

2003年

十勝沖地震地盤災害調査報告書

社団法人**地盤工学会**

2003年十勝沖地震地盤災害調査委員会

11. ライフラインの被害

11.1 上下水道の被害

11.1.1 被害の概要

(1) 上水道被害の概要

十勝、日高支庁を中心とする6市23町1村で約16,000戸が断水となった。断水の原因は、2つの町で水の濁り発生に伴う供給停止、1市で停電によるポンプトラブルによるものであったが、残りは水道管(導水管、送水管、配水管)の被害によるものである。ほとんどの市町村では地震発生の日9月26日中に断水は解消したが、池田町、豊頃町および浦河町では断水解消に数日を要し、その間、自衛隊の給水車や消防車などによる応急給水がなされた。

豊頃町では配水池付近の送水管が破損するなど管路の被害が大きく、全戸約1,500世帯が断水となり、町内全域で断水が解消されたのは10月3日であった。浦河町でも送水管が破損し配水池が空になり、6,368戸(全戸の87%)で断水した。町内全戸に給水が再開されたのは9月30日であった。また、池田町では全戸約3,000世帯が断水となった。同町の水道は全量を十勝中部広域水道企業団から受水しており、その送水管の1カ所から漏水が発生し、供給を受けている2カ所の配水池が空になり断水を招いた。町内全域への給水を再開したのは9月29日であった。

十勝・日高支庁内の主な町と釧路市、釧路町の管路被害件数を管種ごとに集計した結果を表-11.1.1に示す。ダクタイル管(DIP)の一般継手の被害は継手の抜け出しによるものであった(写真-11.1.1)。また、耐震性が考慮された継手は十勝・日高支庁内および釧路市で約30km布設されていたが被害はなかった。硬質塩化ビニル管(VP)の被害は、TS(接着)継手およびRR(ゴム輪)継手の両方において、継手の抜け出しや破損(写真-11.1.2)および管体破損によるものであった。石綿セメント管(ACP)の被害は、継手の抜け出し(写真-11.1.3)や破損および管体破損によるものであった。また、被害件数は豊頃町、浦河町が他の市町に比べて多く、被害率は豊頃町で0.238件/km、浦河町で0.125件/kmであった。

(2) 下水道被害の概要

下水道に関する被害では、管路の破損・浮上がり・蛇行、マンホールの沈下・浮上がり、マンホールと管路の接合部の破断といった被害が生じた。被害発生域は、日高、十勝、釧路管内のほとんど全ての市町村に及んでいるが、なかでも豊頃町、音別町、釧路町、釧路市で被害が多く発生した。これらの下水道被害の大半は、埋戻し土の液状化に起因したと思われる被害で、なかでも泥炭地盤に埋設された管路やマンホールに、特に大きな被害が生じている(写真-11.1.4)。

表-11.1.1 主な事業者での管種別被害件数および被害形態(上水道)

	被害件数					管路延長*2 (km)	被害率 (件/km)
	DIP (一般継手)	VP	ACP	その他*1	計		
池田町	3	2	4	0	9	169	0.053
豊頃町	21	23	5	9	58	244	0.238
浦河町	0	3	0	1	4	241	0.017
浦河町	5	9	2	6	22	176	0.125
三石町	1	0	1	0	2	85	0.024
静内町	0	3	0	0	3	172	0.017
釧路市	3	0	0	5	8	844	0.009
釧路町	3	4	0	1	8	115	0.070
浜中町	0	3	0	1	4	113	0.035
被害形態	継手抜け	継手(RR, TS) 抜け、破損 管体破損	継手抜け 管体破損	—	—		

*1 SCP、風具などの被害
*2 「平成13年度 水道統計」(日本水道協会)、「平成12年度 全国簡易水道統計」(全国簡易水道協議会)および事業者の資料による

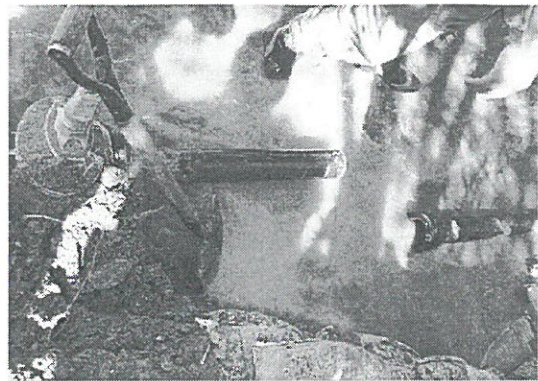


写真-11.1.1 (口絵-11.1) φ75 DIPのT形継手の抜け

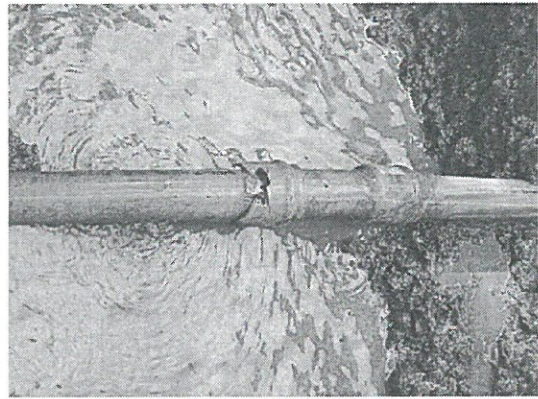


写真-11.1.2 φ75 VPのRR継手の破損

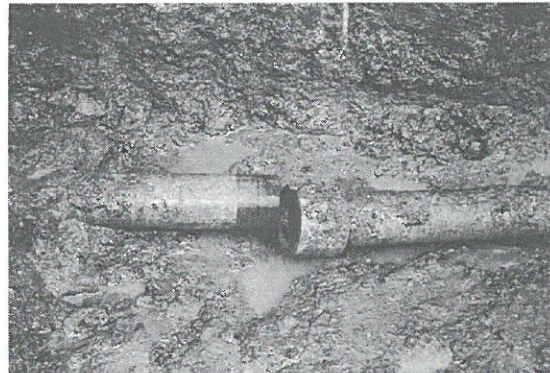


写真-11.1.3 φ150 ACPの継手の抜け

表-11.1.2 下水道被害の被害概要

			豊頃町	音別町	鉦路町	鉦路市
行政人口(人)			4,096	2,848	22,651	188,793
面積(km ²)			536.52	401.40	254.12	221.7
下水道 計画	計画人口(人)		3,000	2,470	23,400	282,100
	面積(ha)	汚水	201	155.4	796.0	5,197
		雨水	—	—	796.0	5,529
	管渠延長(km)	汚水	36.8	—	176.7	706.0
		雨水	0.6	—	158.8	
整備状況	人口(人)		2,630	2,440	15,600	181,000
	面積(ha)	汚水	171.3	114.5	401.1	3,940
		雨水	—	—	193.0	
	管渠延長(km)	汚水	28.2	15.7	95.0	125.7
		雨水	0.4	—	50.0	
被災内容	管渠(m)	汚水	8,123	3,697	2963.8	4,112
		雨水	—	—	275.8	
		人孔	153 箇所	25 箇所	941 箇所	46 箇所
被災額(億円)			9.02	4.78	3.62	5.40

豊頃町では、下水道管渠の総敷設延長 28.6km のうち約 8.0km の区間の汚水管と 153 箇所のマンホールで被害を受けた。また、終末処理場や中継ポンプ場でも場内の地盤沈下や設備柵の浮上がり被害などが見られた。これらの被害は十勝川左岸側の豊頃地区、右岸側の茂岩地区、十勝川右岸河口部の大津地区の3ヶ所に集中しているが、このうち豊頃地区、茂岩地区は泥炭地盤、大津地区はシルトと砂の互層地盤が中心で、一部は十勝川河口のデルタを干拓した地域であった。

音別町では、敷設延長 15.7km のうち 3.7km が被災したが、やはり被害の中心は泥炭地盤であった。

鉦路町では、泥炭地に盛土して造成された新東陽団地を中心に被害が生じ、管路の蛇行、土砂流入などのほか、900 箇所以上にも及ぶマンホールで浮上がり、沈下の被害を受けた。

さらに、鉦路市でも泥炭地を中心に下水道被害が生じていた。

鉦路町、鉦路市では 1993 年の鉦路沖地震の際にも管路やマンホールの浮上がり被害が生じており、前回地震と同様の地域でも被害を受けた。

表-11.1.2 には、今回の地震で被害の大きかった4つの市町(豊頃町、音別町、鉦路町、鉦路市)の被害統計を示す。被害総額は、これら4市町だけで20億円以上にもものぼる。地震直後から応急復旧がなされているが、完全復旧には、開削して管路の敷設替えが必要なため、本格的な復旧工事は、冬季をまたいで平成16年秋になる見込みである。

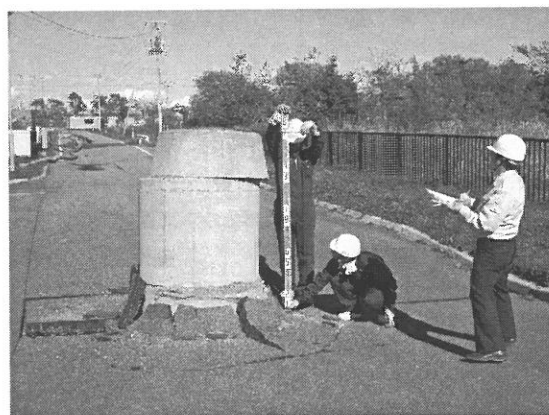


写真-11.1.4 マンホールの浮上がり被害
(豊頃町・大津浄化センター前)

