

神戸大学大学院 学生員 堀之内伸裕

神戸大学工学部 正 員 高田 至郎

神戸大学大学院 学生員 田邊揮司良

1. はじめに 従来の埋設管路の地震時挙動に関する研究は、連続管、継手管、一ヶ所だけに屈曲部あるいは枝管を有する管路などについて実施されているが、枝管が多本数付いているものに対し挙動解析を行った例は見られない。枝管一本の場合の挙動とは異なるものと思われる。そこで本研究では著者ら¹⁾により従来開発された地中管路の非線形地震応答解析プログラムERAUL (Earthquake Response Analysis of Underground Lifelines) をT字管路についても解析できるよう拡張したERAUL-Tを用いて、地震時の主管および枝管の挙動について調べた。

2. 解析理論

(1) 直管部 Fig. 1の*i*番目要素の左端(L)の物理量と右端(R)の物理量は次の関係で表示される。

$$\{u, v, \phi, N, M, Q, 1\}_{i,R} = [F] \{u, v, \phi, N, M, Q, 1\}_{i,L} \quad (1)$$

ここで、*u*は軸方向変位、*v*は軸直角方向変位、 ϕ はたわみ角、*N*は軸力、*M*は曲げモーメント、*Q*はせん断力、 $[F]$ は*i*番目要素の格間伝達マトリックス、添え字*T*は転置を意味する。

Fig. 2の*i*番目要素の右端の物理量と(*i* + 1)番目要素の左端の物理量は次式で関係づけられる。

$$\{u, v, \phi, N, M, Q, 1\}_{i+1,L} = [P] \{u, v, \phi, N, M, Q, 1\}_{i,R} \quad (2)$$

ここで、 $[P]$ は*i*、(*i* + 1)番目要素間の格点伝達マトリックスである。

式①および②から次の関係が成り立つ。

$$\{u, v, \phi, N, M, Q, 1\}_{i+1,L} = [P][F] \{u, v, \phi, N, M, Q, 1\}_{i,L} \quad (3)$$

(2) T字管部 Fig. 3の*i*番目および(*i* + 1)番目要素の物理量と枝管側*k*番目要素の物理量との釣合関係は次式となる。

$$\begin{aligned} \{N, M, Q\}_{i+1,L} &= \{N, M, Q\}_{i,R} + \{Q, M, -N\}_{k,R} \\ \{u, v, \phi\}_{i+1,L} &= \{u, v, \phi\}_{i,R} = \{v, -u, \phi\}_{k,R} \end{aligned} \quad (4)$$

