

管路両端マンホールに着目した通信用管路の被災予測スクリーニング手法の高度化

伊藤 陽¹・奥津 大²

¹正会員 日本電信電話株式会社 (〒 305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1)
E-mail: ito.akira@lab.ntt.co.jp

²正会員 日本電信電話株式会社 (〒 305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1)

近年発生した大規模な地震を受け、災害時にも通信を確保する重要性は高まっており通信用管路の地震対策は喫緊の課題となっている。一方で被災する管路は限定的であり、全ての埋設管路に対策を実施する事は効率的ではない。そのため、より被災し易い管路を特定し、ピンポイントに対策を実施する必要がある。これまでの研究において、亘長、管種、微地形区分および PGV を用いる事でクラス分類を行い、被災し易いと思われるグループを抽出するスクリーニング手法が提案されている。本稿では、このスクリーニング手法の高度化を目指し、これまで着目していなかった管路両端に接続されるマンホールの種類、大きさ、形状に着目し集計を実施した。この集計結果から被災し易い管路の新たな特徴の候補として、号数が比較的大きいもの、レジンコンクリートで出来たもの、分岐のある形状のもの、の三点を提示する。

Key Words: Telecommunication, Manhole, Pipeline, Seismic Damage Estimation

1. はじめに

日本電信電話株式会社(以下 NTT)は地下に通信用のケーブルを保護するための管路を約 62 万 km 保有しており、特に地震時において必要な通信を確保するために重要な設備である。しかし管路も強い地震が発生した際には破損しケーブルを傷つける事例が発生しており、課題となっている。これに対し、榊ら¹⁾が管路再生技術として PIT 新管路方式を開発し、奥津ら²⁾によってその地震時のケーブル防護機能が確認されている。これにより PIT 新管路方式を管路に適用することで当該の管路に収容されているケーブルは地震時でも防護することが可能となっているが、管路全体に対してこの技術を実施する事は困難である。そのため、地震時に管路被災がどこに発生するかを的確に把握する事が求められている。山崎ら³⁾は東北地方太平洋沖地震での地下管路、マンホール、橋梁添架管路および電柱の被災率を算出し特徴の分析を試みている。この東北地方太平洋沖地震の被災傾向を基に通信埋設管の被災率について、庄司ら⁴⁾は地震動強さとの関係を地震関数としてモデル化した上でクラス分けを行うスクリーニング手法を提案した。このスクリーニング手法の基となるデータについて Zhang ら⁵⁾は阪神、中越、中越沖の各地震のデータを検討に用いる事で直下型地震への適用拡大を行った。このスクリーニング手法はそれぞれのスパンに対して、亘長、管種、微地形区分、PGV を基に検討しており、亘長、管種、微地形については数

表-1 スクリーニング手法で相対的に脆弱とされる種別

項目	条件
亘長	100 m 以上
管種	硬質ビニル管, ジュート巻鋼管, 鋳鉄管
微地形区分	沖積平野 [液状化なし] 丘陵・火山性丘陵 山地・山麓地 埋立・干拓地 [液状化なし] 埋立・干拓地 [液状化あり] 沖積平野 [液状化あり]

量化 I 類の理論に基づき補正係数がゼロ近傍以上のものを耐震的に脆弱であると判断している。脆弱であると考えられる条件を表-1 に示す。

本研究では、現在利用されている項目以外に管路の被災に関係すると考えられる項目を抽出する事を目的とする。本研究では管路両端に接続しているマンホールの大きさ、材料種別、形状に着目をして、集計で分析し、被災との関係性を検討する。