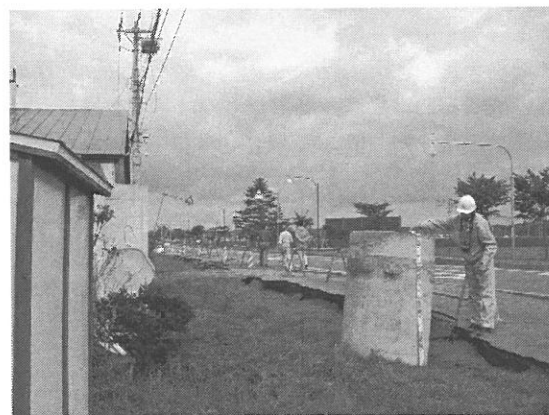


写真-11.1.5 (口絵-11.2) マンホールの浮上がり被害
(音別町・川東地区)

11.1.2 代表的な被害例

(1) 浦河町における上水道の被害状況

浦河町では余震で最大震度 6 弱を記録した。被害件数は表-11.1.1 に示したように全部で 22 件である。被害箇所を図-11.1.1 に示す。断水に大きな影響を与えた送水管 $\phi 400$, $\phi 300$ の被害は、軟弱な泥炭地や道路の盛土部で発生した。図-11.1.1 には 1982 年浦河沖地震（浦河町の震度 6）での被害箇所も示されている¹⁾。同地震では 69 件の被害が発生したのに対して、今回は 22 件と被害が少なく、特に市街地での被害が減少している。同

町では図-11.1.2 に示すように 1982 年浦河沖地震を契機に、耐震性に劣る石綿セメント管(ACP)や铸铁管(CIP)を約 25km ほど更新してきた（全管路延長の約 20%）。地震動の強さに若干の違いがあると思われるが、これらの耐震性向上に向けた管路更新の効果も被害件数が少なくなった理由の 1 つと考えられる。

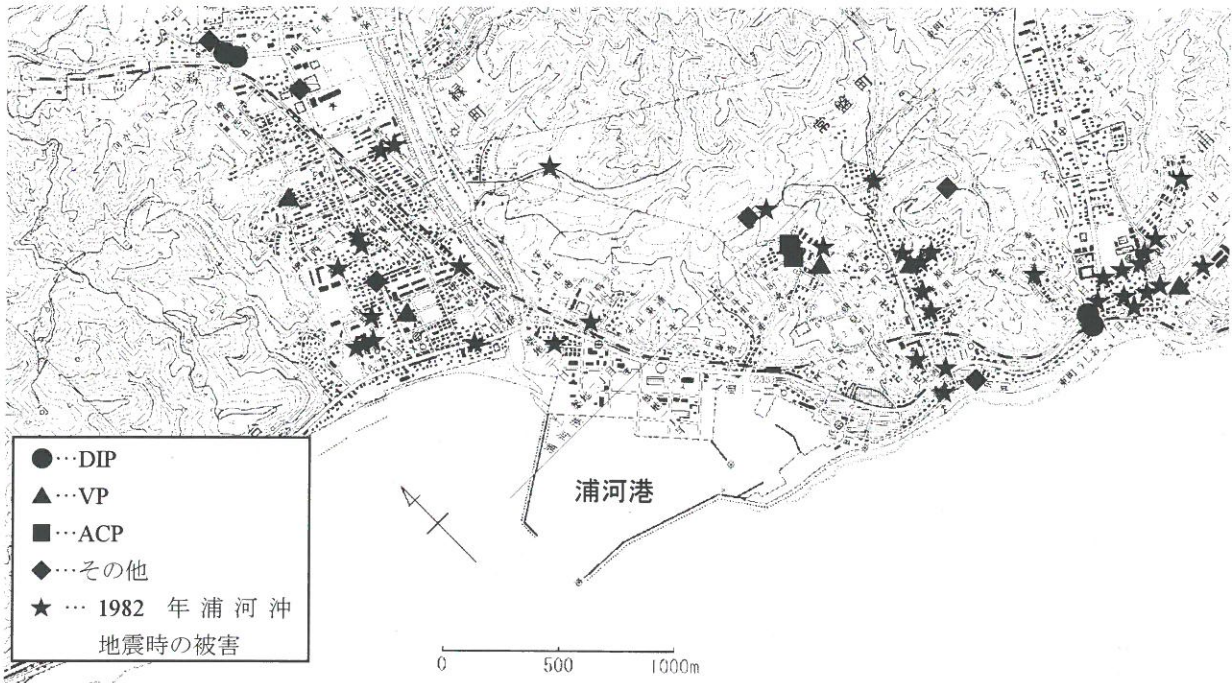


図-11.1.1 浦河町の主な管路被害位置と 1982 年浦河沖地震のときの被害発生位置（上水道）

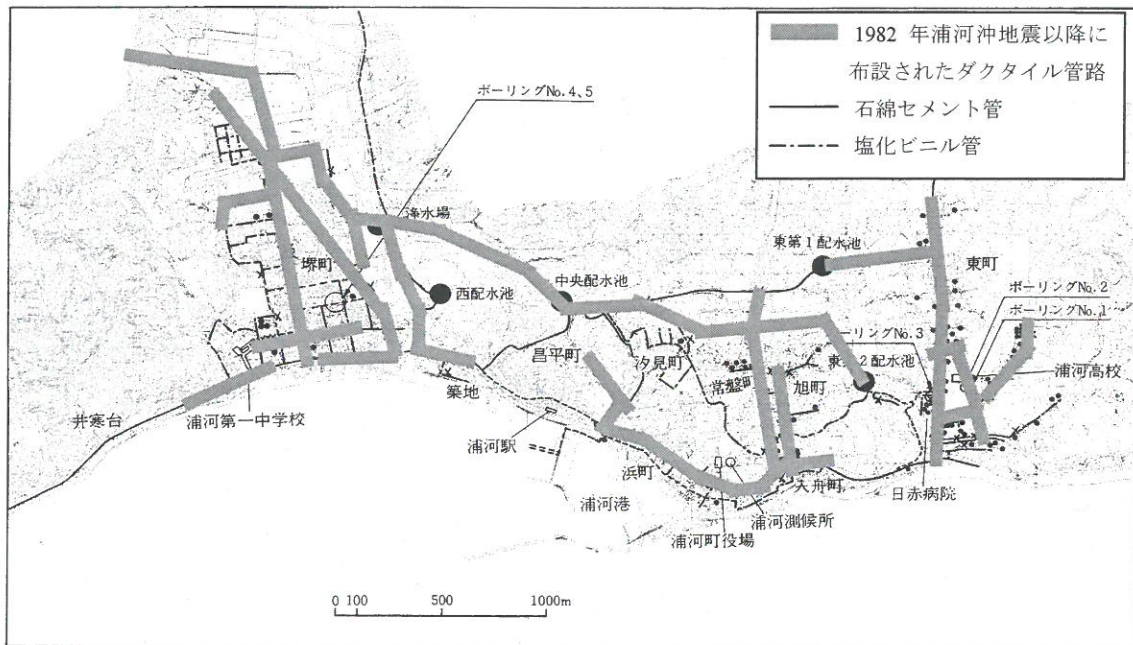


図-11.1.2 1982 年浦河沖地震以降に布設されたダクタイル管路位置

(2) 豊頃町の被害状況

a) 上水道

豊頃町では、本震の震度が6弱であった。表-11.1.1に示したように、管路被害は全部で58件である。

図-11.1.3に被害の多かった地域での被害箇所を示す。十勝川下流域の道道911号線に沿った管路で多くの被害が発生した。管路は道路下ではなく道路に沿った極めて軟弱な泥炭地に埋設されている。この地域の道道

911号線は、切土、盛土の境界あたりで亀裂や段差および路側の崩壊などの大きな被害を受けていた。図-11.1.3に示すように管路被害の多くは、11月上旬に道路復旧工事が実施されている箇所が発生していた。この区間の下流域に大津地区があり、1本の管路で結ばれていたことから、この区間の復旧の遅れが大津地区の断水の長期化に直接影響を及ぼした。

