

## (126) 1994年三陸はるか沖地震における上水道被害の要因分析

金沢大学大学院		福島聡一郎
金沢大学工学部	正会員	宮島 昌克
金沢大学工学部	正会員	北浦 勝
福井工業高等専門学校	正会員	吉田 雅穂
金沢大学大学院		藤野 崇之

### 1.はじめに

1994年三陸はるか沖地震及びその後発生した最大余震において、八戸市に構造物被害が集中し2名の人命が失われた。また、上水道管路をはじめとするライフラインにも被害が多数発生し、年末年始の市民生活に大きな影響を与えた。本研究では、地震発生直後に行った現地調査とその後収集した管路被害図や地盤柱状図などの資料をもとに、上水道被害の要因分析を行う。

### 2.地震の概要<sup>1)</sup>

気象庁から発表された地震の諸元はTable 1のとおりである。各地の震度は、震度6が八戸、震度5がむつ、青森、盛岡となっている。また、八戸測候所の聞き取り調査に基づく八戸市内の震度分布は、市内を流れる新井田川より西側ではほとんどの地点が震度6であったが、その東側では震度5または4であった。

Table 1 Parameters of Main shock.

地震名	平成6年(1994年)三陸はるか沖地震
発生日時	平成6年12月28日午後9時19分頃
震源	八戸の東約200km沖合い
震央位置	北緯40.4°, 東経143.7°
震源深さ	ごく浅い
マグニチュード	7.5

八戸測候所の87型電磁強震計によって得られた今回の地震の最大加速度(暫定値)は、NS成分が $602.3\text{cm/s}^2$ 、EW成分が $488.4\text{cm/s}^2$ 、UD成分が $94.1\text{cm/s}^2$ であった。さらに、1月7日に発生した、今回の地震の最大余震の最大加速度はNS成分が $363.0\text{cm/s}^2$ 、EW成分が $499.3\text{cm/s}^2$ 、UD成分が $95.1\text{cm/s}^2$ であった。

1月19日現在の青森県における被害の概要は、人的被害としては、死者2名、負傷者689名の合計691名、住家被害としては、全壊38棟、一部破損5331棟の合計5685棟である。また、青森県の被害額としては、商工労働関係が約178億円、建物関係約90億円、土木関係約65億円、文教関係約26億円、農林関係約20億円などの合計約400億円にのぼっている。

### 3.上水道被害の概要

八戸市とその周辺の10町村の上水は、八戸圏域水道企業団によって供給されている。八戸市内の配水管路の総延長距離は約903kmであり、その71.2%がダクタイル鋳鉄管(DIP)、13.7%が硬質塩化ビニル管(VP)である。

今回の地震による八戸市内での配水管の被害箇所は、配水管だけで296箇所にのぼった。管種、口径と被害の関係は後述するが、総じて口径の小さい管の被害が顕著であり、管種ではVP管の被害、特にVP管の継手部分での被害が多かった(Fig.1参照)。また、被害の形態は折損が最も多く、次いで離脱、弛緩の順であった。なお、今回の地震では港湾地域で若干の噴砂現象が認められたほかは、市街地の一部で地盤の変形が見られたが、液状化の顕著な痕跡は認められなかった。これより液状

化による管路被害は比較的少ないと考えられる。

#### 4.上水道被害の要因分析

ここでは、八戸圏域水道企業団による配水管被害資料をもとに被害の要因分析を行う。今回の地震では、八戸市の全域で配水管の被害が発生したが、本研究では特に被害の集中した本八戸駅周辺の地区に注目し、被害の要因を検討する。Fig.2は、対象地区の地形図である。

#### 4.1地質と被害との関係

被害の集中した地区は、標高10m以下で馬淵川と荒井田川との間の低位段丘であり、緩やかな斜面の裾野部に位置する。JR八戸線以北に広がる沖積地にはあまり被害が見られない (Fig.2参照)。また、分析の対象地区以外の被害に注目すると、同じ沖積地に接する高館段丘の裾野部にも被害が見られることなど、総じて地勢の急変部において被害が集中していることから、地形的な影響が管路被害に大きく働いていたと考えられる。今回の現地調査で唯一噴砂現象の確認された港湾部に被害箇所が少ないことも特徴的である。これは港湾部に敷設されている管の口径が100mm以上で、管路の強度が比較的大きいこと、また市街地に比べて管の敷設延長が少ないことが原因と思われる。

