第　Ⅰ　編

新潟県中越地震の総括と新設施設の地震対策への提言

第１章　下水道施設被害の総括

１－１　地震の概況（地震動等）

新潟県中越地震は、平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分に発生した。この時の震源の深さは約 13 ㎞、マグニチュードは 6.8、震度は最大を記録した中越地方の川口町等でⅦ（激震）である。今回の地震は、震源深さの浅いことが兵庫県南部地震と類似しているが、その地震動は「下水道施設の耐震対策指針と解説（日本下水道協会 1997 年版）」（以下「1997 年指針」という。）が対象としている大規模地震（レベル２地震動）と比べ、最大加速度が 1,700gal を超える遥かに大きなものであった（**表Ⅰ－１**参照）。

表Ⅰ－１　新潟県中越地震と過去の大規模地震との比較

地震名	マグニチュード 震源深さ	計器計測による地震動 注 1), 注 2)			気象庁 震度階
		最大加速度	最大速度	最大変位	
関東地震 1923.9.1	M=7.9 相模湾海底				Ⅵ（烈震）
新潟地震 1964.6.16	M=7.5±0.2 約 40km	約 190gal (新潟市内地下)			Ⅴ（強震）
宮城県沖地震 1978.6.12	M=7.4 約 30km	約 320gal (仙台市内 軟弱地盤)	約 36kine (仙台市内丘陵部)	約 15cm (仙台市内丘陵部)	Ⅴ（強震）
釧路沖地震 1993.1.15	M=7.5 約 100km	約 920gal (釧路地方気象台)	約 61kine (釧路地方気象台)		Ⅵ（烈震）
兵庫県南部地震 1995.1.17	M=7.3 約 14km	818gal (神戸海洋気象台)	91kine (同左)	21cm (同左)	Ⅶ（激震）
		327gal (東神戸大橋)	91kine (同左)	49cm (同左)	
新潟県中越地震 2004.10.23	M=6.8 約 13km	1715gal (K-NET 十日町)	53kine (同左)		Ⅶ（激震）
		1317gal (K-NET 小千谷)	128kine (同左)		

注1)　上表は(社)日本下水道協会「下水道の地震対策についての検討報告書(概要)」(平成 9 年 8 月)に記載の表に、釧路沖地震と新潟県中越地震を追記したものである。

注2)　釧路沖地震は気象庁 HP（http://www.jma.go.jp/jma/）を、新潟県中越地震は京都大学防災研究所および防災科学技術研究所強震ネットワークのデータ（http://www.kyoshin.bosai.go.jp/k-net/）を参考とした。

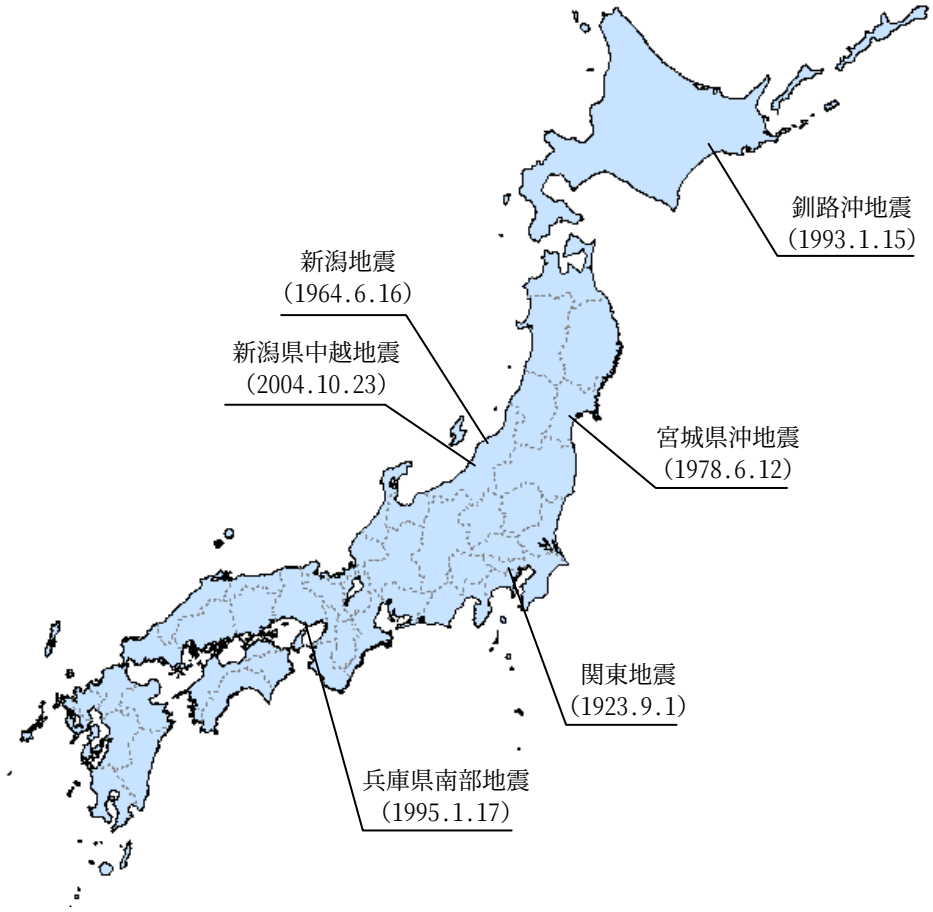
また、震度 5 弱以上の余震が分散してかなりの期間に渡り繰り返し発生していることや、余震においても震源の深さが 10㎞ 内外とかなり浅いことも特徴となっている（**表Ⅰ－２**参照）。

なお、地震直前の降雨量は、７月に月 450 ㎜ の集中した降雨があった後、平年並みの降雨量であったが、地震発生３日前に日降雨量 100 ㎜ 前後の降雨が観測されている。