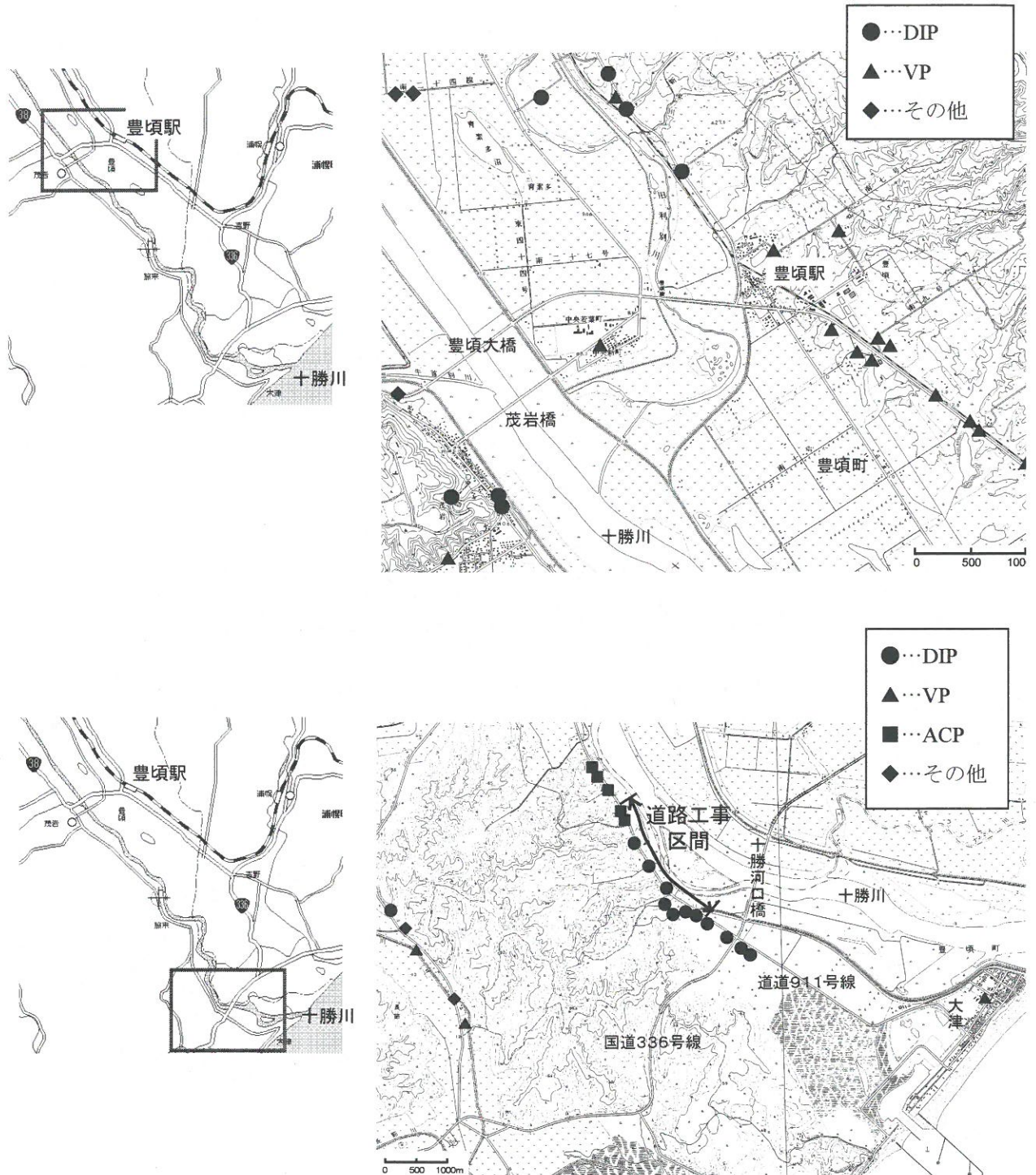


図-11.1.3 豊頃町の主な管路被害位置（上水道）

b) 下水道

下水道施設では、豊頃地区、中央地区、茂岩地区、大津地区のいずれの地域でも、管路の折損、沈下や浮上がり、蛇行、等の被害が生じた。最も特徴的な被害形態として、マンホールの浮上がりが挙げられる。

図-11.1.4には豊頃地区における人孔位置と浮上がり量の分布図を管路の被害状況と合わせて示す。同様に図-11.1.5には茂岩地区の被害状況を示す。豊頃駅前を中心に管路の浮上がり・蛇行とともに、写真-11.1.6のように人孔が最大70cm程度浮き上がった。また、地震後行なわれた管内カメラ調査によると、人孔との接続部で破断し、ずれが生じている箇所が多数見られた。人孔が浮き上がった一方、その周辺土には噴砂らしきものも見られ、歩道や道路上の管路埋設上部は約30cm程度沈下していた。この地域では、周辺地盤は泥炭が卓越しており、柱状図でも埋設深度付近は泥炭層で液状化の可能性の高い地盤は見られない。従って、管路および人孔の埋戻土の液状化によって浮上がり被害が生じたものと考えられる。なお、管路の敷設時には、現地発生土および購入土を用いて締固め管理下で埋戻しが行なわれたそうである。

図-11.1.6には大津地区で被害が生じた人孔の位置図を示す。現地の人の話によると、特に浮上がり被害の大きかった大津浄化センター付近は、かつて河口部の低湿地を囲って、土砂を投入して造成した地盤である。後述する地質断面図(図-11.1.10)によると表層にこの埋土層があり、その下部にシルトと砂の互層が堆積している。管路の埋設深度付近はN値5以下である。この緩い砂層の一部が液状化した可能性はあるが、管路埋設部以外の道路や周辺でも特に噴砂は見あたらなかった。従って、やはり埋戻土の液状化によりマンホールの浮上り等の被害が発生したものと思われる。写真-11.1.7は周辺で最大の浮上がり被害が見られた大津下水浄化センターに繋がる管路の人孔の被害写真である。前出の写真-11.1.4の人孔は約1.7mも浮き上がったが、その設置深度は6.25mと大変深かった。

一方、前出の豊頃地区では最大70cm程度の浮上がりで、この地域の平均的な埋設深度は3m前後であった。

(3) 音別町における下水道の被害状況

音別町では、マンホールは図-11.1.7に示すように、音別駅より北側の地区を中心に最大で108cmほど浮き上がった(写真-11.1.5)。この区間では管路埋設上部の地表面は最大約70cmも沈下していた。管渠自体の被害に関しては管内テレビカメラ調査が行われている。それによると、管渠は蛇行や浮上りを生じている。復旧工事の際に掘削が行われると浮上がり量の詳細な値がわかるが、現在復旧が進められている段階で、すべて終了するのは平成16年12月頃になるとのことであり、現段階では詳細は分からない。

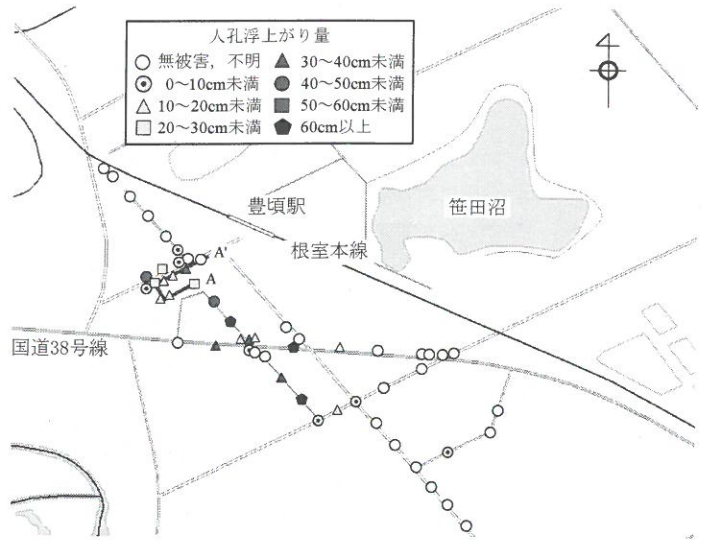


図-11.1.4 豊頃地区の人孔位置と浮上がり量



図-11.1.5 茂岩地区の人孔位置と浮上がり量

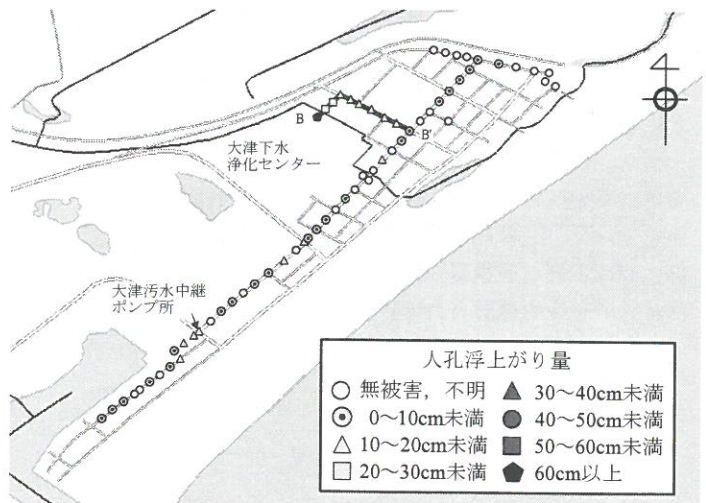


図-11.1.6 大津地区の人孔位置と浮上がり量

図-11.1.7にも示されるように、音別駅より北西の地区ではマンホールは浮き上がっており、管渠の被害もない。メカニズムの項で述べるが、被災した管渠が多い地域では、下水管の埋設深度付近には液状化の生じ難い泥炭層や粘土層、シルト層が堆積していた。ところが、地震直後に調査した際に管路埋設上部で噴砂も確認されており、マンホールや管渠の被害の主原因は埋戻土の液状化と考えられる。

なお、写真-11.1.5付近では管路埋設上部の地表面が約70cmも沈下していた。ここでの埋設深度は約5.1m程度であり、地下水位(GL-1.0m)以下の埋戻土が液状化して仮に5%程度の圧縮をしたとしても、20cm程度の沈下しか生じない事になる。しかし、これよりはるかに大きな沈下量となったのは、下水管渠の破損や抜けによりそこに埋戻土が流入したためと考えられる。

(4) 釧路町における下水道の被害状況

釧路町では、釧路市に隣接する新東陽団地を中心にマンホールの浮上がり被害が生じた。浮上がり量は最大で70cm程度であったが、前出の豊頃町、音別町と異なり、管渠部の地表面の沈下はそれほど目立っていない。一方で、写真-11.1.8に示すように、道路脇から噴砂が噴出していた箇所が多く見られた。

