

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

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 老朽化した既設管きよの内側にライナーを設置して更生した後、さらに長年月が経過すると、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)に至り、地中に残ったたわみ性のライナー管が地震動や輪荷重などの付加外力に抵抗すると想定される。ここで言うライナー管とは、反転・形成工法の場合は樹脂を含浸した繊維や樹脂のみを既設管きよの内面に密着させて硬化させた管、挿入管工法の場合は FRPM 製挿入管、製管工法の場合は uPVC 製の板材を嵌合した PS 管のことである。著者らは終局状態におけるライナー管のレベル 2 地震動に対する安全性を調べるため、管の曲げ剛性 S_p と土被り高 H を変えた地盤せん断遠心実験を行い、測定した最大曲げモーメント $M_m \sim H/D$ (D : 管の外径)関係と相似則を用いて原型管に生じる曲げモーメント M_p を推定し、挿入管工法と製管工法で築造されるライナー管の地震時安全率 $F_s = M_r/M_p$ (M_r : 部材の最大抵抗曲げモーメント)を求めた¹⁾。ただし、この過程で用いた $M_m \sim H/D$ 関係は、特に D が小さくて H/D が大きい場合の適用性が未確認であった。一方、筆者らは連続体モデルの弾性解を円形管きよの断面方向の耐震設計法として提案し、この設計法による予測が遠心実験の結果と整合することを確認した^{2)~6)}。この提案設計法は上述した $M_m \sim H/D$ 関係のような不確定性を持たない。そこで、前報で扱わなかった反転・形成工法も含めてライナー管の F_s を提案設計法によって求めた。

計算に用いたライナー管の性質 F_s の計算に用いたライナー管の適用 RC 管の内径 d と最大抵抗曲げモーメント M_r の範囲を表-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指針は大阪市の工事請負共通仕様書⁷⁾および下水道施設設計指針⁸⁾に拠った。この指針⁷⁾では、下水道内挿用 FRPM 管規格⁹⁾ (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部材ごとに定めている。挿入管の規格は JSWAS K-16 の内挿用 FRPM 管⁸⁾のものを採用した。製管工法の PS 管の M_r は PS 材の 3 点曲げ試験から求めた。PS 材の外面には突起があるため、 M_r 値は載荷位置が内側か外側かによって異なる。表-1 の PS 管の M_r は、左から順に内面、外面が引張りの場合の値を示す。 F_s の算定には左側の M_r を用いた。

ライナー管の安全率 図-1～図-4 は、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 $H=1.2$ m と 4 m の場合を例にとって、既設 RC 管の内径 d とライナー管の地震時 F_s の関係を示している。これらの図から以下のことが分かる。

図-1 と図-2 に示した反転工法と形成工法のライナー管は、 $H=1.2$ m と 2 m(図は省略)ではどの部材も下水道施設耐震設計指針¹⁰⁾に規定された $F_s \geq 2$ を十分満足している。しかし、 $H=3$ m(図は省略)と 4 m では反転工法の大半と形成工法のうちの 1 部材が $F_s \geq 2$ を満足しない。これらの部材では、ライナー管の厚さを増やすか、 $H \leq 2$ m またはレベル 1 地震動対応に使用を限定すべきである。なお、図-1、図-2 において $F_s \geq 2$ を満足しなかった部材は、曲げ強度 σ_b の値が $40 \sim 50$ N/mm² で、 $F_s \geq 2$ を満足した工法よりも σ_b が小さいところに共通点がある。

キーワード: 更生管きよ, ライナー管, 老朽化, 耐震性, 耐震設計法

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

表-1 ライナー管の適用 d と抵抗 M_r

工法	ライナー部材	d^* (cm)	M_r (kN・m/m)
反転工法	a	30~60	0.06~0.54
	b		0.11~0.38
	c		0.08~0.47
	d		0.06~0.43
	e		0.21~0.85
形成工法	A	30~45	0.23~0.53
	B		0.37~1.49
	C		0.06~0.33
	D		0.46~0.90
	E		0.25~0.70
	F		0.15~0.82
挿入管工法	L2種	100~300	14.4~130
	L3種		5.2~47
製管工法	#90S	25~40	0.4, 0.3
	#87S	45~60	0.5, 0.4
	#80S	70~90	1.2, 1.1
	#79S	100~150	1.8, 1.6
	#79SW	150~220	3.4, 3.0
	#792SU	240~300	5.5, 6.0