表Ⅰ－２　新潟県中越地震において震度５弱以上を観測した地震

（10 月 23 日 17 時 56 分～11 月 10 日 05 時暫定値）気象庁報道発表資料より抜粋

期　間		北緯	東経	マグニチュード	深さ (km)	最大震度
10月23日	17:56	37 ° 17.4 ′	138 ° 52.2 ′	6.8	13	7
10月23日	17:59	37 ° 18.6 ′	138 ° 51.5 ′	5.3	16	5強
10月23日	18:03	37 ° 21.1 ′	138 ° 59.2 ′	6.3	9	5強
10月23日	18:07	37 ° 20.7 ′	138 ° 52.1 ′	5.7	15	5強
10月23日	18:11	37 ° 15.0 ′	138 ° 50.0 ′	6.0	12	6強
10月23日	18:34	37 ° 18.2 ′	138 ° 56.0 ′	6.5	14	6強
10月23日	18:36	37 ° 15.2 ′	138 ° 56.7 ′	5.1	7	5弱
10月23日	18:57	37 ° 12.2 ′	138 ° 52.0 ′	5.3	8	5強
10月23日	19:36	37 ° 12.8 ′	138 ° 49.7 ′	5.3	11	5弱
10月23日	19:45	37 ° 17.6 ′	138 ° 52.8 ′	5.7	12	6弱
10月23日	19:48	37 ° 17.7 ′	138 ° 50.4 ′	4.4	14	5弱
10月24日	14:21	37 ° 14.5 ′	138 ° 49.8 ′	5.0	11	5強
10月25日	0:28	37 ° 12.0 ′	138 ° 52.4 ′	5.3	10	5弱
10月25日	6:04	37 ° 19.6 ′	138 ° 52.7 ′	5.8	15	5強
10月27日	10:40	37 ° 17.3 ′	139 ° 02.2 ′	6.1	12	6弱
11月4日	8:57	37 ° 25.6 ′	138 ° 55.1 ′	5.2	18	5強
11月8日	11:15	37 ° 23.5 ′	139 ° 02.1 ′	5.9	ごく浅い	5強
11月10日	3:43	37 ° 21.9 ′	139 ° 00.2 ′	5.3	5	5弱



図Ⅰ－１　大規模地震の発生位置図

１－２　下水道施設被害

新潟県中越地震は、兵庫県南部地震以来といえる大規模な被害を下水道施設にもたらした。災害査定結果によれば、被害を受けた自治体は、**表Ⅰ－３**に示す新潟県及び県内６市12 町３村（地震発生当時）の 22 自治体で、それぞれの下水道整備状況は同表に示すとおりであった。

表Ⅰ－３　被害を受けた自治体の下水道整備状況

自治体名	下水道処理人口普及率 (%)	整備面積 (ha)	管路延長 (ｋｍ)	処理場数 (施設)	ポンプ場数 (施設)
新潟県	－	－	61.3	8	13
長岡市	96.2	4,035	1,258.0	2	7
柏崎市	69.0	1,523	421.5	1	4
小千谷市	70.0	692	182.8	0	0
栃尾市	74.4	518	135.1	1	0
見附市	69.9	537	195.0	2	1
越路町	78.9	364	83.7	0	1
三島町	91.6	293	58.7	0	1
与板町	99.9	236	56.0	0	1
和島村	55.6	84	37.7	1	0
出雲崎町	53.9	117	39.6	1	0
小国町	69.7	191	61.3	1	0
十日町市	62.9	660	198.1	1	0
川口町	81.1	120	43.0	0	3
川西町	46.9	139	29.3	0	1
堀之内町	87.1	323	75.1	0	0
守門村	73.2	99	48.6	2	1
小出町	91.6	337	88.5	0	1
弥彦村	99.8	288	100.2	1	0
津南町	53.1	147	59.0	1	0
中之島町	32.4	131	33.3	1	0
西山町	15.7	67	25.8	1	0
計	70.1	10,901	3,291.4	24	34

※　備考　新潟県の管路延長は長岡処理区と堀之内処理区の合計

災害査定結果によれば、被害総額は、管路 193 億円、処理場 11 億円、ポンプ場１億円（マンホールポンプを含まず）、総計 206 億円であり、被害額が 100 億円を超える大きな被害は兵庫県南部地震以来である。この数字からわかるように、管きょの破損とマンホールの隆起沈下（ほとんどの被害が「突出」）など、管路施設に大きな被害を受けたのが特徴である。一方、処理場・ポンプ場については６処理場、６ポンプ場で災害査定を受ける被害が発生したが、処理機能が停止したのは堀之内浄化センター1 施設であった。

（1）管路施設

管路施設の被害は、**表Ⅰ－4**に示す災害査定結果では、１県６市 12 町３村におよんでいる。流域下水道では管路 0.5 ㎞、マンホール 213 箇所が被害を受け、公共下水道では管路 151.6 ㎞、マンホール 2506 箇所が被害を受けた。

被害率（被災管路延長／管路延長）では、流域下水道が 0.8%、公共下水道が 4.7%であり、全体では 4.6%となっている。自治体別に見ると、4.6%を上回っているのは長岡市(5.0%)、小千谷市(17.0%)、越路町(5.6%)、与板町(9.1%)、和島村(16.1%)、出雲崎町（7.9%)、小国町（15.7%)、川口町（21.7%）及び川西町（8.1%）である。なお、被災延長が最長なのは長岡市の 62.9 ㎞である。

このほか雨水調整池では躯体目地部のズレ、側溝の破損などの被害も記録されている。

表Ⅰ－4　管路施設の被害状況（災害査定）

管理者			①流域下水道	② 公共下水道																				①②合計
			新潟県	長岡市	柏崎市	小千谷市	栃尾市	見附市	越路町	三島町	与板町	和島村	出雲崎町	小国町	十日町市	川口町	川西町	魚沼市			弥彦村	津南町	中之島町	西山町	計	新潟県計
																		堀之内町	守門村	小出町						
管路延長 A		(㎞)	61.3	1258	422	183	135.1	195.0	83.7	58.7	56.0	37.7	39.6	61.3	198.1	43.0	29.3	212.2			100.2	59.0	33.3	25.8	3230.1	3291.4
査定結果	被災管路延長B	(㎞)	0.5	62.9	3.9	31.1	2.5	0.2	4.7	1.8	5.1	6.1	3.1	9.6	2.9	9.3	2.4	4.3			0.0	1.5	0.0	0.3	151.6	152.1
	被災人孔個数	(個)	213	119	44	981	64	27	295	32	9	0	20	203	23	532	0	136			0	13	0	8	2506	2719
	被害率 (B/A)	(%)	0.8	5.0	0.9	17.0	1.9	0.1	5.6	3.0	9.1	16.1	7.9	15.7	1.4	21.7	8.1	2.0			0.0	2.5	0.1	1.1	4.7	4.6

