

終局状態における更生管きよの内巻きライナー管の輪荷重に対する安全性

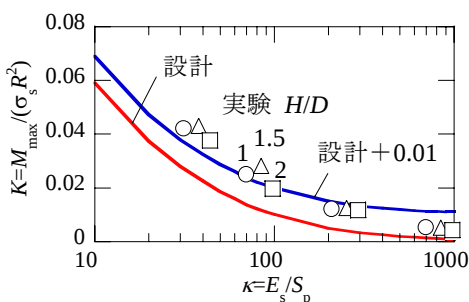
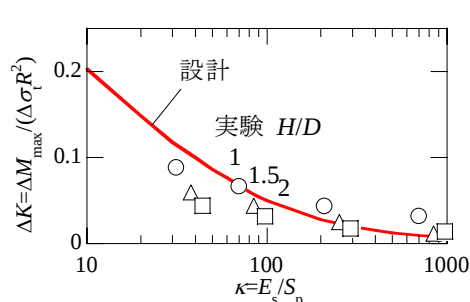
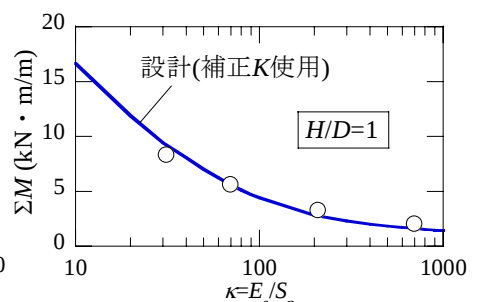
大阪市立大学 東田 淳・丸吉克典 阿南工業高等専門学校 吉村 洋
中央復建コンサルタンツ 井上裕司 大阪市建設局 大杉朗隆・水窪俊博

まえがき 更生された管きよの外側の既設管きよが経年劣化によって曲げ剛性を完全に失った状態(終局状態)において、地中に残ったライナー管が輪荷重に対して安全性を確保するかどうかを調べている。前報¹⁾では、管の曲げ剛性 S_p と土被り高 H を変えた遠心場の輪荷重載荷実験の結果から、測定最大曲げモーメント $M_m \sim H/D$ (D : 管の外径)関係、ならびに相似則を用いて原型管に生じる最大曲げモーメント M_p を推定し、 $F_s = M_r/M_p$ (M_r : ライナー管の最大抵抗曲げモーメント)を求めたが、この過程で用いた $M_m \sim H/D$ 関係の適用範囲は未確認であった。一方、島津らが提案した斜掘り溝型埋設管の設計法²⁾は、終局状態のライナー管の設置方式に相当する盛土型方式を含んでおり、提案設計法の妥当性は数多くの遠心実験との照合によって検証されている。そこで、この盛土型設置方式に対する提案設計法を用いてライナー管の F_s を求め、前報の結果¹⁾と比較した。なお、 F_s の算定は前報¹⁾では扱わなかった反転工法と形成工法で築造されたライナー管についても行った。

盛土型設計法の予測と遠心実験の比較 評価に用いたライナー管の適用 RC 管の内径との範囲を別報³⁾の表-1に示す。反転工法と形成工法のライナー管の特性値および設計法は、大阪市の工事請負共通仕様書⁴⁾および下水道施設設計指針⁵⁾によった。この指針⁵⁾では、下水道内挿用 FRPM 管規格⁶⁾ (JSWAS K-16, シールド工法用)に記載された変形拘束外水圧バックリング式(JSWAS 基準式)によってライナー管の厚さを定めている。挿入管の規格は JSWAS K-16 の内挿用 FRPM 管⁶⁾を用いた。製管工法の PS 管の M_r は PS 材の曲げ試験から求めた。

図-1 と図-2 は、SOL(乾燥砂ゆる詰、 $\rho_d=1.43 \text{ g/cm}^3$, ポアソン比 $\nu_s=0.37$)地盤の場合について、盛土型設計法による予測最大曲げモーメント(赤ライン)を遠心実験の結果¹⁾(マーク)と比べている。両図の横軸は地盤と管の相対剛性 $k=E_s/S_p$ である。ここに、 E_s : 管側深度の土自重応力 σ_s における土の変形係数、 $S_p=E_p t^3/\{12(1-\nu_p^2)R^3\}$: 管の曲げ剛性、 $E_p \cdot \nu_p$: 管材料のヤング率とポアソン比、 t : 管厚、 R : 管厚中心半径($= (D-t)/2$)である。図-1 の縦軸は土自重によって生じる最大曲げモーメント $K=M_{\max}/(\sigma_s R^2)$ 、また図-2 の縦軸は輪荷重載荷による最大曲げモーメントの増分 $\Delta K=\Delta M_{\max}/(\Delta \sigma_t R^2)$ である。ここに、 $\Delta \sigma_t$ はブシネスク式によって算定される管頂深度の 25T 設計後輪荷重による荷重増分である。