2. 管路とマンホール概要

通信のケーブルは装置を収容する通信ビル間、および通信ビルからユーザーまでの間を結んでいる。この

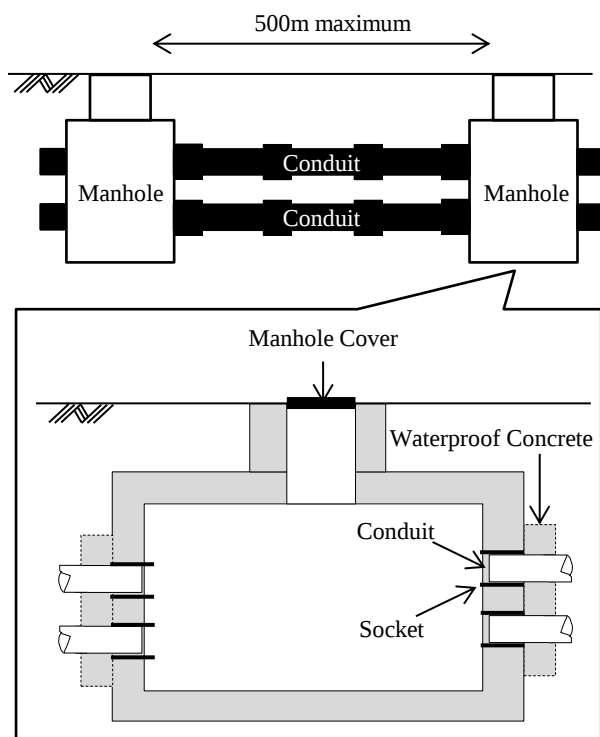


図-1 管路とマンホールの概要

ときにケーブルは地下に敷設されるものがあり、これを保護する目的で通信土木設備が存在している。地下にケーブルが敷設される際に主に用いられるのが管路およびマンホールから成る構造物である。この時の管路は呼び径 75 mm のものが基本的には用いられ、これらは硬質ビニル、炭素鋼、鋳鉄から造られている。管路とマンホールの概要を図-1 に示す。保守の観点から管路の長さは 500 m を最大としており、その端部にはマンホールが接続されている。マンホールは鉄筋コンクリートもしくはレジンコンクリート製の矩形構造物であり、基本的には両端に管路が取り付けられている。マンホールは接続する管路の条数によって大きさが定まり、小さい方から 1~8 号までの大きさに分かれている。また接続方向や分岐有無によって形状が、直線型、分岐 L 型、分岐 T 型、分岐十型の 4 種類に分かれている。分岐の有無によるマンホール形状のイメージを図-2 に示す。大規模震災が発生した際にはマンホールの移動や浮上が発生する事が確認されている^{6),7),8)}。相対距離が接近しての座屈や、逆に離れて離脱などの損傷が発生している事例があり、地震時のマンホールの挙動は管路に影響し得ると言える。

3. 集計に用いたデータセット

本検討では、東北地方太平洋沖地震での岩手、宮城、福島、茨城、千葉の 5 県のマンホールおよび地下管路を

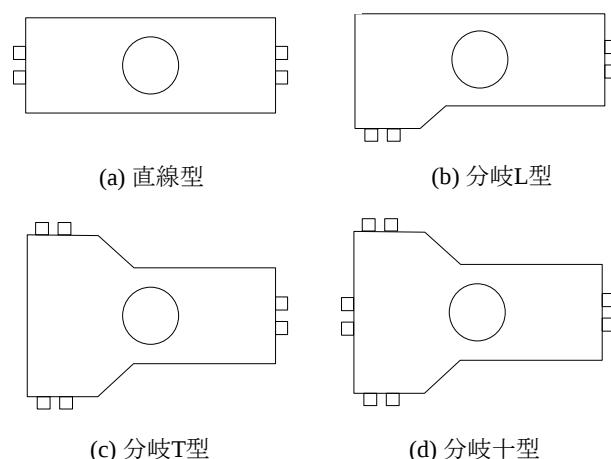


図-2 直線型、分岐型のマンホールイメージ



図-3 突出し被災の事例

対象とし、マンホール間に橋梁添架管路等の橋梁設備を含むものは対象外とする。また、管路がハンドホール等のマンホール以外の設備に接続している場合も対象外とする。管路被災の判定については山崎ら³⁾の点検結果に基づき判定をしており、津波による被災を除外するために津波により浸水したエリアの設備は除外する。また、スクリーニングを高度化する目的のため、検討対象は上記 5 県の全スパンの内、表-1 に示した 3 条件を全て満たし、かつ計測震度が 5 以上のものとする。既往の検討と異なり、当該設備を収容しているビルでの分類は行っていないため対象とする管路は既往の研究と比較し増加している。

