

二重管構造を考慮したライニング管路の耐震性評価に関する研究

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○奥津 大
 " 正会員 山崎 泰司 正会員 瀬川 信博
 NTT インフラネット 正会員 田中 宏司
 摂南大学 理工学部 正会員 片桐 信
 東洋大学 理工学部 正会員 鈴木 崇伸

1. はじめに

NTT の管路設備は、70 年代に集中的に建設されたため全体の約 2/3 が 30 年以上経過した設備となっており、金属管では錆・腐食により有効活用できない場合が多くなっている。そこで、NTT アクセスサービスシステム研究所ではこのようなケーブル収容管をライニング補修する技術の開発を進めている。開発中のライニング管には「空間確保タイプ」と「3000 心タイプ」があり、ともに樹脂製で自立強度を有する(図 1)。空間確保タイプは、シート状ライニング材両端をファスナで接続して円筒を形成しつつ管内に引き込んだ後、水圧と温水で拡張・硬化させる方式である。3000 心タイプは、工場成型されたライニング部材で既設ケーブルを包み込み、次の部材を継手で接続した後、管内に押し込む方式である。

本研究の目的は鋼管及びライニング管の耐震性を実験的・解析的に評価し、ケーブル保護効果を確認することである。本稿では解析について報告する。

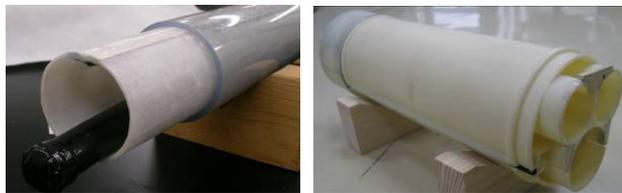


図 1 ライニング管(左:空間確保, 右:3000 心)

2. 解析モデル

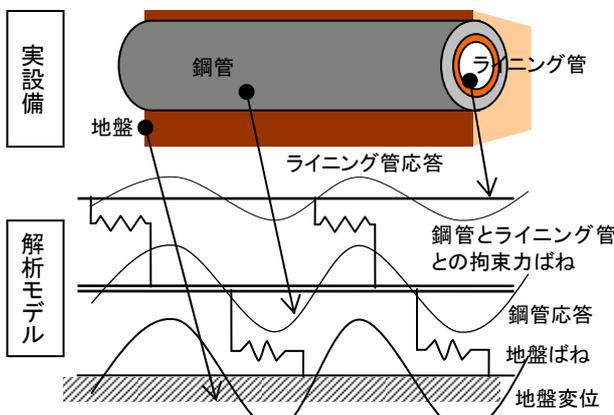


図 2 解析イメージ

鋼管内部にライニングした場合、鋼管とライニング管は別

の挙動をすると考えられる。すなわち鋼管が弱点部で損傷し、その後ライニング管が変形し始める 2 段階のプロセスが想定される。そこで鋼管は地盤ばねを介して地震外力が作用する一般的なモデルで解析し、ライニング管は鋼管とライニング管との間の拘束力をばねにして、前記方法で求めた鋼管の管体変位を外力として作用させて解析を行った(図 2)。解析には「ERAUL2007」を使用した。

3. 解析条件

解析に先立って 2007 年新潟県中越沖地震における管路の被災を調査・分析した。その結果、被災鋼管の平均スパン長は 149.1m (標準偏差 52.0m) で、被災箇所はマンホール際での継手押し込み・離脱が多く、次いでスパン中央付近の継手損傷であることがわかった。そこで、スパン長を 100, 150, 200m, 波長を 100m, 地盤変位分布は位相を 1/4 波長ずつ移動させた 4 パターンとし、合計 12 の組み合わせについて解析した。変位振幅は限界値を把握するため、地盤ひずみ 2%まで段階的に作用させた。

管体特性, 地盤(拘束力)ばね特性等を表 1 に示す。3000 心タイプは断面が円環ではないため、円環に換算して肉厚を設定した。鋼管とライニング管との拘束力は引き抜き実験により求めた。鋼管と 3000 心タイプの継手配置を図 3 に示す。空間確保タイプに継手は無い。

表 1 管体特性等

項目	単位	鋼	空間確保	3000 心
弾性係数 E	(N/mm ²)	205,940	6,385	3,295
塑性域の弾性係数	(N/mm ²)	205,940	64	33
塑性開始ひずみ	(%)	0.17	1.25	1.50
標準管長	(mm)	5,500	5,500	1,100
外径 D	(mm)	89.1	80.7	77.7
肉厚 t	(mm)	4.2	3.0	3.3
地盤ばね係数 K	× 10 ⁻⁵	582	84.8	3.84
地盤ばね係数 K'	(N/mm ³)	50.4	84.8	3.84

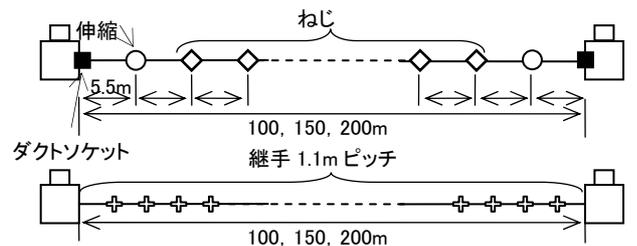


図 3 継手配置(上:鋼, 下:3000 心)

キーワード 通信管路, ライニング, 地震応答解析

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL029-868-6220

鋼管解析では、両端マンホールは地盤と同じ動きをする設定にした。ライニング管の場合は、鋼管を地盤に見立てて解析を行うので、両端での鋼管とライニング管の固定状況をモデル化する必要がある。実態は両端とも「自由」であるが、解析が不安定となるため左端「自由」、右端「地盤と同じ(鋼管に固定)」という条件で解析した。

