

溝型埋設方式における掘削勾配が管挙動に与える影響

阿南工業高専 学○佐藤大輔
同 上 正 吉村 洋

まえがき 大規模な宅地造成地における下水道管の施工では、地盤をスロープカットして築造した溝に管を設置し、埋め戻す工法が一般に採用されている。この斜掘溝型埋設の場合、垂直な溝型の土圧算定式を準用した設計が行われており、管に働く土圧、変形挙動は明らかとはいえない¹⁻⁴⁾。本報では、掘削勾配を変化させ、たわみ性埋設管に作用する土圧と管壁の曲げひずみについてFEM解析を実施したので報告する。

解析方法 FEM解析では、掘削勾配が垂直なもの(以下、直掘とよぶ)、3分、5分の場合に対し、管に働く土圧、管壁に生じる曲げひずみの変化を調べた。FEM計算は、剛性の小さい管(外径 $D=2.7\text{m}$ 、管厚 $t=2.85\text{cm}$ 、管の弾性係数 $E_p=74\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu_p=0.33$ 、単位体積重量 $\gamma_p=87.7\text{kN/m}^3$)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にFEM計算モデルを示す。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、地盤と溝壁との間には6節点のジョイント要素を挿入した。地盤の変形係数は $E_s=2.5\text{MPa}$ 、ポアソン比は $\nu_s=0.35$ 、単位体積重量は $\gamma_s=15.5\text{kN/m}^3$ を与えた。

管面と溝壁面では、開口、すべり破壊、摩擦抵抗を表現するため、ジョイント要素を挿入した⁴⁾。管面の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⁵⁾で用いた $k_n=100\text{MPa}$ 、 $k_s=0.3\text{MPa}$ とした。溝壁面の k_n は管面のものと同じとし、 k_s は溝壁と地盤との摩擦角の実測値を用いて算出し、 $k_s=0.7\text{MPa}$ を与えた。管面、溝壁面とも文献4)に示した判定条件が収束するまで計算を繰り返した。

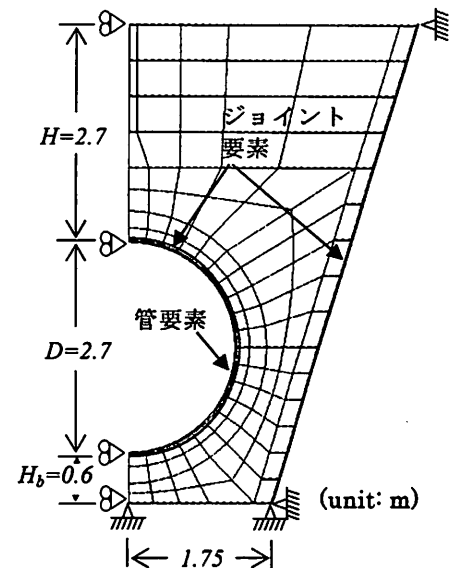


図-1 FEM計算モデル(3分勾配の場合)

解析結果 図-2、3は溝壁の勾配を変化させた場合の垂直土圧 σ とせん断土圧 τ 、管壁の曲げひずみ ε_M について示したものである。

σ と τ は管中心向き、管下向き、 ε_M は内側引張をそれぞれ正として表している。まず、図-2に示すように溝壁の勾配が大きくなると、 σ は全体的に大きくなるが、 τ はほとんど変化がない。溝壁の勾配が大きくなれば、管と溝壁との間の距離が大きくなり、 σ も全体的に大きくなる。次に、図-3に示した ε_M

