

(69) 下水道管渠の被害と地盤の永久変位—1983年日本海中部地震 能代市の事例—

建設省土木研究所 川島 一彦
建設省土木研究所 杉田 秀樹 日本技術開発㈱ 磯山 龍二
建設省土木研究所 加納 尚史 日本技術開発㈱ ○田口 由明

1. まえがき

1983年日本海中部地震（5月26日正午頃、 $M=7.7$ ）により、秋田県能代市では、広範囲にわたって地盤の液状化が発生し、各種構造物、特に埋設管に大きな被害を与えた。著者等は能代市の下水道管渠を対象としてその被害を調査し、液状化が発生したことを踏まえて、主に管渠の被害形態について分析している¹⁾。

一方、浜田等²⁾は、能代市の液状化の著しかった地域において、数メートルにもおよぶ地盤の水平方向永久変位が発生していたことを、航空写真測量の技術を用いて明らかにした。

本文は、上記二つの情報を結合し、地盤の水平方向永久変位と下水道管渠の被害との関係について、定量的、定性的に検討を行ったものである。

2. 対象路線と地盤の永久変位

能代市における下水道管渠の被害は、液状化の発生した地域に多く、その被害形態は主に管目地のずれ、はなれ等で、著しいものは管内に土砂が堆積、流下機能に支障をきたした。また、人孔近傍においては管渠の亀裂も見られた。能代市では、被害を受けた多数の下水道管渠に対して、管内調査用テレビカメラを用いて被害の状況を記録しており、主な路線についてはビデオスケーラーを用いて被害形態・程度が定量的に調査されている¹⁾。ビデオスケーラーとは、テレビモニター上の映像にスケールを任意に設定しその相対数値より画像上の対象（管目地ずれ量等）を測定する装置である。本研究では、これらの測定路線の中から被害が大きくかつ地盤の永久変位の顕著な地域にある路線を選定し、地盤の永久変位と管渠の被害形態・程度とを比較・検討した。また、これに加え、他の路線に比べて被害程度が著しく大きく、開削復旧時に管渠の水平方向ずれ量が直接計測された2路線についても対象に含めることとした。

地盤の永久変位量は、浜田等²⁾の測定結果に加え、上記対象路線に沿って新たに測点を追加した。追加測点は、下水道人孔、道路側溝、電柱の根元、無被害家屋の角等とした。

本研究で対象とした路線、地盤の水平方向永久変位を図-1に示す。なお、新たに追加した永久変位ベクトルは、煩雑となるため図に入れていない。

3. 下水道管渠被害と地盤の永久変位との相関

ビデオスケーラーで被害が計測されている路線（図-1の実線）¹⁾の被害と地盤の水平方向永久変位（以下「地盤変位」という）との相関を検討した。管渠の被害形態のうち、管目地の“はなれ”及び“ずれ”を対象とし、人孔間でこれらの量を累積した値を、それぞれ、“管目地はなれ量”、“管目地ずれ量”と呼ぶ。なお、人孔間でずれの方向が逆転する（管渠が円弧状にたわみ、人孔間での累積がほとんど現われない）ことは、後述する2路線以外ではほとんどなく、上記の量は人孔間の被害程度を定量的に表わすと考えられる。

地盤の永久変位は、人孔地点での地盤変位で代表させる。これは、人孔間をひとつの単位として、地盤の動きと上記の管渠の被害とをマクロに対比するためである。人孔地点での永久変位は、人孔周辺3～4箇所での測点の平均変位として、管軸方向と管軸直角方向の2成分に分けて求めた。なお、永久変位を平均するに際しては、人孔地点と各測点との距離を重みとして考慮している。

