

# 米国断層部における大口徑耐震型ダクティル鉄管の設計事例

○小田 圭太 (クボタ)

岸 正蔵 (クボタ)

Hu Jianping (ロサンゼルス市水道電気局)

## 1. はじめに

近年、地震多発地帯である米国西岸で耐震型ダクティル鉄管の採用が進んでいるが、同地域には活断層が多く存在するため、断層変位に対応した管路設計が求められている。これまでに、私たちは実管を用いた断層模擬試験と有限要素法による管路挙動解析を行い、断層対策管路の設計手法について研究してきた<sup>1)</sup>。本論文では、これまでの研究で得た断層対策管路の設計手法について述べ、これを用いた米国での設計事例を報告する。

## 2. 管路挙動解析手法

断層対策管路の性能評価には、図1に示すような、はり(シェル) - ばねモデルによる管路挙動解析を用いる。これまでに、断層模擬実験結果と解析結果を比較し、本解析手法の妥当性を確認している<sup>2)</sup>。表1に示す評価基準で解析結果を評価することで、断層変位を受けた後の管路の応力は弾性範囲内となる。

## 3. 断層対策管路の設計手法

図2に断層対策管路の設計フローを示す。まず、断層対策無しで管路挙動解析を行い、継手屈曲角度・管体発生応力・軸力を評価する。断層変位量が1.6m程度であれば、断層対策無しで断層変位に追従できる。

継手屈曲角度・管体発生応力が評価基準を満足しない場合は継ぎ輪を、軸力が評価基準を満足しない場合は長尺継ぎ輪を用いて配管し、再計算する。継ぎ輪・長尺継ぎ輪の間隔(スパン)は管路挙動解析の繰り返し計算によって決定する。最後に、断層の出現が想定される範囲から、管路に断層対策を施す範囲を決定する。

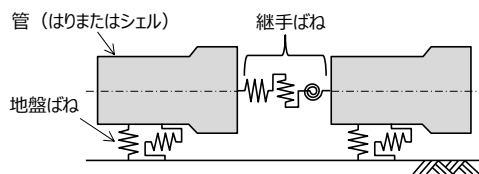


図1 管路挙動解析モデル

表1 評価基準

項目	評価基準	呼び径1350 S形の例
継手屈曲角度	地震時に曲がり得る最大屈曲角度	6.5°
応力	270MPa (ダクティル鉄鋼の耐力)	270MPa
軸力	3DkN (D:呼び径[mm])	4050kN

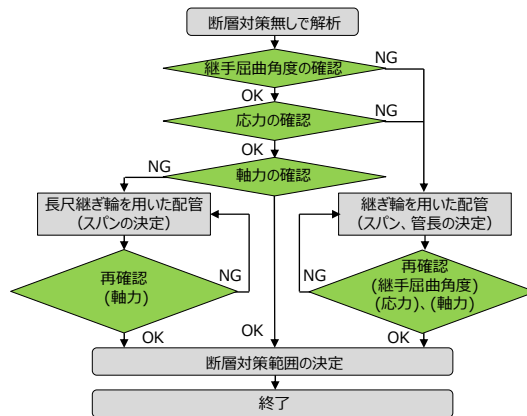


図2 断層対策管路の設計フロー

## 4. 米国での断層対策管路の設計事例(呼び径1350S形ダクティル鉄管)

設計手法を用いて行った、米国カリフォルニア州サンフェルナンド断層を横断する呼び径1350送水管の設計事例を示す。図3に管路と断層の位置関係を示す。地点A~Oの複数の箇所、約3.2kmにわたり断層と管路布設予定箇所が交差している。今回は想定断層変位量が最大(3.0m)の地点Jの設計例を報告する。

### (1) 解析条件

図4に地点Jの解析条件を示す。断層は変位量3.0m、断層交差角度は64°の左横ずれ断層である。まず、断層対策無しで管路(呼び径1350S形ダクティル鉄管の定尺6m管)で管路挙動解析を行った。

### (2) 解析結果【断層対策無し】

表2に解析結果を示す。断層変位量が1.8mを超えると軸力が3DkNを超過したため、設計フロー(図2)にしたがって、通常の耐震管の10倍の伸び量を有する長尺継ぎ輪を配置し、再確認を行った。

