

通信用硬質塩化ビニル管と鋼管の被害分析

伊藤 陽¹・奥津 大²・末富 岩雄³・塚本 博之⁴・鈴木 崇伸⁵

¹正会員 日本電信電話株式会社 (〒 305-0051 茨城県つくば市花畑 1-7-1)
E-mail: akira.itou.dp@hco.ntt.co.jp

²正会員 日本電信電話 (〒 305-0051 茨城県つくば市花畑 1-7-1)

³正会員 工博 エイト日本技術開発 (〒 164-8601 東京都中野区本町五丁目 33- 11)

⁴正会員 エイト日本技術開発 (〒 164-8601 東京都中野区本町五丁目 33- 11)

⁵正会員 工博 東洋大学 (〒 350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100)

通信を支える地下設備の内、管路は地震被害が一部発生しケーブルを傷つける可能性があるため、この効率的な対策のための被害予測が重要となる。これまで、旧仕様の管路において比較的地震被害が発生しやすいと判っているが、旧仕様の管路にも硬質塩化ビニル管と鋼管の二種類が存在しており、これらは被害の特徴が異なる可能性がある。本稿では被害傾向を過去の地震から統計的に分析し、それぞれ様々な指標での傾向を把握した。結果として鋼管と硬質塩化ビニル管を比較すると地震動、巨長、地盤の傾向に差があった。また、熊本地震の一部を事例として被害箇所の特徴があるか確認をすると、一方に被害が偏る箇所も存在したが、液状化や断層変位が見られた箇所では両管路ともに被害が発生していた。

Key Words: *Telcommunication, earthquake, pipeline damage ratio, histogram*

1. はじめに

日本の通信ネットワークでは 62 万 km の管路が敷設されており、内部にケーブルを保有している。これら管路は事故や災害等からケーブルを防護するためのものであるが、地震発生時にはそのごく一部が被害を受け、結果的にケーブル被害に至ってしまう事態も発生してきた。管路の被害によってケーブルを損傷しないように、事前に計画的に防護する必要があり、被害を予測することが重要となる。

これらの被害は主に過去に大量に建設された時代の、旧仕様のもので発生しやすい傾向にある。旧仕様の管路は、鋼管はねじ継手を用いて接続されており、硬質塩化ビニル管は継手を接着することで接続されており伸縮することはできないものになっている。いずれも剛結される構造であり、なおかつ被害率も同程度であったが、鋼管と硬質塩化ビニル管では被害の傾向が異なる可能性が示唆された¹⁾。被害の傾向や原因が異なる可能性がある場合、同一の予測で評価することは困難になると考えられるため、硬質塩化ビニル管と鋼管の傾向がどのような関係にあるかを把握することが重要となる。

本研究においては、震度、PGV などの地震動に関わる基本的なパラメータ、AVS30 といった地盤に関わるパラメータ、巨長などの設備そのものに関わるパラメータについてそれぞれ被害率を分析し、それぞれの管路の被害原因を考察した。また、被害の地理的な分布も

表-1 分析対象となるデータ総数

管種	データ総数 (内 被害有スパン数)	被害率
硬質塩化ビニル管	3373 (191)	5.6 %
鋼管	24425(1001)	4.1 %

確認し、傾向があるか把握した。

2. 統計分析

(1) 分析に用いるデータ

本研究において利用するデータは、1995 年の兵庫県南部地震、2004 年の中越地震、2007 年の中越沖地震、2011 年の東北地方太平洋沖地震、2016 年の熊本地震におけるデータである。これらは各地震における点検結果を基にしており、基本的には震度 6 弱以上や液状化等が発生した箇所において必要と考えられた箇所を点検している。データ数については表-1 に示す通りである。点検は、基本的には管路内に特定サイズの治具を通過させ、不通過であった場合に不通過箇所をパイプカメラで確認する。地震による損傷と思われる被害が発生していた場合に当該スパンを被害ありとする。地震による損傷と重れる被害としては、土砂の流入、継手部等での離脱、屈曲などである。カメラで見た事例を図-1 に示す。錆瘤や刺突痕による不通過は被害としてはカウントしない。ただし、2011 年の東北地方太平

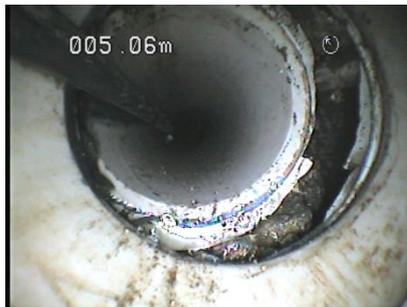


図-1 管路被害の事例 (硬質塩化ビニル管, 継手離脱)

