

第 I 部門

文化財地区の消火用水道管路ネットワークの地震応答分析

神戸大学工学部 学生員 ○山崎 修一
 神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
 神戸大学工学部 正会員 楢田 泰子

1. はじめに

日本には、文化的価値の高い寺社が多く存在する．これらの地震時の安全性を向上させるには、文化建造物の耐震性だけでなく、地震火災を阻止するために消火施設の耐震性も確保する必要がある．本稿では、小規模ながらも複雑なネットワークを形成する消火用水道管路網を対象として、地震波動による管路の応答分析を行った．

2. 解析モデルおよび解析条件

文化財地区の消火用水道管路網は、一般の配水管路よりも規模が小さい．しかし、消火対象が特定されており、埋設場所が限定されているためにシステム上複雑になる．本稿では、実際の消火用水道管路網の一部を例にして、地震応答特性について分析した．管路の地震応答解析には、弾性床上ののりの擬似静的地震応答解析プログラム ERAUL¹⁾ を用いた．図 1 はある文化財地区の消火用水道管路網を示している．解析には、図 1 の配管図における、点線で囲んだ一部の管路を対象にした(図 2)．この管路の敷設場所は平坦であるため、2 次元モデルとして設定した．主管は全長約 210m あり、管種はポリエチレン管、口径は $\phi=150\text{mm}$ である．管路要素は 1m でモデル化した．図 2 に示すように主管には 4 箇所(枝管 1, 2, 3, 4)の枝管への分岐がある．枝管の管種は鋼管であり、口径は枝管 1, 3, 4 が $\phi=80\text{mm}$ 、枝管 2 が $\phi=100\text{mm}$ である．枝管の管路要素も 1m とした．表 1 に管路の材料特性を示す．地盤ばね係数は、表 2 のように線形で与えた．入力地震波形について、水道施設耐震工法指針²⁾に基づいて、設計地震動レベル 2 に対応するように算定し、波長は 60m、振幅は 4.06cm と設定した．管の左端から入射する波動を設定する．波の入射角は図 2 の x 軸方向の入射角を 0° とし、時計回りに 30° ずつ方向を変えて 180° まで、計 7 ケースの水平波動を設定した．いずれのケースでも図 2 の点 O での位相は 0 とした．また、枝管の端部は消火施設に接続されているため、地盤変位と同様に移動するとした．

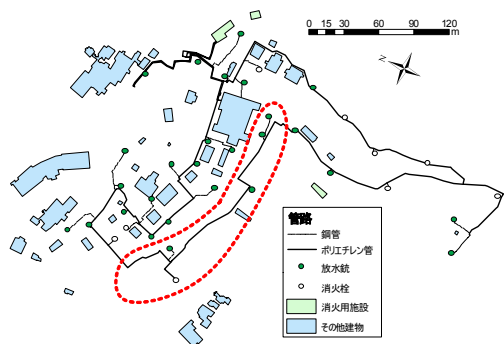


図 1 消火施設と配管図

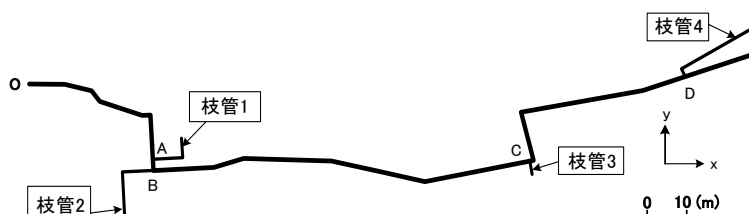


図 2 解析モデル

表 1 管体材料特性^{1), 3), 4)}

	口径(mm)	管厚(mm)	弾性係数 (kN/cm ²)	ポアソン比	標準管長 (m)
主管(ポリエチレン管)	150	16.4	100	0.4	5
枝管(鋼管)	100	0.28	21000	0.28	4
	80	0.28	21000	0.28	4

表 2 地盤ばね特性²⁾

管軸方向地盤 ばね係数(N/cm ³)	30
管軸直角方向地盤 ばね係数(N/cm ³)	60

3. 解析結果と分析

波の入射角度を変化させた7ケースの波動をそれぞれ入力して管路の地震応答解析を行った。7ケースの解析の結果の中で、各管路節点で最大の断面応力が発生した値を最大応力として、その分布を図3、図4に示した。また、図中の数値は、顕著な応力を示した点の値を示している。

