

2007 年新潟県中越沖地震災害調査

報 告 書

平成 21 年 2 月

社団法人 地盤工学会

2007 年新潟県中越沖地震災害調査委員会

5.9.2 下水道の被害

(1) 被害の概要

新潟県によると、公共下水道関連の被害は表 5.9.2-1 のようにまとめられている。

表 5.9.2-1 公共下水道関連の被害(災害査定結果)
(a) 処理場、汚水ポンプ場

施設区分	箇所数	備考
処理場	1箇所	柏崎地区
汚水ポンプ場	2箇所	柏崎地区

(b) 管路施設

管理者	被災人孔 箇所数	被災管路延長
柏崎市	1,313箇所	約 L=36.3km
出雲崎町	0箇所	約 L=2.4km
上越市	17箇所	約 L=0.8km
長岡市	29箇所	約 L=5.6km
小千谷市	0箇所	約 L=3.7km

この表に見られるように、災害査定結果では、公共下水道では 1 箇所の処理場、2 箇所の汚水ポンプ場が被災した。また、5 つの市で合計 1.468 箇所のマンホールが被災し、被災管路延長は合計約 50.4km であった。5 つの市のうち、特に柏崎市における処理場およびマンホール、管渠の被害が大きかった。

この他、農業集落排水施設も多くの被害を受けた。

(2) 2004 年新潟県中越地震における被災と 2007 年新潟県中越沖地震の被災の関係

(i) 2004 年新潟県中越地震による被災範囲と復旧時の対策方法

2004 年新潟県中越地震の際、公共下水道では新潟県および県内 6 市 12 町 3 村の 22 自治体で、管渠およびマンホールが甚大な被害を受けた。特に長岡市や小千谷市で多く被害が発生し注目を集めた。柏崎市においても被害が発生し、被災管路の延長は 3.9km に及び、12 箇所でマンホールが突出し、230 箇所で路面異常が発生した。

2004 年の新潟県中越地震の被害を受けて、被災

した下水道施設について本復旧を行うための技術的緊急提言を行うとともに、現行の地震対策の内容について、被害の実態を踏まえ様々な角度から検証するために、「下水道地震対策技術検討委員会」が設置された¹⁾。そこでは、管路被害の原因は管路敷設埋戻し部の液状化現象にあると考えられた。そして、被害の再発防止も考慮し、本復旧の埋戻しにあたっては、マンホール周辺を含め、地盤の特性、施工条件等現地特性、管材、工期等を勘案し、

- ①埋戻し部の締め
- ②砕石による埋戻し
- ③埋戻し部の固化

のいずれかの対策を行う事が望ましいとされた。

これに従って、被災を受けた下水道管路の復旧が行われた。柏崎市ではセメントを埋戻し土に混合して埋め戻す固化方法がとられた。

(ii) 柏崎市における公共下水道の被災箇所の比較

表 5.9.2-1 に示すように、2007 年新潟県中越沖地震により柏崎市では約 36.3km の公共下水道が被災した。図 5.9.2-1²⁾に柏崎市において公共下水道が被災した区間を示す。被害は市内の広い範囲にわたって発生した。この図には 2004 年新潟県中越地震による被災した区間も示す。両地震によって被災した区間を比較して分かるように、前回被災した区間は今回の地震では被災しなかった。

図 5.9.2-2 に柏崎市の北部に位置する長崎地区において、前回被災した区間と今回被災した区間の詳細な位置を示す。これに示されるように、前回被災して復旧した区間では今回明らかに被災しなかった。なお、今回被災した区間では写真 5.9.2-1 に示すようにマンホールが大きく浮き上がった。

一方、柏崎市の南部に位置する半田地区、茨目地区、堀地区でも、前回被災した区間の隣の区間が今回被災する、といったはっきりとした違いが現れた。写真 5.9.2-2 に茨目地区で今回浮き上がったマンホールを示す。



図 5.9.2-1 柏崎市における今回と前回の地震における公共下水道の被災区間(文献³⁾より一部抜粋)



図 5.9.2-2 長崎地区における前回と今回の地震による被災区間の比較



写真 5.9.2-1 柏崎市長崎地区で浮き上がったマンホール



写真 5.9.2-2 茨目地区で浮き上がったマンホール

以上のように、前回の地震で被災した区間においては、対策をとって復旧した効果が発揮され、今回被災しなかった。

(iii) 刈羽村における農業集落排水の復旧時の対策効果

2004 年新潟県中越地震によって被災した下水

道管渠に対して、対策をとって復旧した効果が発揮されたもう一つの事例として、刈羽村における農業集落排水施設がある。刈羽村では新潟県中越地震の際に農業集落排水施設の多くが被害を受けた。そのうち、中央部付近におけるマンホールの浮上り量の分布を図 5.9.2-3³⁾に示す。この図に示されるように、十日市地区の軟弱地盤で最も大きく浮き上がった。その時の写真を写真 5.9.2-3 に示す。

刈羽村では新潟県中越地震の復旧にあたって石灰を埋戻し土に混合して埋め戻す固化方法がとられた。写真 5.9.2-3 と同じ箇所でも 2007 年新潟県中越沖地震後 4 日目に撮影したものを写真 5.9.2-4 に示す。写真に示されるように管渠上の歩道に多少変状は生じたものの、マンホールは浮き上がらなかった。このように刈羽村でも前回の地震で被災して対策をとって復旧したマンホールや管渠は、今回の地震では被害を受けなかった。

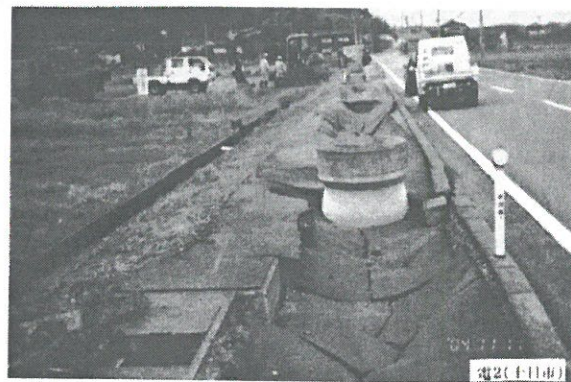


写真 5.9.2-3 2004 年新潟中越地震の際に刈羽村十日市地区で浮き上がったマンホール (刈羽村の資料による)