洋沖地震においては、津波被害との分離が困難であることから津波による浸水の発生していた箇所はデータを除外した。また、立入が困難な地域のデータについても存在していない。

ここで、データはマンホールとマンホールの間をつなぐ管路(スパン)を単位として集計している。よって1スパン中に被害が複数箇所発生している場合であっても被害は1スパンとしてカウントする。

(2) 分析指標

分析に用いる指標は震度、PGV、PGA、SI値、等価卓越周期、基本固有周期、AVS30、巨長の8種類である。震度、PGV、PGA、SI値はK-NET、KIK-NETの観測データをKriging法で補完することで求める。地盤の基本固有周期は先名・翠川・若松²⁾の常時微動観測によって算定されたH/Vスペクトルに基づき、先名・翠川 cite2は微地形区分ごとの平均スペクトルの卓越周期を求めているので、これを利用する。各値は表-2となる。AVS30は地形分類に基づく値にボーリングデータを統合する手法を用いる⁴⁾。

3. 統計分析結果と考察

先述の分析指標に基づき、それぞれに対して硬質塩化ビニル管および鋼管の被害率でヒストグラムを作成し、傾向を確認した。結果を図-2から図-8まで示す。図中では、被害有、無の合計データ数が100未満であるものは透過で表示している。

図-2では震度と被害率の関係を示しているが、鋼管が6弱以下でほとんど被害を受けておらず、6強を超えると被害率が大きく上がる様子が確認できる。一方で硬質塩化ビニル管は5強から、点検された箇所においては被害率が一定程度高く、逆に震度が高くなっても被害率が大きく上がらない。他の地震動に関する指標でも同様の傾向を見ることができ、図-4に示すようにPGVでは硬質塩化ビニル管は40cm/sを超えると被害

表-2 微地形区分と地盤の卓越周期の関係

コード	微地形区分	卓越周期 (s)
1p	山地 (先第三系)	0.09
1t	山地 (第三系)	0.08
2	山麓地	0.13
3	丘陵	0.12
4	火山地	0.11
5	火山山麓地	0.17
6	火山性丘陵	0.17
7	岩石台地	0.17
8	砂礫室台地	0.11
9	ローム台地	0.17
10	谷底低地	0.13
11	扇状地	0.13
12	自然堤防	0.70
13	後背湿地	0.70
14	旧河道・旧池沼	0.70
15	三角州・海外低地	0.70
16	砂州・砂礫洲	0.50
17	砂丘	0.13
18	砂州・砂丘間低地	(0.50)
19	干拓地	0.50
20	埋立地	1.1

※ 18については算定されていないため16の値を利用

率がある程度一定になる様子を見ることが出来る。鋼管ではある程度PGVの増加に合わせて被害率が高くなり、80cm/sを超えると被害率が大きく上がるようにみられる。これらのことから、硬質塩化ビニル管は一定程度の地震動を受けると被害が発生し始めるが、その後極端に大きくならない限りは被害率が大きく変化しない傾向にあるといえる。対して鋼管は硬質塩化ビニル管よりも被害を受け始める地震動は大きい、その後振動が大きくなるに連れ被害率も大きくなる傾向があると見受けられる。この傾向は管径や被害率の考え方は異なるが、兵庫県南部地震、中越地震、能登半島地震、東北地方太平洋沖地震のダクタイル鋳鉄管および硬質塩化ビニル管の被害率とPGVの関係を整理した結果と似た傾向にある可能性がある⁵⁾。

次に、設備パラメータである巨長を確認する。図-6に被害率と巨長の関係を示す。鋼管の被害率は巨長20mから100mで7%前後と高い値を示しているが、120mを超えると被害率が下がりその後徐々に減少する傾向がみられる。これに対し硬質塩化ビニル管は40mまではやや低い被害率を示しているが、その後被害率が高くなり、図中では240mで被害率が高くなっているこ