※査定結果は堀之内町・守門村・小出町を魚沼市として一括で示されている。

（2）処理場・ポンプ場

災害査定結果に基づく処理場の被害は**表Ⅰ－5**に示す自治体の６処理場である。この時、処理場内の被害で、処理機能に支障が生じたのは堀之内浄化センター（流域下水道）であった。

また、ポンプ場の被害は、**表Ⅰ－6**に示す６ポンプ場で発生しているが、送水機能に支障が生じたのは、竜光ポンプ場と宇賀地ポンプ場の２施設であった。

表Ⅰ－5　処理場の被害状況（災害査定）

管理者名	事業名	処理区名	施設名	被害状況
新潟県	信濃川下流流域下水道	長岡	長岡浄化センター	初沈、終沈汚泥掻寄機破損、 伸縮継手のズレ
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	堀之内浄化センター	水処理・汚泥処理施設の損傷
十日町市	単独公共下水道	十日町	十日町下水処理センター	ブロワ風量調節機の吸気弁破損(３台中２台)、最初沈殿池・反応タンク(二重覆蓋)の柱にクラック及び座屈、 脱臭設備のダクト・配管破損、消化ガスホルダーのレベリングウェイト吊りワイヤー破断及びシール破損、 脱水機重量計破損、場内外溝(消雪パイプ)破損、道路陥没
魚沼市	単独特定環境保全公共下水道	須原	須原終末処理場	場内地盤沈下、舗装面陥没、 臭気塔クラック
	単独特定環境保全公共下水道	上条	上条終末処理場	場内地盤沈下、舗装面陥没、 消雪施設故障
小国町	単独特定環境保全公共下水道	小国	小国浄化センター	脱水機作動不能

※管理者名は災害査定時のものであり、魚沼市の内、須原処理区・上条処理区はともに旧守門村である。

表Ⅰ－6　ポンプ場の被害状況（災害査定）

管理者名	事業名	処理区名	施設名	被害状況
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	竜光ポンプ場	外階段破損、変圧器破損、 場内道路不等沈下
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	宇賀地ポンプ場	躯体ズレ・傾き、圧送管破損、 場内道路不等沈下
新潟県	信濃川下流流域下水道	長岡	川口ポンプ場	外階段破損、場内道路の陥没
三島町	流域関連公共下水道	長岡	脇野町汚水中継ポンプ場	周辺沈下、侵入水、 ケーブル HH 沈下
川口町	単独公共下水道	川口	大島中継ポンプ場	場内陥没　埋設ケーブル破損
	単独公共下水道	川口	東川口中継ポンプ場	場内陥没　破砕機故障、受電盤故障

１－３　被害の特徴と要因

（１）管路施設

①被害の特徴

管路施設の被害規模及び被害額については、災害査定結果に基づき、前述したとおりであるが、被害の特徴及び要因については、被害内容が整理されている新潟県下水道災害支援対策本部による被災状況の一次調査（10 月 28 日～11 月 5 日）結果（以下「一次調査結果」という）をもとに整理した。管路の被害は、**表Ⅰ－７**に示すような特徴を有している。流域下水道幹線では、本管やマンホール躯体の破損、路面異常及び道路崩壊による管きょの破断等の被害が発生した。一方、公共下水道では、**写真－１、２**に示すような路面異常（5,778 箇所）とマンホールの突出（1,402 箇所）が被害総数の５割近くを占めている。特に震源に近い長岡市、小千谷市で多数発生し、本管破損、閉塞により流下機能に大きな支障が発生した。

