

I - B 398

軸曲げ载荷状態の継手部の剛性低下を考慮した下水道管路の耐震性評価

（その2—解析による管路継手部の健全性評価）

富士総合研究所 解析技術第2部 正会員 鈴木 広一¹

東京都下水道局 計画部 正会員 大同 均²

富士総合研究所 解析技術第2部 正会員 宮崎 浩徳¹

1. はじめに

前編（その1）では、実験結果との比較から3次元解析モデルの妥当性を検証した。本編（その2）では、継手部の構造が異なる3種の管路を対象として、3次元解析によりそれぞれの継手部の曲げ特性を評価し、その結果を用いて、2次元モデルにより管路継手部の健全性を評価した。

2. 3次元モデルによる曲げ方向特性の評価手法

(1)解析モデル：図 2.1 に継手部を考慮した3次元解析モデルを示す。2管をソリッド要素でモデル化し、継手部は3種の管路の構造および寸法に応じ、それぞれメッシュ分割した。また、物性値は前編と同様に設定し、許容応力度として、コンクリートの許容曲げ圧縮強度 $110[\text{kgf/cm}^2]$ （以下「許容値」とする）を用いた¹⁾。

(2)解析方法：解析は、自由端に管軸方向荷重 N を载荷後、継手部に発生する曲げ方向応力度が許容値を超過するまで管軸直角方向荷重 P を载荷し、この時の自由端の管軸直角方向変位 δ' を算定した。一方、同様の解析を図 2.2 に示した継手部のないモデルで行い、自由端の管軸直角方向変位 δ を算定した。これらの算定結果から、管軸方向荷重 N をパラメータとした、継手部回転ばね定数 K_θ を(1)式²⁾により、継手部の許容曲げモーメント M を(2)式により算定した。

$$K_\theta = \frac{P \cdot (2 \cdot l)^2}{4 \cdot (\delta' - \delta)} \quad (1)$$

$$M = P \cdot l \quad (2)$$

3. 2次元モデルによる管路継手部の健全性評価手法

(1)解析モデル：2次元解析モデルを図 3.1 に示す。管をはり要素、継手部をばね要素、また管と地盤とを地盤ばね要素でモデル化し、継手部の回転ばね定数は(1)式で求めた K_θ を用いた。

(2)解析方法：図 3.1 より、地盤急変部を一樣地盤である地盤1と地盤2の境界上に設定した。ここで、地震波の入射角を 45° と想定し、管軸方向および管軸直角方向の地盤変位は同じ値とする。これらの条件で地盤1のみに地盤変位を与え、継手部で発生する曲げモーメントが、(2)式で求めた許容曲げモーメント M を超過した時の地盤変位を継手部の限界地盤変位として算定した。

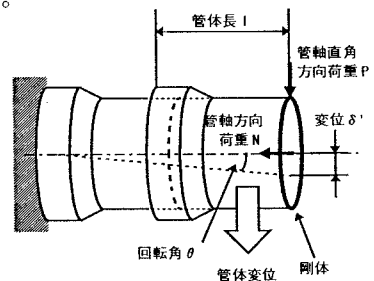


図 2.1 継手部のある3次元解析モデル

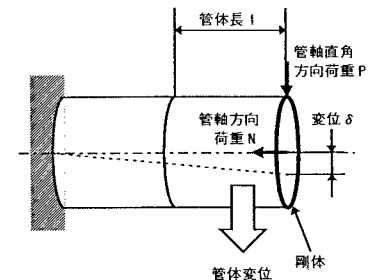


図 2.2 継手部のない3次元解析モデル

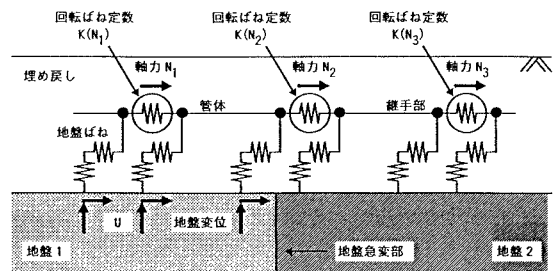


図 3.1 2次元解析モデル

キーワード：下水管渠、継手、耐震、剛性低下

¹〒101-8443 東京都千代田区神田錦町 2-3 TEL03-5281-5320 FAX03-5281-5331

²〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1 TEL03-5320-6607 FAX03-5388-1707

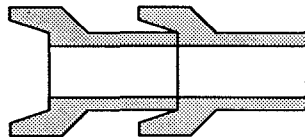
4. 解析結果

解析ケースを表 4.1 に示し、ソケット、突き合わせおよびカラーの 3 種の継手部の構造図を図 4.1 に示す。2 項で示した評価手法により、管軸方向荷重に対する継手部回転ばね定数および許容曲げモーメントを算定する。ここでは、代表としてケース 1-1 の結果を図 4.2 および図 4.3 に示すと、管軸方向荷重の増加により、継手部回転ばね定数および許容曲げモーメントの増加（減少）特性は、管軸方向最大荷重（＝管軸方向荷重のみで許容値を超過する荷重値）の 40～60% 付近で

