

地盤沈下を受ける変断面たわみ性管のハイブリッド解析

神戸大学工学部 正会員 高田至郎

橋クボタ 正会員 片桐 信

神戸大学大学院 学生員 ○新見達彦

1. 概 説 近年、埋設管としての使用が増大している変断面たわみ性管の埋設時の挙動には不明な点が多く、適切な設計指針も提案されていないのが現状である。そこで本研究では、こうした埋設時挙動の検討に対して有効な解析手法を提案することを目的として、ハイブリッド挙動解析法¹⁾により対象管路が地盤沈下を受ける場合について解析している。この解析手法は、地中管路を弾性床上的のはりと見なして非線形地震応答解析を行うことによって、任意位置での断面力を算出し、得られた断面力を外力として軸対称有限要素法の解析モデルに作用させて、管路の局所的な応力状態を調べるものである。ここで、非線形地震応答解析にはERAUL (Earthquake Response Analysis of Underground Lifelines) プログラム²⁾を用いた。ERAULは弾性床上的のはり理論を基に伝達マトリックス法により解析するもので、このとき地盤の非線形性は、荷重増分法を用いて考慮されている。

また、軸対称FEM解析においては、管路谷部内の土とパイプとの不連続面の影響が大きいため、解析モデルにおいて両者の境界面にJOINT要素を導入している。

2. 等価曲げ剛性の算定 対象管路は図-1に示す変断面たわみ性管路である。ERAULは管路を等価なはりとして解析を行うため、対象管路のような曲げ剛性が一様でない変断面管路を解析する場合は等価剛性を持つ一様断面の管路に置き換える必要がある。ここでは対象管路を図-2のように谷部内の土を含めてモデル化し、軸対称FEM解析により9ピッチモデルの曲げ解析を行い、その結果から以下のように曲げ剛性を算定している。

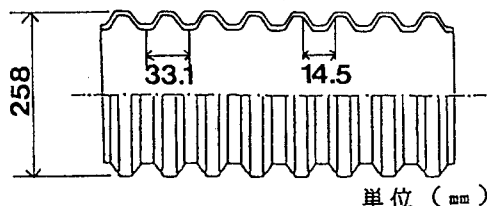


図-1 対象管路の概形

各ピッチ(1~6)の谷部および山部中央のたわみ量から、等価曲げ剛性 EI を逆算するといずれも図-3に示すように一定値に漸近する傾向にある。本解析ではこの関係を双曲線近似しその交点を等価曲げ剛性と考へ、 $EI = 934722 \text{ (kgf} \cdot \text{cm}^2)$ としてERAUL解析に用いることにする。

3. ERAUL解析 本解析では材料降伏がほとんど生じないと思われる沈下量5(cm)でERAUL解析を行った。解析モデルは図-4に示す通りであり、地

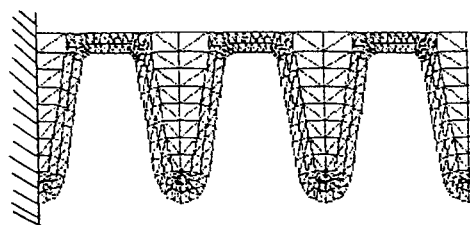


図-2 FEM解析モデル(3ピッチ)

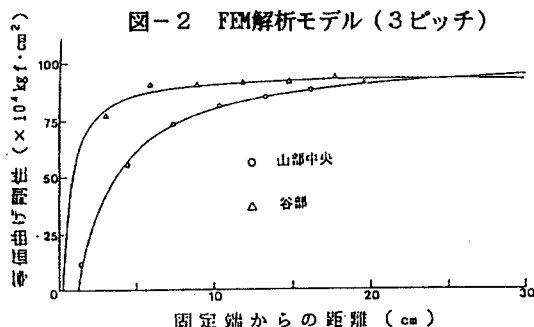


図-3 逆算される等価曲げ剛性

盤ばね定数 k 、すべり限界変位 δ_{cri} はそれぞれ田邊³⁾の示している値 $k=0.2 \text{ (kgf/cm}^3)$ 、 $\delta_{cri}=4 \text{ (cm)}$ を用いている。また、地盤ばね定数はバイリニア形を用い、降伏後の低下率は1%とした。