釧路町役場から入手した資料によると、この場所は図-11.1.8に示すように、かつての泥炭地に盛土を行ない造成した団地で、造成時に道路下を砂、および火山灰で置換している。その盛土厚は約2mから4mである。一方、宅地面は表層にプレロードが施され、圧密された泥炭、および砂層となっていた。従って、この地域では、管路の埋戻土だけではなく、道路用の置換層でも液状化が生じたものと考えられる。

(5) 釧路市における下水道の被害状況

釧路市では、東部の段丘地に位置する緑ヶ岡・武佐地区や泥炭地に位置する美原・芦野地区、また砂州と泥炭地の境界付近に位置する川北町などにおいて、人孔の浮上がりや管口破損、管上路面陥没による被害が生じた。これらの地区では1993年に発生した釧路沖地震や、1994年に発生した北海道東方沖地震でも同様の被害を受けていた。これらの地震後の復旧にあたっては原形復旧が行われた。そのため、今回の地震でもまた被害を受けたのではないかと考えられる。

また、釧路市の西部に位置する鶴野地区は新しく開発された地区であり、今回の地震で初めて下水道の被害を受けた。この地区では人孔の浮上がりや人孔接合部における管口破損等の被害が生じた。この地区では液状化の発生も確認されている。

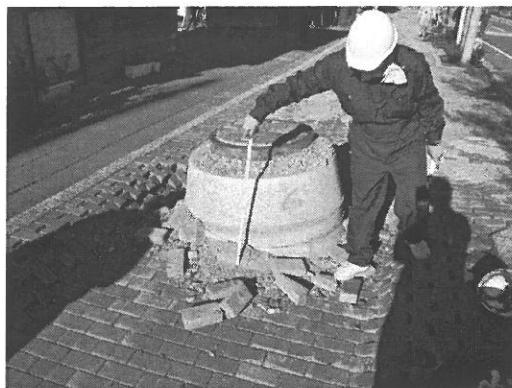


写真-11.1.6 マンホールの浮上がりと周辺地盤の沈下



写真-11.1.7 大津浄化センター前の人孔の浮上がりと陥没

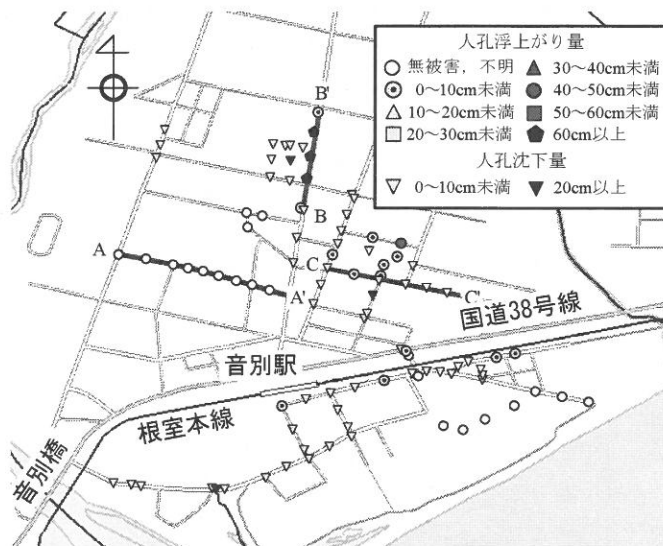


図-11.1.7 音別町の被害概況



写真-11.1.8 新東陽団地の人孔の浮上がりと道路脇の噴砂

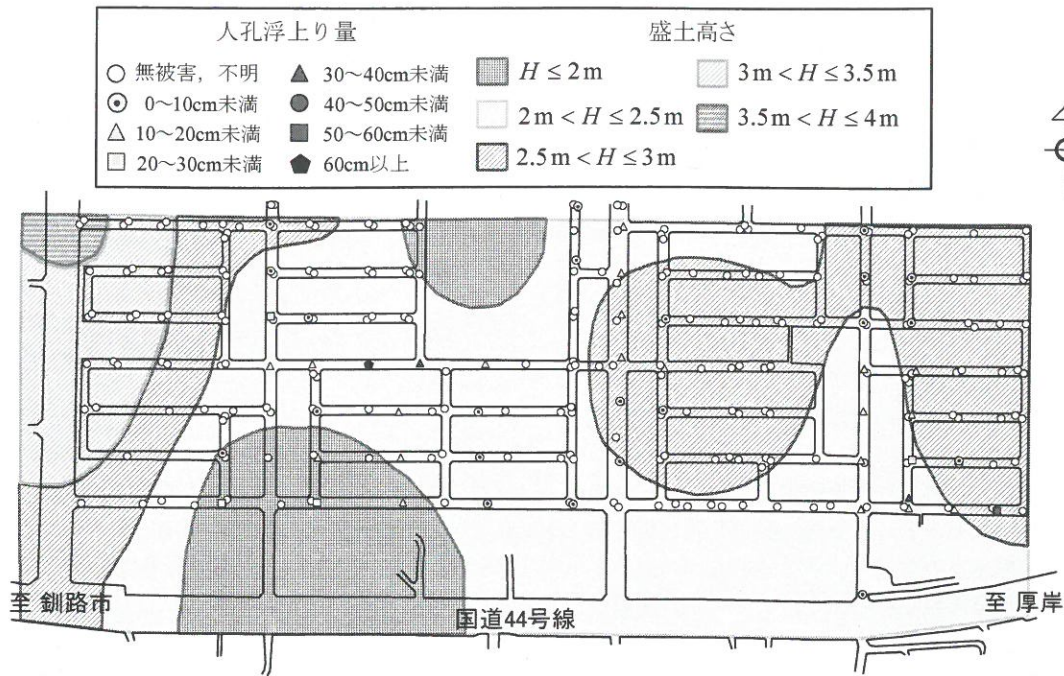


図-11.1.8 新東陽団地の造成時の盛土厚

11.1.3 被害の特徴と被災原因, 復旧方法

(1) 上水道の被害

今回の地震における上水道被害の特徴は以下のようである。

- ① 軟弱な泥炭地や盛土造成地などでの管路被害が多かった。
- ② 耐震性が考慮された継手を有する管路には被害が生じなかった。
- ③ 耐震性に劣る石綿セメント管や鋳鉄管の布設替えを進めてきた効果として、過去の地震に比べて被害が少なかった事例がいくつか見られた。
- ④ 送水管の被害や枝状の管路における被害が、その下流域の断水を長引かせる原因となった。水張りしなくても被害箇所が発見できる方法の開発が望まれる。

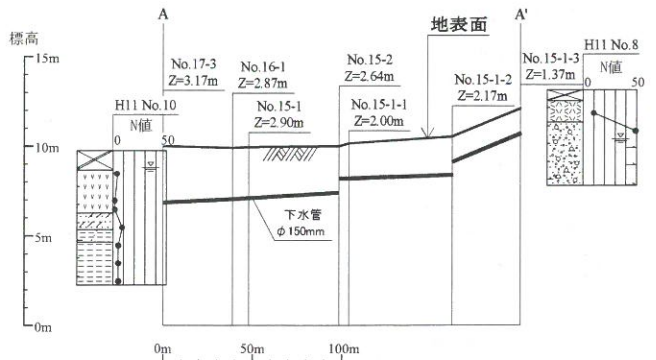


図-11.1.9 豊頃町 A-A' 断面図 (豊頃地区)

(2) 下水道の被害

図-11.1.9, 図-11.1.10 に豊頃町の豊頃地区と大津地区内で人孔や管渠が被害を受けた代表的な区間における地質断面図を示す。前述したように、豊頃地区では、十勝川の河床堆積物の上位層に泥炭地盤が堆積しており、管渠の埋設深度付近は丁度、泥炭層の中央部付近に位置する。周辺地盤そのものは液状化の可能性は低いので、管路および人孔の埋戻土の液状化によって浮上がり被害が生じたものと考えられる。埋戻しは、掘削時の発生土と購入土(山砂)を用いて所定の締固め度で行なわれていた。

一方、大津地区では図-11.1.10 に示すように管路埋設深度付近にはシルトと砂の互層が堆積している。N値は5以下と小さく、緩い砂層の一部が液状化した可能性

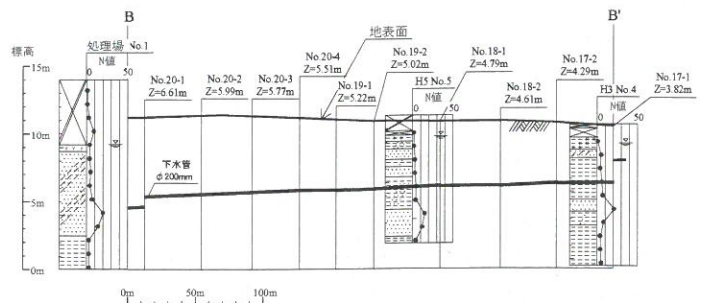


図-11.1.10 豊頃町 B-B' 断面図 (大津地区)

はある。ただし、管路埋設部以外の道路や周辺でも特に噴砂は見あたらなく、液状化による道路や家屋の被害は見あたらなかった。従って、原地盤で広く液状化したようには考えられず、やはり埋戻土の液状化によりマンホールの浮上り等の被害が発生したものと考えられる。