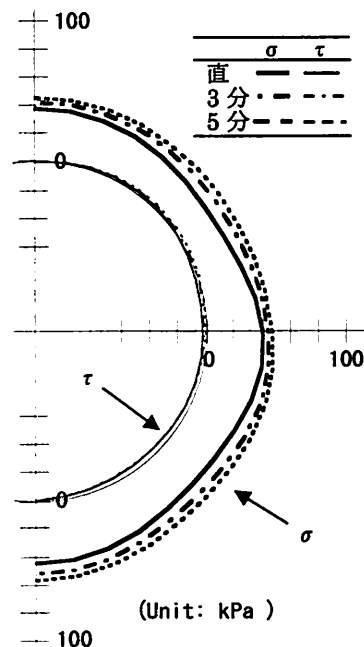


図-2 勾配を変えたときの σ 、 τ の変化

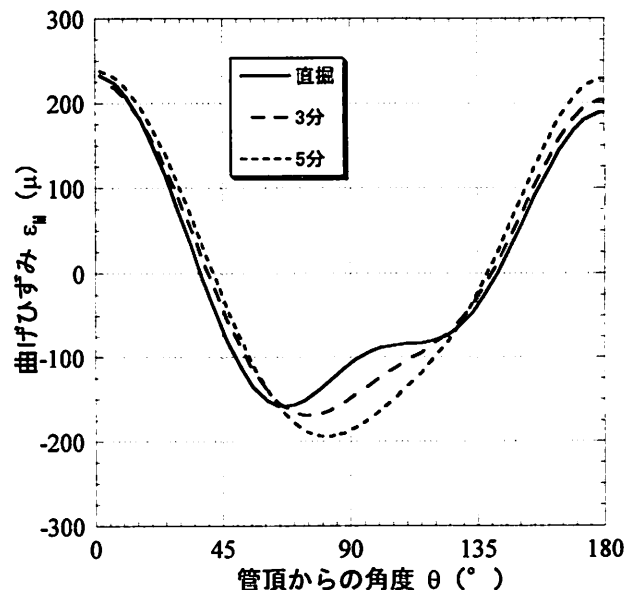


図-3 勾配を変えたときの ε_M 分布

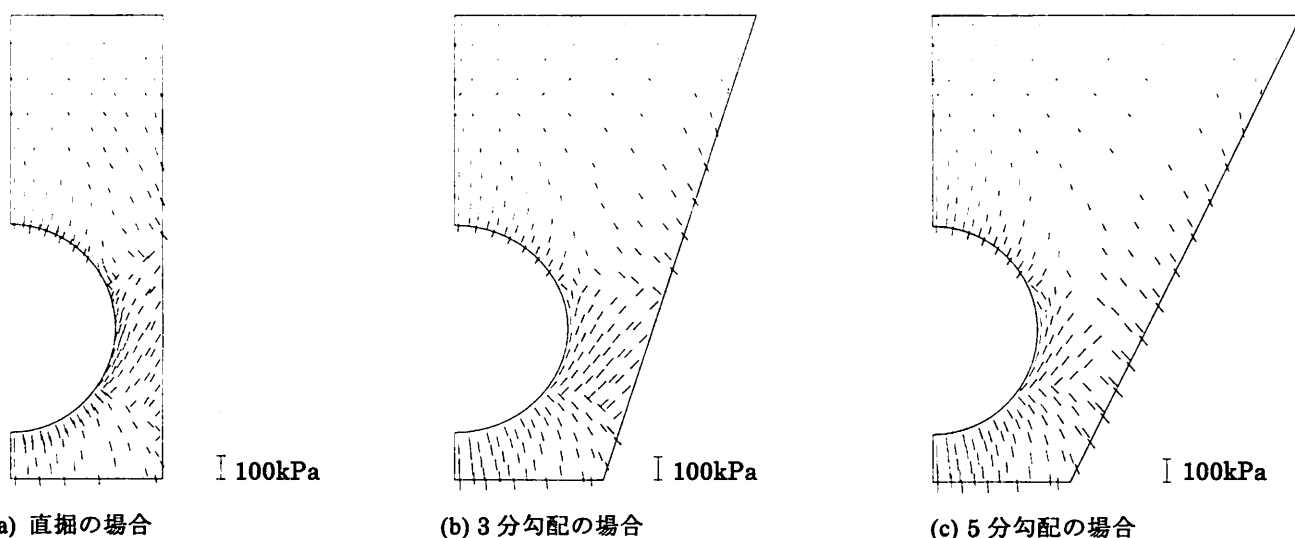


図-4 主応力の分布

は、直掘の場合に管側部 ($\theta=90^\circ$) 付近で減少する分布となっている。図-4 に直掘, 3 分勾配, 5 分勾配のときの主応力図を示す。これらの図から、管と溝壁の距離が近いほど管側部の主応力の向きが管方向に傾いており、管を水平方向から押し戻そうとする影響で ε_M が減少していると考えられる。そこで、溝壁の影響をもっとも受けやすい直掘の場合に対し、溝壁面の k_s を変化させて解析を行った (図-5, 6)。図-5 に示すように溝壁面の k_s が小さくなると、 σ は全体的に大きくなるが、 τ はほとんど変化しない。図-6 の ε_M 分布から、溝壁面の k_s が小さくなると、管側部の下側 ($\theta=110^\circ$) 付近の ε_M が増大する。この付近では、溝壁面の k_s が小さいほど、土の要素は下方に移動 (変形) しやすくなり、そのため管の変形量も増加し、 ε_M が増大するものと考えられる。

