



令和6年能登半島地震における 耐震型ダクタイル鉄管の被害調査結果 (途中経過)

輪島市 呼び径400NS形

(一社) 日本ダクタイル鉄管協会

耐震型ダクトイル鉄管の被害の概要

- 被災場所： 大規模に斜面崩壊した輪島中学校グラウンドの南側道路
- 被災管路： 送水管・配水管(2条配管：呼び径400NS形、2002年製)
- 被災状況： 大規模地盤変位の境界近傍で、一体化(ライナ付直管)継手が離脱(2か所、計4継手)
- 被災原因： 地盤が水平方向に最大7.3m、鉛直方向に最大4.4mと大きく変位し、継手部に継手性能を超える大きな曲げモーメントが負荷されたため、被災したと推定された。



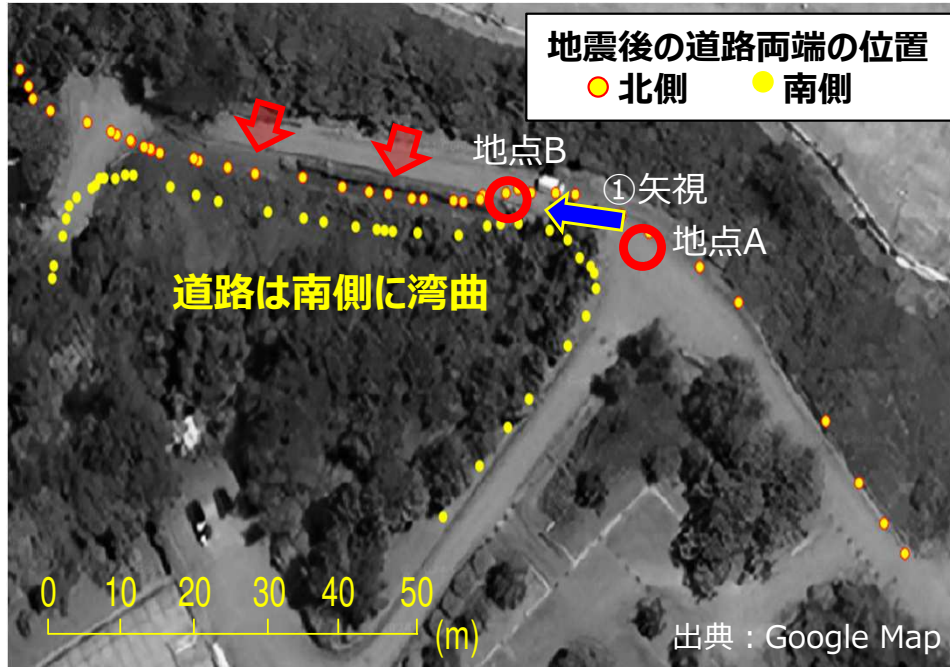
【被災地点Bの状況】



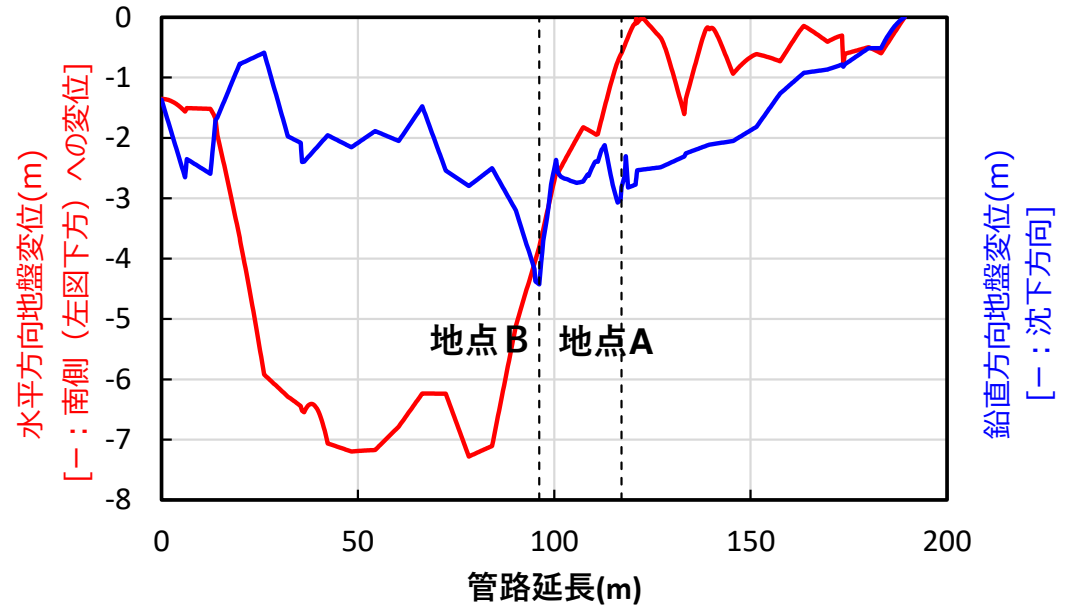
地盤変位の調査結果

- NS形管路が布設されていた南側の道路は曲線状に大きく変形し斜面崩壊した。
- 道路は、水平方向に南南西側に最大7.3m変位し、鉛直方向に最大4.4m沈下した。

