

継手管路T字部の耐震強度解析

神大工・正員 高田至郎 大阪瓦斯KK 橋本敏弘  
 神大工・学生員 〇山田晃也

1.はじめに：有継手管路のT字部の地震時挙動については解析手法の困難さもあって従来、十分に解明されていない。本文では、著者らによって開発された、ERAUL (Earthquake Response Analysis of Underground Lifelines) プログラム<sup>(1)</sup>を用いて、継手、地盤摩擦力の非線形特性をも取り入れたT字部の挙動シミュレーションを行ない、その耐震性について論じた。

2.解析モデル：Fig. 1 に解析対象としたT字部を含む継手管路を示している。1本5mの管(φ150mm)とT字管を接合して、約100mの延長をもつ2条の継手管路をT字管で結合したものである。入力としては同図に示すように、T字部で最大の引張、あるいは圧縮変位をもつような管路長手方向に運動成分をもつ波動を設定している。変位振幅、波長、周期はそれぞれ、5cm、191m、1secとし、最大ひずみは±1.64×10<sup>3</sup>μとなる。対象とした継手は、ガス供給の低圧管路に用いられているもので、その伸縮特性をFig. 2に示す。この継手は引抜け余裕を考慮して製作された耐震継手で、離脱防止機能を備えている。また、地盤の摩擦力特性については、Fig. 3に示すものを用いた。本図は、マサ土中に埋設された継手部を含む管路の静的な押し引き実験によって定めた日本瓦斯協会<sup>(2)</sup>による次式を用いて求めたものである。

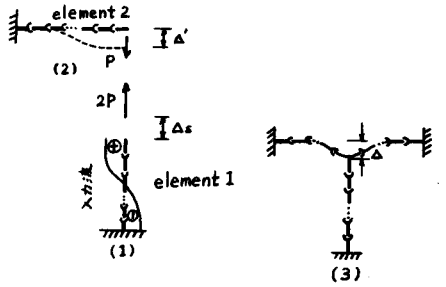


Fig. 1 T字管解析モデル

$$\left. \begin{aligned} F &= 0.737 \times S \times \delta + 3.49 \times A \times \sqrt{\delta} \quad (0 \leq \delta < \delta_0) \\ F &= 0.344 \times (C + \sigma H \tan \phi) \times S + 3.49 \times A \times \sqrt{\delta} \quad (\delta \geq \delta_0) \\ \delta_0 &= 0.344 \times (C + \sigma H \tan \phi) / 0.737 \end{aligned} \right\}$$

ここに、 $\delta$ は管変位、 $S$ 、 $A$ は管路表面積、継手面積、 $C$ 、 $\sigma$ 、 $\phi$ は埋設土の粘着力、単位体積重量、内部摩擦角、 $H$ は埋設深さである。解析手法は、Fig. 1に示すように、(1)、(2)のモデルについて計算を実行し、境界条件を満足するように、 $P$ を決定している。すなわち、(1)では、element 1について $2P$ の軸力 $F$ で地震波を作用させて、T字部での管軸方向変位 $\Delta s$ を求める。一方、(2)では、element 2に $P$ のせん断力を作用させて、管軸直角方向のたわみ $\Delta$ を求め、 $\Delta s = \Delta$ を満足する $P$ を決定して、管路各部の継手変位、管体応力を求めている。

