

日本大学 正会員 朱 偉
日本大学 正会員 山村和也

1.はじめに

地中埋設管としてたわみ性パイプは近年広く使用されている。特に管材料の多様化や大口径化が進み、各種パイプが用いられている。従来のたわみ性埋設管の設計法は埋設実験や現場実測データなどから経験的にまとめられ、小口径を対象とするものが多い。しかし、大口径管については埋設経験が少なくその適用性が不明である。本論文は設計における問題点のいくつかについて検討する。

2.たわみ性埋設管の設計法および問題点

たわみ性管の設計において、最も重要であるのはたわみ量の算出である。計算法にはSpanglerの方法(S法と呼ぶ)、「下水道用硬質塩化ビニール管道路埋設指針」に示した方法(B法と呼ぶ)などがある。S法は図-1(a)に示したような土圧分布による水平たわみ量 ΔX を式(1)~(5)より導いた。

$$\Delta X = 0.18 \frac{P_1 R^4}{EI} - 0.122 \frac{P_2 R^4}{EI} \dots (1)$$

$$P_2 = K \cdot \frac{\Delta X}{2} \dots (2)$$

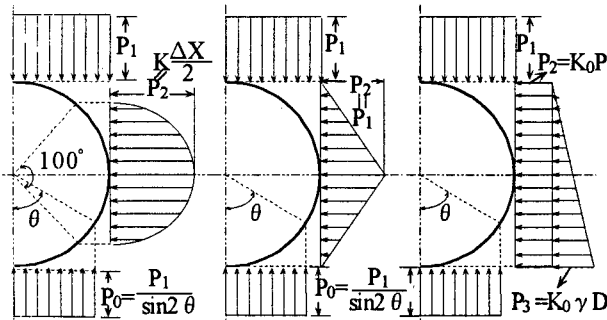
$$K = \frac{E_s}{2(1-\mu^2)RI_s} \dots (3)$$

$$E' = \frac{E_s}{2(1-\mu^2)} \dots (4)$$

$$\Delta X = \frac{0.18 P_1 R^4}{EI + 0.061 E' R^3} \dots (5)$$

記号一覧表

P_1 : 鉛直土圧
 P_2 : 水平土圧
 E : 管の弾性係数
 I : 断面2次モーメント
 R : 管の半径
 K : 地盤反力係数
 E' : 土の反力定数
 E_s : 土の弾性係数
 μ : 土のポアソン比
 I_s : 荷重影響係数



(a) S法の土圧分布 (b) B法の土圧分布 (c) 静止土圧分布

図-1 たわみ量の計算に用いる土圧の比較

S法は周辺地盤からの反力をたわみ量に反映させるため、地盤反力係数は周辺の土の性状に対応する値を用い、また、 $I_s=1$ と仮定している。

B法は図-1(b)のような土圧分布と $P_2=P_1$ の仮定のもとで鉛直たわみ量 ΔY を式(6)~(7)で求める。

$$\Delta Y = 0.1786 \frac{P_1 R^4}{EI} - 0.1085 \frac{P_2 R^4}{EI} \dots (6)$$

$$\Delta Y = 0.07 \frac{P_1 R^4}{EI} \dots (7)$$

二つの計算法を用い、呼び径600mmの管3種類(耐圧ポリエチレン管、硬質塩化ビニール管、強化プラスチック管、 $EI=8.99 \times 10^3, 1.77 \times 10^4, 3.24 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$)の試算結果を図-2に示す。S法の計算値は土の反力が小さいときは管の剛性にも左右されるが、土の反力が大きくなると反力のみが大きく影響する。B法は土の性状に関係なしに計算するため、たわみ量は管の剛性によって変わる。B法について $P_2=P_1$ の条件を満たすために周辺土はよく締固められ、 E' はある値以上であることが必要となる。この値について、Spangler法と同様な考え方で図-1(b)の三角形土圧分布を用い、 P_2 は水平たわみ量に関連付けて、式(2)より、 P_2 と P_1 の関係は式(8)、(9)で表せる。

$$\Delta X = 0.1782 \frac{P_1 R^4}{EI} - 0.1118 \frac{P_2 R^4}{EI} \dots (8)$$

$$P_2 = \frac{0.1782 E' R^3}{2EI + 0.1118 E' R^3} \cdot P_1 \dots (9)$$

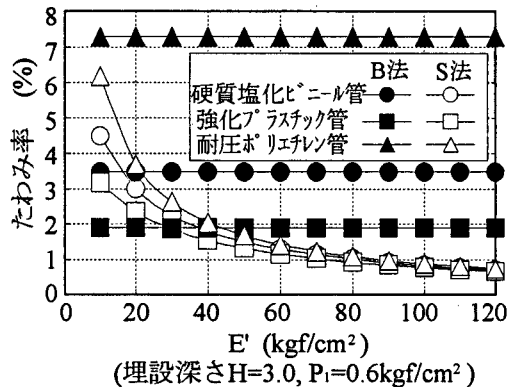


図-2 各方法の計算たわみ率の比較

キーワード: たわみ性管、設計法、地盤反力、大口径

連絡先: 〒275 習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL: 0474-74-2427 FAX: 0474-74-2449