写真 5.9.2-4 2007 年新潟県中越沖地震における刈羽村十日市地区の無被災状況



図 5.9.2-3 刈羽中央地区のマンホール浮上り量の分布と断面位置 (国土地理院の 1/25,000 地形図上に描いたもの)³⁾

(3) 柏崎市におけるマンホールおよび管渠の被災状況と地盤条件に関する考察

(i) 被災の特徴

柏崎市の公共下水道および農業集落排水における、下水道管渠およびマンホールの布設延長・設置基数と被災延長・被災基数⁴⁾を表 5.9.2-2 に示す。この表に示されるように、公共下水道では約 8%の管渠と約 10%のマンホールが被災し、また、農業集落排水では約 16%の管渠と約 2%のマンホールが被災した。

管渠の被害としては人孔帯水と路面異常が主であり、埋戻し土の液状化に起因して管渠が浮き

上がったり、また、埋戻し土部が沈下したためではないかと考えられる。

表 5.9.2-2 柏崎市の公共下水道と農業集落排水の管渠およびマンホールの被害(柏崎市⁴⁾による)

種類	管渠延長		マンホール (基)	
	布設延長 (m)	被災延長 (m)	設置基数	被災基数
公共下水道	461,972	36,289	13,660	1,313
農業集落排水	234,735	37,315	6,822	163
合計	696,707	73,604	20,482	1,476



図 5.9.2-4 マンホールの突出高さの分布²⁾

マンホールに関しては蓋枠がずれるといった被害がほとんどであり、突出はあまり多くなかった。2004年新潟県中越地震の時はマンホールの突出が多かったのに比べて、特徴的と言える。

このような管渠とマンホールの被害状況と、図 5.2.9-1 に示した被災区間の分布と合わせて、今回の地震における柏崎市の公共下水道管渠およびマンホール被害の特徴をいくつか挙げて、その原因を考察してみる。

(ii) マンホールの突出高さについて

図 5.2.9-4 に突出したマンホールの位置と突出高さの分布を示す。突出したマンホールは柏崎市内の広い範囲に分布するが、その突出高さは 20cm 程度より低いものが多い。最大でも写真 5.2.9-1 に示すように 50cm 程度であり、2004 年新潟県中越地震や、2003 年十勝沖地震、1993 年釧路沖地震などで見られた 1m を超すような大きな突出は発生しなかった。

マンホールが埋戻し土の液状化により浮き上がり、路面から突出する場合、その突出量にはいくつかの要因が関係していると考えられる。例えば、

- ①埋設深度
- ②地下水位
- ③埋戻し土の液状化の程度
- ④埋戻し土の密度や粒径

といったものが挙げられよう。そこで、図 5.2.9-5 に示したマンホールの埋設深度を調べ、突出量との関係をプロットしてみると図 5.2.9-5 となる。なお、ここでは開削工法で埋設されたもののみ示している。一方、図 5.2.9-6 には 2003 年十勝沖地震における豊頃町の同様な関係⁵⁾も示す。十勝沖地震のデータでは埋設深度が深くなると突出量も大きくなる傾向もあったが、今回の地震ではそのような傾向は見られなかった。マンホール周囲の埋戻し土がすべて液状化し、周面摩擦がゼロになると仮定すると埋設深度が深くなると浮上り量が大きくなるはずであるが、今回の地震ではそのような傾向は見られなかった。その理由は分からない。なお、両地震とも埋設深度が 2m 程度だと浮上り量は 10~30cm 程度となっている。

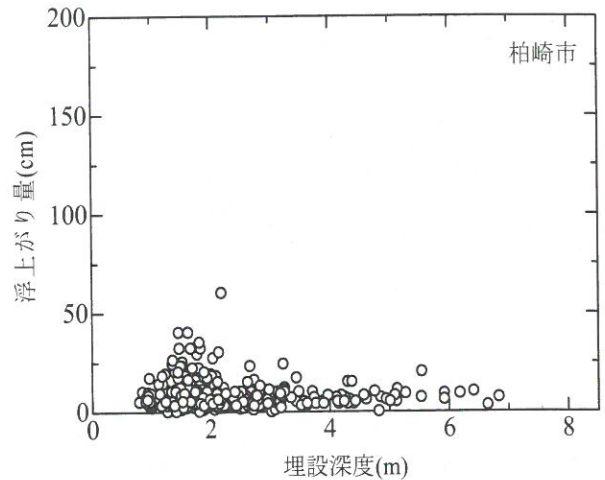


図 5.2.9-5 マンホールの埋設深度と突出量

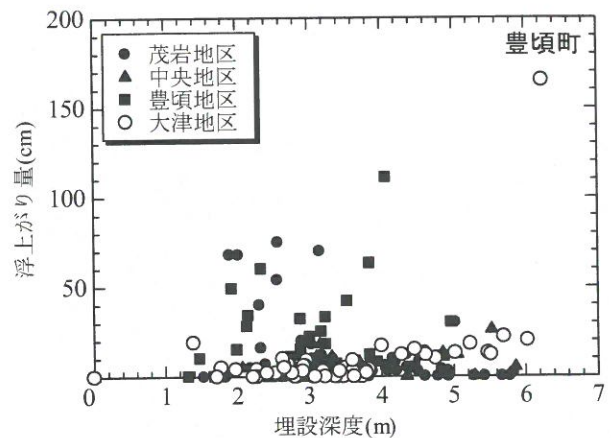


図 5.2.9-6 2003 年十勝沖地震による豊頃町のマンホール埋設深度と突出量関係⁶⁾

(iii) 液状化発生地区におけるマンホールの挙動

第 3 章で示したように、今回の地震では柏崎市の北西部のいくつかの地区で液状化が発生した。特に、松波地区や橋場地区では広い範囲で液状化が発生した。ところが、図 5.2.9-1 に示すように、これらの地区では下水道の被害はほとんど発生しなかった。

