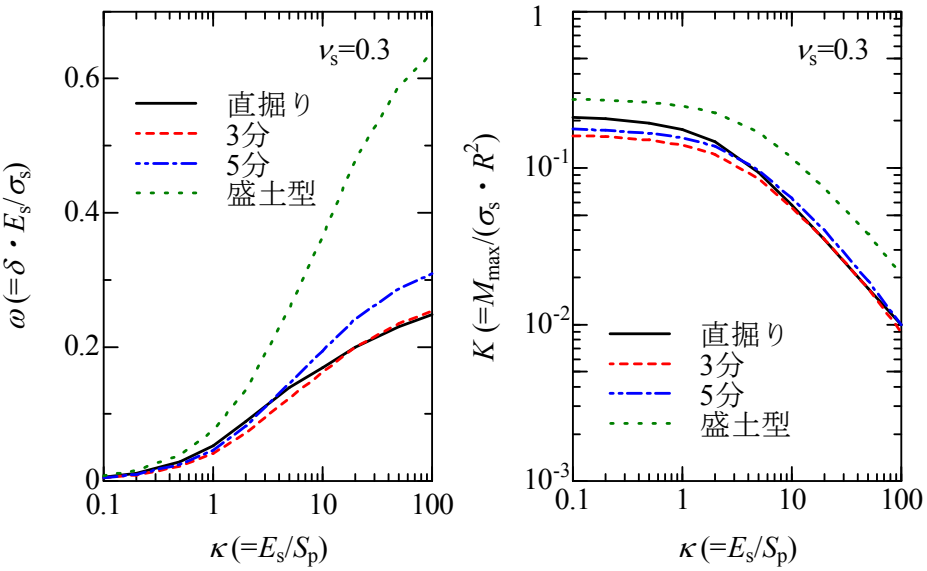
斜掘り溝型で設置される埋設管の活荷重載荷時の設計法

大成基礎設計　　島津 多賀夫・西田 博文　長野工業高等専門学校　○吉村 洋
大阪市立大学　　東田 淳・椿本 臨（現 積水化学工業）

まえがき　著者らは，斜掘り溝型方式で設置される埋設管の挙動を遠心実験[1)]と FEM 解析[2)]によって調べ，埋戻土自重によって生じる埋設管の鉛直たわみ率δと最大曲げモーメントM_{max}を予測する設計図表（図-1）を提案した[3)]．本報では，活荷重によって生じるδとM_{max}の増分（$\Delta\delta$とΔM_{max}）を予測する設計図表を提案する．なお，別報[4)]で活荷重載荷を対象とした遠心実験と FEM 解析，および現行設計法との比較を示したので併せて参照されたい．



（図中のσ_sは管側深度の土自重応力）

図-1　埋戻土自重用の設計図表(ν_s=0.3)[3)]

活荷重載荷時と地震時の危険度の判定　図-2 は，静的遠心実験の活荷重載荷時と動的遠心実験のレベル 2 相当強振動時に模型管（R 管と F 管）に生じた測定最大曲げひずみε_{Mmax}を，溝勾配，H/D（H：土被り高，D：管外径），および地盤条件を変えた場合について比較している．ε_{Mmax}は，地震時がごくわずかに危険側となるケースがみられるものの，大半は活荷重載荷時の方が大きいと見なせる．したがって，管の安全性照査は，活荷重載荷時を対象とすればよいと判断できる．