マンホールについても、ダクトに異常が発生している場合、本検討においては被災として検討対象とする。これは、管路中間部での折損や屈曲といった被災形態とダクト口の被災は要因は共通のものである可能性が高いと考えられるためである。ダクト異常の例として突出しの発生している事例を図-3 に示す。以上より本検討においては管路の折損や離脱といった被災、もしくはマンホールのダクト口に被災が発生しているスパンを被災有とする。

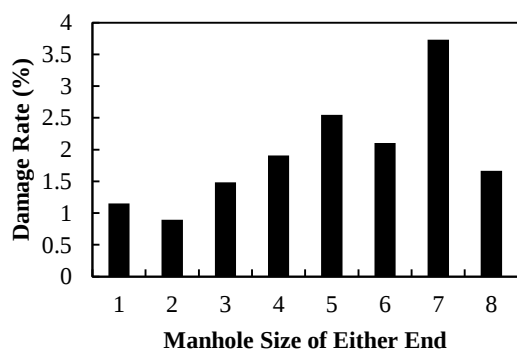


図-4 少なくとも一方が特定の号数であるスパンの被災率

以上の条件に該当する、10532 スパン (被災有:175 スパン, 被災無:10357 スパン) を母数としたデータを用いて集計, 分析を行う。

4. 集計の結果と考察

大きさに着目して集計した結果を表-2 に示す。1 スパンの管路に接続する 2 マンホールに順列を付けず, 組合せのみで集計している。最も被災数が多いのは 3 号-3 号の組み合わせであるが, これは 3 号マンホールが最も標準的な大きさであり, 母数も多いためである。被災率については, 4 号-7 号, 6 号-7 号の組み合わせが最も高く約 6.4% であった。ただし, 母数が 50 スパン前後であるため, 被災有が 1 スパン増えると大きく被災率が増えるため明確に当該の条件を満たすマンホールに挟まれたスパンが脆弱であるとは言えない。母数が 100 を超えるようなスパンで確認すると, 被災率が最も高いのは 5 号-6 号の組み合わせで約 4.1%, 最も低いものは, 2 号-4 号の組み合わせで 0.6% であった。

母数が 100 を超えるようなスパンであれば, 傾向として, 2 号-2 号, 2 号-3 号, 2 号-4 号のように, 一方に 2 号を含むものは被災率が 1% を切っており, 5 号や 6 号を含むスパンの被災率はやや高いと言える。全スパンを対象に, 両端マンホールの内で少なくとも一方が特定の号数であるスパンの被災率を示したものを図-4 に示す。これから, 一方で母数が大きくなると被災率が上がる傾向は見られるが, 8 号を含むスパンの被災率は低くなっている。NTT の標準的なマンホールである 3 号までで構成されたパターンと, 4 号以上を含むパターンで大きく二分すると, 前者の被災率は約 1.3%, 後者は 2.1% であった。これに対し χ^2 乗検定を行うと 0.001 となり 5% 有意水準で有意であると言える。よって標準的な号数までで構成されているスパンに対して, それ以上の号数を含むスパンは被災し易いと言える可能性が高い事がわかった。一方で両端マンホールの号数差で被災率を集計した結果を図-5 に示す。これを見る

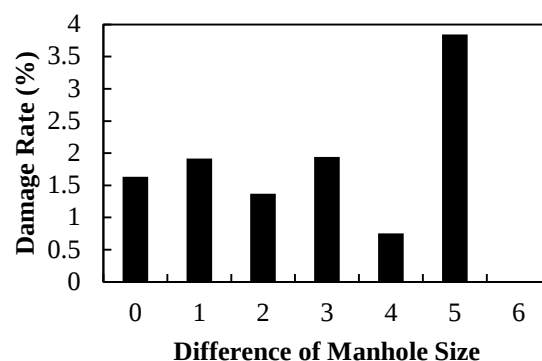


図-5 両端マンホールの号数差とスパンの被災率

と, 号数差が 5 (1 号-6 号, 2 号-7 号, 3 号-8 号) であった場合に被災率が最も高くなっているが, これに該当するのは 52 スパン (被災有:2, 被災無:50) であるため, 母数の少なさの影響である可能性が高い。それ以外の号数差は母数が 100 を超えているが, いずれも 1.5% 前後に留まっており, 傾向を見る事が出来ない。以上から, 号数については号数が大きいものが含まれている場合に被災し易くなる傾向があるが, これは号数の差から来る両端マンホールの挙動の差に起因するものではないと言える。号数が大きくなると管路が接続されている側面の面積および接続される管路条数が大きくなっていることなどが影響を与えていると考えられる。