図-2に管軸方向について“地盤のひずみ量”と“管目地はなれ量”との相関を示す。ここで、“地盤の

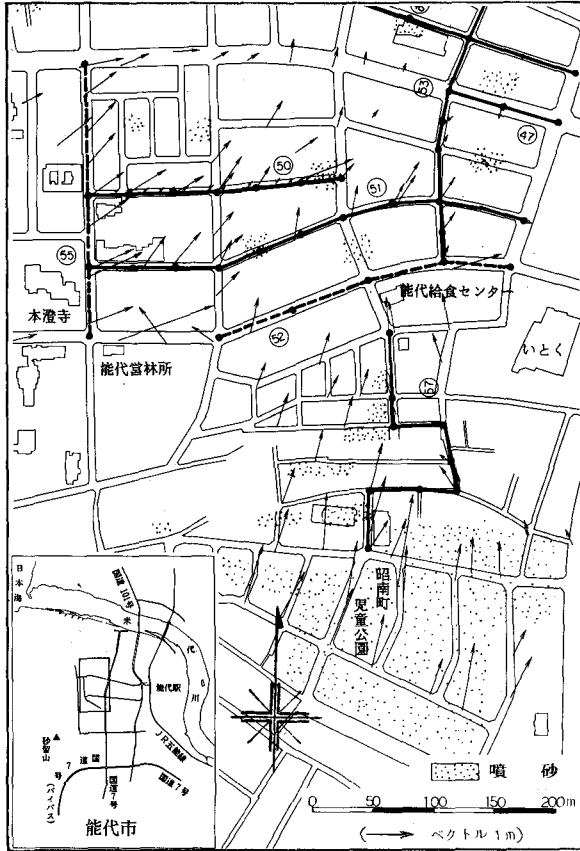


図-1 調査対象下水道管渠
(点線は4. で検討する路線)

ひずみ量”とは、人孔間の管軸方向の相対変位量を入孔間の距離で除して求めている。また、図中のA, B領域とは、地盤の動きに着目した分類で、それぞれ、Aは管軸方向の地盤変位が、Bは管軸直角方向の地盤変位が卓越している場合である(図-4参照)。図から、両者にはほとんど相関がないばかりか、地盤が圧縮されているにもかかわらず管目地がはなれている(引張られている)という逆の傾向の方が強いことがわかる。この傾向は管軸方向の地盤変位が卓越している場合(領域A)においても同様である。

管軸直角方向について、“地盤のひずみ量”と“管目地ずれ量”とを対比した結果を図-3に示す。図の第2、第4象限にプロットされていれば、地盤の動きと管渠の動きが対応していることになるが、第3象限にも4点ほどプロットされており、管軸直角方向についても両者は必ずしも対応していない。しかし、管軸直角方向の地

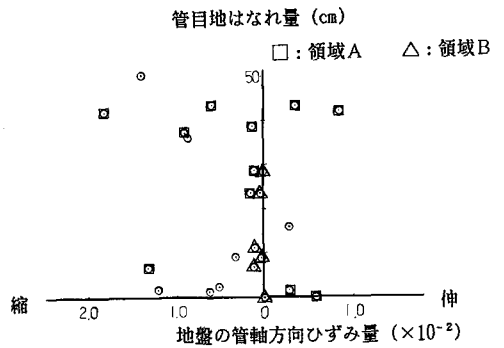


図-2 管軸方向の地盤のひずみ量と
管目地はなれ量との関係

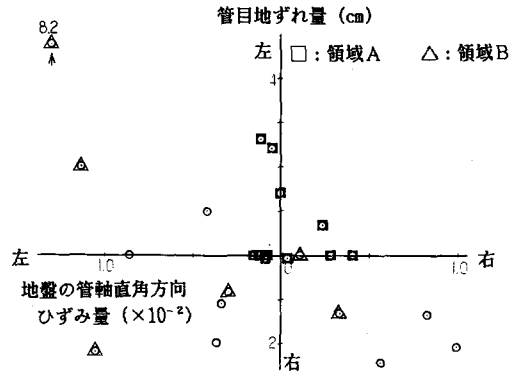


図-3 管軸直角方向の地盤のひずみ量と
管目地ずれ量との関係
(左右は管渠上流から見た方向)

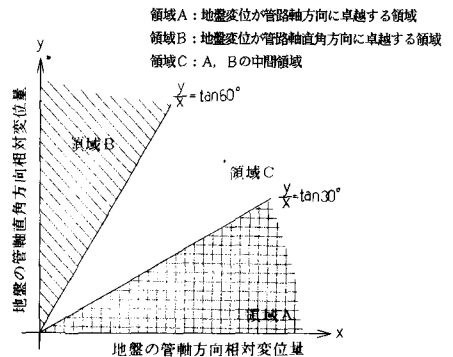


図-4 地盤の永久変位の状態の分類

盤変位が卓越している場合（領域B）で管目地ずれ量の比較的大きいものについては、1点を除いて、第2、第4象限にある。

以上、地盤の動きと管渠の動きとの関係を定量的に見てきたが、両者にはあまり相関が見られないことがわかった。その原因としては、地盤変位及び管目地はなれ、ずれ量の計測誤差に加えて、上記の整理においては管渠の沈下及び管渠の人孔内への突出しが考慮されていないこと（主に、管軸方向の不整合）等、計測及びデータ整理上の問題点も考えられる。一方、ここで対象とした管渠の被害が、地盤の永久変位のみ起因したものでなく、それに至る過程や地震動等によるものも多かったと考えることもできよう。