式①～④を用いれば管路の左端の未知物理量は右端へと伝達され、右端の境界条件を導入することで各要素の物理量は決定される。

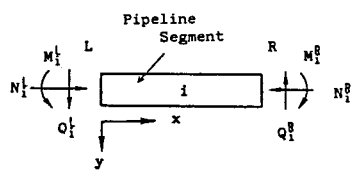


Fig.1 Direction of Force in pipeline Segment

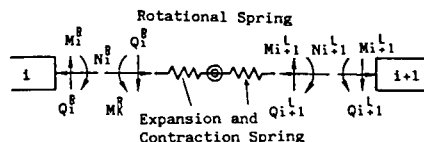


Fig.2 Direction of Force at Joint

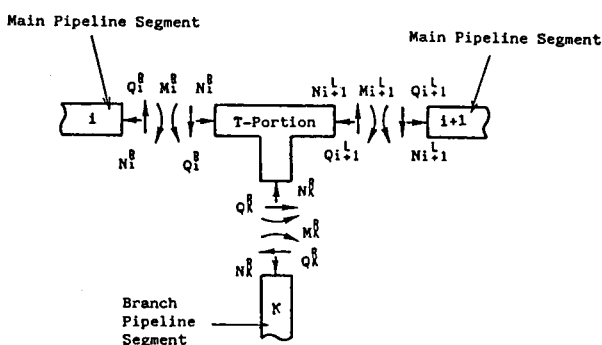


Fig.3 Direction of Force at T-Portion

3. 解析モデル

(1) 入力地震波 入力波として正弦波を用いガス導管耐震設計指針²⁾から、埋設管と地盤との相対変位が

最大となるよう³⁾に振幅1.90cm、波長141mとし、波種は進行方向と運動方向が一致するような波動を仮定した。

(2) 埋設管 管路は主管、枝管共に鋼管であり、諸因子は Table-1に示すとおりである。

(3) 地盤バネ特性 地盤バネ特性はガス導管耐震設計指針を参考としてFig. 4のように定めて解析を行った。

4. 解析結果 一波長内の枝管本数が異なる場合の主管側入力での主管側軸ひずみ分布図をFig. 5に示す。明らかに軸ひずみ量は枝管本数を増すほど増大していることが分かる。枝管本数が増えると主管の挙動が地盤の挙動に追従されやすい傾向になり、主管と地盤とのすべりが生じにくく、主管の軸ひずみが最大地盤ひずみ 847 μ に近い値になる傾向にある。さらに、主管側および枝管側入力での枝管間隔とT字部の曲げひずみとの関係をFig. 6に示す。枝管間隔が増加するほど最大曲げひずみの比が1に近づく傾向にある。ここに曲げひずみ比とは一本分岐に対する多分岐管路の曲げひずみの比率である。また、本計算例の場合、枝管相互の影響がなくなる間隔は約2.5mであった。

5. 結論 枝管路がかなり多く付いているような場合では、地盤と管路の間のすべりを考慮すると危険側の管路設計となる可能性がある。現実の管路系では多分岐管路と見なせるので充分検討の予知がある。

参考文献 1)高田他:硬質塩化ビニル管の地震時挙動シミュレーション,水道協会雑誌,第547号,1980,pp27-39. 2)社団法人日本ガス協会:ガス導管耐震設計指針,1982.3. 3)高田・椿本他:Earthquake Response Simulations of T-shaped Portion in Ductile-Iron Pipelines and Development of Earthquake Resistant Hot Branch Sleeve,1983 International Symposium on Lifeline Earthquake Engineering,1983, pp.357-364.

Table-1 Characteristics of Main and Branch Pipes

Pipe	Diameter (cm)	Area (cm ²)	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)	Young's Modulus (kgf/cm ²)
Main	8.91	11.2	101.2	2.1x10 ⁸
Branch	6.05	6.77	27.32	2.1x10 ⁸

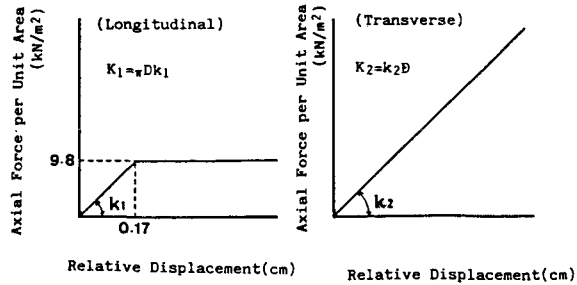


Fig. 4 Ground Spring Characteristics

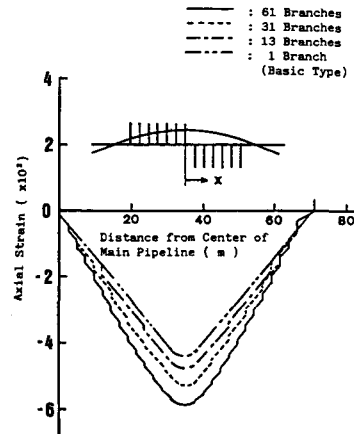


Fig. 5 Axial Strain Distribution along Main Pipeline

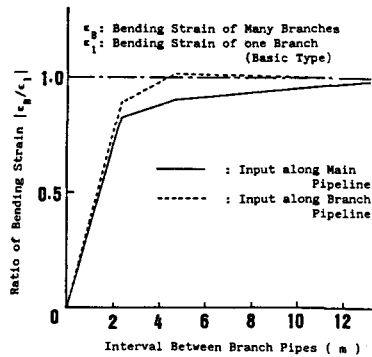


Fig. 6 Effect of Interval between Branch Pipes