ところで、豊頃地区、茂岩地区、大津地区の被害状況を調査するなかで、終末処理場に近づくにつれて人孔の浮上り量が増加していることが明らかになった。処理場に近づくにつれて埋設深度は深くなることから、埋設深度と浮上り量には有意な関係があると考えられた。そこで、豊頃町内の被災した全マンホールおよび汚水樹の調査結果をもとに、人孔の埋設深度と浮上り量の関係²⁾を求めたものが図-11.1.11である。図中、黒のプロットは泥炭地盤（茂岩地区、豊頃地区、中央地区）のデータ、白抜きがシルトと砂の互層地盤（大津地区）のデータである。図を見るとばらつきは多いものの、大局的には、人孔の埋設深度が深いほど、その浮上り量は大きくなっていると見て取れる。また、黒丸と白丸を比較すると、写真-11.1.7に示した大津浄化センター近傍を除いて、概ね泥炭地盤に埋設された人孔のほうが浮上り量は大きいようである。この理由としては、図-11.1.15をもとに後述するように、原地盤が砂よりは泥炭の方が埋戻土がより非排水状態になりやすいので、一旦液状化しても過剰間隙水圧の継続時間が長く、それだけ浮き上がる量も大きくなった事が考えられる。なお、

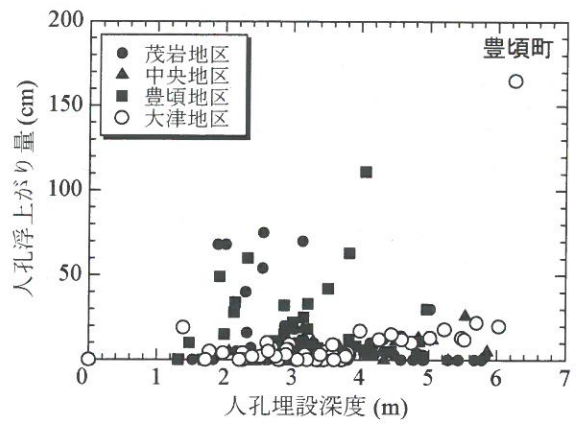


図-11.1.11 人孔の埋設深度と浮上り量の関係（豊頃町）

全マンホール箇所での地盤条件はわかっていないので、詳細な議論をするには、もう少し個別の地盤条件の吟味が必要であろう。また、中央地区では地下水位が全体的にGL-2.3m前後他地区に比べてと深い。この事が泥炭地盤といえども浮上り量が少なくなった原因ではないかと考えられる。

図-11.1.12～図-11.1.14には、音別町のうち、被害を受けなかった中園地区(A-A')、マンホールが大きく浮き上がった川東地区(B-B')、マンホールがある程度浮き上がった朝日地区(C-C')の3つの地区における地質断面図を示す。図中には下水管の埋設深度も示す。B-B'断

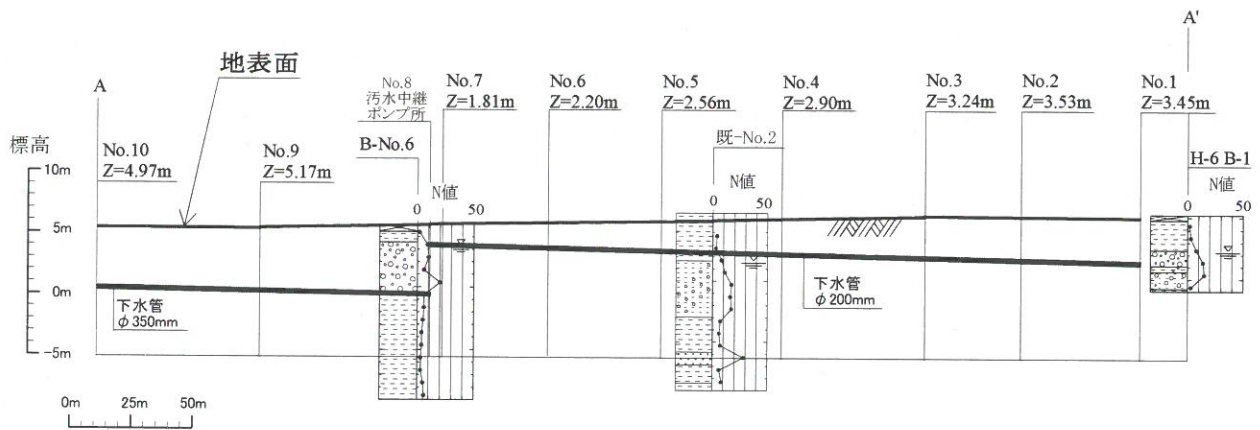


図-11.1.12 音別町 A-A' 断面（中園地区）

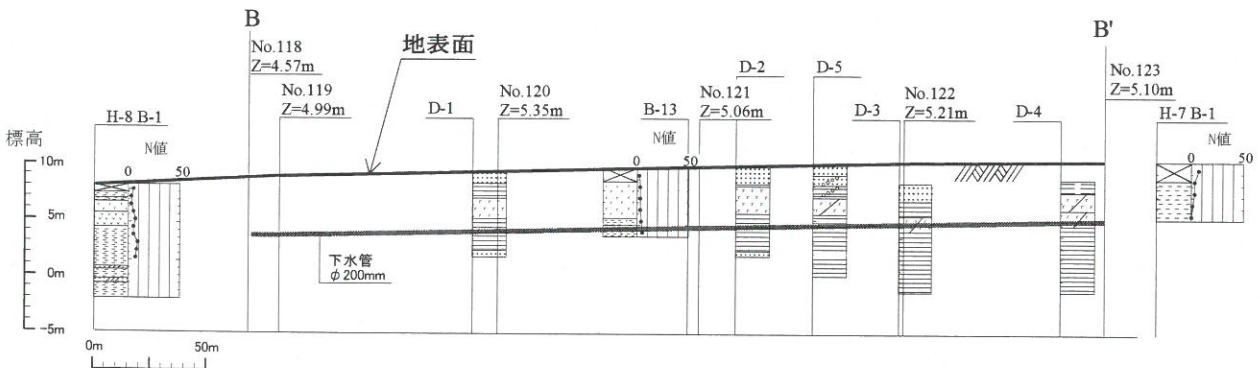


図-11.1.13 音別町 B-B' 断面（川東地区）

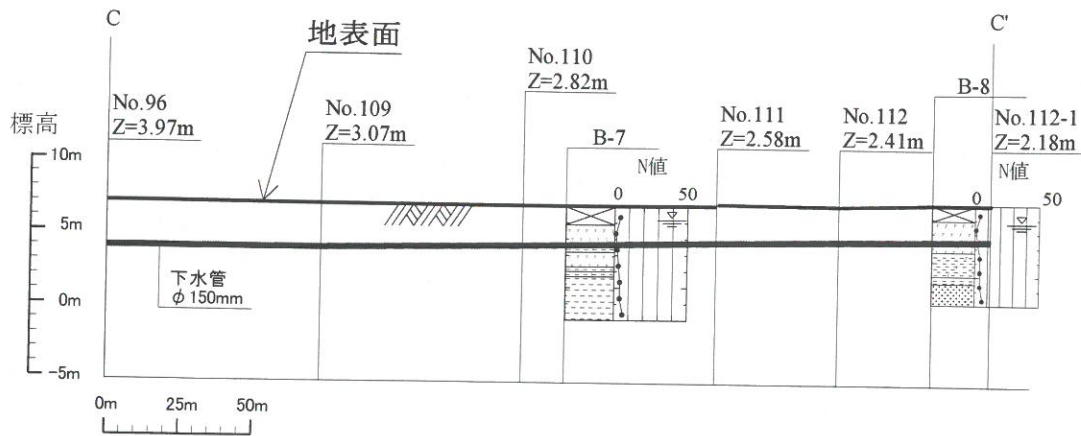


図-11.1.14 音別町 C-C' 断面 (朝日地区)

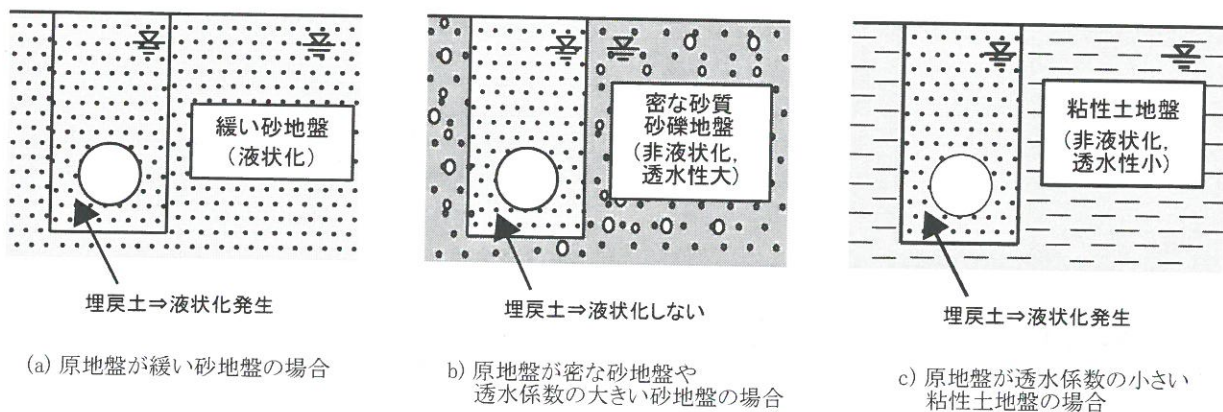


図-11.1.15 原地盤の違いが埋戻土の液状化に与える影響の一つの考え方⁴⁾

面、C-C'断面ともに、埋設深度位置には、泥炭層や粘土層、シルト層が堆積している。一方でA-A'断面を見ると、埋設深度付近には砂礫層が堆積している。

このように埋戻土周辺の地盤(原地盤)の違いによるマンホールの被害の違いは1993年北海道南西沖地震の際に長万部³⁾でも見られた。図-11.1.15に周辺地盤の違いによる埋戻土の液状化発生のし易さの違いの概念図⁴⁾を示すが、(b)のように周辺地盤が砂礫や締まった砂地盤で液状化しない場合には、埋戻土内で発生しかけた過剰間隙水圧が周辺地盤に向かって消散するため、A-A'断面付近の埋戻土が液状化し難くなったのではないかと考えられる。また、泥炭や粘土層に比べて、砂礫地盤では埋め戻す際に締め固め易いことも関係している可能性がある。