4. 開削復旧時に被害状況が計測されている路線に対する検討

”新柳町1号線”（図-1中、No. 52）と”萩の台1号線”（図-1中、No. 55）の2路線は、管渠の被害程度が他の路線に比べ著しく大きく、管内の土砂堆積もあり、テレビカメラによる管内調査が行われていない。このため、復旧時に開削工により管渠の軸直角方向のずれが直接計測された¹⁾。なお、能代市においてこのように大きなずれが発生した路線はこの2路線のみであったことが、復旧に携わった担当者により確認されている。

図-5、6に、それぞれ、路線の位置、管目地のずれ、地盤変位を示す。なお、地盤変位については、およそ20mの区間ごとに平均化したベクトルとして示している。また、ずれは、地震後に、となりあう人孔を結んだ直線からの相対的な変位置として計測されている¹⁾。

図-5の”新柳町1号線”では、地盤の変位はやや管軸直角方向が卓越し、その量は40~60cm程度と、南側の青葉町、昭南町の2m程度の変位に比べるとやや小さい²⁾。一方、管渠は、人孔間中央付近で地盤変位の方向に約1.5mと地盤変位に比べかなり大きな変位を示している。測定された変位置をもとに、管渠と地盤の変位の状況を図-7に整理する（人孔間中央付近）。まず、地盤（地表）は、人孔No.2~3間で、北側（図中で左側）に約41cm動いている。人孔は、図-5からわかるように地盤とほぼ同じ動きをしており、人孔No.2~3間の管軸線のずれは約32cmとなる。一方、管渠は、地震後の人孔間管軸線から150cm程度動いており、地震前からの絶対変位置は約182cmにも達する。すなわち、地表、人孔の動きに比べて管渠のみが大きく北側へ移動している。このことは、現地における路上の掘削ライン及び担当者からのヒアリングによっても確認されている。

図-6、図-8に”萩の台1号線”の状況を示すが、地盤の変位と管渠のずれとの関係は上述の”新柳町

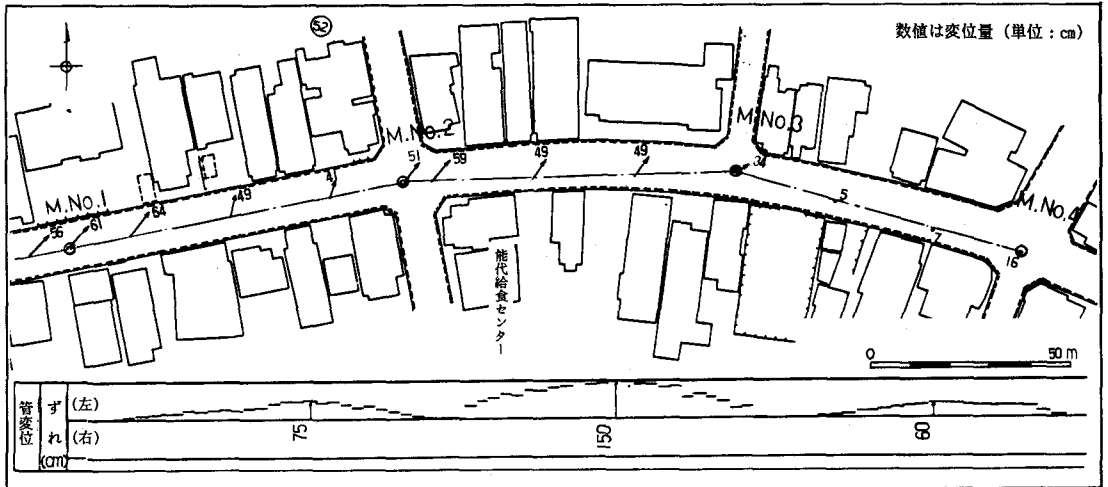


図-5 新柳町1号線（図-1中、No.52）のずれと地盤の永久変位

1号線”とはほぼ同様の傾向にある。ただし、新柳町1号線との相違点として、管路の西側が、南側で2m程度、北側で1m程度の高さの盛土になっていること(図-6、8参照)、地盤変位の傾向は他の人孔間も同様であるが、管渠の大きなずれは図-6に示す1区間のみで発生していることの2点があげられる。

