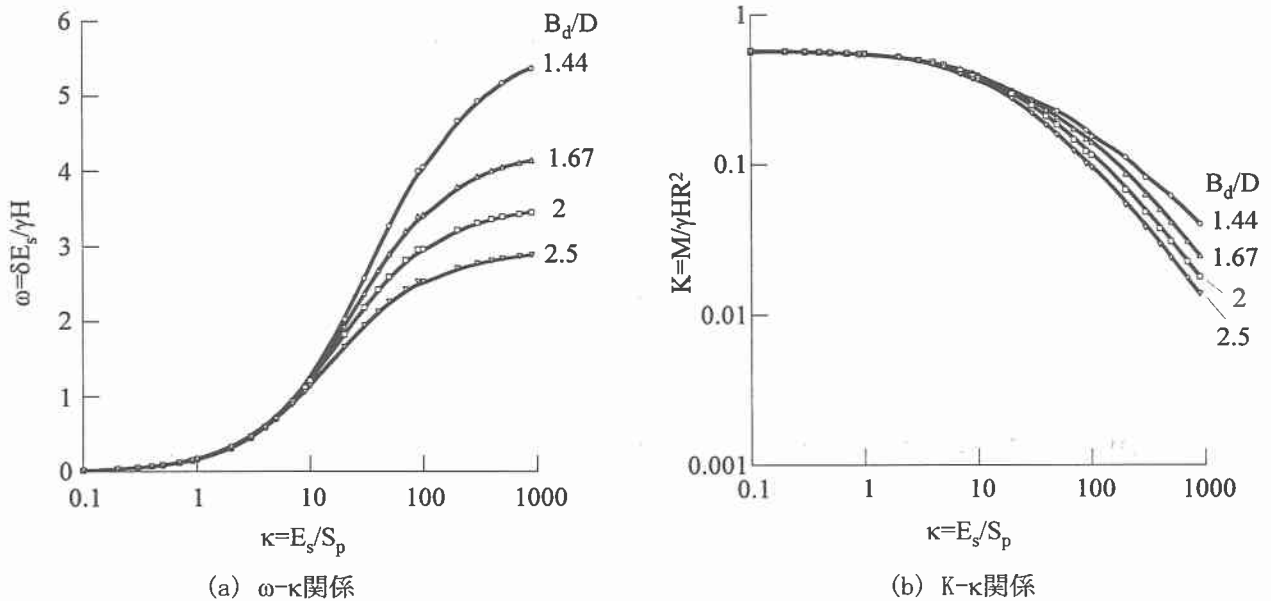


図-2 掘削溝の幅を変化させたときの埋設管の設計図表

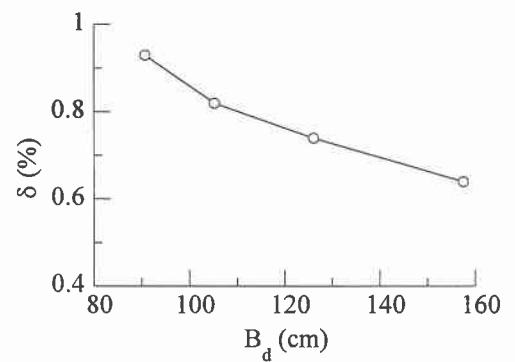
($=\Delta D/2R$, ΔD は管の鉛直たわみ量) と最大曲げモーメント M をそれぞれ $\omega=\delta E_s/\gamma H$, $K=M/\gamma H R^2$ として無次元化し, 土と管の相対剛性を表すたわみ性指数 $\kappa=E_s/S_p$ に対してプロットしたものである. 図中には $B_d/D=1.44$ の場合も併せて示した. この図から前報²⁾と同様, 多種多様な土と管が組み合わさったときの ω , K は κ によって一義的に表現できることがわかる. さらに, 図-2 の設計図表は $H=1D$ のときの D , B_d , H_b が相似な場合に適用できることを別に行った FEM 計算によって確認しており, 埋設管の設計図表として用いることができる.

埋設管の設計においては, E_s と S_p の比である κ から所定の B_d に対応する ω と K を読みとることによって, δ と M が求められる.

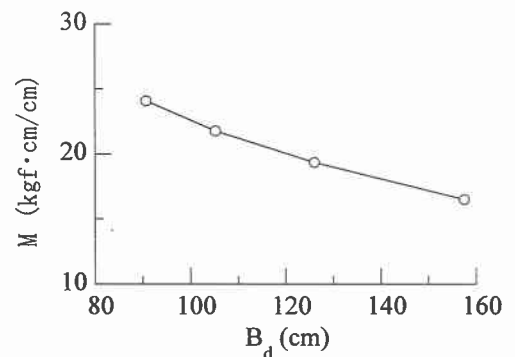
図-3 は, $D=63\text{cm}$, $t=1.92\text{cm}$ の硬質塩化ビニル管 ($E_p=30,000\text{kgf/cm}^2$, $\nu_p=0.38$) が $H=63\text{cm}$ の深さに $\gamma=1.8\text{gf/cm}^3$, $E_s=40\text{kgf/cm}^2$ の地盤に設置された場合を代表として, B_d と δ および M の関係を示したものである. 掘削溝の幅 B_d が大きくなると管の鉛直たわみ率 δ と最大曲げモーメント M は小さくなり, 管にとって安全側になっていく.

4. あとがき

掘削溝の幅が変化したときの埋設管の設計図表を構築した. 今後, 掘削溝幅とともに土被り高さを変えた場合や地表面に輪荷重が作用する場合などの設計図表を作成し, 提案設計法の適用範囲をさらに拡大していきたい.



(a) δ - B_d 関係



(b) M - B_d 関係

図-3 掘削溝の幅を変化させたときの δ , M

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.49-63, 1999.3.