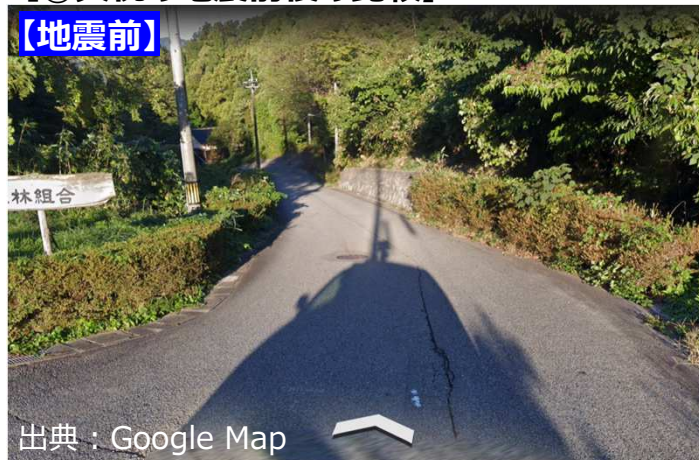
【レーザースキャナによる道路位置の3次元計測】



【地震後の道路の推定変位量（レーザースキャナによる3D測量）】



【①矢視の地震前後の比較】



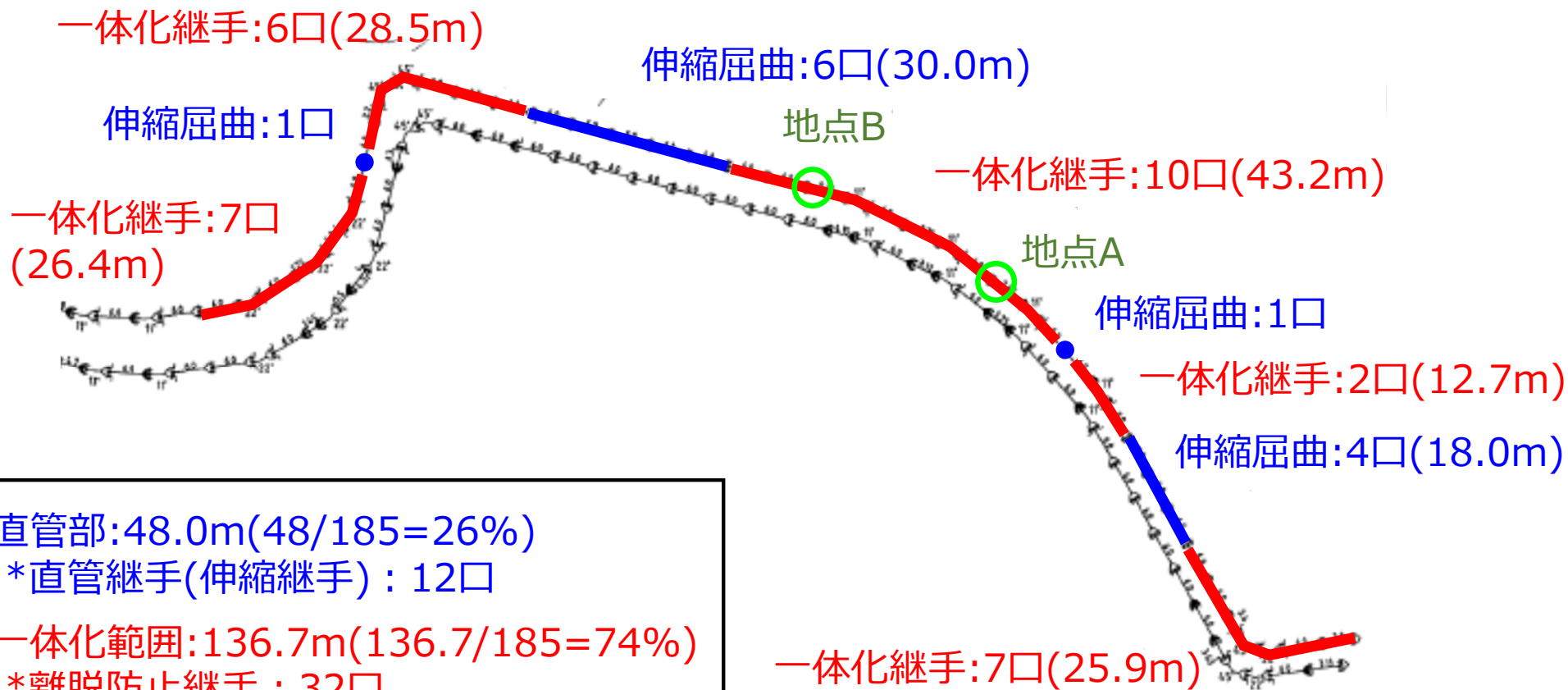
地震前の道路の位置は以下のデータを用いた。

- ・水平方向：国土地理院 標準地図
- ・鉛直方向：基盤地図情報（数値標高モデル）5mメッシュ標高データ

被災管路の特徴

- 一体化範囲が長く、耐震管路の特長である伸縮屈曲機能が限定的な管路であった。
- 一体化長さが最も長い約43mの区間の中で、地点A、Bで一体化継手が被災した。
- 被災した継手はいずれもライナ付き受口+切管挿し口（切管用挿し口リングは発見されず）であった。