この原因を検討するため、両地区のマンホール埋設深度と地下水位の関係をまとめてみた。両地区では第 3 章で述べたように、地震後にスウェーデン式サウンディングが多く行われている。その際に地下水位も測定しているため、その水位をもとに、近傍のマンホールの埋設深度を調べて図 5.2.9-7 にプロットした。図に見られるように、松波地区ではほとんどの地点で地下水位がマン

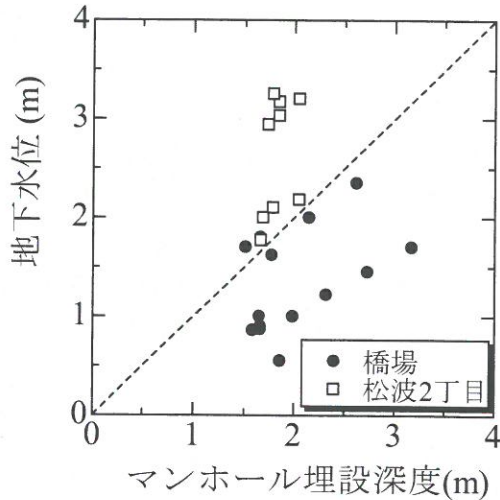


図 5.2.9-7 原地盤が液状化した橋場，松波 2 丁目地区におけるマンホール埋設深度と地下水位の関係

ホール埋設深度より深かった。従って，原地盤で液状化が発生してもマンホールは浮き上がらなかったことが理解できる。これに対し，橋場地区ではマンホール埋設深度が地下水位より多少深

かった。ただし，その差は最大で 1m であり，また，マンホールの埋設深度自体が 2m より浅かったため，浮き上がり難かったのではないかと推定される。

(iv) マンホールは無被災でも管渠は浮き上がった事例のメカニズム

マンホールは特に突出せず無被災であったのに，管渠は浮き上がり被害を受けた区間がいくつか生じた。図 5.2.9-8 に災害査定資料に示された田塚地区の一つの事例を示す。この付近のボーリングデータによると，図 5.2.9-9 に示すように地下水は GL-0.8m 程度である。それに対し，この区間の管渠やマンホールの埋設深度は約 2m である。従って，GL-0.8m~GL-2m の深さの埋戻し土は液状化した可能性がある。これによって管渠は浮き上がったと考えられるが，(iii) の橋場地区と同様にマンホールの埋設深度は浅いため浮き上がらなかったのではないかと考えられる。

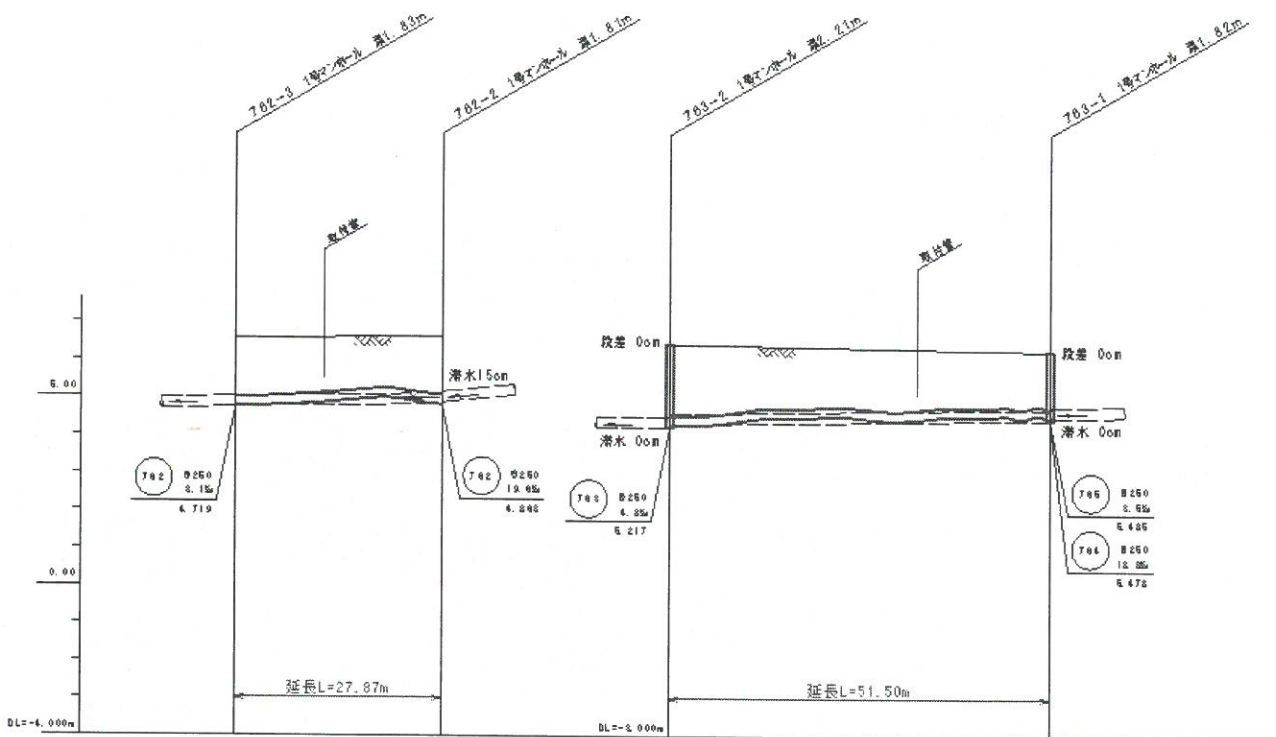


図 5.2.9-8 マンホールは浮き上がらなかったが管渠は浮き上がった例（柏崎市の資料による）

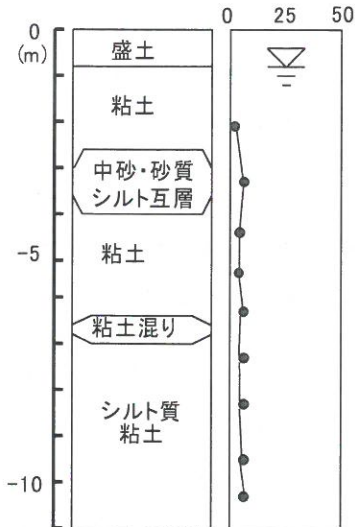


図 5.2.9-9 田塚地区のボーリング柱状図例

(v) マンホールの蓋枠のずれのメカニズム

前述したように、今回の地震では柏崎市においてマンホールの蓋枠のずれが多数発生した。この発生した地区は図 5.2.9-10 に概略の範囲を示すように、西本町、東本町一帯である。