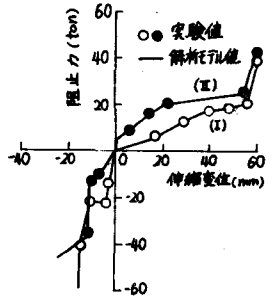


Fig. 2 継手伸縮特性

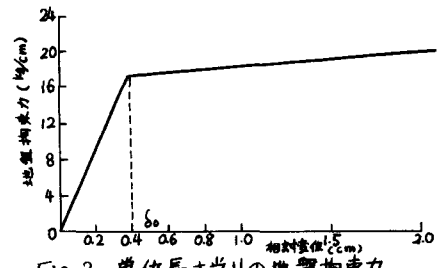


Fig. 3 単位長さ当りの地盤拘束力

3.シミュレーション結果：Fig. 4に計算結果を示す。

Shiro TAKADA Toshihiro TSUBAKIMOTO Teruya YAMADA

本図は、element 1 について継手変位(a)、管体軸力(b)を示したもので、element 1 には圧縮ひずみが作用して(f)のような変形を行なう場合についての結果である。比較のために、同じ入力に対して、T字部が固定端となっている場合(c)、(d)、自由端の場合(e)も示している。Fig. 4(a)より知られるように、他の継手ではすべて圧縮変位であるにもかかわらず、T字部付近の二本の継手では、引抜変位となり、その最大値は24mmとなっている。element 2が(f)のような変形をすることに伴って、element 1に引張力が作用するために、かかる結果となっている。固定端、自由端の時には、このような現象が見られず、T字部独自の挙動と見られる。なお、Fig. 2の(Ⅱ)に示す改良耐震継手の場合にはFig. 4(a)(b)の破線の結果となり、引抜変位、応力レベルも緩和される。一方、Fig. 5には、element 1にすべて引張ひずみが作用するような地震波を設定した場合の同様の結果も示している。今度は逆に(f)図に示すような変形をするために、T字部ではelement 2よりの圧縮力が働くことになる。したがってFig. 5の(a)に示すように、T字部では、4mm程度の押し込み変位と $2.0 \times 10^4 \text{ kg}$ 程度の圧縮力が作用する結果となる。T字部より離れた箇所では、その4程度の引張力が見られる。Fig. 1の継手特性図からも知られるように、Figs. 4, 5程度の応答値に対しては、この継手は、伸縮変位、管体応力とも十分な余裕をもち、耐震継手としての機能を発揮しているといえよう。Fig. 6には、上記と同様の条件のもとで、継手のない一体鋼管管路の場合を比較のために示した。element 1に圧縮ひずみが作用する場合の計算結果である。この場合には、T字部で引張力が作用することによって、固定端の場合よりも管体圧縮力が減少することが知られる。

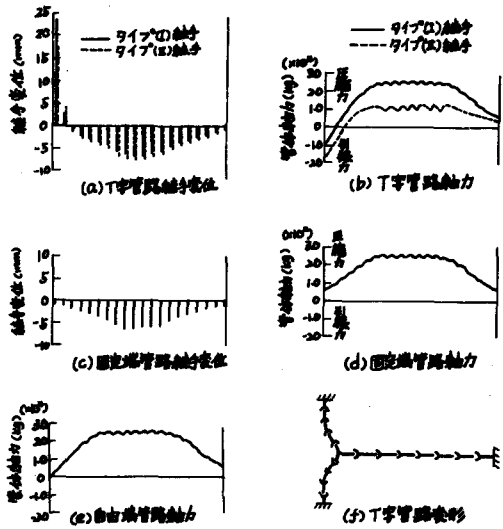


Fig. 4 ダクタイル継手管路

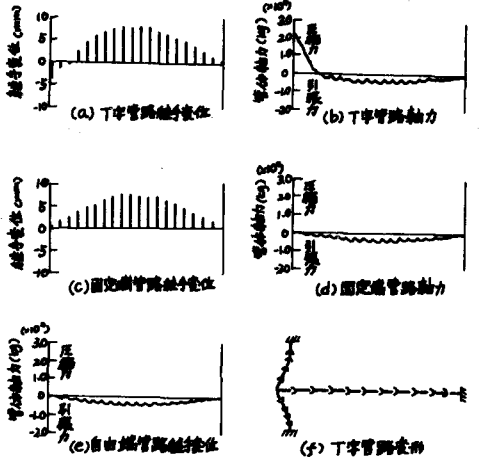


Fig. 5 ダクタイル継手管路

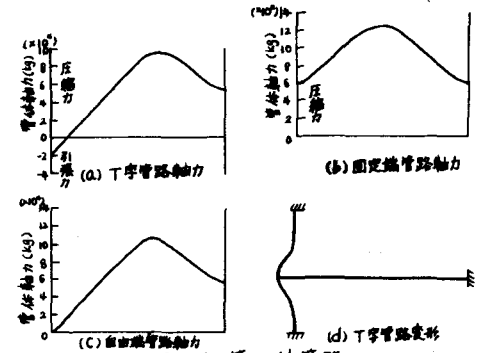


Fig. 6 鋼管一体管路

(1) 高田至郎・高橋俊二・山部泰男：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，1980/4，pp.27-39。  
 (2) 日本瓦斯協会：ガス工作物設置基準調査について，1981.3，pp.91-103。