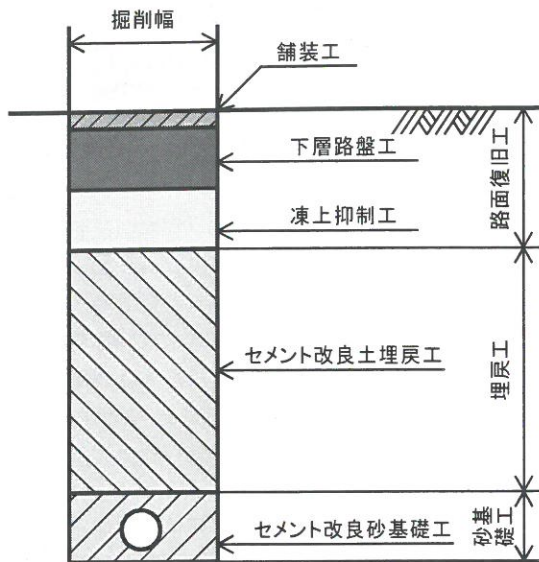
11.1.4 復旧状況および対策

被災した豊頃町、音別町、釧路町、釧路市等では、地震発生直後から被害状況の把握に努め、応急復旧が始められた。ただし、下水道施設の復旧には、管渠・人孔を開削して敷設替えを行なう必要があることから、本工事は冬季をまたいで、翌2004年春からも続けられている。

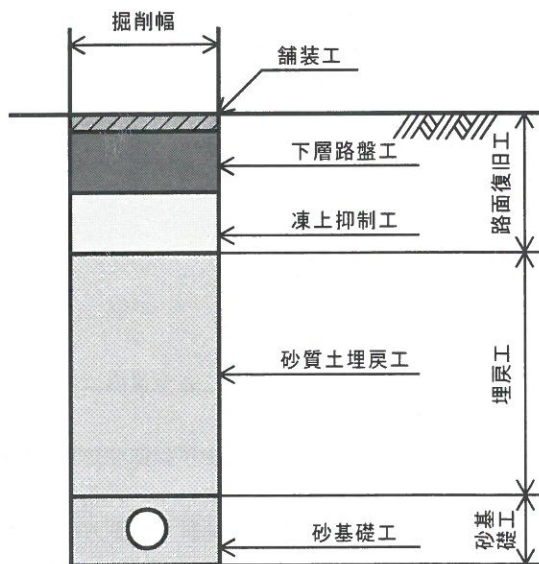
最も被害の大きかった豊頃町では、完全復旧は2004年12月になる見込みである。

ところで、前述したように、1993年釧路沖地震では釧路市や釧路町で下水道管渠やマンホールが大きな被害を受けた。また、同年の北海道南西沖地震では長万部町で、そして1994年の北海道東方沖地震では中標津町、標津町などでやはり大きな被害を受けた。その後の調査により、これらの主要な被災原因は埋戻土の液状化にあることが分かってきた^{3), 5)}。ただし、復旧にあたっては原形復旧が基本とされ、一部の町を除いて、当初の施工と同様な方法で復旧が行われた。

今回、豊頃町や音別町でマンホールが大きく浮き上がり、また、管路が大きな被害を受けた状況を見て、やはり、今回の被災の主要な原因は埋戻土の液状化にあるのではないかと考えられた。それは、被災地区は主に泥炭地であったことや、管路埋設部周辺の道路などで特に被害は見られなかったこと、管路埋設部が大きく沈下し一部に噴砂が見られたこと、さらに、音別町では発砲ピース混合土で埋め戻していた区間に被害がなかった事などによる。



(a) セメント改良による復旧工



(b) 従来の埋戻工

図-11.1.16 復旧工の標準断面

今回の地震後の復旧にあたって、もし原形復旧とされた場合、次の地震でまた同様な被害が発生する事が懸念された。このため、埋戻土が液状化しないように砂礫で埋め戻す方法や、セメント改良土で埋め戻す方法などの対策方法が検討され、結局、各自治体から発生土、購入土にセメントを添加して埋め戻す方法(図-11.1.16)が申請され、復旧対策事業として国土交通省からも認可を受けた。従来の埋め戻し方法と今回認可・採用された方法を比較して図-11.1.16に示す。発生土・購入土に重

量比で5%程度の高炉セメントを添加し、 $q_u = 98.1 \text{ kN/m}^2$ の設計目標強度が得られるようにされている。六価クロム等の溶出試験も実施して、セメントを混合した場合の安全性も確認されている。このように、今回の地震後の復旧にあたっては、将来の地震に備えて液状化しないように対策を施した復旧が行われる事になった。なお、豊頃町では地下水位以深の地盤にのみセメント混合埋戻土が使用されている。

謝辞

本報告をまとめるにあたって、豊頃町役場の鈴木茂氏、音別町役場の野路裕之氏、釧路町役場の井田庄治氏、釧路市役所の開沼静雄氏をはじめ、各自治体の多くの方には、復旧中の忙しい時期にもかかわらず貴重な資料を提供して頂いた。また、(株)ドーコンの中村幸雄氏には、現地調査の結果を提供して頂いた。これらの方々には深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 黒地政美・長尾正三・沼田英男・仁木彬隆・岩本利行：1982年浦河沖地震による水道管路被害調査，ダクタイル鉄管，第33号，pp.27-37，1982.10.
- 2) 規矩大義・安田 進・田中智宏・伊藤 忠：2003年十勝沖地震における豊頃町の下水道被害，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，第Ⅲ部門，2004.
- 3) 安田 進・山田桂介：北海道南西沖地震による長万部町の下水道被害に関する考察，第30回土質工学研究発表会講演集，pp.973-974，1995.
- 4) 安田 進・規矩大義・田中智宏・石川敬祐：2003年十勝沖地震による音別町の下水道の被害，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，第Ⅲ部門，2004.
- 5) 安田 進・坂本 容・宮島昌克：ライフラインの被害，1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書，土質工学会1993年地震災害調査委員会，pp.277-314，1994.6.

11.2 電力施設の被害

11.2.1 北海道における電力施設の概要

表-11.2.1 に北海道における発電設備の出力内訳（平成15年12月末現在）を示す。合計7,281MWのうち、水力が21.6%、火力が62.5%、原子力が15.9%を占めている。

図-11.2.1 に主な供給設備の位置図を示す。

表-11.2.1 北海道における事業用発電設備

		認可出力(MW)	構成比(%)	
水力	北海道電力	1,242	17.0	
	他社	331	4.6	
	計	1,573	21.6	
火力	石炭	北海道電力	2,335	32.1
		他社	100	1.4
		小計	2,435	33.5
	石油	北海道電力	1,465	20.1
		他社	250	3.4
		小計	1,715	23.5
	オイルメーション	北海道電力	350	4.8
	地熱	北海道電力	50	0.7
計	4,550	62.5		
原子力	北海道電力	1,158	15.9	
合計	7,281	100.0		



図-11.2.1 主な電力供給設備

11.2.2 事故発生の経過

地震発生の4時50分は、早朝の低負荷時間帯であり、地震直前の電力の総需要は約2,800MWであった。地震発生とともに、釧路・十勝・日高地方を中心として送電線、変電所、配電線などに設備事故が発生した。また同時に660MWの出力で運転中の苫東厚真発電所4号機

が、ボイラ保護回路の動作によりユニットの停止に至った。これら供給力の低下に対し、北海道・本州間電力連系設備（北本連系）からの緊急応援融通受電等により供給力の確保を図ったが、地震直後に需要が増加したこと等から需給バランスがとれず、広範囲な地域で合計624MWの供給支障が発生した。停電戸数は最大373千戸となった。

11.2.3 設備被害の概要

(1) 発電設備

火力発電所3箇所では設備被害を生じたが、水力、原子力発電所の被害はなかった。

苫東厚真発電所（石炭火力1,735MW、勇払郡厚真町厚真）では、4号機（700MW）のボイラ内部付着灰の落下により火災不検出となり、「主バーナ多数失火」による緊急停止回路が動作し、発電停止した。また、燃焼ガス中のばいじんを捕集する電気集塵機の集塵板および集塵板端部取付けガイドピースにずれや変形の被害が生じた。苫東厚真発電所構内の地表部に設置している地震計が記録した加速度波形を図-11.2.2に示す。最大加速度は、NS成分で126.8Galを記録した。

音別発電所（ガスタービン148MW、白糠郡音別町）では、1号機（74MW）の主変圧器（80,000kVA）の1次ブッシング2本に亀裂が発生した。また、主変圧器基礎が約90mm沈下したほか、計器用変圧器基礎の傾斜などの被害が発生した。