この地区は低い砂丘上に位置し、K-NET 柏崎の NS 成分で 667cm/s^2 の地表最大加速度を記録するなど、地震動が大きかった地区である。家屋や他のライフラインの被害も多く発生している。下水道のマンホールはコンクリートリングを重ねて作製されるが、この地区ではそのリングのずれが

多く発生した。その向きも特に斜面に沿った方向ではなく一定でなかった。K-NET 柏崎のボーリングデータによると、地表から 2~3m の深さまで N 値が 5 以下の緩い砂層が堆積している。また、本町通りのボーリングデータによると地表から GL-2.5m 付近までは N 値が 5 程度の非常に緩い粗砂が堆積し、その下部に GL-4.8m 付近まで N 値が 7 程度の緩い粗砂が堆積している。地下水位は GL-5.1m の深さにある。

従って、マンホールのリングがずれた原因として考えられることは、表層の緩い砂層が大きな地震動によってせん断変形したことによるのではないと思われる。ただし、その緩い砂層は地下水位上にあり、不飽和の状態でせん断変形したことになる。もしそうであれば、今まで認識されてこなかった現象となり、今後の研究が必要と考えられる。

なお、この地区内のうち本町通りから柏崎駅に向かった緩やかな斜面ではすべりが発生した。ただし、すべりが発生した区域で下水管渠には流下機能に支障がおきる被害は発生しなかった。一方、この区域ではガス導管や水道管は甚大な被害を受けた。この被害の違いの原因は明らかではないが、一つの理由としてはこの区域の下水道管は塩化ビニール管であり、多少地盤が変状しても、引

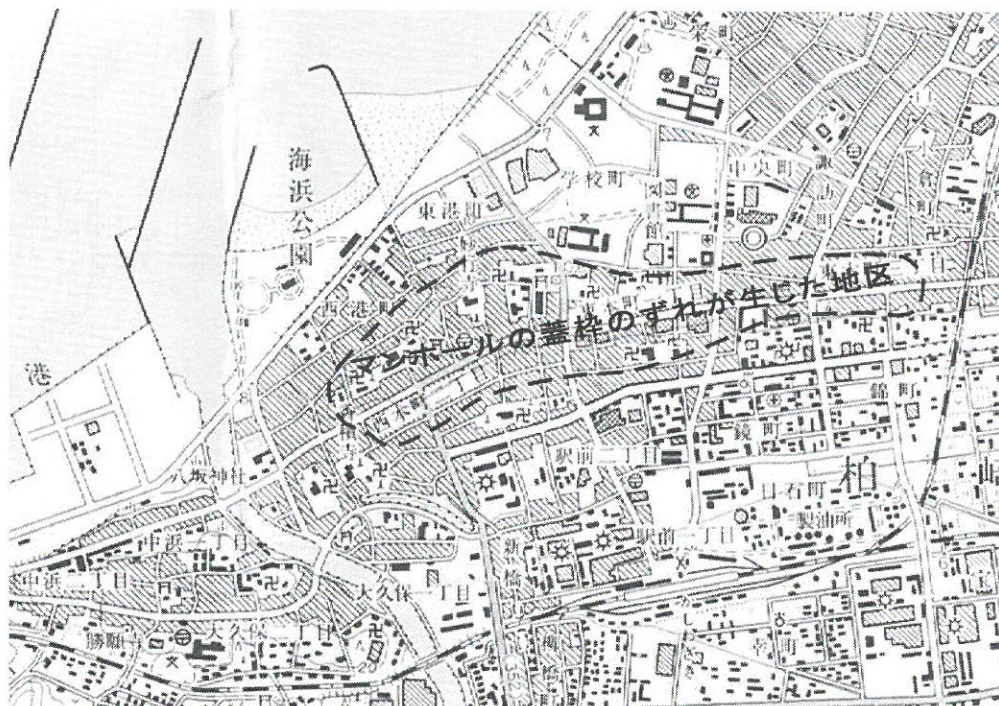


図 5.2.9-10 マンホールの蓋枠のずれが多く発生した地区の概略

っぱりや曲げによって追従できたのではないかとと思われる。

(vi) 造成宅地で地盤変状があった地区の被害

第5章に示したように、柏崎市の朝日が丘や希望が丘で近年開発された造成宅地では、一部の区域で盛土のすべりが生じ、家屋が被害を受けた。それらの区域において、すべりが生じたものの下水管渠には流下機能に支障がおきる被害は発生しなかった。この原因も、多少地盤が変状しても、引っぱりや曲げによって追従出来たためなのかもしれない。

(4) 柏崎市の下水処理場の被害

柏崎市自然環境浄化センターでは、水処理機能に支障は生じなかったものの、監視汚泥棟の基礎杭損傷とそれに伴う汚泥棟継手箇所分離、汚泥移送管等の破損により、汚泥処理機能に支障が生じた。柏崎市自然環境浄化センターは鯖石川河口の左岸側に位置し、その内にある監視汚泥棟は既設部と増設部からなっている。前者は鉄筋コンクリート造の地上3階、地下1階建てであり、サンドコンパクションパイルによる地盤改良を行った上に直接基礎で支持されている。後者は鉄筋コンクリート造の地上3階建てであり、長さ8mのPHC杭基礎(φ700mm)で支持されている。今回の地震では、監視汚泥棟の増設部の基礎杭が損傷する被害が生じたほか、ガスホルダーや脱硫棟にも基礎杭の損傷による傾斜等の被害が生じた。なお、監視汚泥棟の既設部については特に

