

地中管路の液状化被害と特性解析

神戸大学 正会員 高田至郎

学生員 ○永井淳一

1はじめに 本研究は、1983年 5月26日に発生した日本海中部地震における秋田県の男鹿市、能代市での被害状況を、上・下水道や送電システムの枝管として多用されている塩化ビニル管に着目して調査したもので、その結果と、それに付随する若干の解析について述べる。一般の塩化ビニル管継手にはTS (Tapered Solvent)継手と、耐震性を高めるため最近開発されたRR (Rubber Ring)継手の2種類が用いられているが、今回の地震によってRR継手を有する塩化ビニル管(以下RR管と呼ぶ)の有効性が試されたという意味で結果が注目される。また本地震の特徴でもある液状化現象と管路被害との関係も調べられた。ここでは紙面の都合上、主に男鹿市の被害におけるTS継手を有する塩化ビニル管(以下TS管と呼ぶ)とRR管の被害状態の比較を行なう。

2 管路被害資料解析

a)男鹿市の水道塩化ビニル管被害 男鹿市における調査範囲は被害の目立った地域に限り、それらについて地域別にグループ分けを行い、船川地区と田中地区(FK1-FK3)、脇本地区(W1)、五里合地区(G1-G6)、船越地区(F1-F3)の4ブロックとした。求められた被害率は表1に示されるように総じてRR管の方がTS管に比較して高い割合で被害を受けており、液状化現象の目立った脇本地区(W1)で被害率が特に高い。またTS管、RR管の両方について管径が小さい程被害率が高くなっていることが認められる。表2に水道塩化ビニル管の破壊形態の内容を示す。全被害箇所数26個の内、継手の引き抜け押し込みにより応力緩和の出来るRR管には管体破壊はなく、全て継手離脱である事に対して、TS管は接着継手という構造上、そのほとんどが継手亀裂による破壊となっている。これらの結果の内注

表1 男鹿における管路破壊率

| | 塩化ビニル管 TS 継手 (被害箇所/延長 (km)) | | | | | 塩化ビニル管 RR 継手 (被害箇所/延長 (km)) | | | | | TS, RR 継手合計 | |
|--------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|-----|-------------------|-------------------|-----------|-------------|--------|
| | φ50 | φ75 | φ100 | φ150 | 地区別被害率 | φ50 | φ75 | φ100 | φ150 | 地区別被害率 | 地区別被害率 | 地区別被害率 |
| G1 | — | $\frac{0}{0.686}$ | $\frac{0}{0.353}$ | — | 0 | — | — | $\frac{1}{0.224}$ | — | 4.46 | 0.79 | |
| G2 | $\frac{0}{0.188}$ | $\frac{0}{0.140}$ | $\frac{0}{0.306}$ | — | 0 | — | — | $\frac{2}{0.542}$ | $\frac{0}{0.662}$ | 1.66 | 1.09 | |
| G3 | — | — | — | $\frac{0}{0.122}$ | 0 | — | — | — | $\frac{1}{0.212}$ | 4.72 | 2.99 | |
| G4 | $\frac{0}{0.250}$ | $\frac{0}{0.533}$ | $\frac{0}{0.542}$ | — | 0 | — | — | — | — | — | 0 | |
| G5 | $\frac{0}{0.050}$ | $\frac{0}{0.082}$ | $\frac{0}{0.410}$ | — | 0 | $\frac{0}{0.313}$ | — | — | — | 0 | 0 | |
| G6 | $\frac{0}{0.193}$ | $\frac{0}{0.294}$ | $\frac{0}{0.056}$ | — | 0 | — | — | — | — | — | 0 | |
| W1 | $\frac{10}{1.259}$ | — | — | — | 7.94 | $\frac{3}{0.134}$ | — | — | — | 22.3 | 9.33 | |
| F1 | $\frac{0}{0.242}$ | $\frac{1}{0.139}$ | — | — | 2.63 | — | — | — | — | — | 2.63 | |
| F2 | $\frac{3}{1.136}$ | — | — | — | 2.64 | — | — | $\frac{1}{0.488}$ | — | 2.05 | 2.46 | |
| F3 | $\frac{0}{0.146}$ | $\frac{1}{0.358}$ | $\frac{0}{0.280}$ | — | 1.28 | — | — | — | — | — | 1.28 | |
| FK1 | $\frac{1}{0.306}$ | — | — | — | 3.27 | — | — | — | — | — | 3.27 | |
| FK2 | — | — | $\frac{1}{0.290}$ | — | 3.45 | — | — | — | $\frac{0}{0.155}$ | 0 | 2.25 | |
| FK3 | $\frac{0}{0.471}$ | $\frac{1}{0.283}$ | — | — | 1.33 | — | — | — | — | — | 1.33 | |
| 管径別被害率 | 3.30 | 1.19 | 0.45 | 0 | TS平均 1.97 | 6.71 | — | 3.19 | 0.97 | RR平均 2.93 | 余平均 2.19 | |