遠心実験は、剛性の異なる 4 本の模型管(F 管, F07 管, F05 管, F03 管)を土被り高 H/D (D : 模型管の外径 9 cm, 原型で 2.7 m)を 1, 1.5, 2 の 3 通りに変えた 12 ケース行った。管底と容器底の距離 H_b は 15 cm (原型で 4.5 m)である。一方、提案設計法の赤ラインは、管を $H_b=2 \text{ cm}$ (原型で 0.6 m)で埋設した条件に対するものである。図-1 において、実験 K は設計 K よりも大きい。この相違は、これまでの研究^{7,8)}から、実験と設計の H_b の違いによって生じたものと判断できる。よって、設計 K を図-1 の青ラインのように補正することにした。一方、輪荷重載荷による増分 ΔK は H_b の影響が小さかった⁷⁾ので、設計ラインを補正せずにそのまま用いることにした。

図-1 設計 K と実験 K の比較図-2 設計 ΔK と実験 ΔK の比較図-3 設計 ΣM と実験 ΣM の比較

キーワード: 更生管きよ, ライナー管, 輪荷重, 安全性, 設計法

連絡先: 橿原市鳥屋町 24-7 エスペランサ森川 II 202 号, Buried Pipe Research Center, TEL & FAX: 0744-35-5007

図-3 は、 $H/D=1$ の場合を例にとって、設計と実験で得られた $\Sigma M = M_{\max} + \Delta M_{\max}$ を原型スケールで比べている。設計と実験結果は良く一致している。この両者の良好な一致は他の H/D の場合も同様に見られた。

ライナー管の安全率 開削工法で埋設された下水道管きよの一般的な土被り高の範囲である $H=1.2\text{ m}$ と 4 m について、輪荷重載荷時の

既設 RC 管の内径 d とライナー管の F_s の関係を図-4～図-7 に示す。

反転工法と形成工法のライナー管(図-4, 図-5)は、 $H=1.2\text{ m}$ の反転工法のうちの 2 部材と形成工法のうちの 1 部材を除くと、すべてのケースで $F_s \geq 3$ を十分満足する。また $F_s \geq 3$ を満足しないケースでも、 F_s は 3 に近く、さらに市街地では一般に舗装による荷重分散効果が期待できる¹⁾ので、実際の安全性は確保できるとして良い。つぎに、挿入管(図-6)はどの深さでも $F_s \geq 3$ を十分満足する。一方、PS 管(図-7)は、 $H=1.2\text{ m}$ では d の大きい #79SW と #792SU の 2 部材を除くと他の部材はほぼ $F_s \geq 3$ を満足し、 $H \geq 2\text{ m}$ では #792SU 以外の部材が $F_s \geq 3$ を満足する。したがって、 $F_s \geq 3$ を満足しないケースでは、舗装による荷重分散効果¹⁾を考慮して安全性を検討するか、部材の強度を増やすなどの対策を取るべきである。

つぎに、前回¹⁾と今回の F_s を比べると、挿入管工法、製管工法とも、 H が小さい時には今回の方法で算定した F_s の方が小さく、 H が大きくなるにつれて前回の F_s に近づく傾向を示した。

参考文献 1)丸吉他(2011): 更生された下水道幹線カルバートの輪荷重に対する安全性, 46 回地盤工学研究発表会. 2)吉村他(2010): 斜掘り溝型方式で設置される埋設管の合理的設計法の提案, 地盤工学ジャーナル, Vol. 5(2010), No.1, pp.119-136. 3)東田他(2012): 終局状態における更生管きよの内巻きライナー管の耐震性, 67 回土木学会年講(投稿中). 4) 大阪市建設局(2011): 工事請負共通仕様書. 5) 大阪市都市環境局(2006): 下水道施設設計指針—管理施設編. 6) 日本下水道協会(2004): 下水道内挿用強化プラスチック複合管, JSWAS K-16. 7)Tohda et al (1994): Analysis of the factors in earth pressure and deformation of buried flexible pipes through centrifuge model tests, ASTM STP1222, Buried Pipe Technology, pp.180-194. 8)日野林他(2001): 高盛土下に埋設される排水管の変形挙動に関する遠心模型実験, 土木学会論文集, No.673/III-54, pp.143-161.

