

## 東北地方太平洋沖地震の作用を受けた通信埋設管の被害の特徴

筑波大学 正会員 庄司 学 筑波大学大学院 学生会員 ○宮崎 史倫 NTT 正会員 若竹 雅人  
NTT 正会員 伊藤 陽 東洋大学 正会員 鈴木 崇伸 (公)地震予知総合研究振興会 正会員 大保 直人

**1. 目的:** 東北地方太平洋沖地震では通信埋設管に甚大な被害が生じた<sup>1)</sup>。本研究では、通信埋設管の被害モードを分類した上で、地震動強さの指標として地表面最大速度  $PGV$  を取りあげ、管種、亘長、建設年及び微地形の観点から通信埋設管の被害率の特徴を分析する。地中の一定の深度に埋設され地盤震動に伴い被災するメカニズムと、橋台周辺盛土から橋桁に引き込まれ、それらの震動により被災するメカニズムは異なるため、前者を一般区間のデータ、後者を橋梁区間のデータとそれぞれ分離した。さらに、液状化の有無によって人孔や埋設管の被災メカニズムが影響を受けることを反映させるため、液状化領域並びに非液状化領域のデータに分類した。被害率  $R$  は被害件数  $N_d$  [スパン] を全埋設管数  $N$  [スパン] で除し、 $R = N_d/N$  [スパン/スパン] として定義した。

**2. 分析対象データの特徴:** 埋設管データは人孔の中心間を 1 スパンとして計量化され、地震動あるいは津波によって被害を受けたとされる計 359 スパンの被害データを分析対象とした。これらの中の 3 データは座標が不明であったため地震動強さとの関係を分析するには除外し、津波によって流出被害を受けたとされる 10 データも併せて除外した。被害モードは屈曲、折損、離脱、土砂流入、扁平の 5 種類であり、屈曲、折損及び離脱が支配的であった。上記の 359 スパンの属する計 138 局が管理する計 22,214 スパンの無被害データも分析対象とする。

表 1 に示す管種、亘長、建設年及び微地形の観点から被害率の特徴を図 1 のようにまとめた。防食や塗覆装の鋼管(PS と S)をまとめ、塗覆装鋼管の継手が強化された管種と耐候性が施された管種(PL-PS と UCPS)をまとめた。PL-I と PL-S は無被害であったため分析対象から除外した。管軸の長さによって動的応答が異なり被害の範囲が影響を受けるため、亘長を 100m 以下の相対的に短いスパン、スパン数が最も多い 100m~200m のスパン、及び、200m 以上の相対的に長いスパンに分類した。ジュート巻鋼管(SA)と鋳鉄管(I)が主流であった 1965 年以前と、塗覆装鋼管(PS)や硬質ビニル管(V)が普及し始めた 1966 年~1985 年、及び、ねじ継手から差込継手に耐震化された 1986 年以降の 3 年代に分類した。微地形区分については、J-SHIS<sup>2)</sup>のデータに拠り、空間的に隣接し地盤が強固という特徴から山地と山麓地をまとめ、年代が近いという特徴から丘陵と火山性丘陵をまとめた。河川による堆積や浸食によって形成された谷底低地、扇状地、自然堤防、後背湿地、旧河道、三角州・海岸低地、砂州・砂礫州、砂丘及び河原を沖積平野とした。干拓地と埋立地を人工的な地盤としてまとめた。岩石台地と湖沼は対象となる埋設管が少ないため除外した。なお、関東地方の液状化領域は文献 3)の液状化領域と同一と仮定し、東北地方の液状化領域は実証済みのデータを手でできなかったため文献 4)に示された過去の地震による液状化領域に基づいた。

図 1 によれば、a) 橋梁区間の方が一般区間より被害率が高いこと、b) 液状化領域のデータの方が非液状化領域より被害率が高いこと、c) 管種 V の被害率は非液状化領域でも一般区間においておよそ 1 割を超え、橋梁区間のデータでは 4 割以上の高い数値を示すこと、d) 1985 年以降に導入された管種で継手部分が耐震補強され、または、耐候性が施されている管種(PL-PS・UCPS, P-V)の被害率は他の管種(I, PS・S, SA, V)より低いこと、e) 亘長 200m 以上となり管路が長い場合には被害を受けやすくなること、f) 1985 年以前のデータは継手部分が耐震補強されていないため被害率が相対的に高いこと、g) 微地形に関しては、河川による堆積や浸食によって形成された地形で地盤が相対的に弱い沖積平野において被害率が高く、また、人工的に形成された埋立地・干拓地でも被害率が高いこと、がそれぞれ定量的に明らかとなった。