写真－１　路面陥没状況（小千谷市内）

写真－２　マンホール突出状況（小千谷市内）

表Ⅰ－7　管路施設の被害状況（一次調査結果）

管理者			①流域下水道	② 公共下水道																											①②合計
			新潟県	長岡市	柏崎市	小千谷市	栃尾市	見附市	越路町	三島町	与板町	和島村	出雲崎町	小国町	十日町市	川口町	川西町	堀之内町	守門村	小出町	弥彦村	津南町	中之島町	西山町	加茂市	分水町	下田村	六日町	浦川原村	松代町	計	新潟県計
管路延長		(km)	61.3	1258	421.5	182.8	135.1	195.0	83.7	58.7	56.0	37.7	39.6	61.3	198.1	43.0	29.3	75.1	48.6	88.5	100.2	59.0	33.3	25.8	-	-	-	-	-	-	3230.1	3291.4
調査状況	支援状況 支援有:○ 支援無:－			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	支援有16 支援無11	
	調査延長累計	(km)	80.6	1183.6	410.0	150.9	135.0	195.0	75.4	58.1	54.1	38.0	40.2	53.6	182.0	38.0	30.7	69.0	48.0	0.9	0.0	59.0	33.0	26.0	0.4	4.0	0.5	10.0	0.4	18.0	2913.9	2994.5
	二次調査必要延長	(km)	32.6	162.4	1.7	34.9	2.6	7.4	8.3	4.6	7.7	1.0	2.5	11.1	2.2	9.0	1.6	7.0	0.6	0.0	0.0	1.5	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	266.6	299.2
管きょ	路面異常	(個数)	130	3685	230	349	20	315	157	16	187	114	22	107	110	93	1	93	178	19	3	20	19	2	2	4	0	22	0	10	5,778	5,908
	人孔滞水	(個数)	7	1643	22	662	12	34	147	47	116	32	4	115	54	49	70	91	2	3	0	29	1	8	0	0	0	0	0	1	3,142	3,149
	途中水没	(個数)	1	142	20	8	0	13	86	0	7	0	0	54	0	13	2	10	1	3	0	38	0	0	0	0	0	0	0	2	399	400
	管閉塞	(個数)	3	38	9	9	0	20	43	32	62	8	1	82	0	10	0	24	2	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	345	348
	本管破損	(個数)	77	25	0	6	0	3	14	0	104	0	8	0	0	15	0	10	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	191	268
	本管侵入水	(個数)	43	3	9	6	0	1	3	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	33	76
	合計	(個数)	261	5,536	290	1,040	32	386	450	95	478	161	35	358	164	180	73	228	185	25	4	95	20	12	2	4	0	22	0	13	9,888	10,149
マンホール	鉄蓋	(個数)	6	90	35	84	0	14	19	3	3	0	66	25	12	31	1	3	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	409	415
	躯体	(個数)	250	105	3	56	0	25	50	19	11	0	26	19	18	3	2	8	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	354	604
	土砂汚水	(個数)	4	67	20	4	9	3	6	5	10	0	2	10	2	2	0	1	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	170	174
	管接合部	(個数)	24	35	20	11	0	1	26	2	5	0	0	8	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	112	136
	突出	(個数)	51	436	12	400	9	64	93	5	88	36	5	158	10	24	0	37	9	5	0	0	0	8	2	0	0	0	1	0	1,402	1,453
	その他	(個数)	98	152	0	166	18	10	38	0	78	102	0	22	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	593	691
	合計	(個数)	433	885	90	721	36	117	232	34	195	138	99	242	44	66	3	50	35	7	0	31	0	8	3	0	1	0	3	0	3,040	3,473

備考：　1.新潟県の管路延長は、信濃川流域下水道長岡処理区・魚野川流域下水道堀之内処理区の合計である

2.用語の定義

路面異常：路面状況の異常（沈下、陥没、隆起、噴砂、噴水、波打ち）
人孔滞水：マンホールに水が溜まった状態
途中水没：本管の１部が水没した状態
管閉塞：土砂等で本管が閉塞した状態
本管破損：本管継ぎ目のずれ、本管の破損
本管浸入水：管内への漏水
鉄蓋：マンホールの蓋、蓋枠のズレ
躯体：マンホール内側壁のズレ、破損
土砂汚水：マンホール内の土砂、汚水堆積
管接合部：マンホールと本管接続部のズレ、破損
突出：マンホールが路面より浮上がった状態
その他：上記のいずれにもあてはまらない被害

表Ⅰ－８は災害査定を受けた自治体と計測震度の関係を示す。表中では、震度５弱より下水道被害が発生しており、特に震度５強以上では被害のあった地区が増加している。

表Ⅰ－８　被害発生自治体と震度

計測震度		計測地点
震度７	6.5～	川口町川口
震度６強	6～6.4	小千谷市城内、新潟県小国町法坂
震度６弱	5.5～5.9	長岡市幸町、十日町市千歳町、栃尾市大町、越路町浦、新潟三島町上岩井、堀之内町堀之内、広神村今泉、守門村須原、入広瀬村穴沢、新潟川西町水口沢、新潟中里村田沢、刈羽村割町新田
震度５強	5～5.4	安塚町安塚、松代町松代、松之山町松之山、見附市昭和町、中之島町中之島、与板町与板、和島村小島谷、出雲崎町米田、小出町小出島、塩沢町塩沢、六日町伊勢町、新潟大和町浦佐、津南町下船渡
震度５弱	4.5～4.9	只見町只見、西会津町野沢、福島柳津町柳津、片品村東小川、高崎市高崎町、北橘村真壁、久喜市下早見、上越市大手町、上越市木田、浦川原村釜淵、牧村柳島、柿崎町柿崎、頸城村百間町新田、新潟吉川村原之町、三和村井ノ口、三条市西裏館、柏崎市中央町、加茂市幸町、新潟栄町新堀、出雲崎町川西、湯之谷村大沢、広神村米沢、高柳町岡野町、西山町池浦、燕市秋葉町、弥彦村矢作、分水町地蔵堂、新潟県吉田町日乃出町、巻町巻、月潟村月潟、中之口村中之口、三水村芋沢

備考　①　出典：地震調査研究推進本部、地震加速度情報ホームページの資料に下記②と③を加筆。
②　＿＿は下水道整備自治体を示す。
③　□は下水道被害により災害査定を受けた自治体を示す。
④　堀之内町、守門村、小出町は災害査定時は魚沼市。