次に, マンホールの材料によって被災率の差異が発生するか集計し確認した。先述の通り, マンホールの材料は鉄筋コンクリートとレジンコンクリートの二種類である。そのため鉄筋-鉄筋, 鉄筋-レジン, レジン-レジンの三通りの組み合わせについて集計した。集計結果を表-3 に示す。鉄筋コンクリート製のマンホールが含まれている場合はおよそ被災率が 1.6% となっているが, 両端が共にレジンコンクリートである場合は被災率が 2.8% に上がっている事がわかる。この結果に対し χ^2 乗の値は 0.012 となり 5% 有意水準で有意であると判った。レジンコンクリートはセメントコンクリートと比較し曲げ, 圧縮, 引張強度が特に大きく⁹⁾, 物を作る際にはセメントコンクリートを用いたものよりも薄く軽量に作ることができる材料である。これにより, 鉄筋コンクリート製マンホールの時とレジンコンクリート製マンホールの時で地震時の挙動が異なり, レジンマンホールの時には管路への入力が大きくなっている可能性がある。ただし, 鉄筋-レジンの組み合わせの被災率が低いことから, レジンマンホール単体での挙動が影響しているとは言えないため, 両端がレジンマンホールの時にのみ何らかの力が発生していると考えられる。

最後に, マンホールの形状によって被災率の差異が発生するか, 集計し確認した。マンホールの形状は図-2 に

表-2 大きさによる分類と集計

	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号
	1	0	0	0	0	0	0	0
1号	28	24	23	10	1	0	0	0
	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
		9	5	2	3	0	1	0
2号		1090	588	340	88	71	26	7
		0.8%	0.8%	0.6%	3.3%	0.0%	2.2%	0.0%
			54	14	5	3	1	1
3号			3586	724	281	244	44	24
			1.5%	1.9%	1.7%	1.1%	2.2%	4.0%
				29	7	8	2	0
4号				1425	223	420	29	16
				2.0%	3.0%	1.9%	6.4%	0.0%
					11	5	1	0
5号					431	117	51	33
					2.5%	4.1%	1.9%	0.0%
						6	3	0
6号						230	44	37
						2.5	6.4%	0.0%
							2	0
7号							42	22
							4.5%	0.0%
								2
8号								38
								5.0%

上段:被災有スパン数 中段:被災無スパン数 下段:被災率

表-3 材料による分類と集計

	鉄筋コンクリート	レジンコンクリート
	136	18
鉄筋コンクリート	8514	1112
	1.6%	1.6%
		21
レジンコンクリート		731
		2.8%

上段:被災有スパン数 中段:被災無スパン数 下段:被災率

示したように、直線型、分岐L型、分岐T型、分岐十型の4種類で分類、集計する。今回の集計においては、両端マンホールの形状種別のみを対象としているため、分岐型マンホールのどの側面に管路が接続されているスパンかは考慮しないものとする。集計結果を表-4に示す。集計結果によると、直線と分岐T型、分岐十型に接

続されているスパンの被災率がそれぞれ2.9%、2.8%となっており、他のスパンよりも被災率が高くなっている。この集計結果を基に、直線型マンホールのみで構成されているスパンと少なくとも一端に分岐型マンホールを含む管路とに二分して確認をすると、直線型マンホールのみスパンの被災率は1.5%であり、少なくと

表-4 形状による分類と集計

	直線	分岐 L 型	分岐 T 型	分岐十型
	99	47	13	9
直線	6688	2445	429	309
	1.5 %	1.8 %	2.9 %	2.8 %
		4	2	1
分岐 L 型		300	94	56
		1.3 %	2.1 %	1.8 %
			0	0
分岐 T 型			15	13
			0.0 %	0.0 %
				0
分岐十型				8
				0.0 %