【道路崩壊箇所の呼び径400NS形管路(管路延長185m)の管割図】



直管部: 48.0m ($48/185=26\%$)

*直管継手(伸縮継手): 12口

一体化範囲: 136.7m ($136.7/185=74\%$)

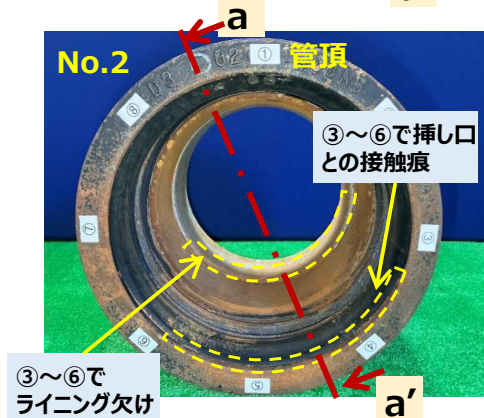
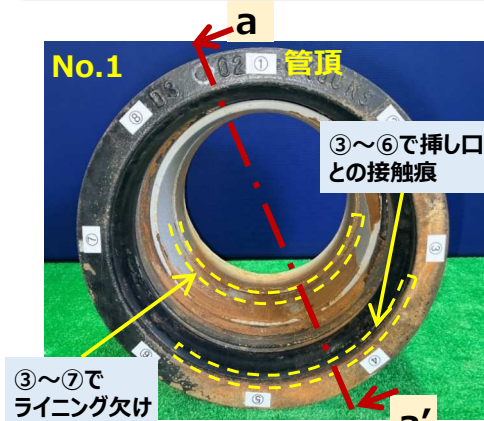
*離脱防止継手: 32口

回収された被災管の調査結果

- 地点Aで受口2口、地点Bで受口1口および挿し口2口を回収できた。
- 受口、挿し口の損傷状況から、離脱した時の継手の屈曲方向および屈曲角度を想定した。
- 地点Aはほぼ鉛直方向（上側に凸）、地点Bはほぼ水平方向（北側に凸）に、継手が屈曲。
- 想定した屈曲角度から、限界曲げモーメントを超える曲げモーメントが負荷されて離脱したと考えられる。