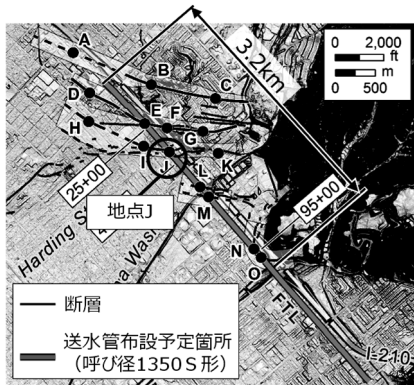


図3 断層と管路の位置関係

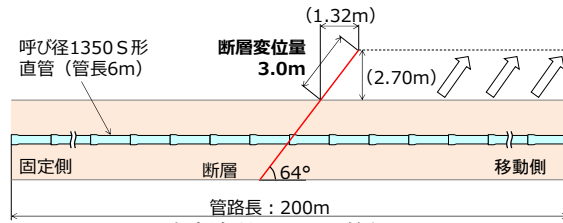


図4 解析条件 (断層対策無し)

表2 解析結果 (断層対策無し)

条件	継手屈曲角度 (°)	応力 (MPa)	軸力 (kN)	許容できる断層変位*
断層対策無し	3.8	275	6875	1.8m(軸力)
評価基準	≤6.0	≤270	≤4050	≥3.0m

\*継手屈曲角度・応力・軸力がすべて評価基準を満足する断層変位量括弧内はその断層変位で超過した項目

(3) 解析結果 [断層対策管路]

図5に示すように、長尺継ぎ輪のスペンを42mとした管路で再確認を行った。表3に解析結果、図6に軸力の比較を示す。「断層対策管路」は断層変位量3.0mを受けた後も、軸力が3DkNを超過しなかった。すべての項目で評価目標を満足したため、長尺継ぎ輪のスペンは42mに決定した。

(4) 断層対策範囲の決定 (長尺継ぎ輪の数量決定)

地点Jでの断層想定範囲 (地表断層が出現すると考えられる範囲) は50mであった。そこで、図7に示すように、断層想定範囲のどこに断層が生じても、長尺継ぎ輪で挟むことができるよう、42m スペンで3本の長尺継ぎ輪を配置することとした。

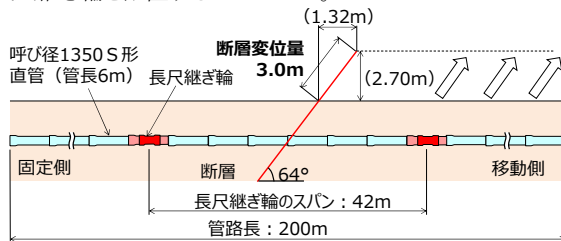


図5 解析条件 (断層対策管路)

表3 解析結果 (断層対策管路)

条件	継手屈曲角度 (°)	応力 (MPa)	軸力 (kN)	許容できる断層変位
断層対策管路	5.1	210	3397	≥3.0m
評価基準	≤6.0	≤270	≤4050	≥3.0m

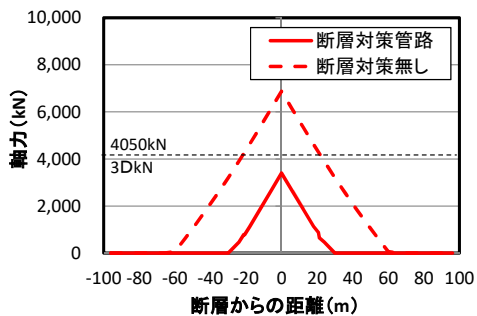


図6 軸力の比較 (断層変位量 3.0m)

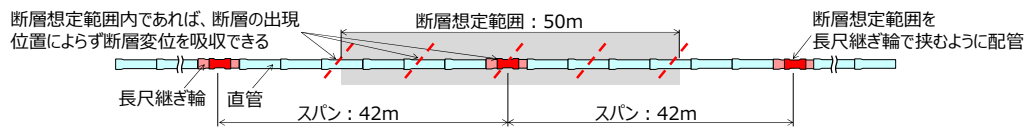


図7 断層対策範囲の決定

5. まとめ

断層対策管路の設計フローに従って、長尺継ぎ輪を用いた断層対策管路を設計する実例を示した。今回設計したサンフェルナンド断層を横断する管路は、現在、配管施工が進められており、2020年6月までに完了予定である。本設計手法による管路の断層対策が日本の水道管路の強靱化の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) K. Oda, M. Miyajima, T. Ishihara, Pipeline design method against large fault displacement, Proceedings of the ASME 2015 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2015-45709, 2015
- 2) 金子正吾ほか3名: 大型土槽を用いた横ずれ断層横断部の耐震継手ダクタイル鉄管の挙動調査、平成27年全国会議(水道研究発表会)講演集、pp666-667、2015