あとがき 掘削勾配とその条件を変化させた FEM 解析を行い、たわみ性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、溝壁面の k_s が σ と ε_M に影響を与えることが分かった。今後、3 分, 5 分勾配の場合に対しても同様の解析を実施し、斜掘溝形で埋設される管に作用する土圧と管壁の曲げひずみについて検討していきたい。

参考文献 1) 椿本他：斜掘り溝形で埋設される下水道管の土圧・変形挙動に関する遠心実験 (実験方法), 第 42 回地盤工学研究発表会, pp.1515-1516, 2007. 2) 西田他：斜掘り溝形で埋設される下水道管の土圧・変形挙動に関する遠心実験 (実験結果), 第 42 回地盤工学研究発表会, pp.1517-1518, 2007. 3) 島津他：斜掘り溝形で埋設される下水道管の土圧・変形挙動に関する遠心実験 (現行設計法との比較), 第 42 回地盤工学研究発表会, pp.1519-1520, 2007. 4) 吉村他：斜掘り溝形で埋設される下水道管の土圧・変形挙動に関する遠心実験 (弾性 FEM による解析), 第 42 回地盤工学研究発表会, pp.1521-1522, 2007. 5) 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.

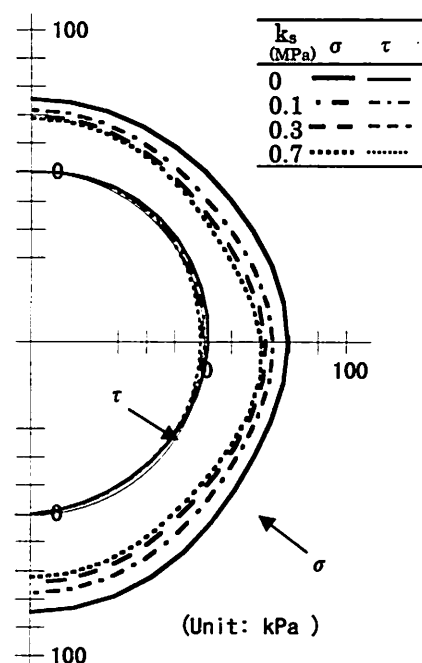


図-5 溝壁の k_s を変えたときの σ , τ の変化

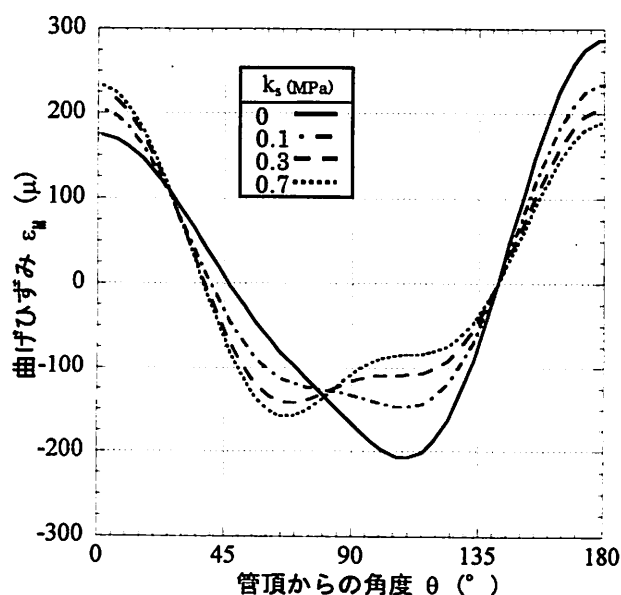


図-6 溝壁の k_s を変えたときの ε_M 分布