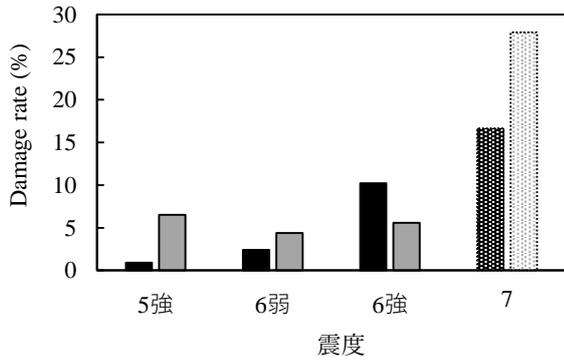


図-2 震度ごとの被害率

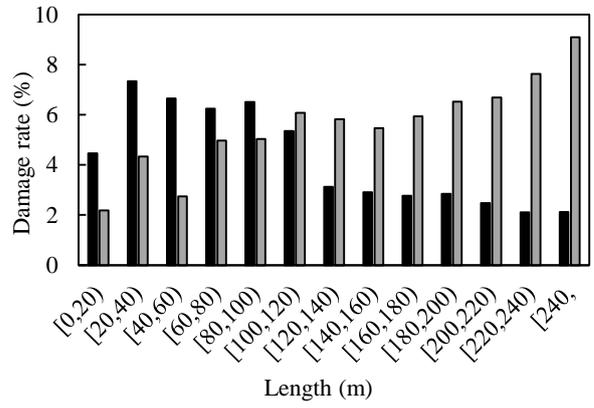


図-6 巨長と被害率

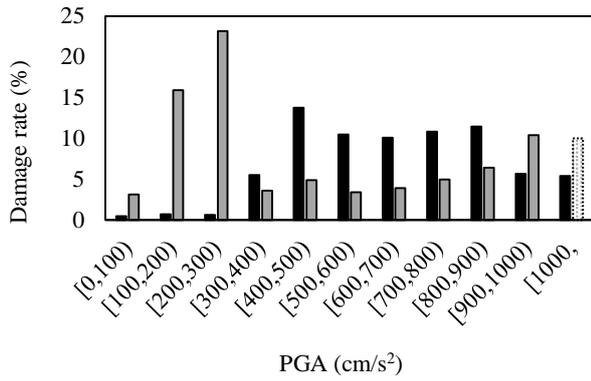


図-3 PGA と被害率

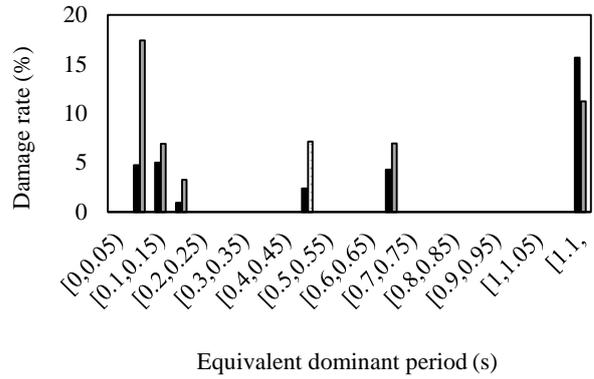


図-7 基本固有周期と被害率

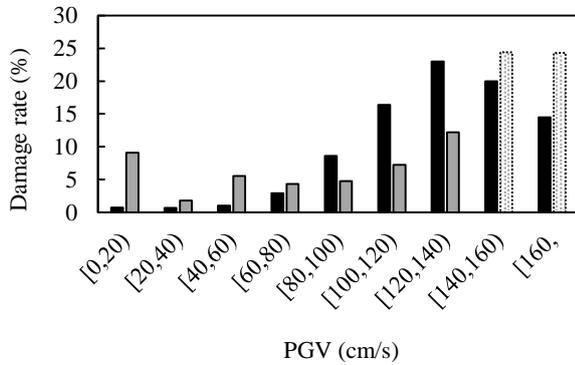


図-4 PGV と被害率

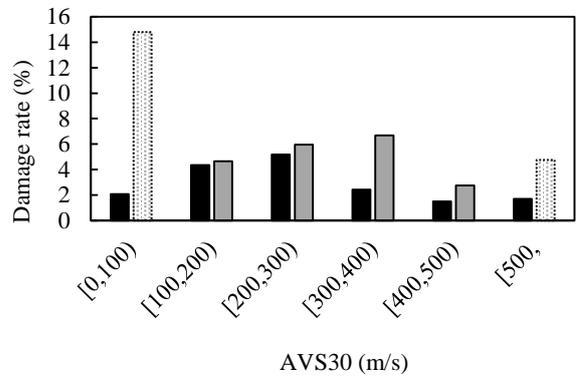


図-8 AVS30 ごとの被害率

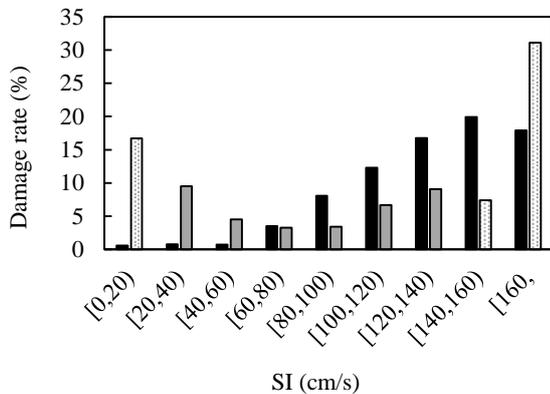
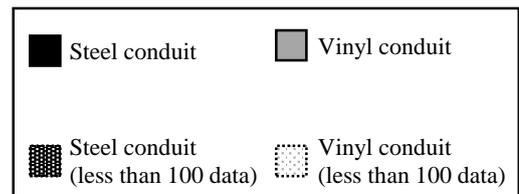


図-5 SI 値と被害率



とがわかり、鋼管とおよそ逆の傾向を示していると考えられる。通信管路は硬質塩化ビニル管であっても鋼管であってもおよそ5.5mごとに継手が存在しており、数が多い場合、基準は満たしていても相対的に弱い継手が入る可能性はあると考えられるため、亘長が長い方が被害率としては高くなると想定される。特に硬質塩化ビニル管は接着継手であり、ねじ継手と比較すると相対的に施工がややばらつきやすい可能性があると考えられる。このようなことから、硬質塩化ビニル管は長い管路であるほどスパンとして被害を受ける可能性高くなるといえると思われる。一方でねじ継手を持つ鋼管は比較的施工が安定しており、継手数が多くなったとしても相対的に弱い継手が入る可能性は硬質塩化ビニル管よりも低いと考えられる。