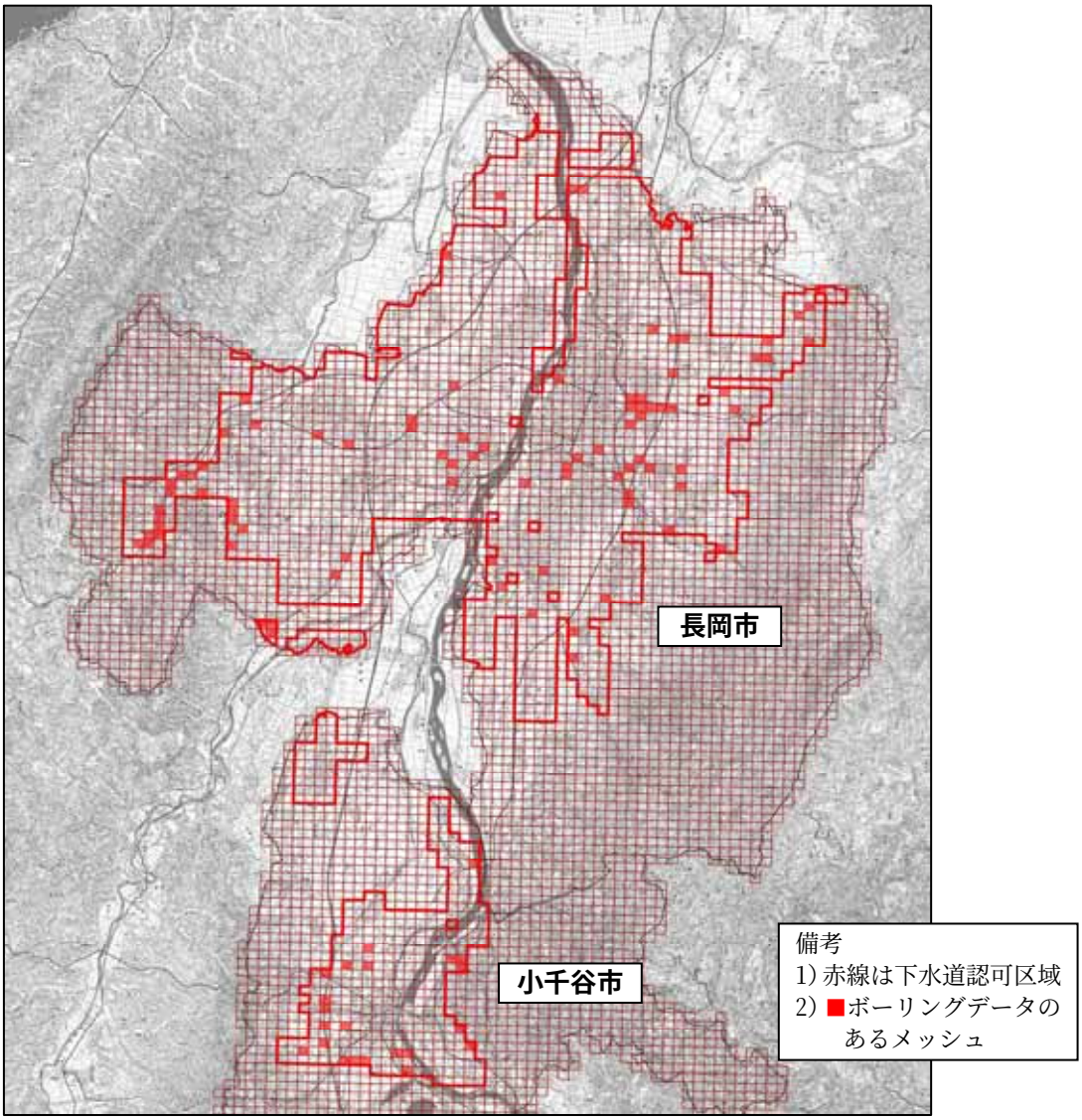
②被害発生箇所の特性

今回の被害は、液状化によるマンホールの突出や道路陥没が特徴的であり、比較的浅い箇所に新しく布設された小口径の管路を中心に発生している。したがって、地盤の液状化に加え、埋戻し土の液状化による被害と考えられ、被害は、地質・地下水位等の地盤条件、布設時期、位置及び管材・埋戻し材等の施工条件による複合要因によって発生したと考えられる。

これらの要因分析については、より多くのデータ蓄積が必要であるが、個々の条件と被害発生の間には、以下のような関係が見られた。なお、本検討では、250m×250mのメッシュごとにそれぞれのデータを整理し、メッシュ内の平均値を用いて要因分析した。

1)　周辺地盤等の状況

管路被害が多く発生している長岡市と小千谷市の**図Ⅰ－２**に示す検討対象メッシュのうち、既存のボーリングデータのあるメッシュを対象に、周辺地盤の区分毎の地下水位とメッシュ内の被害率の関係を整理した。



図Ⅰ－２　検討対象メッシュ位置図

この結果、**図Ⅰ－3、4**に示すように、被害箇所の特徴として以下のことがわかる。

a．周辺地盤が砂質地盤の箇所では、地下水位が高いところで被害が発生している。

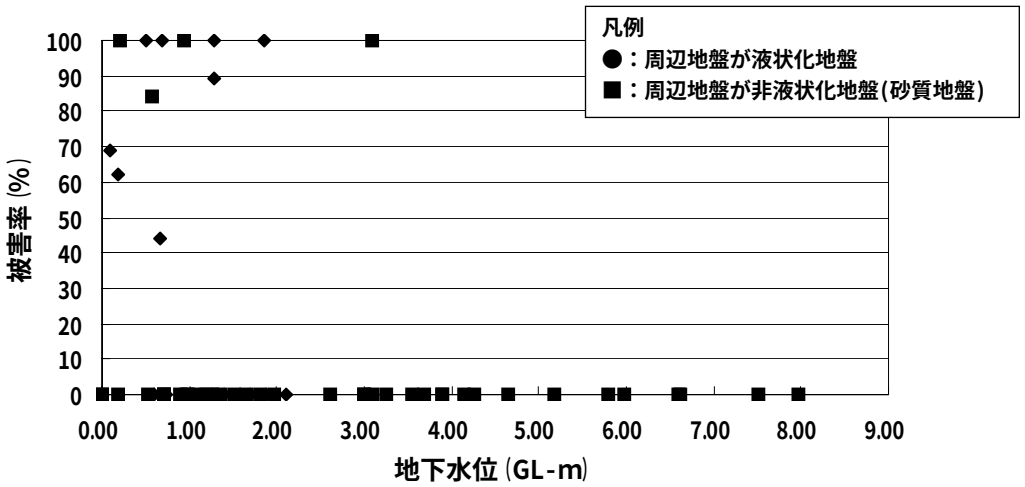
b．周辺地盤が粘性土地盤の箇所では、地下水位の高いところで被害が発生しており、地下水位が高い方が、被害率が高い傾向にある。