苫小牧発電所（石油火力250MW、苫小牧市真砂町）では、浮き屋根式原油タンク2基（9,900kl、20,000kl）の天板がスロッシング現象により大きく揺れ、原油が天板上に漏れ天板の一部が変形した。

(2) 送電設備

22kV幕別線において、地震の振動で支持物・電線が動揺し、電線の張力が増加したことにより、電線1線が断線する被害が発生した。

(3) 変電設備

池田変電所（22kV）、浦幌変電所（66kV）において、電線や懸垂碼子に被害が発生した他、蓄電池、基礎、本館等に軽微な被害が発生した。

(4) 配電設備

十勝、釧路、日高地区を中心に広範囲にわたり被害が発生した。主な被害の内容は、支持物（電柱）の傾斜、電線の混線、変圧器の傾斜であった。

配電設備の被害状況を表-11.2.2および写真-11.2.1~11.2.4に示す。

被害の状況は、支持物折損27基・傾斜1,865基・倒壊7基、電線断混線2,152条、変圧器損傷・傾斜3,012台な

どである。

支持物の被害は、その大部分が軟弱地盤や埋立て地域での液状化現象や道路陥没・隆起・路肩崩れ等が原因となっており、支持物被害に関連して電線・変圧器の被害が発生している。

(5) 通信設備

音別発電所（66kV）音別線搬送結合装置で、地震の揺れにより電力線端子2個が変形した。また厚岸無線局通信鉄塔の避雷針支持鋼管座屈により避雷針が傾斜した。

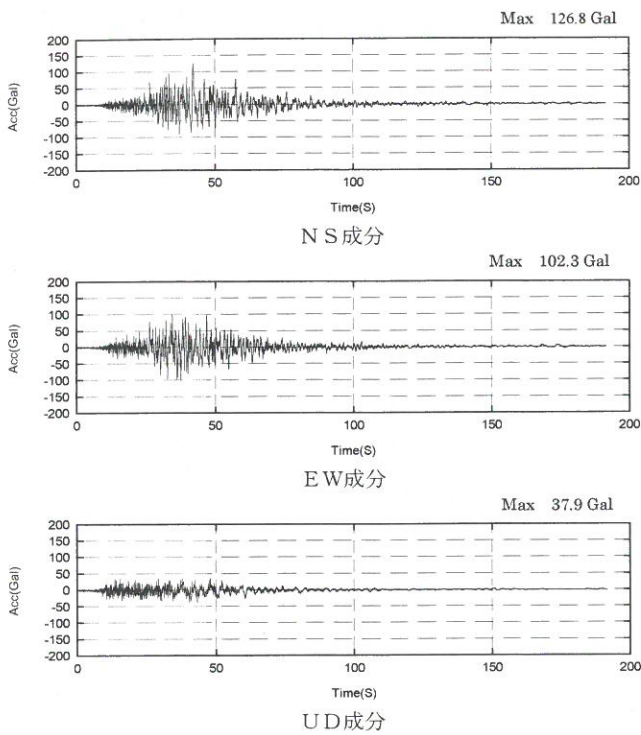


図-11.2.2 苫東厚真発電所の加速度波形（地表部）



写真-11.2.1 液状化による電柱の沈下（釧路市）

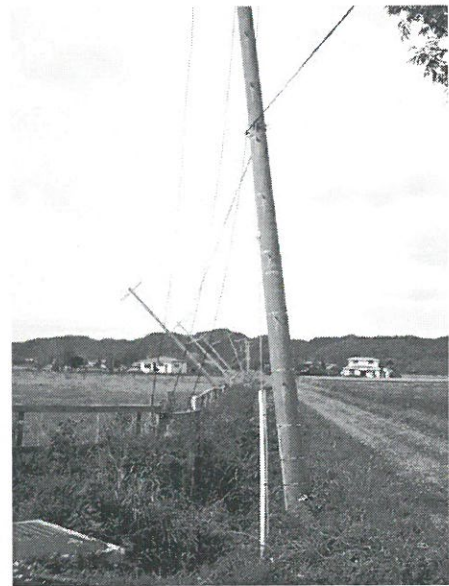


写真-11.2.2 電柱の傾斜（浦河町）

表-11.2.2 配電設備の被害状況

支店名	範囲	全回線数	停電回線率 (%)	被害の状況			電線 (条)	変圧器 (台)	復旧日時
				支持物 (基) 折損	支持物 (基) 傾斜	支持物 (基) 倒壊			
旭川	占冠村を除く上川・留萌・宗谷・網走、北空知	492	0.6	—	17	—	4	66	9/26 8:22
札幌	後志・石狩・南空知・中空知	1,046	1.5	—	54	—	30	265	9/26 8:59
釧路	十勝・釧路・根室	372	7.8	20	1,395	7	1,536	1,887	9/26 21:13
室蘭	胆振・日高・占冠村	241	5.4	7	394	—	577	793	9/26 19:56
函館	渡島・日高	187	—	—	5	—	5	1	—
計		2,338	2.6	27	1,865	7	2,152	3,012	

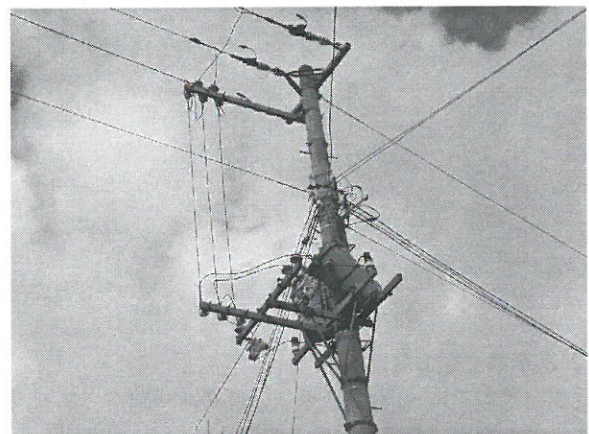


写真-11.2.3 変圧器の傾斜（豊頃町）

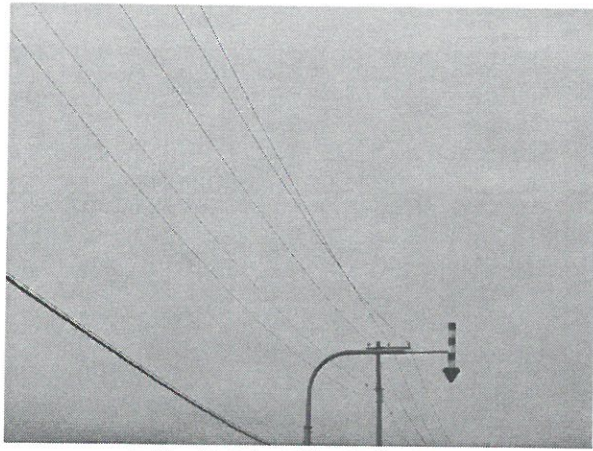


写真-11.2.4 電線の混線 (様似町)

11.2.4 復旧状況

(1) 初動体制

震度6以上の地震が発生した場合は、本店および当該地域に位置する店所は自動的に非常態勢に入ることになっており、本店に非常災害対策本部が、また札幌支店、釧路支店および室蘭支店に非常災害対策支部が設置された。

非常災害態勢のもと、関係職員はそれぞれ基本的役割に基づいて設備被害状況を把握、復旧対策を立てたうえ作業を開始した。復旧順位は、各設備の被害状況および被害復旧の難易度、系統上の重要度を勘案し、復旧効果の大きいものから行うことを原則としている。

(2) 系統復旧

供給支障のうち、変電所などの電源側停電による供給支障は、電気所毎に点検のうえ5時18分以降順次遮断器投入による復旧操作を行い、地震発生から約2時間後には、ほぼ95%の供給支障を解消することができた。(全ての供給支障解消は、12時06分。)

また配電線事故による供給支障については、社員延べ652名、関係会社延べ762名を動員し、復旧工事・送電を順次実施した。道路の陥没・損壊等により復旧の長期化が予想されたが、地震発生から約16時間経過した21時13分までに、十勝管内豊頃町二宮地区を最後に全面復旧した。図-11.2.3に停電戸数の推移を示す。

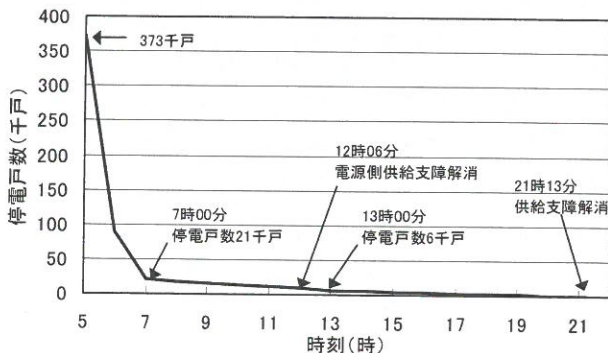


図-11.2.3 停電戸数の推移

11.2.5 釧路沖地震、北海道東方沖地震との被害の比較

(1) 火力発電設備

音別発電所では、釧路沖地震の際も燃料タンク周辺地盤の変形・亀裂発生、2号機主変圧器の基礎杭折損等の被害を生じた。復旧対策として、地盤置換えおよび基礎杭打替えを実施した結果、北海道東方沖地震および十勝沖地震では同箇所には被害は発生していない。今回音別発電所に発生した被害はいずれも釧路沖地震時と比較して軽微であった。

