

地盤沈下を受ける鉄鋼管路の挙動

神戸大学工学部 高田至郎, 間組 岡 孝則

1.はじめに: 本文は, 地震時地盤変状を受ける地中管路の耐震性を検討する研究の一環としてなされたもので, 地盤大変形を受ける鉄鋼管路の挙動を理論解析および室外実験によって調べたものである。

2.理論解析モデル: Fig. 1(a)は正断層運動による管路の変形を模式的に示したもので, 本文で対象としている地震時外力の一例である。Fig. 1(b)は, 解析に用いたモデルである。非線形特性をもつ鉛直および水平の地盤ばねを介して, 断層運動に相当する強制変形が力として管路に伝達される。管路は, 非線形継手特性を有するばねにより, 弾性ばり要素が連続的に結合されたものとなっている。Fig. 2には, 地盤ばねの特性を示した。管路長手方向の地盤ばね特性は, 圧縮・引張力に対して同等の特性をもつが, 鉛直方向ばねは, 地表面の影響を考慮して, 管路の押し上げと沈降に対して異なった特性をもっている。Fig. 3には, 解析対象とした鉄鋼管継手の押し込み, 引抜け特性と継手回転角特性の実験値を示している。また, 同図には, 解析モデルとして用いた特性曲線も示した。地盤変形の進行速度は余り速くないことを考慮して, 慣性力を無視した擬似静的解析を採用している。計算時間の節約できる伝達マトリックス法を用い, 荷重増分法によって非線形解析を実施した。

3.室外実験方法: Fig. 4には, 実験装置を示している。長さ10m, 巾1.0m, 高さ1.5mの土槽で, 6m部分をジャッキで支えて, 上下方向に可動となるようにしたもので, 固定槽と可動槽の境界部で地盤にせん断的に変形を与え, 現実の沈下や断層運動に対応する外力を, 土槽中に埋設された管路に与えるようになっている。実験はFig. 5に示すCASE A, Bの2回実施した。CASE Aは4mの単管でラインを構成したもので, CASE Bでは2mのものを用いている。いずれも境界部に継手位置がくるように配管している。測定計器とその取付位置はFig. 5に示す通りで, 他に地表面より

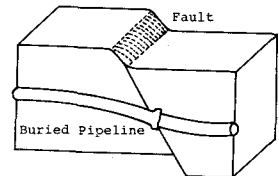


Fig. 1(a) Actual Geology

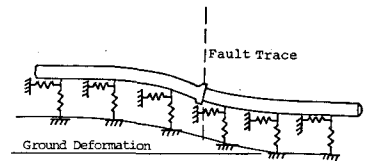


Fig. 1(b) Analytical Model

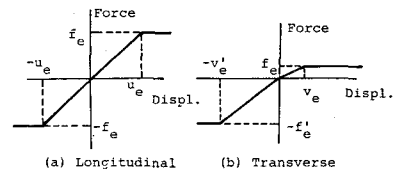


Fig. 2 Soil Restraint

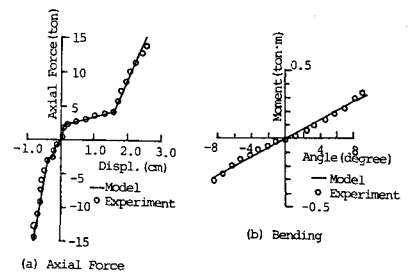


Fig. 3 Joint Characteristics (GM-II)