しかし、短い区間で大きなひずみが発生した際に、鋼管は管体が伸縮することなく継手に力が集中し被害が発生しやすくなる可能性がある。計算や事例検証が必要ではあるが、このような事例によって比較的短い区間で被害率が高くなっている可能性があるといえる。

図-7の基本固有周期を見ると、硬質塩化ビニル管は周期の短い地盤での被害率が高くなっており、逆に鋼管は周期の長い箇所に被害が集中している傾向がみられる。図-8に示すAVS30についても見ると鋼管は200m/sから300m/sを頂点としているのに対して、硬質塩化ビニル管は300m/sから400m/sにおいてピークとなっている。300m/s付近まではどちらも大きな傾向の差はないが、それ以降の比較的硬い地盤でビニル管の被害率が目立っているといえる。松岡ら⁶⁾によると微地形区分ごとのAVS30の平均値が300m/sから400m/sの間にあるのは、谷低地、扇状地、岩石台地である。この領域で損傷していた管路は中越地震、東北地方太平洋沖地震、熊本地震の3地震で主に発生しており、特定の地震での偏りではないと考えられ、図-7の基本固有周期の結果と同様、鋼管と比較すると硬質塩化ビニル管は硬質な地盤でも被害が発生する可能性が示唆された。

4. 熊本地震を例とした被害箇所の傾向

硬質塩化ビニル管と鋼管で被害が特徴的であった場所があったか確認する。対象箇所として、鋼管と硬質塩化ビニル管が同程度に分布していた熊本地震における熊本中心部から益城付近で確認をする。硬質塩化ビニル管の被害が中心であった箇所と鋼管の被害が中心であった箇所とそれぞれを地図上に示した図を図-9に示す。この図は被害のあったおおよその箇所を示すものであり、被害の激しさとは必ずしも一致しない。