*評価対象とした既設 RC 管の内径

図-3 に示した挿入管はどの深さでも $F_s \geq 2$ を十分満足している。

図-4 に示した PS 管は、 $H=1.2$ m と 2 m では $F_s \geq 2$ であるが、それ以外の条件では d が小さい範囲を除いて $F_s \geq 2$ を満足しない。しかし、 $H=4$ m の #792SU を除くと、いずれも $F_s > 1$ であり、さらに文献 1) に示したように、たわみ性模型管(F 管)の測定最大曲げひずみは静的せん断遠心実験の場合の方が動的遠心実験の場合より大きかったことを考慮すれば、PS 管はレベル 2 地震動を受けても崩壊には至らないと結論できる。

つぎに、前回の方法¹⁾と今回の方法によって算定した F_s を比べると、今回の方法で算定した F_s の方が、挿入管工法、製管工法($H=4$ m の #792SU を除く)の場合とも、 H に拘わらず大きく、また H と d が小さいほど差が大きかった。

参考文献 1)大杉他(2010): 更生された下水道幹線カルバートの地震時地盤せん断変形に対する安全性, 46 回地盤工学研究発表会。2)東田他(2010): 土自重と水平震度を考慮した連続体モデルによる地中埋設管の地震時挙動の検討, 65 回土木学会年講。3)丸吉他(2011): 地盤せん断変形遠心実験と連続体モデルによる地中埋設管の地震時挙動の検討(土圧・曲げモーメントの測定結果と弾性解の比較), 66 回土木学会年講。4)東田他(2011): 地盤せん断変形遠心実験と連続体モデルによる埋設管の地震時挙動の検討(管剛性, 土被り高, せん断変形繰返し回数の影響), 66 回土木学会年講。5)東田他(2012): 地盤せん断遠心実験による埋設管きよの地震時挙動の検討(円形管きよの測定結果と連続体モデルの弾性解の比較) 47 回地盤工学研究発表会(投稿中)。6)東田他(2012): 連続体モデルに基づく円形管きよの断面方向耐震設計法の提案, 67 回土木学会年講(投稿中)。7)大阪市建設局(2011): 工事請負共通仕様書。8)大阪市都市環境局(2006): 下水道施設設計指針—管施設編。9)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。10)日本下水道協会(1997): 下水道施設の耐震対策指針と解説。