なお、周辺地山地盤の液状化地盤、非液状化地盤の区分は、以下の項目に基づいて行った。

・管の埋設位置をGL-2.0m～3.0mの間と想定した。

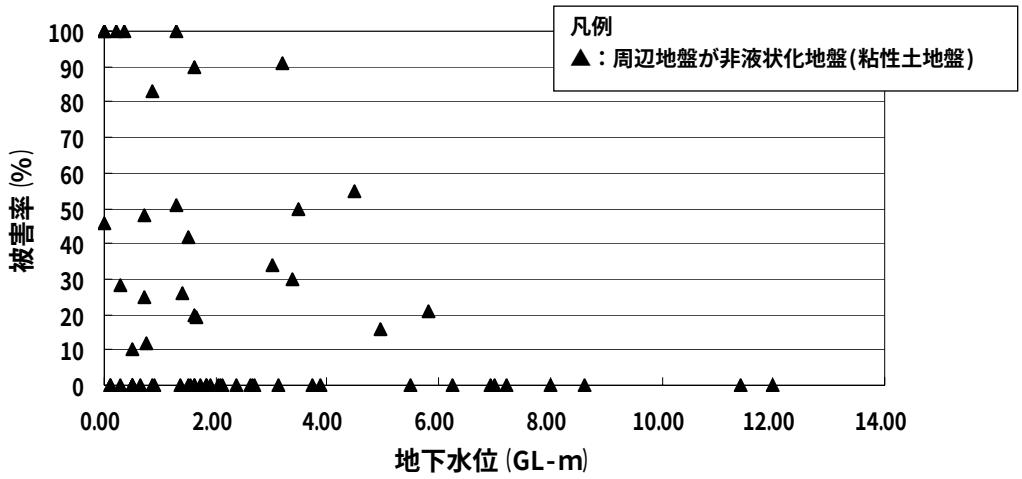
・周辺地山地盤の液状化の有無は、粒度分布が不明であることから、砂・砂礫地盤を対象に一義的にN値＝15未満を液状化地盤とし、N値＝15以上を非液状化地盤とした。

・ただし、N値＝15未満の砂・砂礫地盤であっても、地下水位が想定した管の埋設位置より低い場合は、非液状化地盤とした。



注）被害率は、メッシュ内（250mメッシュ）の総管きょ延長に対する被害管きょ延長の割合を示す。
地下水位は、メッシュ内（250mメッシュ）にあるボーリングデータの平均地下水位を示す。

図Ⅰ－3　砂質地盤における地下水位と被害率の関係



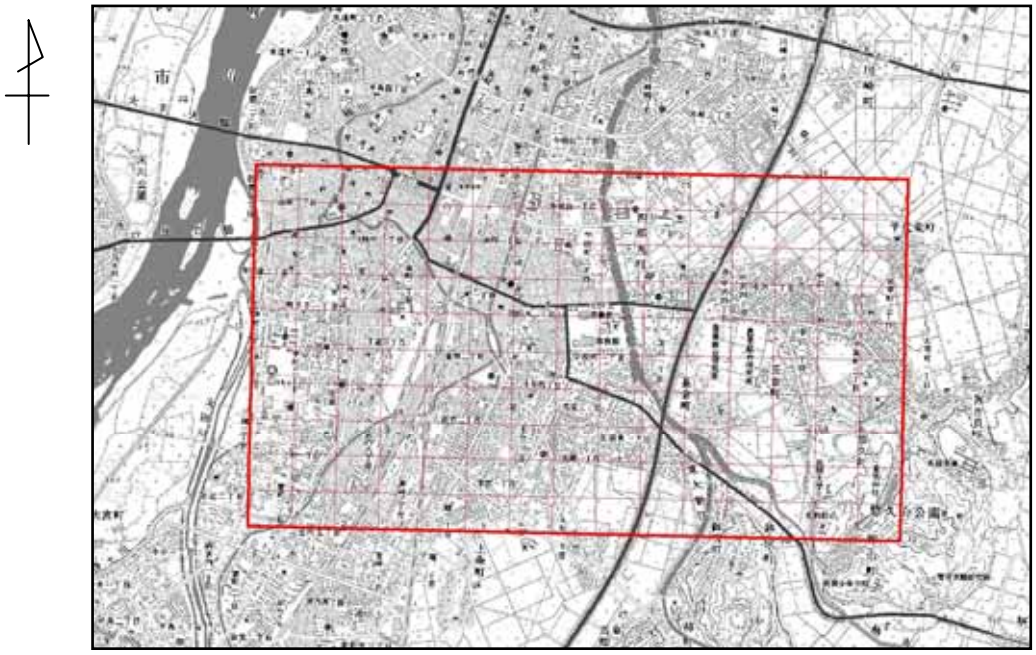
注）被害率は、メッシュ内（250mメッシュ）の総管きょ延長に対する被害管きょ延長の割合を示す。
地下水位は、メッシュ内（250mメッシュ）にあるボーリングデータの平均地下水位を示す。