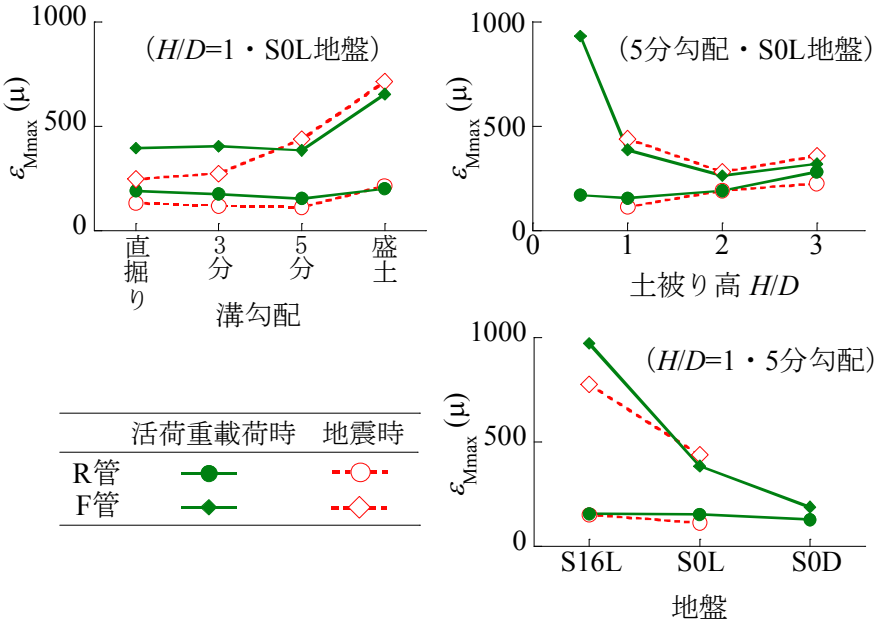


図-2　活荷重載荷時と地震時のε_{Mmax}の比較

設計計算用モデル　設計図表作成に用いた FE 計算モデルの例を図-3 に示す．溝勾配，地盤，管，管面および溝壁の入力方法は，著者らが土自重に対する設計図表を作成した場合[3)]と全く同じである．活荷重は，p=545kN/m^{2}の等分布荷重を管直上の地表面に接地幅 0.2m で与えた．この値は，T-25 車輌が一斉に管軸を直角方向に横断する状態を想定し，T-25 車輌の後輪荷重 100kN×2 輪×衝撃係数 1.5=300kN が車輌占有幅 2.75m×タ

キーワード　埋設管，斜掘り溝型埋設方式，活荷重，設計図表，遠心実験，弾性 FEM
連絡先　　〒113-0022　東京都文京区千駄木 3-43-3　島津 多賀夫　TEL: 03-5832-7195

イヤ接地幅 0.2m に等しく分布するものと仮定して求めている．

活荷重に対する設計図表　図-4 は，地盤材料のポアソン比ν_sが 0.3 の場合を例にとって，活荷重によって生じる鉛直たわみ率と最大曲げモーメントの増分$\Delta\delta$とΔM_{max}を予測する設計図表を示している．図中の 4 本のラインは，4 通りの溝勾配の場合を表す．図の縦軸と横軸に含まれるκ，$\Delta\omega$およびΔKは次式(1), (2), (3)で求める．これらの式において，$\Delta\sigma_t$以外の係数は土自重による設計図表の場合と同じである．

$$\kappa = E_s / S_p \qquad (1)$$

$$\Delta\omega = \Delta\delta \cdot E_s / \Delta\sigma_t \qquad (2)$$

$$\Delta K = \Delta M_{max} / (\Delta\sigma_t \cdot R^2) \qquad (3)$$

E_sとRはそれぞれ管側深度の土自重応力レベルにおける地盤材料の変形係数，および管厚中心半径である．また，$\Delta\sigma_t$は，図-3 に示した帯荷重pが作用した場合に，Boussinesq 式によって求めた管頂深度の鉛直応力の増分である．なお，図-4 を作成するに当って，あらかじめS_p, E_s, および土被り高Hの異なる値を組み合わせた計算を行い，ν_sが同じであれば，$\Delta\omega$とΔKがκに対して一義的に定まることを確認している．

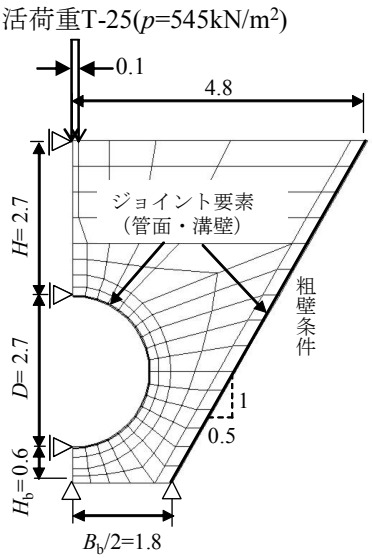


図-3　設計用計算モデル
(5 分勾配, unit: m)

