

埋設管の耐震性に関する2.3の考察
(埋設管路の分類と管断面の力学的性質について)

防衛大学校 正頁 佐藤 紘志

1. まえがき 埋設管路は、気体、液体など流体の輸送あるいは地中送電線、地中電話線を防護するための経済的な手段として広く利用されている。その構造は、円筒形という流体の輸送に適した断面であるとともに、外力に対しても力学的に安定な形状であることは良く知られている。特に、安定な地盤中に埋設された管は、円管のもっている力学的特性を有効に生かすことができるので、安全性の高い構造物と考えられている。

しかしながら、近年我国でもパイプラインによるエネルギーの大量輸送システムが広く採用されるようになり、社会生活に占める重要度が高まるにつれて安全性に対してより厳しいチェックを必要性が生じてきた。またパイプラインは、地表面近くに大きな広がりを持つ構造物であるため、地震国といわれる我国においては、耐震性に関する検討も重要な課題になっている。

本文は、埋設管の耐震性を検討するための予備的知識を得ることを目的として、現在、一般に用いられている埋設管の用途、種類などを分類の上、代表的な管の力学的性質を整理したもののである。ここでの整理は、規格の整っている水道用管を主な対象にしている。

表-1 管材料の特性による分類

2. 埋設管の分類¹⁾ 埋設管路の目的は、

(1) 内容物の機械的保護に用いられるもの……電話地中線、地中送電線

(2) 機械的保護とともに導管として用いられるもの……上水道、下水道、ガス導管、石油パイプライン、用水路

に大別され、内容物は気体、液体、固体など多種にわたっている。また、それらの化学的性質もガス、石油など可燃性のものから上水、下水など不燃性のものまで多様である。通常の内圧も地中電話線用管路のゲージ圧0から70 kg/cm²の石油パイプラインまで広範囲にわたっている。このため、管路材料としても鋼管、鋳鉄系管、コンクリート系管、プラスチック系管などが用いられており、高圧配管に鋼管が用いられるほかは、それぞれの管路の目的に応じて各材料が選択されている。それらの管を材料の特性により分類すれば、表-1のようになろう。

管路の径は、10mm程度のサービス管(供給管)から数mのものまで用いられており、普通は5~6m毎に種々の継手により接合されている。継手は、図-1に示すような継手部の力と相対変位の関係から柔構造継手、剛構造継手および鎖構造継手の3種に分類される。ここで、柔構造継手とは管軸方向の変位が吸収でき、ある程度可とう性のあるもので、ゴム輪をもった各種メカニカル継手などが代表的なものである。剛構造継手は、管軸方向の相対変位を許さず、また相対的な曲げと感さない構造のもので、鋼管の溶接継手、各種フランジ継手などがこれに相当する。また、鎖構造継手とは、継手部に伸縮、可とう性があり、継手部の相対変位がある限度に達すると離脱防止機構が働く形式のもので、S形ダクタイル鋳鉄管などの継手がこれに相当する。継手その他の詳細は文献を参照されたい。

3. 管断面の力学的性質 埋設管の用途、種類は前述のように多種多様であるが、ここでは規格の統一されている上水道関係の管を対象に、材料

	材質強度の高いもの	材質強度の低いもの
可とう性管	鋼管 ダクタイル鋳鉄管	塩化ビニル管 ポリエチレン管、FRP管
不可とう性管	高級鋳鉄管	石棉管、ヒュー管 RC管、PC管

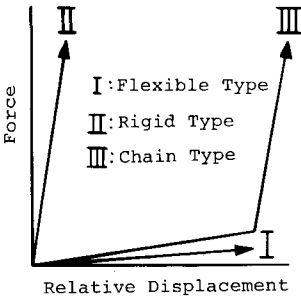


図-1 継手の特性

の信頼性、使用実績などから主として鋼管およびダクタイル鋳鉄管を取上げて力学的性質を整理した。なお、計算は実在の管の規格による断面寸法によって行なった。

(1) 管厚と外径との関係 この関係は、管断面の剛性を知る一つの目安である。ここでは、管断面の応力、変形解析に良く用いられる管の平均半径(P)と管厚(t)との比、すなわち、 P/t と外径との関係を図-2に示した。ここに平均半径とは、管の中心から管厚の中央までの距離を指している。なお、図-2には参考のため、ガス導管としてのダクタイル鋳鉄管および石棉管に関するデータも示してある。