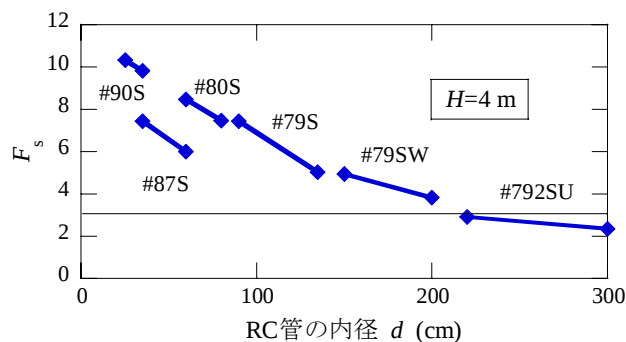
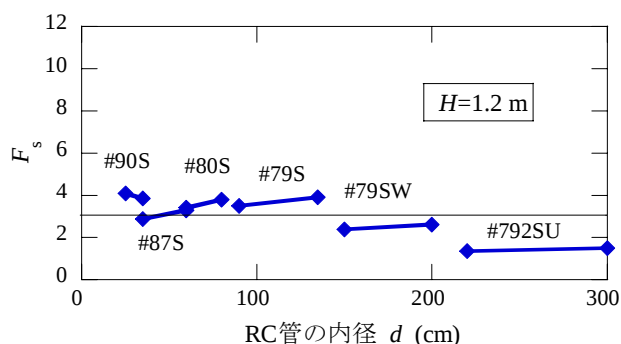


図-7 製管工法ライナー管の F_s

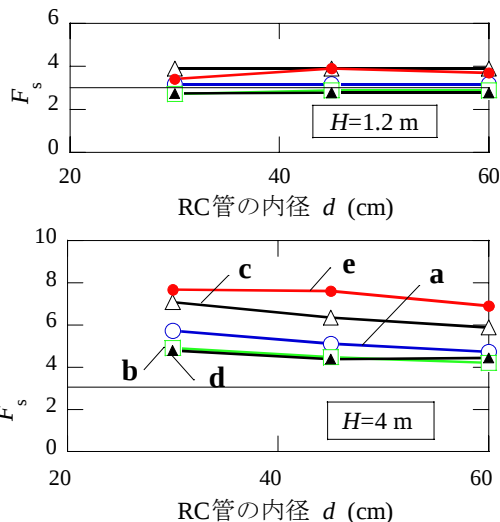


図-4 反転工法ライナー管の F_s

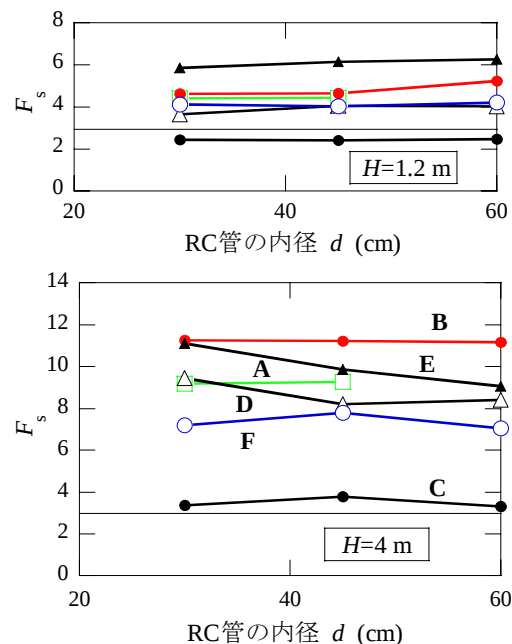


図-5 形成工法ライナー管の F_s

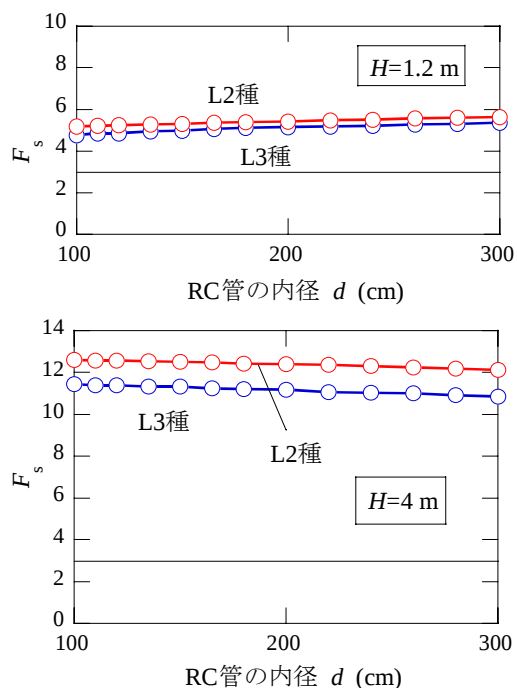


図-6 挿入管工法ライナー管の F_s