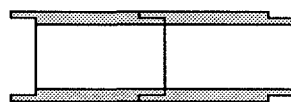
大きく変化しているのがわかる。つぎに、3 項で示した評価手法により、管軸方向荷重に対する、継手部発生曲げモーメントおよび許容曲げモーメントを比較する。ここでもケース 1-1 の結果を図 4.4 に示す。図 4.4 より、管軸方向最大荷重の 1/2 程度で継手部発生曲げモーメントは許容曲げモーメントを超過することがわかる。このことから、管軸方向最大荷重の 1/2 程度の管軸方向荷重が発生するような地盤相対変位が管軸方向および管軸直角方向に発生した時、継手部曲げ方向の健全性は保証されることが分かる。このような傾向は他のケースについても同様であった。各ケースの解析結果についてまとめたものを表 4.2 に示す。

表 4.1 解析ケース

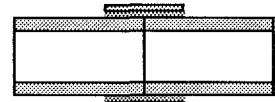
解析 ケース	種類	呼び径 (mm)	管厚 (mm)
1-1	ソケット	150	26
1-2	カラー	150	26
2-1	ソケット	1500	125
2-2	ソケット	1500	148
2-3	突き合わせC型	1500	112
2-4	突き合わせNC型	1500	140
2-5	カラー	1500	112



(ソケット)



(突き合わせ)



(カラー)

図 4.1 各継手部の構造図

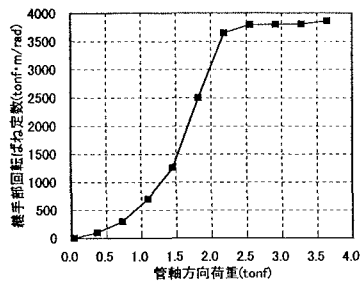


図 4.2 管軸方向荷重-回転ばね定数

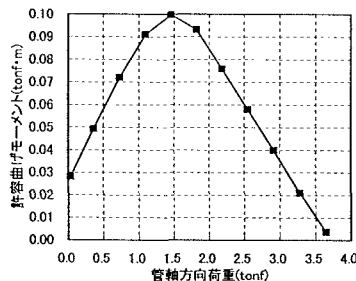


図 4.3 管軸方向荷重-許容曲げモーメント

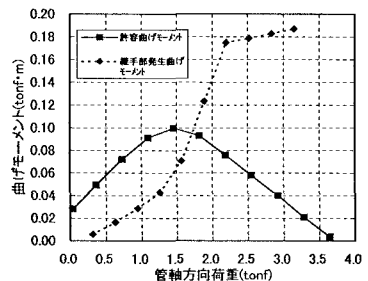


図 4.4 管軸方向荷重-曲げモーメント

5. まとめ

表 4.2 の解析結果より、各継手部の構造および特性を考慮した統合的な健全性評価をまとめる。

・ソケット継手と突き合わせ継手を比較した場合、回転ばね定数は管厚によるため大小の統一はできないが、許容曲げモーメントおよび限界地盤変位については、ソケット継手の方が大きい。

・呼び径が 1500(mm) の管について 3 つの継手を比較すると、カラー継手は、ソケットおよび突き合わせ継手に比べ、許容曲げモーメントが小さく、また継手部回転ばね定数が大きいと、限界地盤変位の値が小さい。

・呼び径が 150(mm) の管についてソケット継手とカラー継手を比較すると、カラー継手は、継手部回転ばね定数は大きい、許容曲げモーメントが極めて大きいと、限界地盤変位の値が大きい。

<参考文献>

- 1) 土木学会コンクリート委員会コンクリート標準示方書改訂小委員会：コンクリート標準示方書（設計編）、土木学会、1991.9
- 2) 小泉、村上、西野：シールドトンネルの軸方向特性のモデル化について、土木学会論文集、No. 394/Ⅲ-9、pp.79-88、1988.6

表 4.2 各ケースの解析結果

解析 ケース	種類	管軸方向 最大荷重 (tonf)	最大許容 曲げモーメント (tonf・m)	継手部 回転ばね定数 (tonf・m/rad)	限界 地盤変位 (mm)
1-1	ソケット	3.64	0.10	3860	1.04
1-2	カラー	6.27	0.29	193129	1.67
2-1	ソケット	187.32	37.63	355000	2.91
2-2	ソケット	164.91	28.77	446000	2.04
2-3	突き合わせC型	119.88	25.25	266700	1.57
2-4	突き合わせNC型	128.52	24.59	401490	1.34
2-5	カラー	96.58	23.15	22102664	1.15