目立った変状は見られていない。

地震発生から3日後の柏崎市自然環境浄化センター付近の航空写真を写真5.9.2-5に、監視汚泥棟増設部の基礎杭の破損状況を図5.2.9-11に示す。

地震後に行われた監視汚泥棟基礎杭の試掘調査の結果、ほぼ全数の杭頭に損傷が確認され、一部フーチングにも損傷が見られた。増設部の残留変位は、監視汚泥棟既設部からの相対変位として、短辺方向に130mm、長辺方向に185mm生じ、沈下は70mmであった。増築部の南西約50mには池(窪地)があり、全体に池に向かって緩やかな下り勾配となっている。また、その増築部と池の間および北西側には水路も存在している。監視汚泥棟周辺地盤表面のクラックの発生の状況および地震後に実施した測定の結果を図5.2.9-12に示す。地震により増築部周辺の地盤にはクラックが生じた。地震後の測定の結果によると、増築部周辺の地盤は池の方向に0.5m~1m程度水平変位していたことが分かった。

図5.2.9-13に示す監視汚泥棟周辺の地震前のボーリングデータによると、地表面下GL-2.7mまで砂が主体の盛土であり、その下部にGL-6.7mまでN値が10前後の細砂・中砂が堆積している。地下水位はGL-3.7mに存在し、地下水位以下のこの細砂・中砂層が液状化したのではないかと考えられている。従って、強震動による慣性力およびこの層の液状化により生じた地盤流動により、基礎杭が損傷したと考えられている²⁾。

謝辞：本原稿をまとめるにあたって下水道地震対策技術検討委員会報告書²⁾を参考にさせていただいた。また、柏崎市から情報を提供していただいた。これらの各位に感謝する次第である。