断層による変位や液状化の見られた益城、御船付近では硬質塩化ビニル管も鋼管も同様に被害を受けてい

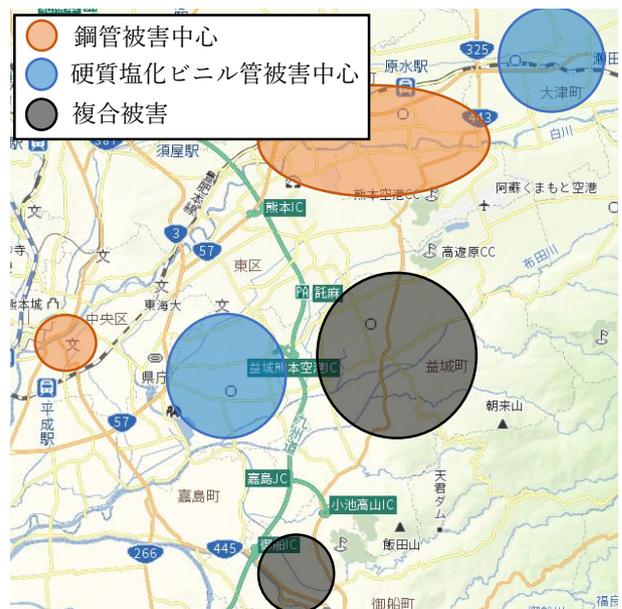


図-9 熊本地震における管種別の被害傾向

る様子が見られる。このことから、液状化や断層による影響は管種に関わらず生じ、被害を受ける可能性がある。一方で硬質塩化ビニル管、鋼管の被害が偏っていたエリアについては、いずれも断層や液状化が顕著に発生した箇所ではなく、地表面からは大きな変位は確認できていない。また、PGVやAVS30について、これらの箇所においては大きな偏りは無かった。

5. まとめ

本研究においては、過去の地震(兵庫県南部地震、中越地震、中越沖地震、東北地方太平洋沖地震、熊本地震)鋼管と硬質塩化ビニル管の被害を様々な指標を基に統計的に整理・検討した。また、一事例として熊本での場所ごとの被害傾向も併せて確認した。

1. 地震動に関わる指標では、硬質塩化ビニル管と鋼管で被害の傾向がやや異なる様子が見られ、硬質塩化ビニル管は鋼管と比較し低い地震動でも被害が発生する傾向にあった。一方で激しい地震動では鋼管の被害率が上昇し硬質塩化ビニル管以上に被害率が高くなった。
2. 設備亘長を見ると、鋼管は短い方が被害率が高く、ビニル管は長い方が被害率が高い傾向にある。これは接続方法の違いなども影響している可能性がある。
3. 地盤の指標としては、比較的良好的な地盤では相対的にビニル管の被害率が高くなっている傾向にあった。
4. 液状化や断層被害が発生している箇所においては硬質塩化ビニル管と鋼管の双方被害が集中している様子が確認され、どちらかの管種の被害が支配

的であるという状況はみられなかった。

今後、得られた傾向を基に、より詳細な条件計算モデルを構築し、それぞれの管種について被害を受ける条件を精査する必要がある。

参考文献

- 1) 伊藤陽, 奥津大, 末富岩雄, 塚本博之, 鈴木崇伸: 擬似有効ひずみに基づく鋼管とビニル管の被害傾向の検討, 土木学会 第 74 回年次学術講演会, CS12-34, 2019.
- 2) 先名重樹, 翠川三郎, 若松加寿江: 常時微動の H/V スペクトル比と地形・地盤分類に基づく地震動のスペクトル増幅率の推定, 日本地震工学会論文集, Vol.8, No.4, pp.1-15, 2008.
- 3) 先名重樹, 翠川三郎: 地形・地盤分類に基づく地震動のスペクトル増幅率の推定, 日本地震工学会論文集, vol9, No.4, pp11-25, 2009.
- 4) 末富岩雄, 石田英介, 福島康宏, 磯山龍二, 澤田純男: 地形分類とボーリングデータの統合処理に依る地盤増幅度評価と 2004 年新潟中越地震における地震動分布の推定, 日本地震工学会論文集, Vol.7, No.3, pp.1-12, 2007.
- 5) 丸山喜久, 伊藤智大, 若松加寿江, 永田茂: 東北地方太平洋沖地震における宮城県仙台市の水道管路被害状況の分析, 土木学会論文集 A1, Vol.70, No.3, pp377-388, 2014.
- 6) 松岡昌志, 若松加寿江, 藤本一雄, 翠川三郎: 日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定, No794, No.I-72, pp.239-251, 2005.

Damage analysis of rigid PVC pipe and steel pipe for communication

Akira ITO, Masaru OKUTSU, Iwao SUE TOMI, Hiroyuki TSUKAMOTO and Takanbu SUZUKI

Among underground facilities for telecommunication, conduits may suffer from earthquake and damage cables. It is important to predict conduits damage for this efficient countermeasure. Old type conduits were relatively likely to be damaged in past large earthquakes, and they still remains. There are two types of the old type conduits, rigid polyvinyl chloride pipes and steel pipes, which can have different characteristic of damage. In this paper, the damage tendency was statistically analyzed from past earthquakes, and the tendency with various indexes was grasped. As a result, there were a difference in seismic motion, span length, and ground tendency when comparing steel pipes and rigid polyvinyl chloride pipes. Also, when the damage location of each type was confirmed in the Kumamoto earthquake, there was a area where the uneven damage, but both conduits were damaged in areas where liquefaction and fault displacement were occurred.