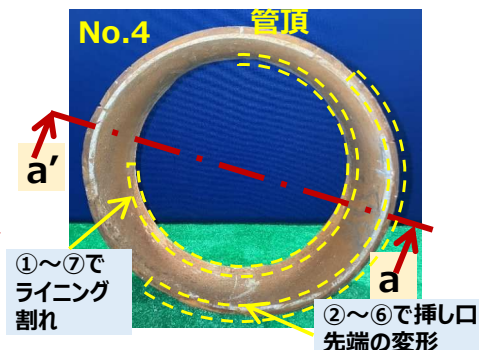
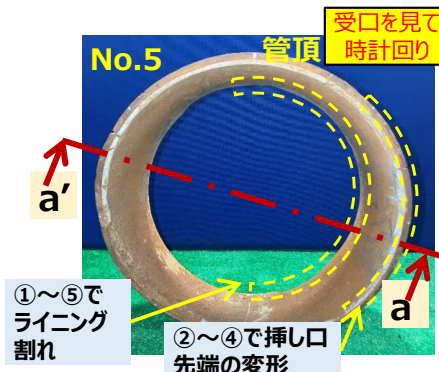
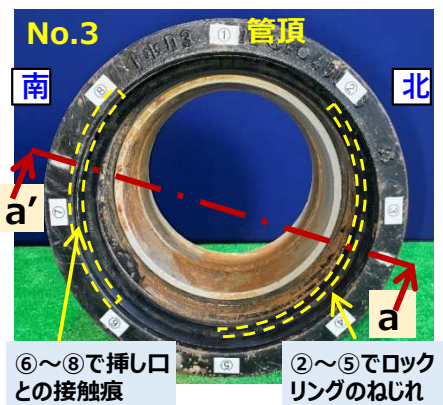
【地点Aで回収】

- No.1、No.2共に、
- 端部内面下側に接触痕有り
 - 受口奥下側のライニングに欠け有り



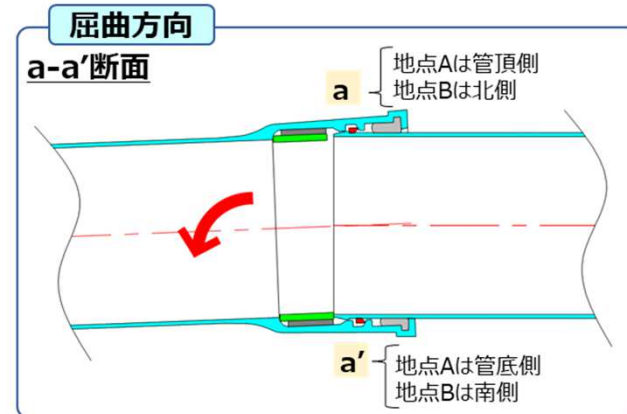
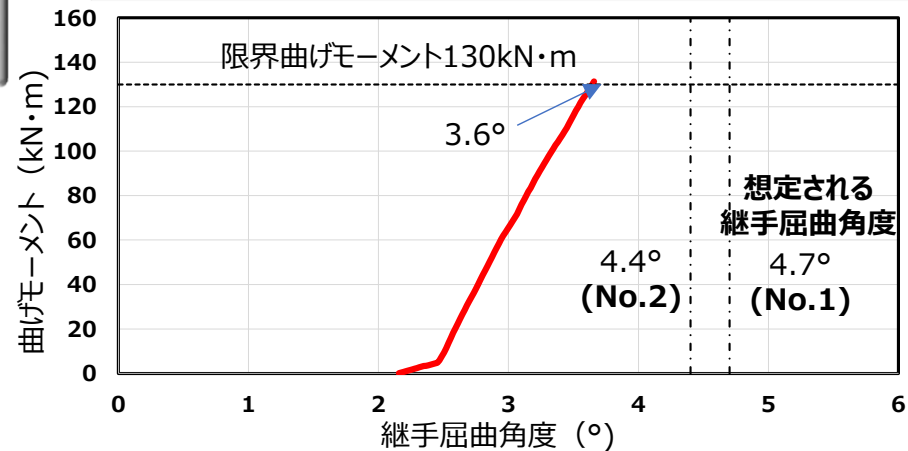
【地点Bで回収】