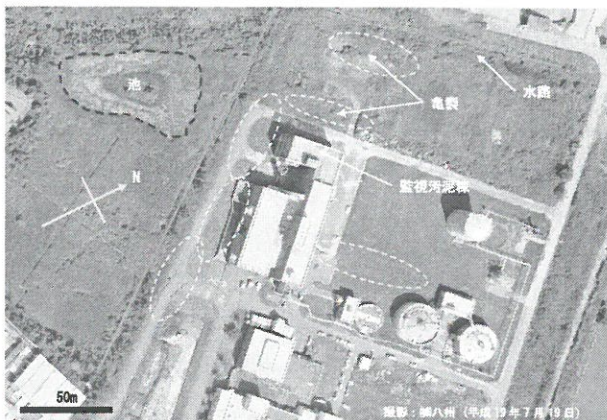


写真5.9.2-5 地震直後の航空写真

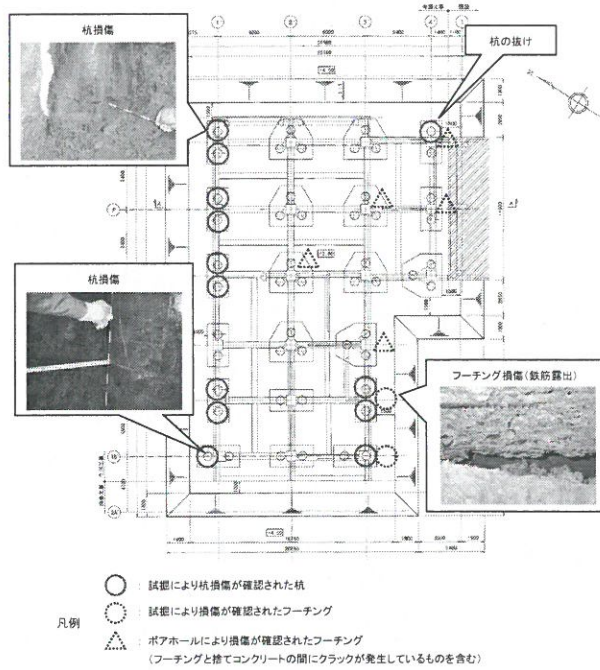


図 5.2.9-11 汚泥監視棟増設部の基礎杭の破損状況

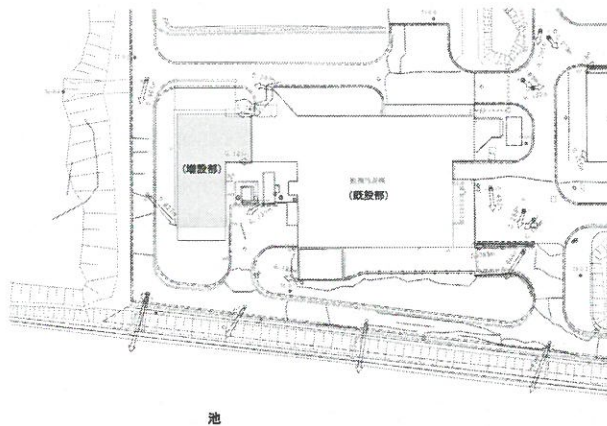


図 5.2.9-12 監視汚泥棟周辺地盤の状況

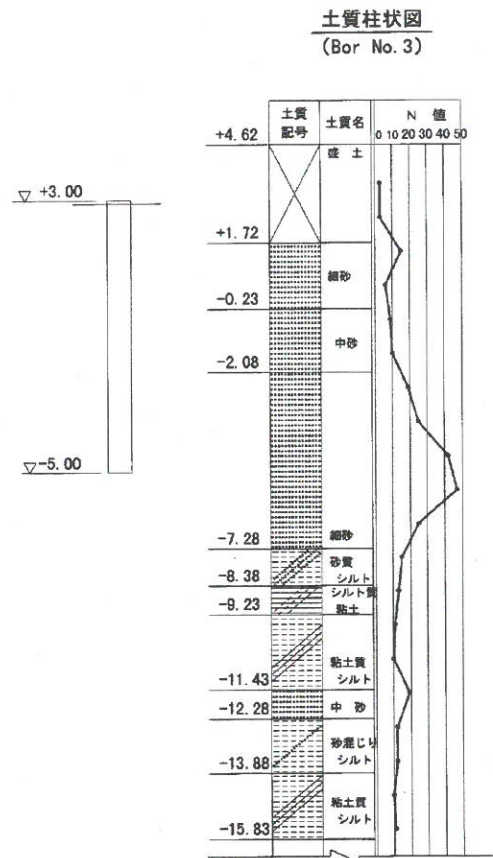


図 5.2.9-13 監視汚泥棟周辺の地盤柱状図

参考文献

- 1) 下水道地震対策技術検討委員会：下水道地震対策技術検討委員会報告書—新潟県中越地震の総括と地震対策の現状を踏まえた今後の下水道地震対策のあり方—，2005年8月。
- 2) 下水道地震対策委員会：下水道地震対策技術検討委員会報告書，2008（予定）。
- 3) 地盤工学会新潟県中越地震調査委員会：2004年新潟県中越地震調査報告書，2006。
- 4) 柏崎市の資料による
- 5) 地盤工学会2003年十勝沖地震地盤災害調査委員会：11.1 上下水道の被害，2003年十勝沖地震地盤災害調査報告書，地盤工学会，pp.111-120，2004。

5.9.3 ガス関連施設の被害

(1) 被害の概要

2008年新潟県中越沖地震では、都市ガスと、ガスを供給しているガス導管が被害を受けた。まず都市ガスでは、震度5弱以上を観測した地域内に12の一般ガス事業者があった。そのうち、柏崎市ガス水道局が大きな被害を受け供給を停止した。供給停止した戸数は約34,000戸である。

一方、震度5弱以上を観測した地域には石油資源開発(株)と帝国石油(株)の2社がガス導管でガスを卸供給していた。このうち、前者では震源に近接した高圧ガス導管のうち2箇所で導管が座屈変形し、亀裂が生じてガスが漏洩した。このため柏崎市ガス水道局が供給する柏崎市西山町および刈羽村向けの卸供給を停止した。

表 5.9.3-1 ガス工作物の被害箇所の件数と概要¹⁾

ガス工作物	被害箇所(件)	被害概要
ガスホルダー	0	・ガス漏えいや供給機能に支障なし
導管	高圧	2 ・小口径管における長柱座屈
	中圧 (うち1件は長岡市水道局)	27 ・小口径管における長柱座屈(13箇所) ・地盤変状と溶接部品質不良による被害(12箇所) ・水取り器立管のねじ部(2箇所)
	低圧	本支管 166 供給管・内管 3,086 ・被害の大半はねじ継手部からの漏えい ・ポリエチレン管は被害なし
整圧器	0	・建屋は一部破損

これらの一般ガス事業者およびガス導管事業者が保有するガス工作物の被害をまとめると、表 5.9.3-1 となる。ガスホルダーの被害は無かったが、高圧ガス導管が2箇所、中圧ガス導管が27箇所、低圧ガス導管の本支管が166箇所、供給管や内管は3,086箇所被害を受けた。

(2) 高・中圧ガス導管の被害状況

高圧ガス導管や中圧ガス導管は一般に地震を受けてもあまり被害を受けない。ところが、今回の地震では表に示すように、柏崎市と刈羽村において高圧ガス導管および中圧ガス導管が合計28箇所被害が発生した。これらの被災箇所を大まかな地形分類図上²⁾に示すと図 5.9.3-1 となる。被災箇所は広い範囲に分布しているが、主に沖積面や砂丘の際といった地形境界に分布しているようである。

さて、柏崎市ガス水道局において供給停止した戸数が約34,000戸に及んだことや、高圧ガス導管と中圧ガス導管が29箇所被害を受けたことを受け、経済産業省に「新潟県中越沖地震における都市ガス事業・施設に関する検討会」が設置された。そして、ガス工作物の被害要因の分析などが行われた結果、表 5.9.3-2 に示すような要因が高・中圧ガス導管の被害に影響を与え、これらが複合して発生したと推定された¹⁾。そして、高・中圧ガス導管の被害分類と主な被害要因が表 5.9.3-3 のように関連づけられた。なお、これらの被害のうち、特に「小口径で長い直線状の配管」であるガス導管における長柱座屈については、これまでのガス事業法に基づく技術基準等においては考慮されていなかったものである。

(3) 低圧ガス導管の被害状況

低圧ガス導管の被害箇所と地形分類を図 5.9.3-2¹⁾に示す。これに見られるように被害の大半が地形境界付近で発生している。このため、高・中圧ガス導管と同様、地盤の硬さが不連続となる地形境界付近での複雑な地盤の揺れが、低圧ガス導管に対する被害の原因と推定されている。

また、液状化が発生した地区では、被害も相対的に大きくなっていった。さらに、砂丘縁辺部の傾斜を有する地区では相対的に被害が多かった。これは液状化に伴う地盤の流動が生じたためと考えられている。



図 5.9.3-1 柏崎市・刈羽村における高圧・中圧ガス導管被害位置 (資料 1 に資料 2 による被害箇所をプロットしたもの)