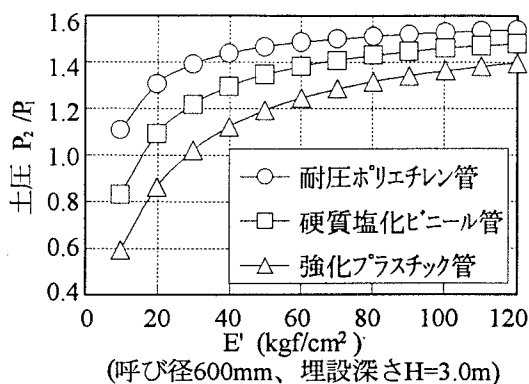


図-3 P_2 と P_1 の関係

3種類の管について式(9)を用いて P_2 と P_1 を比較した結果は図-3である。管の種類によって多少違うが、管の剛性が大きいほど $P_2=P_1$ の条件を満たすためには、埋め戻し土による反力が必要となる。そのため、B法を用いて設計する場合に、管周辺土の反力定数 E' が小さいと $P_2 < P_1$ になることがあり得るので、たわみ量は設計値より実際の方が大きくなってしまう。ゆえに、B法の計算式には土の定数が入っていないからといって、埋め戻しはいつでも良いということではない。材料の選択や締め固めを適切に行うことが必要である。

3. 大口径たわみ性管の設計および問題点

大口径管の埋設設計にS法、B法を適用する場合の安全性を検討してみる。たわみ量は水平反力によって大きく異なるので、静止土圧(図-1(c))が管に作用すると仮定してみる。静止土圧に基づくたわみ量の計算値は下式(K_0 法と呼ぶ)になる。

$$\Delta X = 0.178 \frac{P_1 R^4}{EI} - 0.167 \frac{P_2 R^4}{EI} - 0.083 \frac{P_3 R^4}{EI} \dots (10)$$

大口径埋設管の設計たわみ量を検討するために、B法、S法と K_0 法を用いて、呼び径3000mmの強化プラスチック管($EI=4.05 \times 10^6$ kgf・cm)について計算してみた。また、比較するために呼び径600mm強化プラスチック管($EI=3.24 \times 10^4$ kgf・cm)についても同じ計算を行う。その計算結果を図-4、図-5に示す。B法とS法の鉛直土圧は管頂部を基準に計算するため、管中心線上の鉛直土圧とは γR の差がある。管径の小さいとき、また管径が大きい、埋設深さも大きいときには、この差はたわみ量の計算値に大きな影響を与えない。図-4の計算たわみ量から、 E' の小さい場合を除けばB法とS法の計算たわみ量は K_0 法より小さく、静止土圧より大きな水平反力を

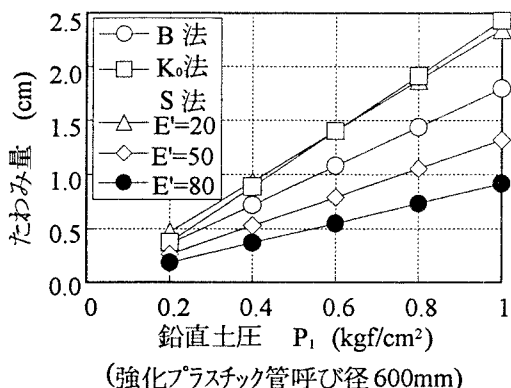


図-4 各方法計算した小口径管のたわみ量

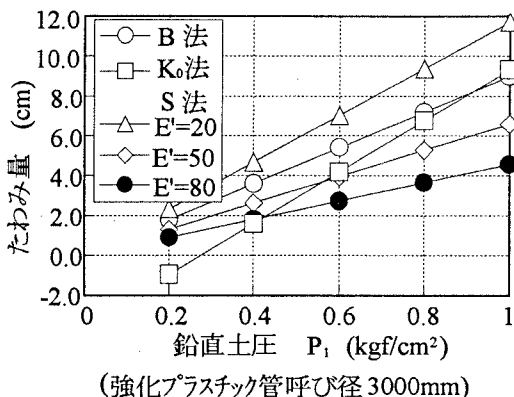


図-5 各方法で計算した大口径管のたわみ量

計算に取り入れていることが判る。ただし、管径が大きく埋設が浅い(図-5 $P_1=0.1$ kgf/cm²、 0.2 kgf/cm²)場合には、 γR が鉛直土圧に占める割合が大きくなり、B法とS法の計算たわみ量は K_0 法より大きくなる。管頂部の鉛直土圧を用いて計算するため、管の中心線にかかる水平土圧は静止土圧よりも小さい値になるためである。実際の施工においては静止土圧の作用も考えられるので、大口径管の埋設にB法とS法を適用する場合、静止土圧の影響についての検討も必要と思われる。

4. まとめ

- (1) B法によるたわみ量の計算式に土の定数が入っていないが、埋戻し土によって必要な反力が得られることが前提となる。
- (2) S法による計算たわみ量は土の反力に頼る部分が多く、土の反力係数 K 、また反力定数 E' を適切に決定することが重要である。
- (3) B法、S法を大口径に適用して計算されたたわみ量が同じ条件での小口径の計算値よりやや安全側にあることが言える。