設計図表の用い方　$\Delta\delta$とΔM_{max}の具体的な求め方を示す．まず，地盤材料のν_sとE_sを文献[3]を参照して定める．次に，与えられた管の曲げ剛性S_pから$\kappa = E_s/S_p$を計算する．そして，設計図表から対応する溝勾配のラインを選び，このラインとκの交点の縦軸の値として$\Delta\omega$とΔKを読み取る．最後に，これらの$\Delta\omega$とΔKならびに$\Delta\sigma_t$, E_s, Rを次式(4), (5)に代入して，活荷重載荷による増分$\Delta\delta$とΔM_{max}を算定する．

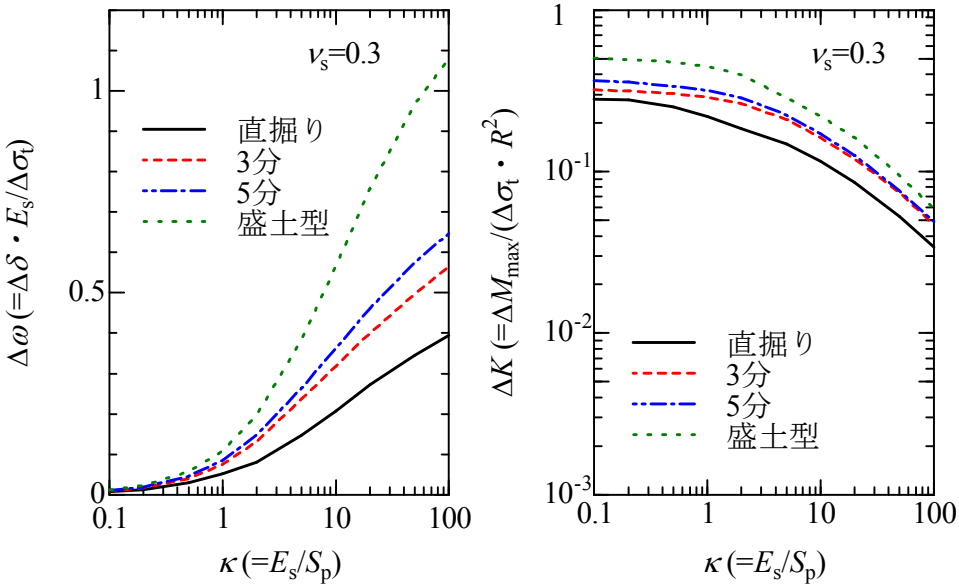


図-4　活荷重用の設計図表(ν_s=0.3)

$$\Delta\delta = \Delta\omega \cdot \Delta\sigma_t / E_s \qquad (4)$$

$$\Delta M_{max} = \Delta K \cdot \Delta\sigma_t \cdot R^2 \qquad (5)$$

以上より求めた活荷重による増分$\Delta\delta$とΔM_{max}と図-1 から求めた埋戻土自重によるδとM_{max}を併せて，管の鉛直たわみ率δ_Σと最大曲げモーメントM_Σを次式(6), (7)により算定する．

$$\delta_\Sigma = \delta + \Delta\delta = \omega \cdot \sigma_s / E_s + \Delta\omega \cdot \Delta\sigma_t / E_s \qquad (6)$$

$$M_\Sigma = M_{max} + \Delta M_{max} = K \cdot \sigma_s \cdot R^2 + \Delta K \cdot \Delta\sigma_t \cdot R^2 \qquad (7)$$

あとがき　一連の研究により，斜掘り溝型方式で設置される埋設管の設計法について一応の完成をみた．

参考文献　1) 西田ら: 斜掘り溝型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. 2)吉村ら: 斜掘り溝型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 による解析結果との比較），第 42 回地盤工学研究発表会,pp.1519-1520, 2007. 3) 西田ら: 斜掘り溝型埋設管の設計法の検討, 第 43 回地盤工学研究発表会, pp.1511-1512, 2008. 4)島津ら: 斜掘り溝型で設置される埋設管の活荷重載荷時の土圧・変形挙動, 第 64 回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, 2009（投稿中）.