

第 I 部門 有継手管路異形管部の耐震性能に関する検討

神戸大学工学研究科 学生員 ○山崎 修一
 神戸大学工学部 学生員 吉成 英俊
 神戸大学工学研究科 正会員 鋤田 泰子
 神戸大学工学研究科 フェロー 高田 至郎

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、地震波動に対する水道管路の耐震設計にはレベル 2 地震動が組み込まれたが、日本水道協会の水道施設耐震工法指針改訂後も対象となる管路は改訂前と同じ直管路のみである。実際の管路網は有継手管路の中に耐震性能の異なる異形管が多く存在し、それらが管路全体の耐震性に寄与している。そのため、複雑な管路網の耐震性を明らかにするには異形管の耐震性能を含めて考慮する必要がある。そこで、本稿では異形管の中でも T 字管と 90° 曲管の管路要素を取り出し、それらの耐震性能について管路の地震応答解析を行い、応答比率、応答特性値を用いて異形管と直管の地震応答特性の関係を示した。

2. 解析モデルおよび解析条件

本研究では、弾性床しりの管路モデルで地震応答解析を行い、曲管、T 字管と直管との地震応答特性について比較を行う。直管、曲管、T 字管のモデル図は、図-1 のように曲管・T 字管からそれぞれ 3 単管を接続させた管路モデルを設定する。管路はダクタイル鋳鉄管の K 形継手を想定し、口径φ100, φ200, φ300の管について表-1 に示す管路特性と与えた。また、図-2, 3 に継手の口径別継手引張特性、曲げ特性を示す。また、入力条件については、水道施設耐震工法指針¹⁾に基づき地盤種別 I ~ III のケースについて表-2 の地盤及び地震波動諸元を設定した。地盤ばねは非線形特性を有するものを仮定している。また、入力レベルについては 50, 100, 150, 200cm/s の地盤応答速度を設定した。管路応答解析において、地震波動の入射角をランダム変数として捉え、乱数を与えることで管路の応答特性について分析を行った。

次に、異形管と直管との地震応答特性を分析するにあたり、曲管の両端の継手、T 字管の 3 つの継手の伸縮応答変位と回転応答変位をそれぞれの許容変位と比較した比率の中で最大の比率を応答比率 $A_{MAX}(\%)$ として下式で定義した。

$$A_{MAX} = \text{Max} \left(\frac{R}{T} \right)_{j,p} \times 100 \quad \dots(1)$$

表-1 口径別部材諸元²⁾

口径	φ100	φ200	φ300
L(mm)	4,000	5,000	5,000
a(mm)	42	43	47
b(mm)	150	200	250
直管外径D(mm)	117	220	323
直管管厚t(mm)	8	8	8
曲管外径D'(mm)	117	220	323
曲管管厚t'(mm)	9	11	13
弾性係数E(kN/mm ²)	1,600,000		
引張強度σt(N/mm ²)	420		

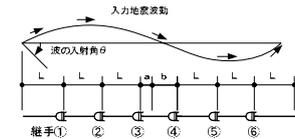
注：T 字管は直管同様に設定している

表-2 地盤及び地震波動諸元

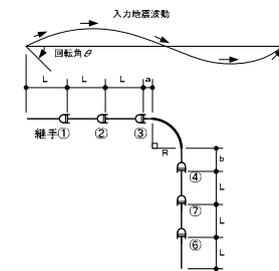
地盤種別	I	II	III
Vs(m/s)	300	200	100
Kg1(kN/cm ²)	23.0	10.2	2.6
Kg2(kN/cm ²)	45.9	20.4	5.1
固有周期Tg(s)	0.15	0.5	1.0
波長(m)	47.4	125.1	153.9
地震波速度C(m/s)	320	250	150

表-3 口径別許容変位²⁾

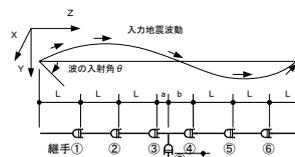
口径	伸縮変位	回転角
φ=100	4cm	4°
φ=200	5cm	4°
φ=300	5cm	3°



(1) 直管



(2) 曲管



(3) T字管

図-1 管路モデル図

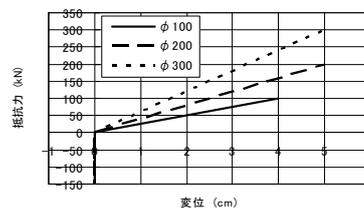


図-2 口径別継手引張特性

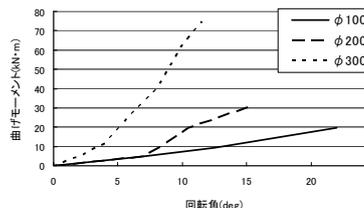


図-3 口径別継手曲げ特性

R : 継手の伸縮応答変位および回転応答角, T : 継手の伸縮許容変位及び回転許容角, j : 地盤種類 (I , II , III) , p : 変位の種類

また, 直管の応答比率に対する異形管の応答比率の比を応答特性値として, 管路応答特性を比較する.