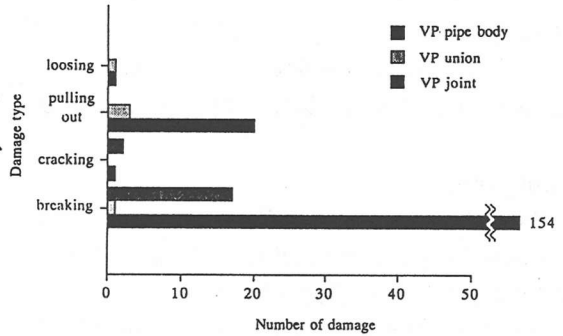


Fig.1 Damage type of VP.

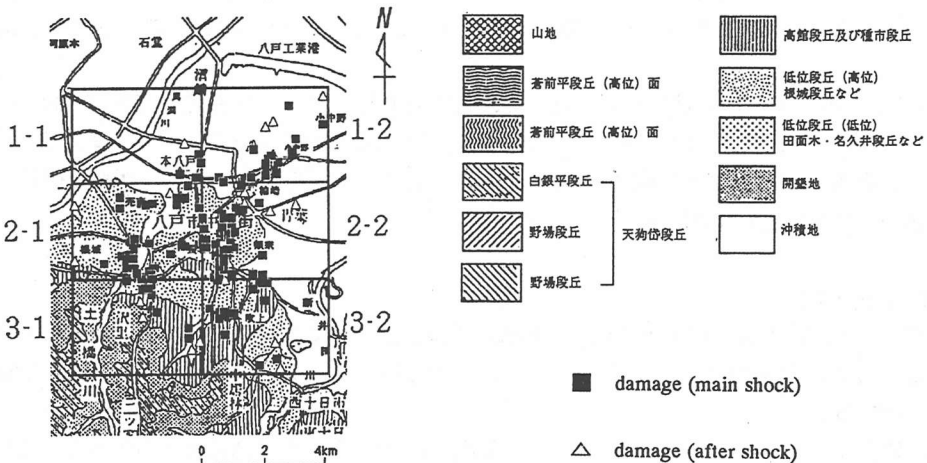


Fig.2 Topography and damaged point of selected area in Hachinohe city.

#### 4.2 管種と被害との関係

Table 2は、今回の地震で発生した管路被害と管種との関係を示したものである。最も被害数の大きかったのはVP管であり、全体の被害数の約75%を占めている。また、被害数を各管種の敷設距離で割った値を被害率とし、これにより比較すると、VP管が他の管種に比べて高い被害率を示している。

Table 2 Relationship between pipe type and number of damage/km in Hachinohe city.

Pipe type	Length of pipeline (km) (A)	Number of damage (B)	(B)/(A)
ACP	38.636	4	0.104
DIP	643.185	17	0.026
CIP	53.639	14	0.261
VP	123.846	228	1.841
OTHERS	44.590	33	0.740
TOTAL	903.896	296	0.327

#### 4.3 口径と被害との関係

Fig.3は今回の地震で発生した八戸圏域水道企業団の全管轄区域における管路被害件数（総被害数330件）を、口径別に分けたものである。被害の大半が口径100mm以下の小口径管であり、その数は口径に反比例する形で増大していることが見てとれる。総被害数に対する口径100mm以下の管の被害は約88%であった。また、被害の発生したほとんどのVP管が50mm以下であり、八戸市内における50mm以下の配水管総敷設延長に占めるVP管の敷設延長の割合は60%であることから、被害がVP管の小口径管に集中したものと考えられる。

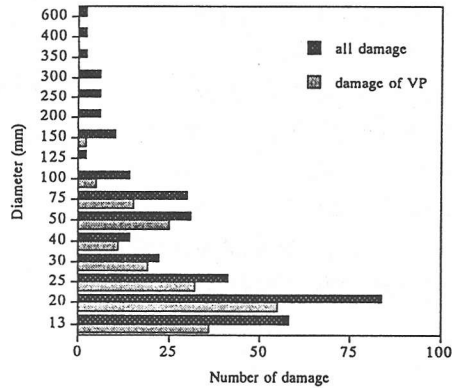


Fig.3 Relationship between diameter and number of damage.