4. 鋼管解析結果

解析結果の一例を図4に示す。縦軸は各継手の伸縮性能比(限界値に対する伸縮量の比)である。伸縮性能比1以上は継手損傷を表す。ねじ継手は左端からスパン1/4点及び3/4点の結果を示した。図4の場合、地盤ひずみ0.3%で右ダクトソケットが、0.6%で左伸縮がそれぞれ損傷する。

レベル2地震動による地盤ひずみを、高压ガス導管耐震設計指針、水道施設耐震工法指針ではそれぞれ最大0.4%、0.5%と想定しており、それらを基準に考えると鋼管の耐震性能は被害が発生するかしないかの境界レベルであることがわかった。そこで、地盤ひずみ1%という埋設管路には厳しい条件でライニング管の解析を実施し、ケーブル防護機能を確認することとした。

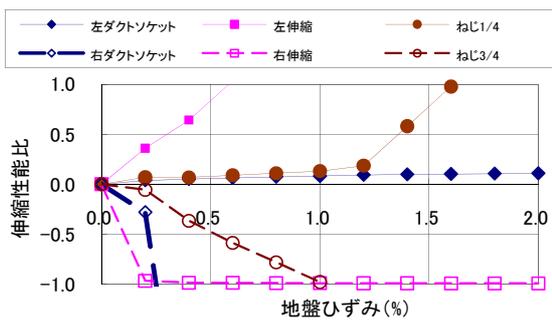


図4 地盤ひずみと継手伸縮性能比の関係 (スパン長100m, パターン2)

5. ライニング管解析結果

地盤ひずみ1%の時の鋼管の管体変位をライニング管への強制変位として入力し、応答を求めた。ライニング管解析結果の一例としてひずみ分布、継手伸縮量を図5, 6にそれぞれ示す。ダクトソケットまたは伸縮継手の伸縮量が大きい箇所で空間確保タイプはひずみが、3000心タイプは継手伸縮量がそれぞれ大きくなっている。

解析の結果得られた最大応答値を表2に示す。いくつかのケースで管体ひずみが目安値である塑性開始ひずみを上回ったが、いずれも括弧内の破断ひずみには達していない。また、継手伸縮量も限界値までは達しなかった。

ライニング管解析では「左端:自由」「右端:鋼管に固定」という条件にしているため、発生ひずみは左側で小さく、右側で大きくなっている。実際は両端とも緩い拘束または自由であり発生ひずみはより小さくなると考えられる。

6. まとめと今後の課題

鋼管とライニング管を連成させて地震応答を計算し、被害メカニズムと弱点となる個所を特定する解析を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 鋼管継手が破損しない区間では、ライニング管にひずみはほとんど発生しない。
- 2) 鋼管継手が破損すると、ライニング管の剛性が低いために破損箇所に変形が集中する。
- 3) ケーススタディを行った結果、条件によっては材料の降伏ひずみを上回るものの破断はしないことが判明した。

ライニング技術は事業導入を目指して開発中であり、仕様が確定した段階でそれに合わせて再度解析する必要がある。解析に先立って、暫定的に用いている係数、限界値等を実験により確定し、鋼管の経年的な特性変化等を考慮した検討にも取り組んでいく予定である。

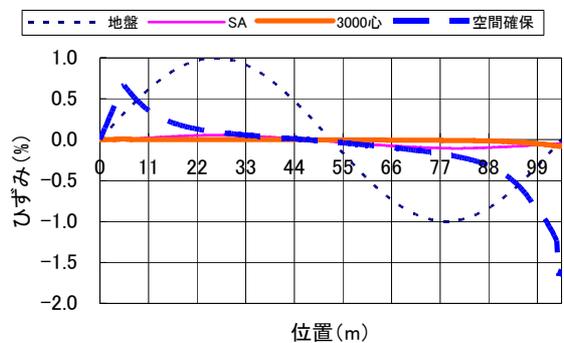


図5 ひずみ分布(スパン長100m, パターン2, 地盤ひずみ1%)

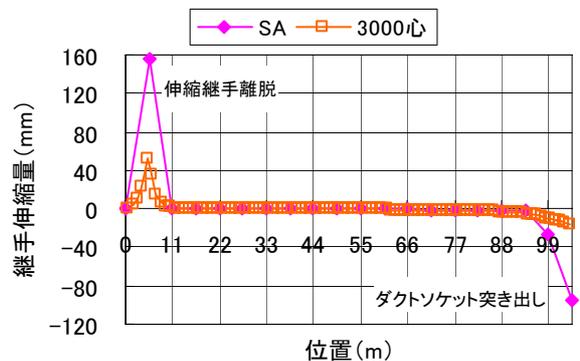


図6 継手伸縮量(スパン長100m, パターン2, 地盤ひずみ1%)

表2 ライニング管の最大応答値

項目	管種	最大値	目安値
管体ひずみ	空間確保	圧 1.66%	1.25%(数%)
	3000心	引 0.09%	1.50%(40%以上)
継手伸縮量	3000心	引 53mm	引 93.6mm
		圧 15mm	圧 22.6mm

※括弧内は一般的な破断ひずみ

参考文献

- 1) 秋山武志, 山崎泰司, 是國亨, 谷島章彦, 阿部智徳, 保坂陽: ケーブル收容管路再生技術の開発, 土木学会第64回年次学術講演会, pp.797-798, 2009