主管ではT字部周辺で大きな応力が発生しており、図中の点Aで波動入射角が $\theta=30^\circ$ のとき、最大の圧縮応力が発生する。これは、点Aと点Bで二つのT字部が隣接しており、それぞれの枝管の管軸直角方向の拘束によって大きな応力が発生することが考えられる。ただし、この最大応力は管路の許容応力範囲内である。また、曲管部では直管部に比べて大きな応力が発生するが、T字部ほどの応力は発生しない。直管部は、引張・圧縮ともに $0.1\sim 0.2(\text{kN}/\text{cm}^2)$ の範囲の応答を示した。

枝管については、曲部を有する付近と枝管端部で大きな応力が発生する傾向がある。とくに、枝管4の曲部において、入射波の角度が $\theta=0^\circ, 180^\circ$ の時に $33.9(\text{kN}/\text{cm}^2)$ の大きな応力が発生している。しかし、この発生応力も許容応力範囲内であった。

主管・枝管の許容曲げ応力に対してそれぞれの発生応力の比で比較すると、点Aで許容応力の59%となっていることから、本解析での被害を受けやすい箇所は点Aであるといえる。

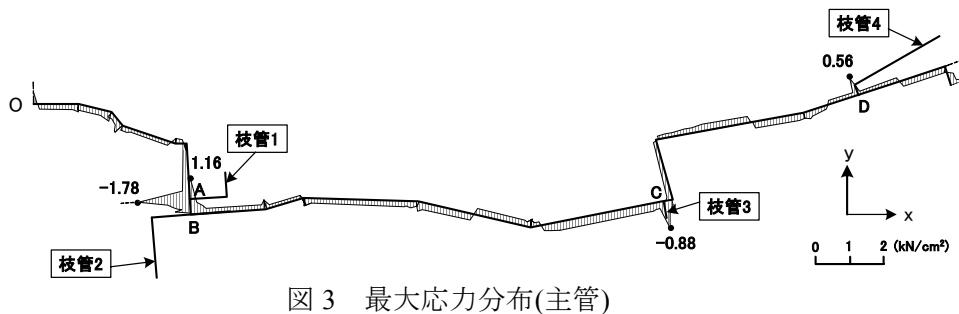


図3 最大応力分布(主管)

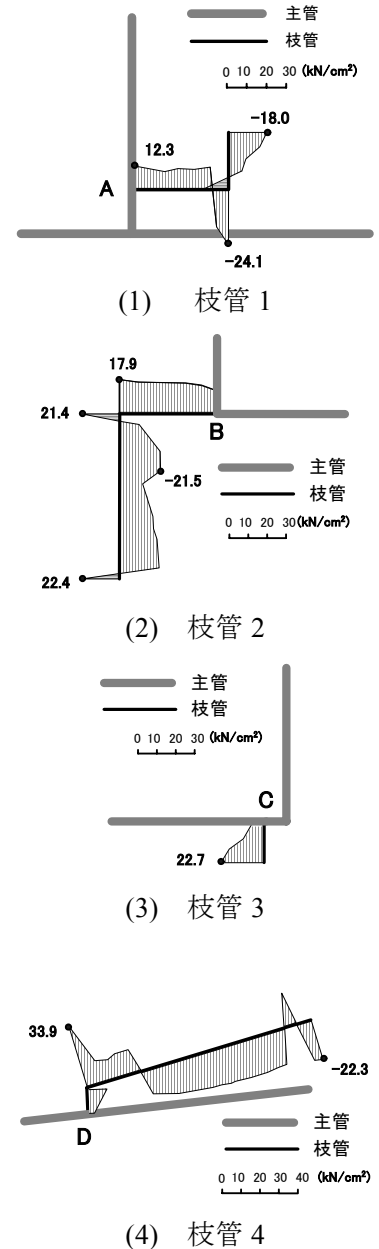


図4 最大応力分布(枝管)

4. まとめ

- ・複雑な管路系の地震応答解析を行った。本解析のケースでは、T字部周辺で大きな応力が発生し、次に曲管部、主管で応力が大きくなった。
- ・本解析では、許容応力を超える応答は発生しなかったが、被害を受けやすい枝管へのT字部や曲管部を順位づけることができた。

【参考文献】

- 1) 高田至郎：ライフライン地震工学，共立出版株式会社，pp.48-62, p.101，1991.
- 2) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，p.9, pp.17-18, pp.71-73，1997.
- 3) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，p.165，1979.
- 4) 株式会社クボタ，株式会社栗本鐵工所，日本鑄鉄管株式会社，日本プラスチック工業株式会社，日立金属株式会社：POLITEC PE パイプ技術説明資料，p.27，2000.