

FEM 解析による矩形・馬蹄形埋設管の土中挙動の検討

阿南工業高専 正 吉村 洋
同 上 学○佐藤大輔
同 上 赤尾知洋
大阪市立大学 正 東田 淳

まえがき 東京や大阪などの都市部では下水道用埋設管の老朽化が進み、道路陥没や管内の閉塞がしばしば起こっている。今後、経年変化によって老朽した埋設管の損傷が進行することが予想される。そこで、老朽した下水道用埋設管のうち、矩形・馬蹄形の場合を対象とし、遠心模型実験、FEM 解析によって研究を始めた。本報では、矩形・馬蹄形埋設管に作用する土圧と管壁の曲げひずみについて、土の弾性定数を変化させた FEM 解析によって検討した結果について報告する。

解析方法 FEM 計算は、これまでに行った円形埋設管の場合¹⁾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, 2 に FEM 計算モデルを示す。FEM 計算モデルは、模型管の対称性を考慮して半断面のモデルとした。管、地盤には 8 節点のアイソパラメトリック要素を用い、管と地盤の境界には 6 節点のジョイント要素を挿入した。管要素のヤング率 E_p とポアソン比 ν_p は、模型管の材質である硬質アルミニウムの値をとり、 $E_p=7.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\nu_p=0.33$ を与え、管の単位体積重量 γ_p は模型管の重量を均等に割り振り、 $\gamma_p=3.7 \text{ gf/cm}^3$ を与えた。また、管要素の厚さ t は、模型管と同じ $t=3.3 \text{ mm}$ を 2 層とし、20 分割とした。

今回の FEM 解析では、地盤の弾性定数(変形係数 E_s 、ポアソン比 ν_s)が変化させたときの管に働く土圧、管壁の曲げひずみの変化を調べるため、地盤の変形係数 $E_s=50 \sim 200 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_s=0.2 \sim 0.4$ とそれぞれ変えた。地盤の単位体積重量は $\gamma_s=1.55 \text{ gf/cm}^3$ を与えた。

管面の境界条件は、ジョイント要素によって開口とすべりを表現した。ジョイント要素の垂直剛性 k_n とせん断剛性 k_s は、これまでの埋設管に対する FEM 解析で用いた $k_n=1000 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $k_s=3 \text{ kgf/cm}^2$ とした。地盤側方の境界では、 $y=22.5 \text{ cm}$ の位置で K_0 条件

($u_y=0, F_x=0$) を、地盤下端の境界では $x=0 \text{ cm}$ の位置で固定条件($u_y=0, u_x=0$)をそれぞれ与えた。ここに u と F は境界における節点変位と節点力を表し、サブスクリプトの x と y は、それぞれ鉛直、水平方向を表している。FEM 計算では、管要素と地盤要素に 30 倍の加速度を与えた。

解析結果 図-3～6 は矩形埋設管・馬蹄形埋設管で地盤の E_s 、 ν_s をそれぞれ変化させたときの垂直土圧 σ (管の内側向きが正) と管壁の曲げひずみ ϵ_M (内側引張を正) の解析結果を示したものである。なお、せん断土圧 τ は σ と比べて非常に小さかったので、ここでは σ のみを示している。まず、図-3 に示すように地盤の E_s を大