上段:被災有スパン数 中段:被災無スパン数 下段:被災率

も一端に分岐型マンホールを有するスパンの被災率は2.0%となっていた。この数値に対して χ^2 乗の値を確認すると0.03となっており、これは有意水準5%で有意であると言える。一方で集計結果を確認すると、両端が分岐L型である場合は母数304に対して被災率が1.3%と高くない値になっている。そのため、一方が直線型マンホールで他方が分岐型マンホールである場合が特に力を受けやすい可能性がある。分岐型マンホールを有する場合、平面的に考えると大きな屈曲を持った構造となる。この形状のために、振動が入力されると直線型マンホールのみで構成されるシステムよりも振動の方向が複雑になり、被災し易くなっている可能性がある。

5. まとめと今後の予定

本稿では、通信土木設備の中でも主に管路の被災を把握するために、ある程度被災し易いことが判っている条件の下で、管路が接続されるマンホールの大きさ、材料種別、形状に着目しそれぞれが被災率に影響する可能性があるかを統計的に確認した。検討を通じ、以下の事が言えた。

- マンホールの大きさについて、大きいものは僅かに被災し易い傾向が見られるが、両端のマンホールの号数差は殆ど影響しないと言える。
- マンホールの材料種別について、軽量のレジンコンクリートマンホールが両端に接続されている場合被災し易い傾向にある。
- マンホールの形状について、直線と分岐L型、分岐T型が接続されている場合被災し易い傾向が見

られた。ただし両端が分岐型である場合は特に被災率が高くなるとは言えない。

今後、他の地震に対し同様の統計的な検討を行うと同時に、動的解析等を行うことで現象として上記の条件下では被災し易くなるといえるのか確認する必要がある。

参考文献

- 1) 榊克実, 竹下勝弥, 田中宏司, 小泉輝, 田代善彦, 瀬田亮, 田邊克洋, 小林大樹: 管路設備の効果的な補修・補強技術, NTT 技術ジャーナル Vol.26, No.8 pp.31-37, 2014.
- 2) 奥津大, 榊克実, 山崎泰司, 片桐信, 鈴木崇伸: ケーブル収容時管補修技術によりライニングした通信管路の地震時ケーブル防護効果, 土木学会論文集 Vol.70, No.4, I.897-I.907, 2014.
- 3) 山崎泰司, 瀬川信博, 石田直之, 鈴木崇伸: 東日本大震災における電気通信土木設備の被害状況に関する考察, 日本地震工学会論文集 Vol.12, No.5, pp.55-68, 2012.
- 4) 庄司学, 宮崎史倫, 若竹雅人, 伊藤陽, 鈴木崇伸: 通信埋設管路の地震対策に活用するスクリーニング手法の提案及び地震被害関数の構築, 土木学会論文集, Vol.72, No.4, I.523-I.541, 2016.
- 5) Qiusong Zhang, Masato Wakatake, Masaru Okutsu, Takanobu Suzuki, Gaku Shoji: Seismic Estimation Study of Ratio of Damage to Telecommunication Conduits during Past Earthquakes, 16th European Conference on Earthquake Engineering Thessaloniki, 2018.
- 6) 八木高司, 橋爪忠勝, 鈴木信久: 通信用埋設ケーブル保護管の地震被害分析. 地震工学研究発表会講演概要 Vol.21 pp.5-8, 1991.
- 7) 久保寺貴彦, 鈴木崇伸, 田中宏司, 奥津大: 2016 年熊本地震の震源地におけるマンホール変動量の推定と管路被害の分析. 第 37 回土木学会地震工学研究発表会 2017.
- 8) 中野雅弘, 佐々木康, 吉川正昭, 服部浩明: マンホールの浮上対策に関する実験的研究, 土木学会論文集 Vol.410 I-12 pp.415-420 1989.
- 9) 岡田清, 坂村杲, 村井信夫, 佐藤泰敏: レジンコンクリートについて. 材料 vol.16 No.167 pp.667-675 1967.