3. 解析結果と分析

図-4, 図-5 に曲管, T字管の応答比率をそれぞれ示す.

全体の特徴として, 継手の最大変位は, 伸縮変位よりも回転角が卓越している. また, I種, II種地盤は類似した挙動を示し, III種地盤は, I種, II種地盤に比べて応答比率が大きく, T字管については地震動レベルが 150cm/s 以上において複雑な挙動を示している. また, 口径別に見ると, 地盤種別ほど応答比率に差異は見られない. また, T字管の応答比率は, 許容値を超える値が発生していないが, 曲管の応答比率は, III種地盤のケースのみ許容値を超えることが明らかになった. T字管の場合は, 隣接する継手で応答を分担するために曲管の応答より小さくなるためと考えられる.

次に, 曲管とT字管の応答特性値の結果を図-6, 図-7 に示す. 曲管のIII種地盤においては最大 5.1 程度の大きな応答特性値を示すが, それ以外の曲管, T字管については異形管の応答特性値は 1.0~2.4 の値を示している. 曲管のIII種地盤($\phi=100$)の応答特性値において, 速度応答が 100cm/s 以上で一定値を示しているのは, 直管において応答比率が増加するためである. 一方, T字管の応答特性値において, 速度応答が 100cm/s 以上で値が減少するのは非線形挙動のためと考えられる.

本研究では, T字管と 90° 曲管の耐震性能について検討したが, 今後さらに多くの異形管の地震応答特性値について明らかにして, 耐震性能の異なる異形管が連結した複雑な管路網の地震応答特性についても明らかにする必要がある.

4. まとめ

応答比率, 応答特性値を用いて異形管路と直管路の地震応答特性の関係を示し, 異形管の耐震性について明らかにした.

- ・ 口径別よりも地盤種別の方が地震応答特性に大きな影響を与えることがわかった
- ・ 本研究では, T字管は許容値を超えなかったが, 曲管のIII種地盤のケースのみ許容値を超える事が知られた.
- ・ 曲管のIII種地盤においては直管に比べて最大 5.1 程度大きな応答を示すが, それ以外の曲管, T字管については 1.0~2.4 程度であることがわかった.

【参考文献】

- 1) 日本水道協会 : 水道施設耐震工法指針・解説, pp.71-76, pp.291-301, 1997.
- 2) 日本ダクタイル鉄管協会 : 便覧, pp.256-269, 2005.

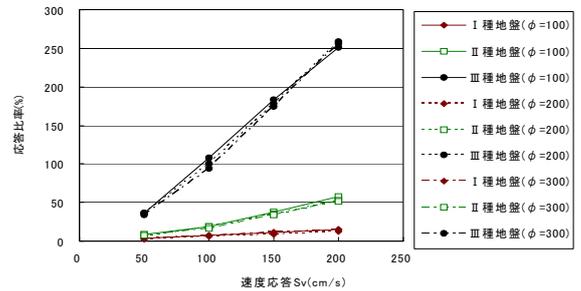


図-4 曲管応答比率

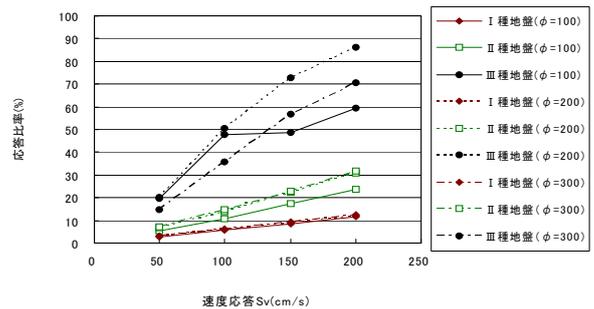


図-5 T字管応答比率

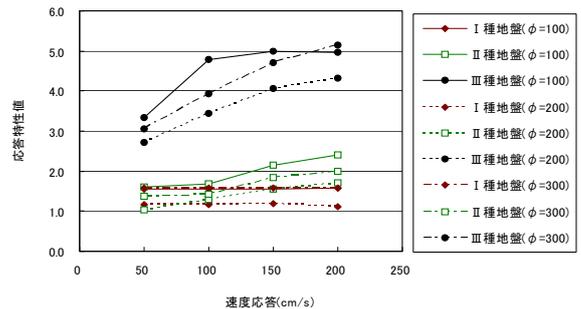


図-6 曲管応答特性値

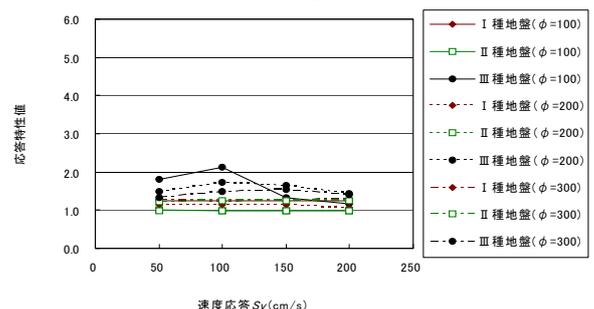


図-7 T字管応答特性値