ここで述べた2路線は、先の3.で対象とした路線と異なり、明らかに地盤の変位が管渠に影響を与えたと言することができる。すなわち、人孔は地盤とほぼ同一の動きをしたのに対し、管渠は、それよりはるかに大きく動き、結果として顕著な管目地のずれ(及びはなれ)をおこし、流下不能となるほどの被害となったものである。この現象を、現時点であえて解釈すれば、以下のものであろう。

地表は、道路舗装、家屋等の影響により動きを拘束されたのに対し、地下1.5~2.0mでは、液状化した砂層が流動した。このことは、地盤変位方向の下流に噴砂が見られることからある程度あり得ると考えられる(図-1参照)。また、“萩の台1号線”では、上記の理由に加え、路線に隣接して盛土があったことも大きな原因と考えられる。

5. まとめ

本文では、能代市の下水道管渠を対象として、地盤の水平方向永久変位と管渠の被害との関係について考察した。この結果、大部分の路線については、両者に明確な相関は認められないものの、管渠の被害が顕著で開削復旧時にその状況が直接計測されている2路線では、地盤の変位が被害の支配的な要因であることがわかった。また、この2路線では、

地表の変位と管理設深度の地盤変位が大きく異なっているのではないかと、新たな可能性も見出された。今後は、特に上記の2路線について、この現象の解明を行っていくことが必要であろう。

謝辞：本研究を実施するにあたり、能代市及び旭地震予知総合研究振興会に多大なご助力を頂いた。また、浜田政則東海大学教授には貴重なご指導を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献：(1)建設省土木研究所耐震研究室：昭和58年日本海中部地震による下水道管路施設の被害調査～(その1)被害の特徴～、土木研究所資料2244号、昭和60年3月。(2)浜田・安田・磯山・恵本：液状化による地盤の永久変位の測定と考察、土木学会論文集、第376号/Ⅲ-6、1986年12月。

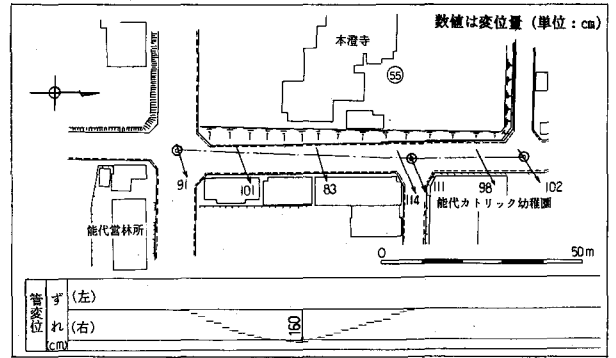


図-6 萩の台1号線(図-1中、No.55)の
ずれと地盤の永久変位

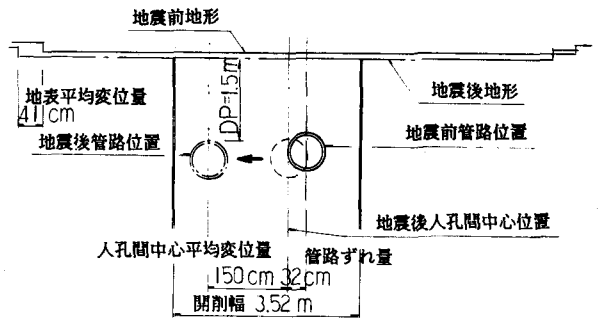


図-7 地震前後の管渠及び地盤の変位の状況
-新柳町1号線(ヒューム管φ600mm)-

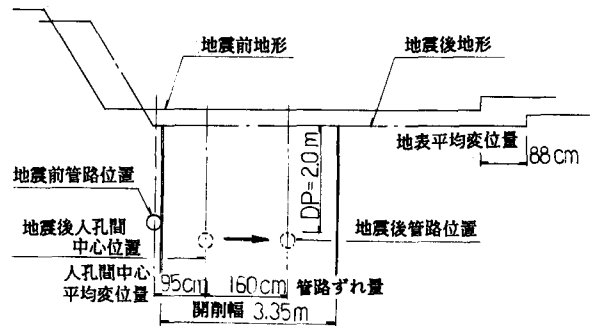


図-8 地震前後の管渠及び地盤の変位の状況
-萩の台1号線(ヒューム管φ300mm)-