**3. 被害率  $R$  間の関係:** 数値化 I 類の理論を適用することで、管種、亘長、建設年及び液状化の有無を考慮した微地形のカテゴリごとに被害率の実データに対する回帰式を導出し、その補正係数を算出した(図 2)。補正係数の値は被害率の実データに対する当該カテゴリの寄与の度合いを表わしている。図 2 より、V について橋梁区間の係数は一般区間の 2.85 倍であり、橋梁区間の方が被害率を高くする要因として V の寄与が大きいと言える。一般区間と橋梁区間の被災メカニズムが異なり、橋梁区間の方が被害を受けやすいことを反映した結果である。

表1 管種, 亘長, 建設年及び微地形の分類

(a)管種			(b)亘長		(c)建設年		(d)微地形区分	
分類	管種	略称	分類	亘長[m]	分類	年	分類	微地形区分
I	鉄管	I	-100	$d \leq 100$	-1965	$c \leq 1965$	山地・山麓地	山地, 山麓地
PL-I	差込継手鉄管	PL-I	100-200	$100 < d \leq 200$	1966-1985	$1966 \leq c \leq 1985$	丘陵・火山性丘陵	丘陵, 火山性丘陵
PS-S	耐震鉄鋼管	PS	200-	$200 < d$	1986	$1986 \leq c$	砂礫質台地	砂礫質台地
	防食鋼管	S					ローム台地	ローム台地
PL-PS	差込継手耐震鉄鋼管	PL-PS					谷底低地, 扇状地, 自然堤防, 後背湿地, 旧河道,	
UCPS	耐震性耐震鉄鋼管	UCPS					三角州・海岸低地,	
PL-S	差込継手防食鋼管	PL-S					砂丘・砂礫州,	
SA	ジュート巻鋼管	SA					砂丘, 河原	
V	硬質ビニル管	V					孤立・干拓地	干拓地, 孤立地
P-V	差込継手硬質ビニル管	P-V						