Shiro Takada, Jyunichi Nagai

目されることは、TS管より高い耐震強度を持つはずのRR管が男鹿市においてはTS管より高い被害率を示している事である。TS管とRR管の構造上の差異は継手の結合方法によっており、TS管が管体同士の接着剛結であるのに対し、RR管は管体間の相対変位を許す機械的構造の継手を持っており許容引き抜け量(φ100mmの管で約45mm)以内で自由に動いて地盤ひずみを吸収できる特徴を持っている。この様な構造を持つRR継手の波動に対するその耐震強度がTS継手のそれに比べて充分大きいことは今までの研究から確認されている。しかし、継手伸縮量を越える液状化に伴う地盤の大変形に対して、RR継手の引き抜け強度が弱いということが今回の被害原因になっている様に思われる。図1は、呼び径100mmの塩化ビニール管について地盤バネ剛性比をパラメーターにして、管路長手方向に地盤の強制変位を与えて、各管体の許容応力あるいは許容継手抜け量に達する変位を許容地盤変状量として計算機シミュレーションを行った結果である。ここからも地盤バネ剛性比の低下に伴いRR管の許容地盤変状量がTS管のそれに比べて小さくなっていることがわかる。

表2 管路破壊形態による分類 (破壊箇所26の内)

| 管路破壊形態 | TS管 | RR管 | 小計 | 計 |
|--------|-----|-----|----|----|
| 継手離脱 | 4 | 10 | 14 | 24 |
| 継手亀裂 | 10 | 0 | 10 | |
| 管体離脱 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 管体亀裂 | 2 | 0 | 2 | |

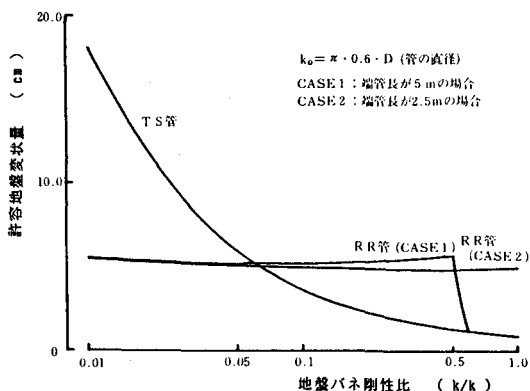


図1 TS, RR管の許容地盤変状量

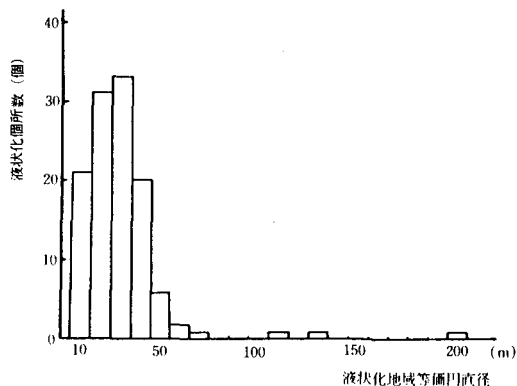


図2 液状化発生の規模と頻度

b)能代市の被害 能代市においてはTS管の被害資料の他に震度分布図、地質図、地盤変状図などがそろっておりこれらの資料を用いて解析を行うことができた。その結果震度の高い箇所と被害はよく対応しておりほぼ体感震度5.7 くらいから被害が出はじめるようである。液状化箇所も高い震度の地域に多く、その液状化規模は液状化地域を同等の面積をもつ円に置き換えた場合、円の直径はほとんどの液状化地域でほぼ50 m以内であることが知られた(図2)。

3まとめ 本研究により、地盤の液状化、変状が管の被害に大きく影響していることがわかり十分な耐震強度を持つと言われているRR管も、液状化時の地盤大変形などに対しては継手が引き抜けてしまい相対的にTS管より弱くなる可能性があることがわかった。従って液状化の可能性のある地域では、RR管継手部に離脱防止機構を設けるなど継手の引き抜け阻止力を高める対策が必要と思われる。