- No.3とNo.5が接続されていたと推定
- 内面端部南側に接触痕有り
 - 挿し口は北側先端が変形、ライニング割れ有り
 - 切管用挿し口リングは発見されず



【地点Aの例】

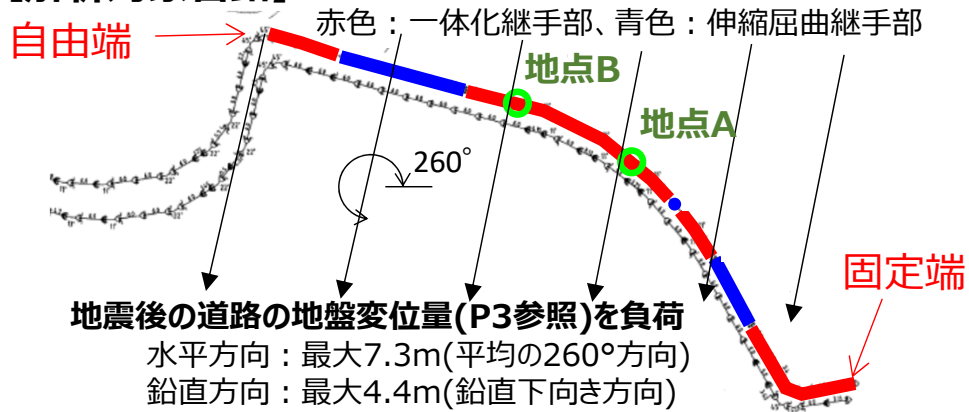
- NS形の曲げモーメントと継手屈曲角度の測定結果と照合
- 限界曲げモーメントを超える曲げモーメントが負荷されたと考えられる。



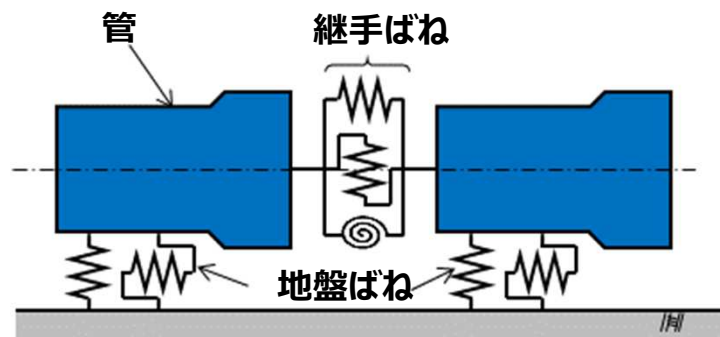
FEM解析による検証 (例)

- 管路を弾性床上の梁と仮定し、道路の地盤変位を埋設管路に作用させるFEM解析を実施中。
- ここでは、下記のとおり解析条件を単純化した計算結果例を示す。
- 幾何学的非線形性を考慮し、地盤変位を徐々に地震後の状態まで一定に増加させた。
- その結果、最初に地点Bの継手は製品性能を超える曲げモーメントが負荷されて離脱し、さらに地盤変位が増加することで、地点Aの継手も同様の大きい曲げモーメントにより離脱したと推定された。