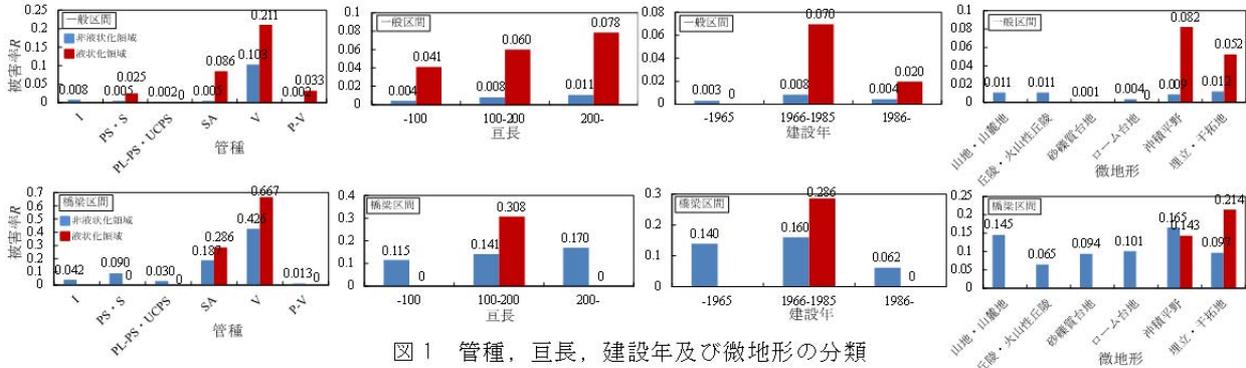


図1 管種, 亘長, 建設年及び微地形の分類

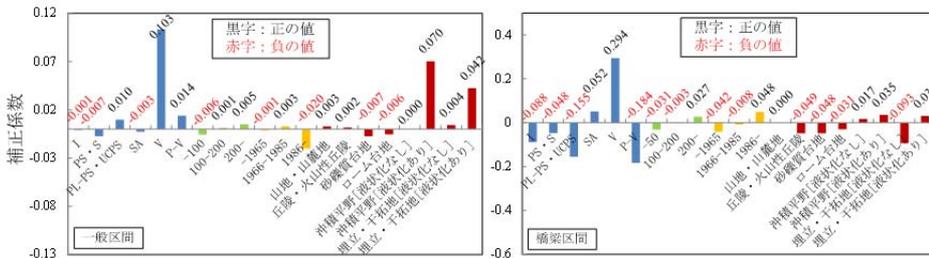


図2 被害率の回帰式に対するカテゴリの寄与

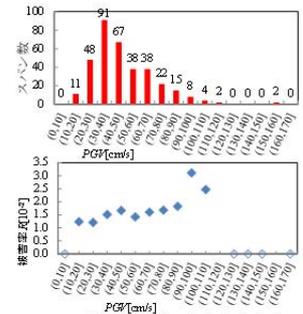


図3 PGVの観点から見た被害の特徴

亘長については, 一般区間と橋梁区間で共に亘長200m以上のデータに対する補正係数が最も大きく, 亘長が長いほど被害を受けやすいことを反映している. 一般区間において1986年以降のデータが-0.020と負に大きな値を示しているが, 1986年以降に差込継手の管種が普及して被害率が低くなったことを表わしている. 微地形に関しては, 一般区間と橋梁区間のデータで共に液状化ありの場合の補正係数が高く, さらに一般区間の方が液状化の発生による被害率の増加が大きいことを表わしている.

**4. 地震動強さ PGV と被害の関係:** PGV の空間分布は, 文献 5) の手法を参考に K-NET, KiK-net, 気象庁, 地方公共団体及び国土技術政策総合研究所より得られた 1,114 観測点の強震観測波形, 並びに, 気象庁の震源データに基づき, Kriging による空間補間によって推計した. 図 3 において被害率が最大値を示した 90.0cm/s~100.0cm/s の区間に関しては, 被害を受けた 8 スパンの中の 3 スパンが福島県いわき市常磐下船尾町, 2 スパンが茨城県常陸太田市松栄町であった. これらの 8 スパンは全て地盤増幅度 ARV が 2.7~3.0 と高い値を示しており, 8 スパンの中で 7 スパンが後背湿地, 1 スパンが自然堤防に埋設されていた. また, 折損と土砂流入による被害モードが支配的であった. 管種はジュート巻鋼管 (SA) の被害の割合が最も高く, 亘長 200.0m 以上の被害の割合が高い. 建設年の観点からは 1976 年~1980 年の比較的古い年代の埋設管の被害の割合が高い.

**5. 今後の課題:** 今回, 分析を行なった通信埋設管の被害データの特徴を鑑み, 基準とする管種, 亘長, 建設年, 及び, 微地形を選定し, これらのデータセットに対して標準被害率を定義した上で標準被害率曲線のモデル化を試みる. 本モデルを踏まえ, 通信埋設管の耐震検討の際の被害発生予測に係わるスクリーニング手法を開発する.

謝辞: 本研究は(公)地震予知総合研究振興会及び NTT との共同研究により実施されました. 関係各位には記して謝意を表します.  
 参考文献: 1) 例えば, 東日本電信電話株式会社: 東北地方太平洋沖地震による被害及び今後の見通しについて, [http://www.ntt-east.co.jp/release/detail/pdf/20110330\\_01\\_03.pdf](http://www.ntt-east.co.jp/release/detail/pdf/20110330_01_03.pdf), 2014. 2) 防災科学技術研究所: J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html?lang=jp>, 2014. 3) 国土交通省関東地方整備局・地盤工学会: 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書, 2011. 4) 若松加寿江: 日本の液状化履歴マップ 745-2008, 東京大学出版会, 2011. 5) 櫻井俊彰, 庄司学, 高橋和慎, 中村友治: 2011 年東北地方太平洋沖地震における斜面に関わる道路構造物の被害分析, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4(地震工学論文集第 31-b 巻), pp.1\_1315-I\_1325, 2012.