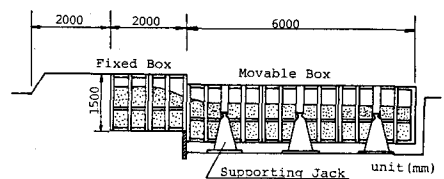


Fig. 4 Test Fixture

ピアノ線を地中に挿入して管体頂面に接触させ、管路変形を直接に測定している。なお、用いた管はφ150のGMⅡ継手をもつ鋳鉄管路である。

3.実験および理論解析結果：Fig. 6は実験より得られた管体最大応力と地盤沈下量の関係を示したものである。応力値は計測された軸および周方向のひずみより算出したものである。CASE Aの場合には沈下量の増大と比例して応力も増加しており、15cm程度が許容沈下量と思われる。一方、CASE Bでは短管接続によって地盤変形にうまく追従しているために20cmの沈下量となっても、 1000 kg/cm^2 以下の応力である。Fig. 7には、管路に沿う方向での曲げに伴う軸方向ひずみ分布を示している。最大応力は単管の中央付近で生じており、継手部では回転によってひずみを逃がしていることが知られる。CASE Bのように短管を接続することによるひずみ低減の効果は著しい。Fig. 8には、継手回転角と沈下量の関係を実験値およびシミュレーション値について示した。境界位置にある継手よりも、その前後にある継手の回転角が大きくなる傾向にあることが実験および解析によって明らかとなった。CASE Bの場合、20cmの沈下量となってもGMⅡ継手の許容回転角 6° と比較すれば未だ十分の余裕をもっている。Fig. 9, 10はCASE A, Bについてシミュレーションより求めた管体応力分布を示したものである。沈下量をパラメータとして計算したものであるが、Fig. 7との比較からも知られるように、値・分布形状とも実験値と良く一致している。適切な地盤反力ばねを設定すれば解析と実験は十分に対応をなすことが明らかとなった。

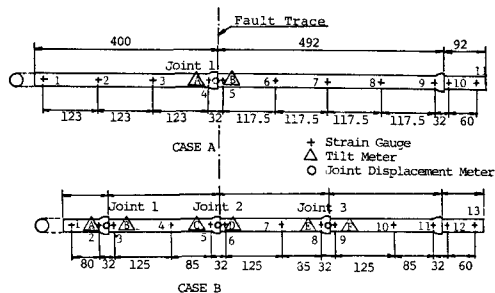


Fig. 5 Tested Pipelines and Measured Points

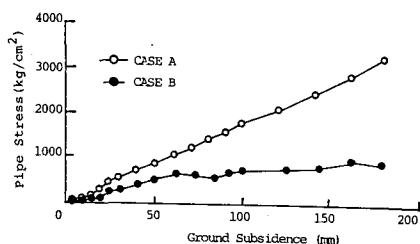


Fig. 6 Maximum Pipe Stress Related with Ground Subsidence

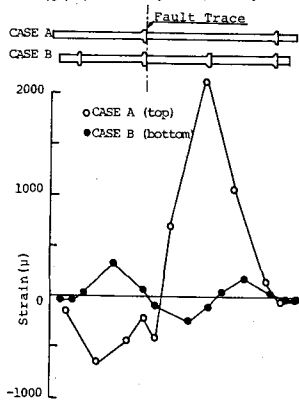


Fig. 7 Measured Pipe Strain

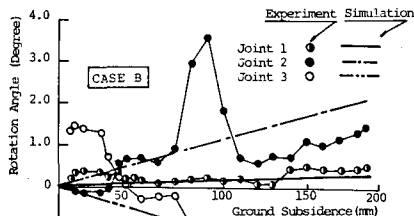


Fig. 8 Joint Rotation Angle Related with Ground Subsidence

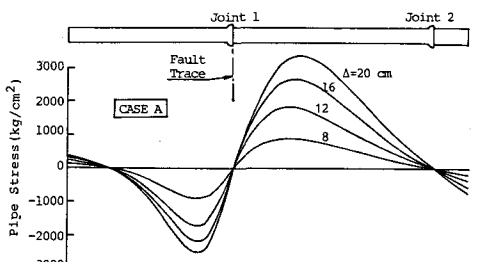


Fig. 9 Simulated Pipe Stress Distribution for Different Ground Subsidence

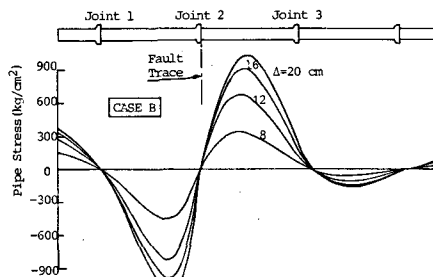


Fig. 10 Simulated Pipe Stress Distribution for Different Ground Subsidence