【解析対象管路】



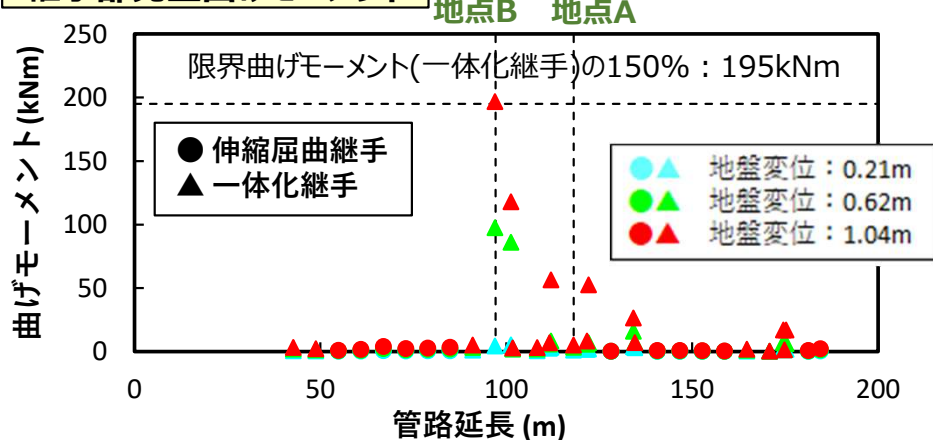
【解析モデル】



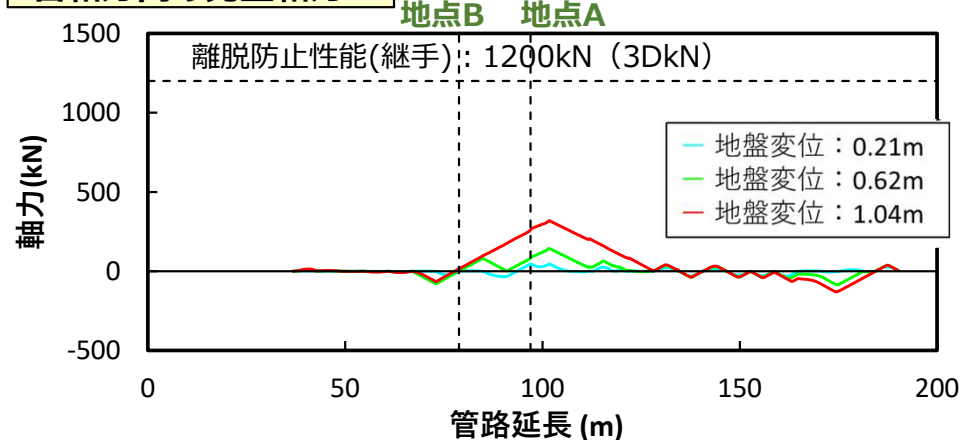
【解析結果例】

* 地震後の最大地盤変位(合成)は7.8m。ここでは地盤変位が0.21m、0.62m、1.04mの段階の結果を示す。

継手部発生曲げモーメント



管軸方向の発生軸力



まとめ

【被災原因】

- 能登半島地震により、輪島中学校のグラウンド南側が大規模に地盤崩壊し、南側の道路が水平方向に最大7.3m移動、鉛直方向に最大4.4m沈下した（レーザースキャナによる3D測量）。
- その道路に埋設されていた送水管・配水管の呼び径400NS形ダクティル鉄管管路は一体化範囲が長く、耐震管路の特長である伸縮屈曲機能は限定的であった。
- 最も長く約43mにわたって一体化された範囲内で、継手の離脱が2か所（計4口）発生した。継手性能の限界曲げモーメントを大きく超える曲げモーメントが負荷されて継手が離脱したと考えられる。
- 回収した管の調査およびFEM解析により、まず、地点Bの継手が水平方向に離脱し、次に地点Aの継手が鉛直方向に離脱したと推定される（検証は継続中）。

【対応策（案）】

- ① 地盤自体の崩落等の発生場所を除き、耐震管路は地震動等による被害はなく、引き続き、管路の耐震対策の強化・加速化に貢献していく。
- ② 「水道施設耐震工法指針・同解説 2022」（公社）日本水道協会に準じた管路設計を推奨する。
- ③ 耐震管路の特長である伸縮屈曲機能を最大限活用できるよう、一体化長さが短縮された新一体化長さ早見表（2006年）に則した管路設計を改めて推奨する。
- ④ 管路の伸縮屈曲性能を確保・向上させるための対策として、継ぎ輪を複数個使用する管路設計が効果的である。一体化長さが長くなる場合の対策として、継ぎ輪＋継ぎ輪用離脱防止金具（G-Link等）の活用等を推奨する。
- ⑤ 旧谷底地帯の造成地やハザードマップ等で、大規模な地盤崩壊等が想定されている箇所は、重要管路の埋設を回避、または土木工法による地盤崩壊の防止/規模の最小化対策の実施を推奨する。