(2) 断面の変形特性 鋼管、ダクタイル鋳鉄管などのようなたわみやすい管については、種々の荷重条件下における変形を検討する必要がある。ここでは、円管断面の変形特性を知る目安として良く用いられる

Flexibility Factor (F.F.)²⁾ で整理する。集中荷重をうける単位中リングの直径の変化量 $|\delta|$ は

$$|\delta| \div 0.02 \frac{WD^3}{EI'}$$

- ここに W : 集中荷重の大きさ
 D : 管の外径
 E : 弾性係数
 I' : 板厚による断面二次モーメント

で表わされる。直径に対する比は、

$$\frac{|\delta|}{D} = 0.02 \frac{D^2}{EI'} W$$

となり、右辺の D^2/EI' が F.F. と呼ばれる量である。

計算結果は図-3に示したとおりである。

(3) 管の比重 代表的な管の比重と外径との関係を図-4に示した。この図から、外径 200mm 程度以上になるとほとんどの管の比重は 1 以下になることがわかる。

4. あとがき 埋設管路の分類および管断面の力学的性質について述べた。本報告で触れられなかった曲げ剛性、固有振動数などの諸性質およびここで整理した資料に基づいた埋設管の耐震性に関する検討結果などについては、講演時に報告したい。

(参考文献)

- (1) 日本電気協会：地中管路の現行地震対策に関する調査報告書(S.48.3)
(2) 土質工学会：コルゲートメタル カルバートマニュアル(S.47.11)

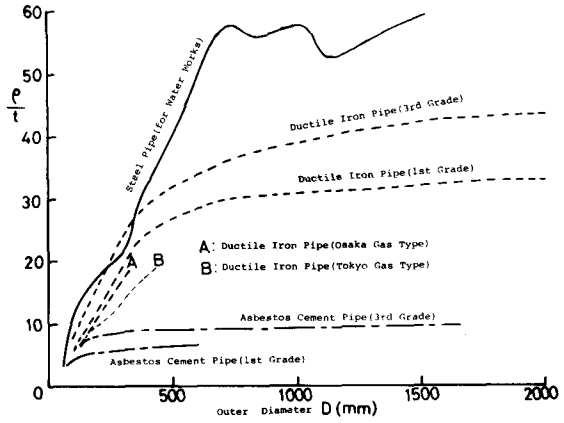


図-2 管厚と外径との関係

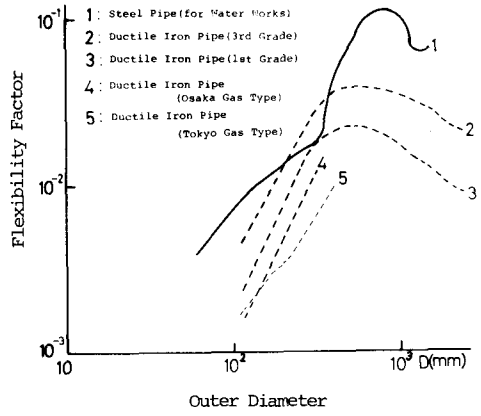


図-3 管断面の変形特性

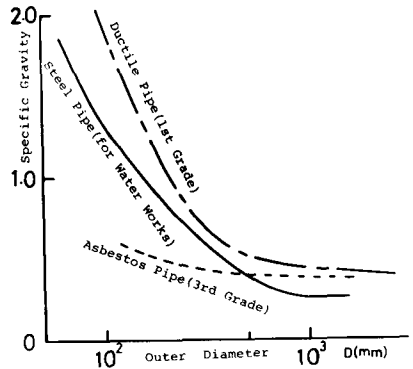


図-4 管の比重