表 5.9.3-2 高・中圧ガス導管の被害に影響を与えた要因（文献¹⁾の文章を表にしたもの）

(1) 全ての導管被害に共通する要因	①震源の特性と深部地盤構造の特性	柏崎・刈羽地域において地震動が大きく増幅した要因は、地震動が最も強くなる方向に当該地域が位置していたことに加え、地震波の周期と当該地区周辺の深部地盤の固有周期が、ほぼ一致しており、共振が発生したためであると想定される。また、地震波が深部地盤を伝播する際に、その振幅が増幅された可能性もある。
	②盆状の沖積層基盤面、かつ、厚く堆積した軟弱な沖積層の影響	柏崎平野では沖積層基盤面と呼ばれる地盤面が盆状をなしており、この上に軟弱な地層が堆積している。このような地盤における震動特性から、周期がやや長めで震幅の大きな揺れが発生するとともに、揺れが収まるまでの継続時間の長い表面波が発生したものと推測される。
(2) (1)の共通要因に加えて作用した個別の要因	③局所的な地形条件の影響（中圧ガス導管のみ）	地盤の硬さが不連続となる地形の境界付近や、相対的に地盤が軟弱である旧河道・水路周辺等といった地形条件によって、複雑な地盤の揺れが発生したものと推定される。
	1) 小口径管の長柱座屈	一般的にガス導管周囲の地盤が軟らかいと、ガス導管はたわみややすくなる。今回、ガス導管に座屈変形が生じた箇所は、ガス導管の周囲が地下水水位が高く比較的軟らかい地盤であった。さらに、一部被害箇所では液状化現象が発生したことによって、ガス導管周囲の地盤がより軟弱になり、ガス導管のたわみや座屈を促す方向に作用したものと考えられる。
(3) その他	2) 局所的な大きな揺れや液状化による複雑な地盤変状と部分的な溶接部品質不良	西山・刈羽ブロックでは、点在する小さな集落にガスを供給しているため、需要家1戸あたりの本支管延長は一般ガス事業者の全国平均よりも約3~8倍長く、また需要量も少なくなることから、小口径ガス導管の比率が極めて高い。長柱座屈による変形は、一般的に口径が小さくなるほど生じやすい。さらに、ガス導管の直線距離が長いほど、ガス導管と地盤との間の摩擦係数も大きくなることから、より大きな管軸方向の圧縮荷重がガス導管にはたらき、座屈に至ったものと推定される。
	3) その他	柏崎平野における沖積層基盤面は起伏に富んでおり、基盤面の勾配が局所的に変化している。一般的に、基盤面に局所的な急変部が存在すると、その付近で地盤の揺れも大きくなるため、当該地点に埋設されたガス導管に対して被害が生じたものと考えられる。 ガス導管の被害箇所の中には、地震により発生した地盤の液状化現象を確認できる箇所が存在する。液状化現象によって、当該地域では、地盤の沈下や側方流動が発生し複雑な地盤変状となつたため、ガス導管に被害が生じたものと考えられる。 中圧ガス導管の被害箇所の中には、部分的に裏波が出ていない溶込み不足の溶接部や、ガス導管の全周溶込み不足が観察された溶接部もあり、溶接部品質不良のためにガス導管接合部の強度が低下していたことが、ガス導管の被害要因になったと考えられる。なお、昭和38年には裏波溶接棒が導入された。また、昭和39年以降は、昭和39年に経済産業省から発出された文書に基づき、溶接部は溶け込みが十分で有害な欠陥がないこととされている。これらを満たしていない場合、被害の一部は防止できた可能性があると考えられる。 水取り器の立管は長さが短く、地盤から受ける影響も少ないため、地震時にはガス導管と同一の挙動を示すと考えられることから、大きな地震荷重が作用するとは考えにくい。被害箇所は地盤の不連続な地形の境界付近で主に発生しているため、地形境界の地盤の複雑な揺れにより被害が発生したものと推定される

表 5.9.3-3 高・中圧ガス導管の被害分類と主な被害要因¹⁾

被害分類	主な被害要因（推定）
<p>1 小口径の長柱座屈による被害（100A 以下） 高圧ガス導管：2 箇所 中圧ガス導管：13 箇所</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">震源の特性(指向性効果)と深部地盤構造の特性</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">盆状の沖積層基盤面 かつ 厚く堆積した軟弱な沖積層</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">*1 局所的な地形条件(地形境界付近、旧河道等)</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">ガス管周りの柔らかい地盤</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">小口径で長い直線状の配管</div> </div> <p>*1：高圧ガス導管を除く。</p>
<p>2 局所的な大きな揺れや液状化による複雑な地盤変状と溶接不良 中圧ガス導管：12 箇所</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">震源の特性(指向性効果)と深部地盤構造の特性</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">*2 盆状の沖積層基盤面 かつ 厚く堆積した軟弱な沖積層</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">*1 局所的な地形条件(地形境界付近、旧河道等)</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">沖積層基盤面の急変部 又は 液状化による地盤変状</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">*3 溶接不良</div> </div> <p>*2：被害を受けた導管における主たる被害要因は一律ではなく、様々な場合が存在し、盆状の沖積層基盤面の影響が主たるものではないと推定される被害もある。 *3：溶接不良の導管被害への寄与度も様々であると考えられる。</p>
<p>3 その他の被害 中圧ガス導管：2 箇所</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">震源の特性(指向性効果)と深部地盤構造の特性</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">盆状の沖積層基盤面 かつ 厚く堆積した軟弱な沖積層</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">*1 局所的な地形条件(地形境界付近、旧河道等)</div> <div style="margin: 0 10px;">かつ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">水取り器立管ねじ部</div> </div>

は、全てのガス導管被害に共通する要因。

は、個別の要因。

低圧被害箇所+仮設区間 (旧柏崎市地区)