図Ⅰ－4　粘性土地盤における地下水位と被害率の関係

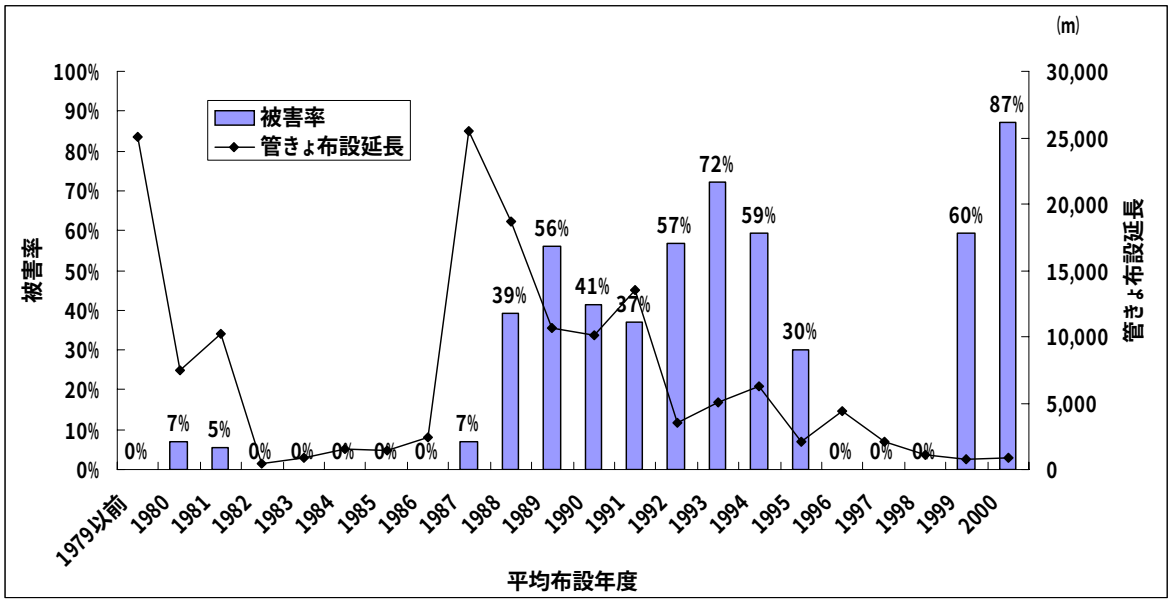
2)　布設年度

a.長岡市長倉地区

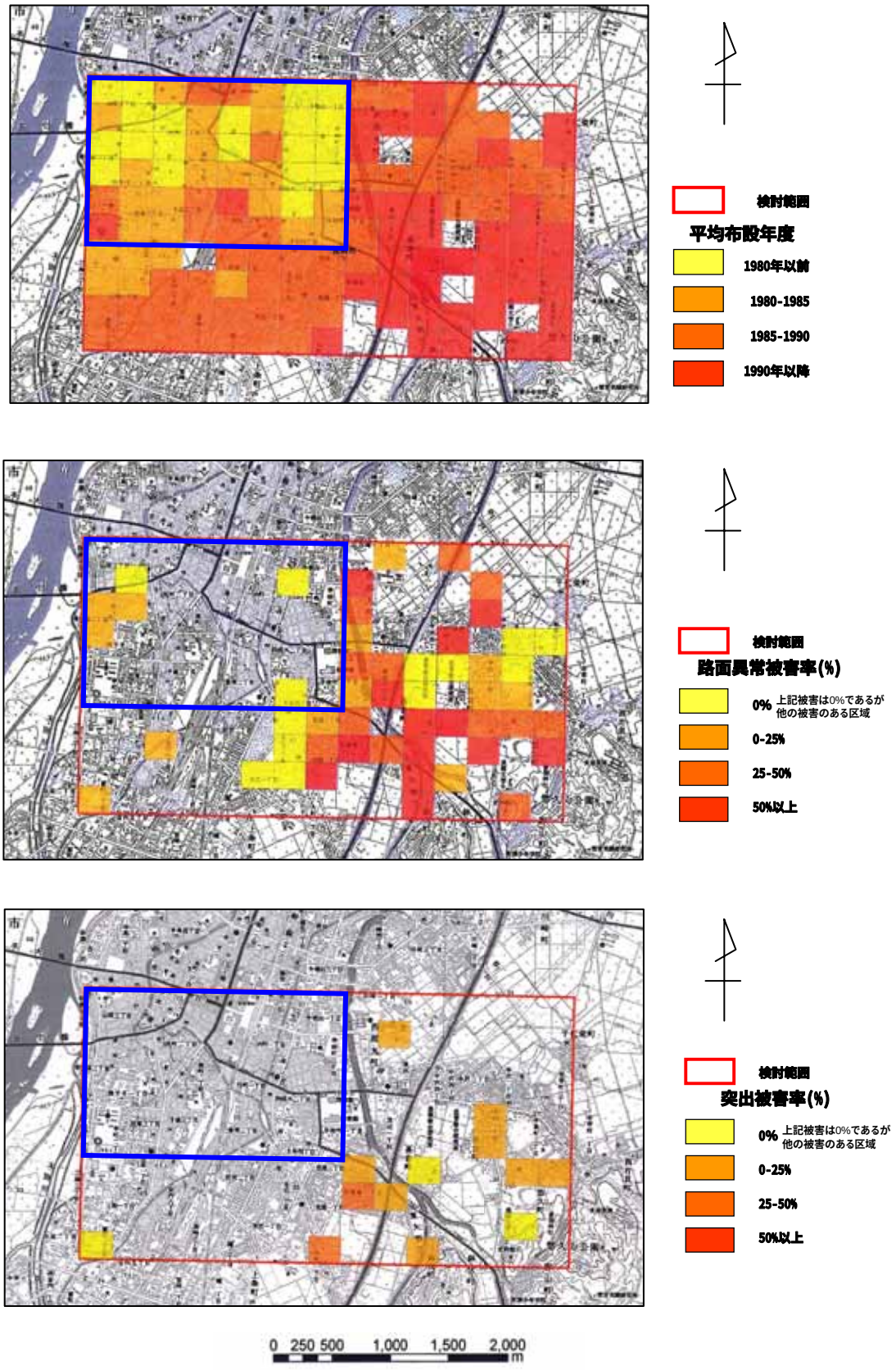
図Ⅰ－５に示す長岡市長倉地区において、布設年度と被害の関係は、**図Ⅰ－６**に示す。ここで、布設年度は、メッシュ内の管きょの布設年度を延長により加重平均したものであり、平均布設年度とする。この図から、平均布設年度が新しい箇所において被害は大きい傾向にある。また、平均布設年度分布と被害率分布を重ね合わせると、**図Ⅰ－７**に示すように、長倉地区の北東部において、1985 年以前に布設された管きょを意味する黄色と薄い橙色の着色部が、被害のない無着色部とほぼ一致していることが判る（青枠：□で囲んだ地域)。特に、路面陥没において、その傾向が大きい。