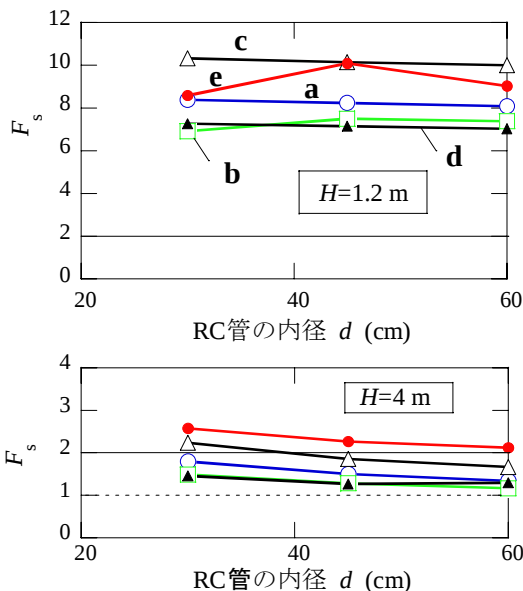


図-1 反転工法ライナー管の F_s

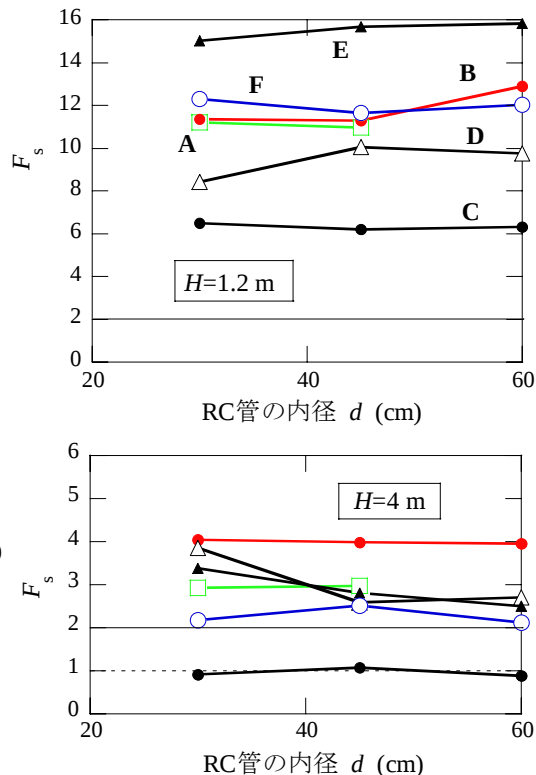


図-2 形成工法ライナー管の F_s

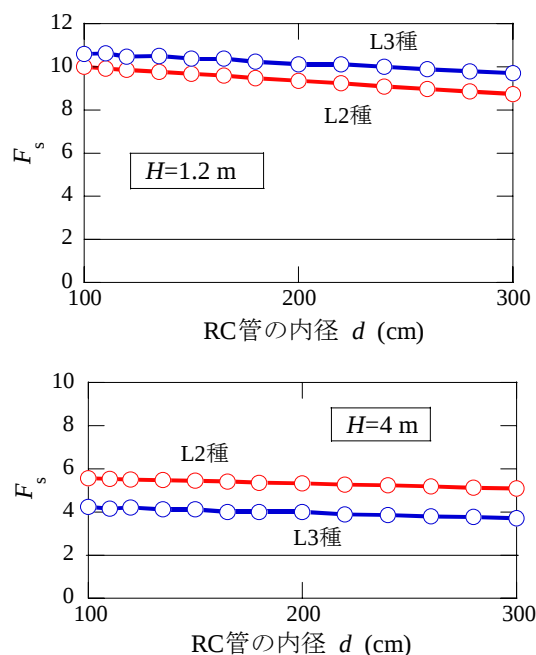


図-3 挿入管工法ライナー管の F_s

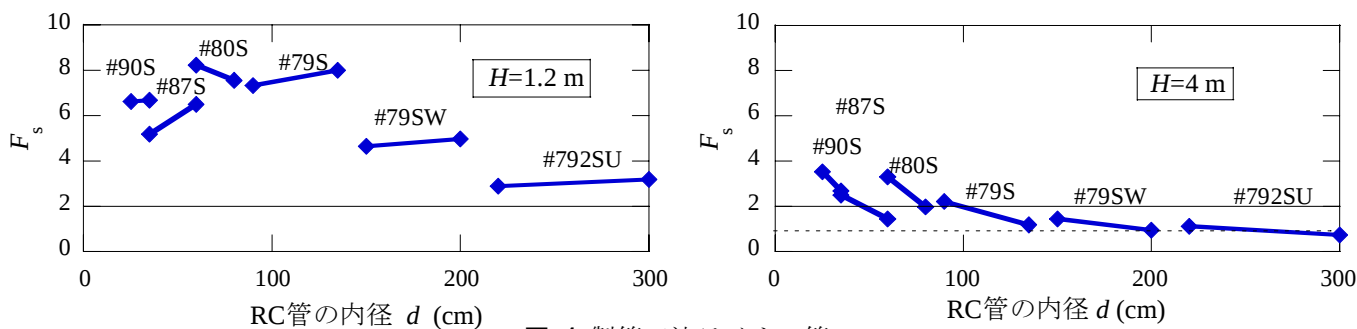


図-4 製管工法ライナー管の F_s