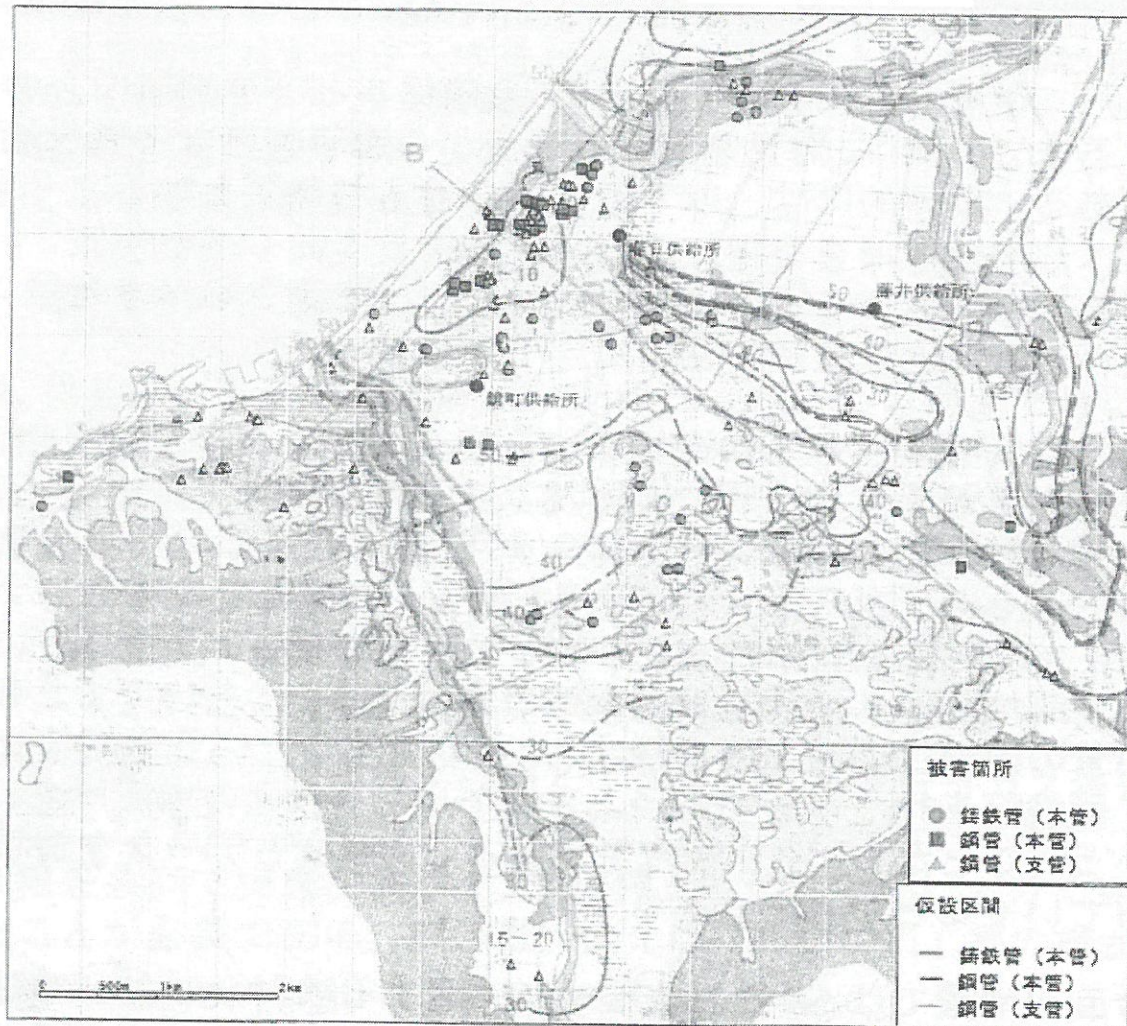


図 5.9.3-2 旧柏崎市地区における低圧ガス導管の被害箇所と仮設区間・地形条件の相関¹⁾

(4) 地震後の対応

柏崎市ガス水道局では地震発生の 31 分後に同供給所のガスホルダーの出口遮断弁を閉止し、地震発生の 52 分後には全需要家約 3 万 4 千戸に対する供給が停止された。地震後、他の事業者からの延べ 6 万人・日の応援も得て復旧が進められた。復旧ブロックが予め確立されていたことや柏崎市ガス水道局の旧柏崎地区ではマッピングシステムが導入されていたことなどから、迅速な復旧が行われた。図 5.9.3-3 に日々の復旧戸数および復旧率の推移¹⁾を示す。

この図に示されるように一部の復旧が困難であった地域を除き地震発生から 25 日後 (8 月 10 日) までにはほぼ復旧が完了した。ただし、全面復旧ま

では 42 日を要した。復旧が困難であった地域とは以下のような地域であった。

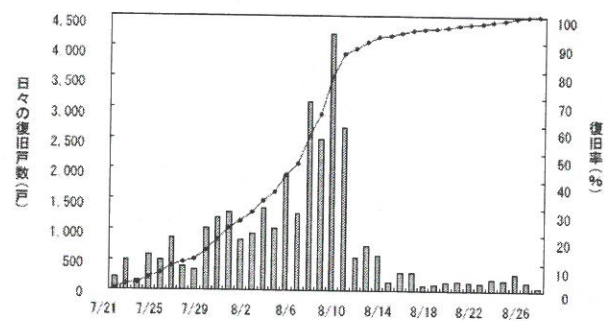


図 5.9.3-3 柏崎市ガス水道局におけるガスの日々の復旧戸数および復旧率の推移

- ① 道路が大きく被害を受けており、復旧工事車両や掘削重機が進入できない地域
- ② 地下水や漏水が多く、著しく地盤が軟弱であり掘削作業に危険を伴う地域
- ③ 家屋倒壊に伴うガス導管の損傷の恐れがありガスを供給することに危険がある地域

なお、供給停止の期間中、に需要家支援として①移動式ガス発生設備の設置、②カセットコンロおよびボンベの提供が行われた。特に、①に関しては今回の地震で初めて移動式ガス発生設備のガス事業者間での広域融通が行われたもので、病院や福祉施設に設置され、大変効果を発揮した。

一方、ガス導管事業者の石油資源開発㈱では、地震直後からガス導管の安全確認および職員の被害状況確認が実施された。そして、発生から3分後に吉井～妙法寺送ガス線の流量および圧力の異常が確認されたため、当該ラインの緊急パトロールが行われ、地震発生から22分後には同ラインへの送ガスが停止された。そして2箇所において導管の変形および亀裂が確認されたため補修を行い、地震発生から5日後に供給が再開された。

参考文献

- 1) 経済産業省 総合エネルギー調査会 都市熱エネルギー部会 ガス安全小委員会 新潟県中越沖地震における都市ガス事業・施設に関する検討会：新潟県中越沖地震における都市ガス事業・施設に関する検討会報告書，2008.
- 2) (社)新潟県地質調査業協会：新潟県地盤図説明書，2002.