解析から得られた曲げモーメント、せん断力の分布を図-5、図-6に示す。これらの結果から、対象

管路が地盤変状によく追従するために曲げモーメント、せん断力は固定端（マンホール取付け部）で最大値となり、後は急速に減少して間もなく消失していることが確認できる。

4. 軸対称FEM解析 次にERAULから得られた断面力を用いて軸対称FEM解析を行う。解析モデルは図-2に示すような谷部に土要素を入れたマンホール取付け部付近の5ピッチ分とし、このモデルの端部（固定端から8.82cm）に図-5、6から求まる断面力（ $M=2511(\text{kgf}\cdot\text{cm})$ 、 $Q=702(\text{kgf})$ ）を載荷し、さらにパイプと地盤との相対変位から生じる、地盤ばねによる外力を等価節点力に分配して作用させている。

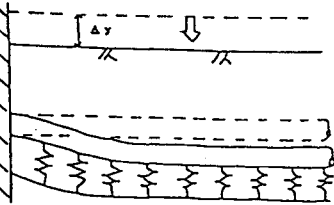


図-4 ERAUL管路モデル

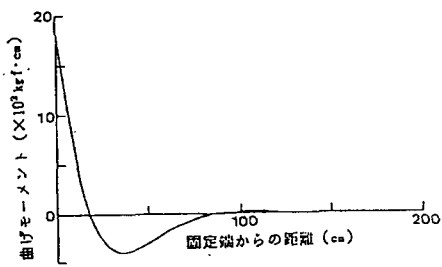


図-5 曲げモーメント分布

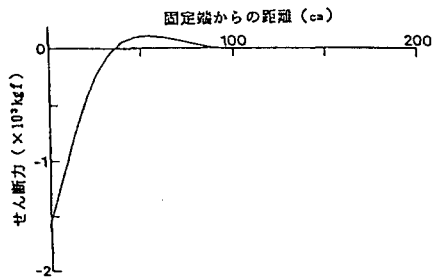


図-6 せん断力分布

解析結果から得られる3ピッチ谷部の変位量を先のERAUL解析を含めて表-1にまとめている。この結果を見ると、両解析結果の相違はわずか0.1(cm)であり、軸対称FEM解析は比較的精度よくERAUL解析時の状態を再現していると思われる。よって、このFEM解析から得られる応力分布などの局所的な状態はERAUL解析モデルの一部分を取り出したものとほぼ等しいと考えられる。

表-1 谷部の変位量

FEM結果 (cm)	ERAUL結果 (cm)
0.520	0.621

5. 結 語 本研究では材料降伏を考慮しない、線形計算で沈下に対するハイブリッド解析を行い、ほぼ妥当と思われる結果を得た。しかし局所的な応力状態を詳細に検討すれば、図-7に示すように固定端付近や山部の角などで管体内応力が材料の降伏強度を既に越えているのが認められる。よって、今後は沈下の進行に伴って低下していく等価曲げ剛性を考慮した、非線形の解析を行う必要があり、現在その解析手法について検討中である。

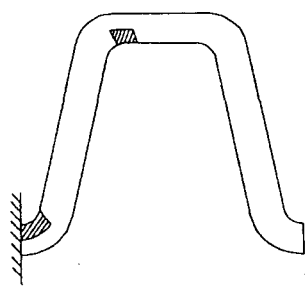


図-7 降伏強度を越えている位置（斜線部）

参考文献 1) 山下淳志：変断面たわみ性管の埋設時挙動に関する基礎的研究、神戸大学修士論文、1990. 2, pp66～103
 2) 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547号、1980, pp27～32
 3) 田邊揮司良：地震時地盤変状を受ける地中管路の耐震性評価と設計法に関する基礎的研究、神戸大学博士論文、1988.1, pp84～86