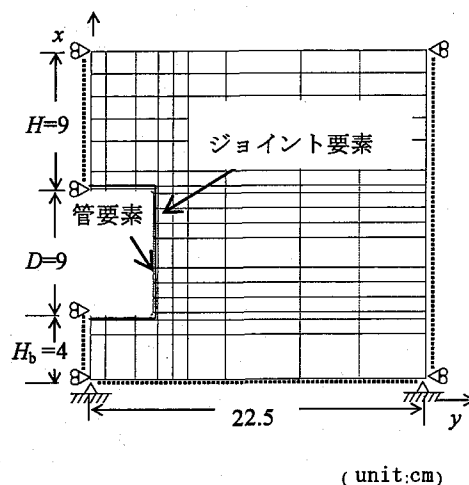


図-1 矩形埋設管の計算モデル

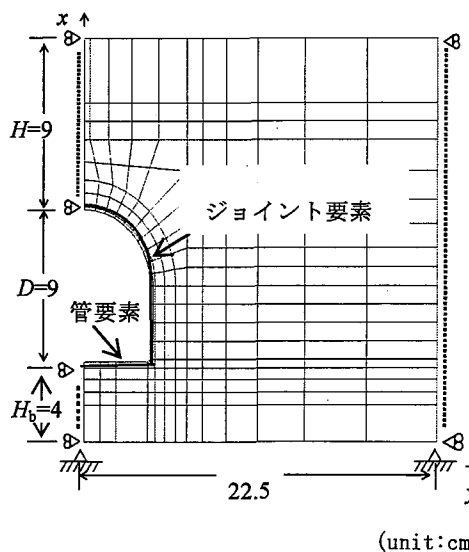


図-2 馬蹄形埋設管の計算モデル

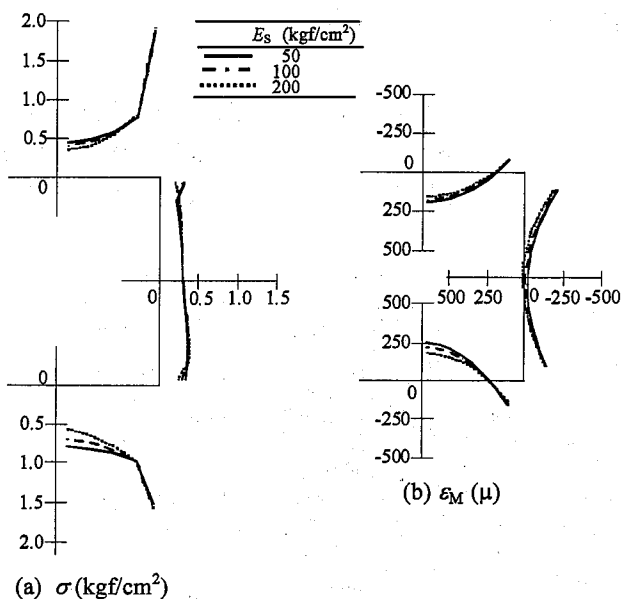


図-3 矩形埋設管の場合で E_s を変化させたときの σ と ϵ_M

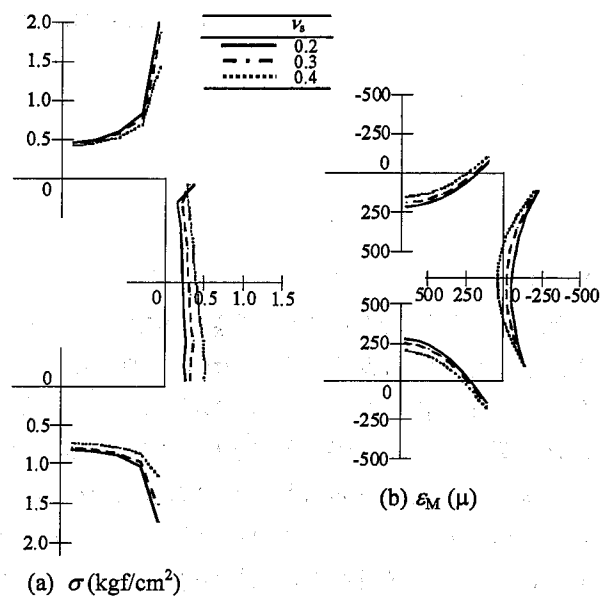


図-4 矩形埋設管の場合で ν_s を変化させたときの σ と ϵ_M

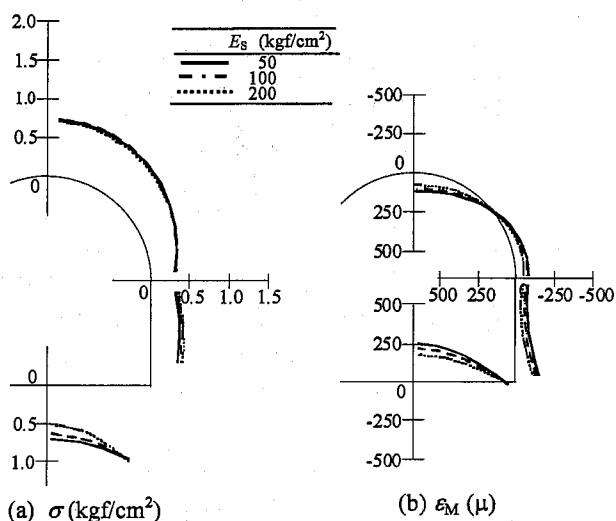


図-5 馬蹄形埋設管の場合で E_s を変化させたときの σ と ϵ_M

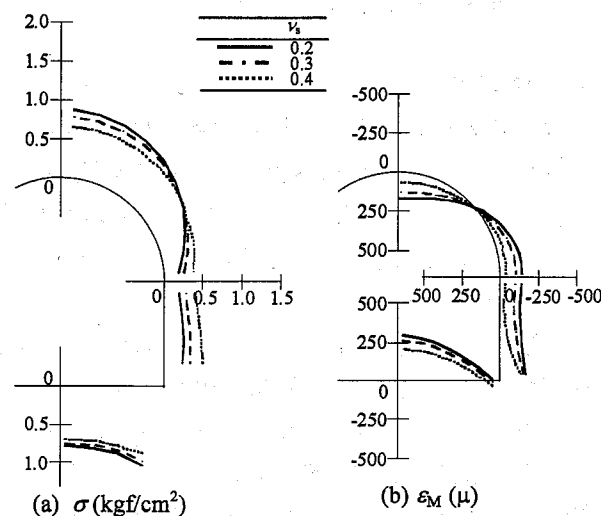


図-6 馬蹄形埋設管の場合で ν_s を変化させたときの σ と ϵ_M

きくすると、上床版および下床版では、端部の σ はあまり変化しないが、中央部の σ は小さくなる。この土圧変化に伴って、上床版および下床版の中央部での ϵ_M も小さくなる。 ν_s を大きくすると（図-4）、側版部に働く σ が全体的に大きくなり、等方的な土圧分布に近づく。次に、馬蹄形埋設管の場合、図-5に示すように、 E_s を大きくしても、上半分のアーチ部分に作用する σ は全く変化がなく、下床版の中央部での σ は小さくなる。 ν_s を大きくすると（図-6）、馬蹄形埋設管に働く σ は等方的な分布に近くなり、 ϵ_M の値も減少する。

まとめ 土の弾性定数を変化させた FEM 解析を行い、矩形埋設管・馬蹄形埋設管に作用する土圧と管壁の曲げひずみについて検討した。その結果、地盤の E_s , ν_s が変化すると管に働く土圧と管壁の曲げひずみは大きく変化することがわかった。今後、矩形埋設管、馬蹄形埋設管の遠心模型実験に対する解析を行い、これらの土中挙動を解明していきたい。

参考文献 1) 吉村 洋, 東田 淳: 「たわみ性埋設管の遠心模型挙動に対する FEM 弾性解析」, 土木学会論文集 No.596/Ⅲ-43, pp.175-188, 1998.6.