また今回苫小牧発電所燃料タンクの被害は、長周期振動によるスロッシングによるもので、十勝沖地震の特徴的な被害といえる。

(2) 送電設備

送電設備自体の被害はいずれの地震も少なく、北海道東方沖地震では送電柱の碍子支持ボルトの折損が2箇所、今回は電線断線が1箇所であった。

(3) 変電設備

釧路沖地震では、変圧器や電力用蓄電池に設備被害が発生したのに対し、北海道東方沖地震および今回の地震では、ブッシング、電線、懸垂碍子の損傷等の比較的軽微な被害に止まった。

(4) 配電設備

表-11.2.3に釧路沖地震、北海道東方沖地震および十勝沖地震における配電設備の被害比較を示す。

表-11.2.3 配電設備の被害比較

		1993 釧路沖地震	1994 北海道東方沖地震	2003 十勝沖地震
支持物	折損	12	19	27
	傾斜	199	1,507	1,865
	倒壊	6	0	7
電線		298	1,060	2,152
変圧器		8,122	6,254	3,012
計		8,637	8,840	7,063

支持物の被害が釧路沖地震で少なかったのは、地震発生が1月であり表層地盤の凍結により液状化の影響をほとんど受けなかったためと考察されている¹⁾。釧路沖地震および北海道東方沖地震では、変圧器の被害が大半を占めていたが、配電設備の耐震対策として平成8年度から柱上変圧器の固定方式を改良したことで、十勝沖地震では変圧器被害が大幅に減少し、対策の有効性が確認された。

参考文献

- 1) 安田進, 坂本容, 中村裕昭, 宮島昌克: ライフラインの被害, 1994年北海道東方沖地震災害調査報告書, 地盤工学会北海道東方沖地震災害調査委員会, pp221-260, 1998.4

11.3 電気通信設備の被害状況

11.3.1 被害の概要

今回の地震では、ビル(局舎, 携帯電話基地局等)における停電の発生等があったが、建物等の耐震対策及び、ネットワークの信頼性向上対策のひとつである伝送路の2ルート化が機能したことから、通信サービスを確保することができた。

しかし、北海道の広域にわたって大きな震度分布となっており、通信用トンネル(とう道)に関しては全く影響がなかったものの、管路、マンホール、電柱等といった電気通信設備への被害は散見された。

電気通信設備の被害は震度5強以上を示した帯広、釧路、苫小牧の3エリアに集中し、中でも帯広エリアにおける電柱傾斜及び管路継手部の離脱(以下『管路離脱』という)等の被害が顕著であった。これらの電気通信設備の被害状況を表-11.3.1に示す。

表-11.3.1 電気通信設備の被害状況

被害状況	『被害発生数』とエリア内対象設備数に対する『被害発生率』
マンホール損傷	23箇所(0.3%)
管路離脱、屈曲	23箇所(0.2%)
橋梁添架区間の管路離脱	38箇所(5.5%)
電柱傾斜	1100本(0.5%)

11.3.2 代表的な被害例

今回の地震による電気通信設備の被害は、その個所数は少なかったものの、大きく以下に示す3つのタイプに分類できる。

- ① 盛土区間の法面崩壊による管路、マンホールの移動に伴う管路離脱等

写真-11.3.1に池田～豊頃間における湿地上の低盛土区間で路面・路肩部分が陥没し、法面が崩壊した状況を示す。管路が地震時に地盤中で固有振動を起こしにくいことは報告されている¹⁾が、今回も周辺地盤の挙動、変形に追従できず管路離脱が発生するという形で盛土区間において被害が集中した。

- ② 橋梁と道路の接続箇所あるいは、ボックスカルバート越し等、地震時の挙動変化点における管路離脱等

写真-11.3.2に浦幌町における橋梁部分の陥没状況を示す。地震時の挙動変化点では、伸縮機能を有しない古い電気通信設備において、管路離脱、管全体のたわみ、橋台部での破損という形で被害が集中した。

- ③ 電柱の傾斜

地震動及び地盤変位に伴い、電柱の傾斜という形で被害が集中した。写真-11.3.3に豊頃～大津間における電柱の傾斜状況を示す。

前述した①～③の被害は、電気通信設備を線として捉え、地盤の挙動(地形の動き)に追従できたかどうかに着目した。



写真-11.3.1 盛土区間の法面崩壊状況



写真-11.3.2 橋梁部分陥没状況



写真-11.3.3 電柱の傾斜状況

一方、点として存在する電気通信設備に関して、特殊ではあるが、大樹町で地上に設置した携帯電話基地局と鉄塔基礎との間に段差が生じた事例を写真-11.3.4並びに写真-11.3.5に示す。これらの電気通信設備の設置環境は、沢地に道路造成時約15mの盛土を行ったもので、その地質構成とN値を図-11.3.1に示す。

基地局周辺の段差(写真-11.3.5)の原因については、周辺道路の陥没状況(写真-11.3.4)等から地盤の液状化等も考えられるが現時点では特定できていない。

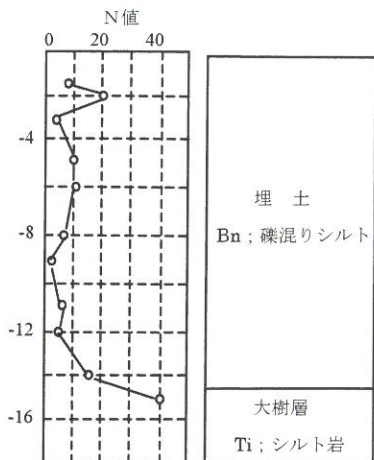


図-11.3.1 地質構成とN値



写真-11.3.4 鉄塔・基地局の全景
(基地局・周辺道路の状況)

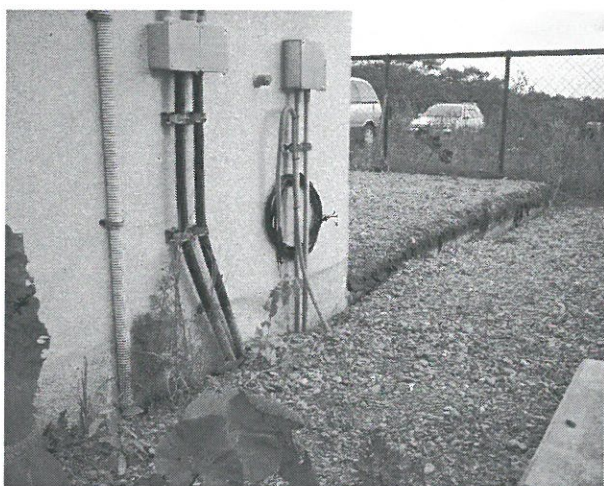


写真-11.3.5 基地局周辺の段差発生状況

11.3.3 被害の原因と特徴

前項で紹介した電気通信設備の被害には、以下に示すような特徴がある。

- ① 軟弱地盤上に盛土して造られた道路の法面崩壊に伴い、管路、マンホールが移動した事象は地形的な条件から盛土区間での占用が多かった釧路エリアと帯広エリア(十勝川、釧路川沿線及び太平洋沿岸)に集中して発生した。
- ② 上記の管路、マンホールの移動に伴い、管路離脱等の損傷が発生したのは釧路エリアでは殆ど見られず(被害発生率0%)、豊頃～浦幌方面、池田～豊頃方面といった帯広エリア(被害発生率0.4%)に集中した。
これは、1982年から地下設備に適用している耐震対策(マンホールと管路の接続部に伸縮機能をもたせる『ダクトスリーブ』や伸縮機能と離脱防止機能を有する『離脱防止継手』等)を釧路沖地震(1993年:M7.8)東方沖地震(1994年:M8.1)後の復旧時、釧路エリアにおいて徹底したことによるものと考えられる。
- ③ 同様に橋梁部分、ボックスカルバート越し等における管路離脱等の損傷についても前②項と同様、耐震対策を実施した釧路エリアでは少なくなっている。
尚、②、③の状況は、兵庫県南部地震(1995年:M7.2)の結果と一致するものである。
- ④ 兵庫県南部地震で、架空設備の被害(電柱の倒壊)は地震動単独によるものではなく二次的な災害(火災や家屋倒壊への巻き込まれ)が殆どであったと報告されている。今回の場合は、電柱の立地条件等から二次的な災害は見られず、地震動及び地盤変位に伴う電柱の傾斜が殆どであった。

11.3.4 復旧状況と対策

地震発生後、当該伝送路ルートを目視による巡回点検と、『橋梁と道路の接続箇所』あるいは『ボックスカルバート越し』等の地震時挙動が変化すると考えられ且つ目視が困難な地点に対してはパイプカメラを用いた点検を実施した。

この結果に基づき、被害を受けた設備は、道路管理者等と連携を図り仮復旧による通信サービスの確保を図った。また、本復旧に関しても道路管理者等の復旧工程にあわせ、平成16年度内で完了する予定としている。

兵庫県南部地震と同様、今回の地震においても耐震対策を実施した地下設備の耐震性を確認できた。このことから、古い設備等で耐震対策の未実施な設備に対しては、本復旧、道路工事等のタイミングに合わせた効率的な耐震対策を実施していきたい。

また、これらの耐震対策に加えて、地盤の液状化を考慮した材料(埋め戻し材、盛土材)の見直しや、地震加速度データ等の収集に関する取り組みについても検討していきたい。

参考文献

- 1) 本田、又木：阪神・淡路大震災における地下通信管路の被災分析、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp.279～282,1996