さらに、口径300mm以上の大口径管の被害箇所は12件であった。これは、総被害数の3.6%であり、被害は少なかった。被害の内訳を破損形態別に見ると、弛緩7件、離脱3件、折損1件、その他1件であり、管種別に見ると、DIP管4件、铸铁管(CIP)4件、その他4件であった。なお、CIP管の被害のうち1件に折損が見られた他は、管体部の被害は見られなかった。このことから、大口径管は管体部の破壊は起こりにくく、その結合部分で弛緩などの被害が発生する傾向にあると考えられる。

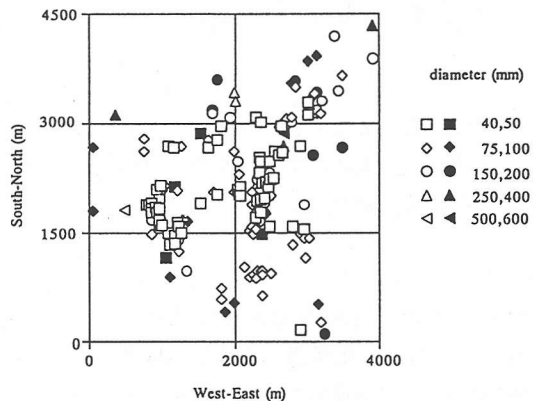


Fig.4 Distribution of damaged pipeline in relation to its diameter, open symbols as main shock and close ones as aftershock.

Fig.4は対象地区における管路被害地点を口径別に表示したものであるが、ほぼ同じ地域で口径の大小に関わらず被害が生じていることが見てとれる。このことより、

口径と被害地点とはほとんど相関がないと考えられる。

#### 4.4地盤の固有周期と被害との関係

地盤柱状図の情報をもとに地盤の固有周期を求め、さらにKriging法<sup>2)</sup>により対象メッシュ内で固有周期の平面分布を推定した。なお、固有周期の平面分布の推定においては、地盤柱状図が多く得られているFig.2における1-1、2-1、2-2の3メッシュを対象に行った。Fig.5は2-2メッシュにおける固有周期の分布図に被害地点をプロットしたものである。同図より、固有周期が0.35秒前後の地点に被害が集中していることがわかった。同様に、2-1、2-2のメッシュにおいても固有周期が0.35秒前後の地点に被害が集中していた。このことより、地盤の固有周期が被害と何らかの関係があるものと思われる。今後、強震記録波の解析を通して、この点について検討していく必要がある。

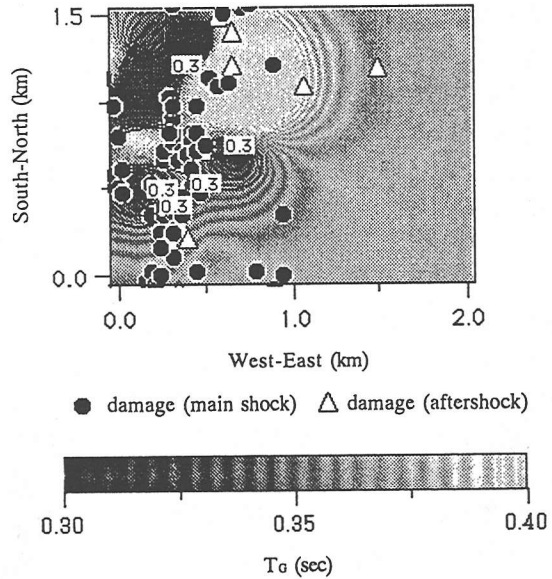


Fig.5 Distribution of estimated natural period of ground ( $T_g$ ) at area 2-2.

#### 5.おわりに

以上の考察から、今回の解析では口径が小さいほど被害を受けやすく、とくに100mm以下のVP管に集中して被害が生じるという傾向が明らかとなった。また、被害が低位段丘に集中していること、地盤の固有周期がある値の所で被害が多く発生していることがわかった。今後は、今回の結果を考慮した被害予測法を検討していく予定である。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり貴重な資料を提供していただいた八戸圏域水道企業団の関係各位に厚く御礼申し上げます。また、データ整理などの協力を得た金沢大学学生田中良英氏、英昭夫氏、深谷正俊氏に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1)宮島昌克・吉田雅穂：1994年12月28日三陸はるか沖地震調査報告速報，1995。
- 2)吉田雅穂・宮島昌克・北浦勝：液化化領域の空間分布推定法に関する検討，第29回土質工学研究発表会発表講演集，3分冊の2，pp.1047～1048，1994。