図Ⅰ－５　長岡市長倉地区位置図



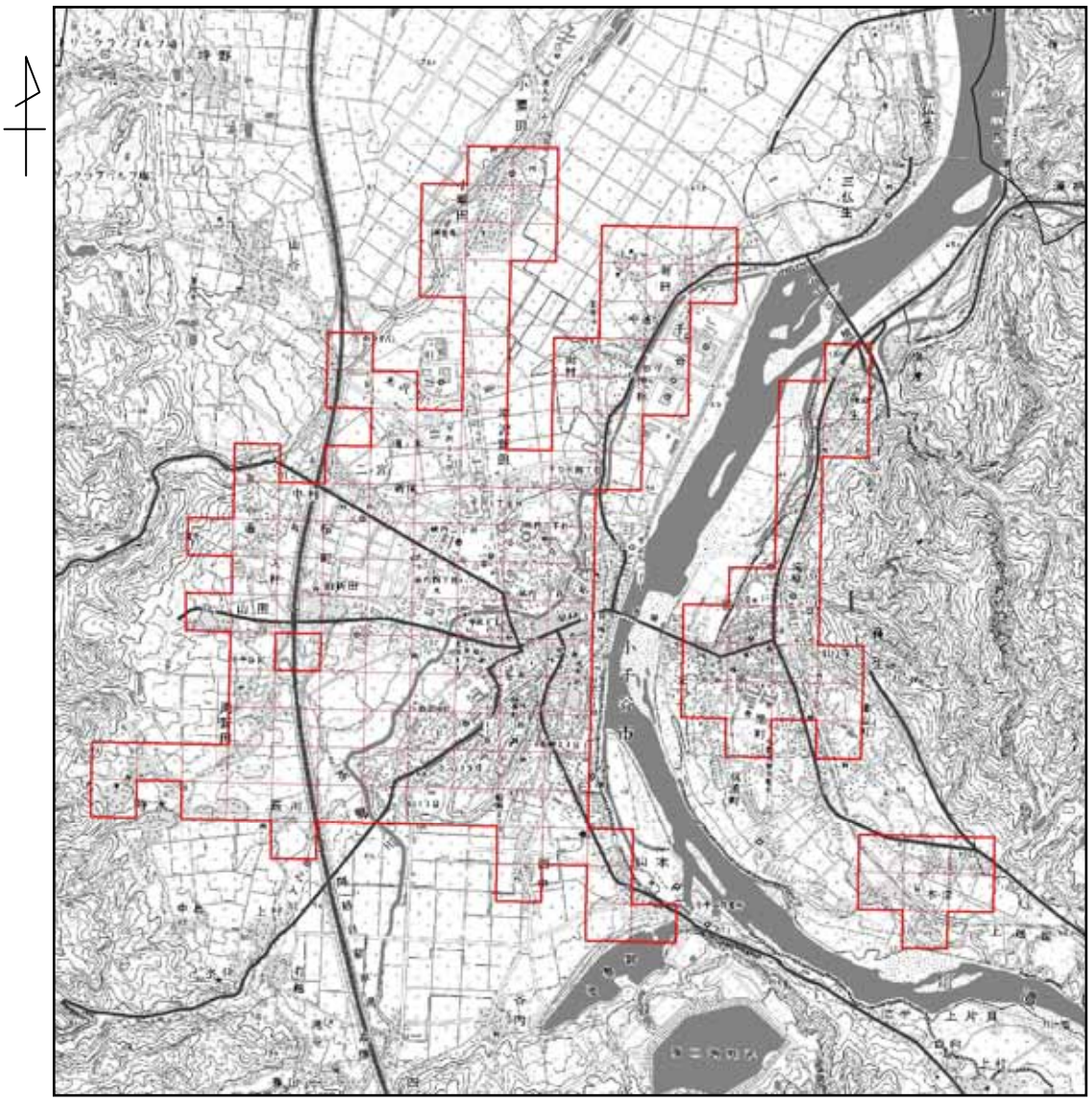
図Ⅰ－６　平均布設年度と被害の関係（長岡市長倉地区）



図Ⅰ－７　長岡市長倉地区における平均布設年度と被害状況

b.小千谷市中心部

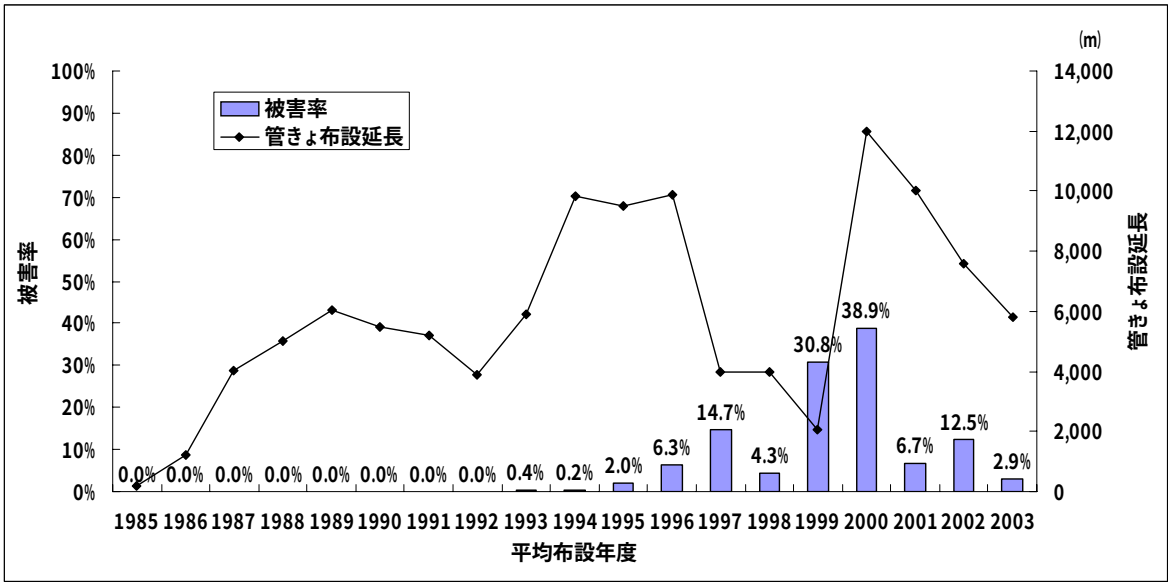
図Ⅰ－８に示す小千谷市中心部においては、**図Ⅰ－９**に示すように、平均布設年度が新しい箇所で被害が発生している。



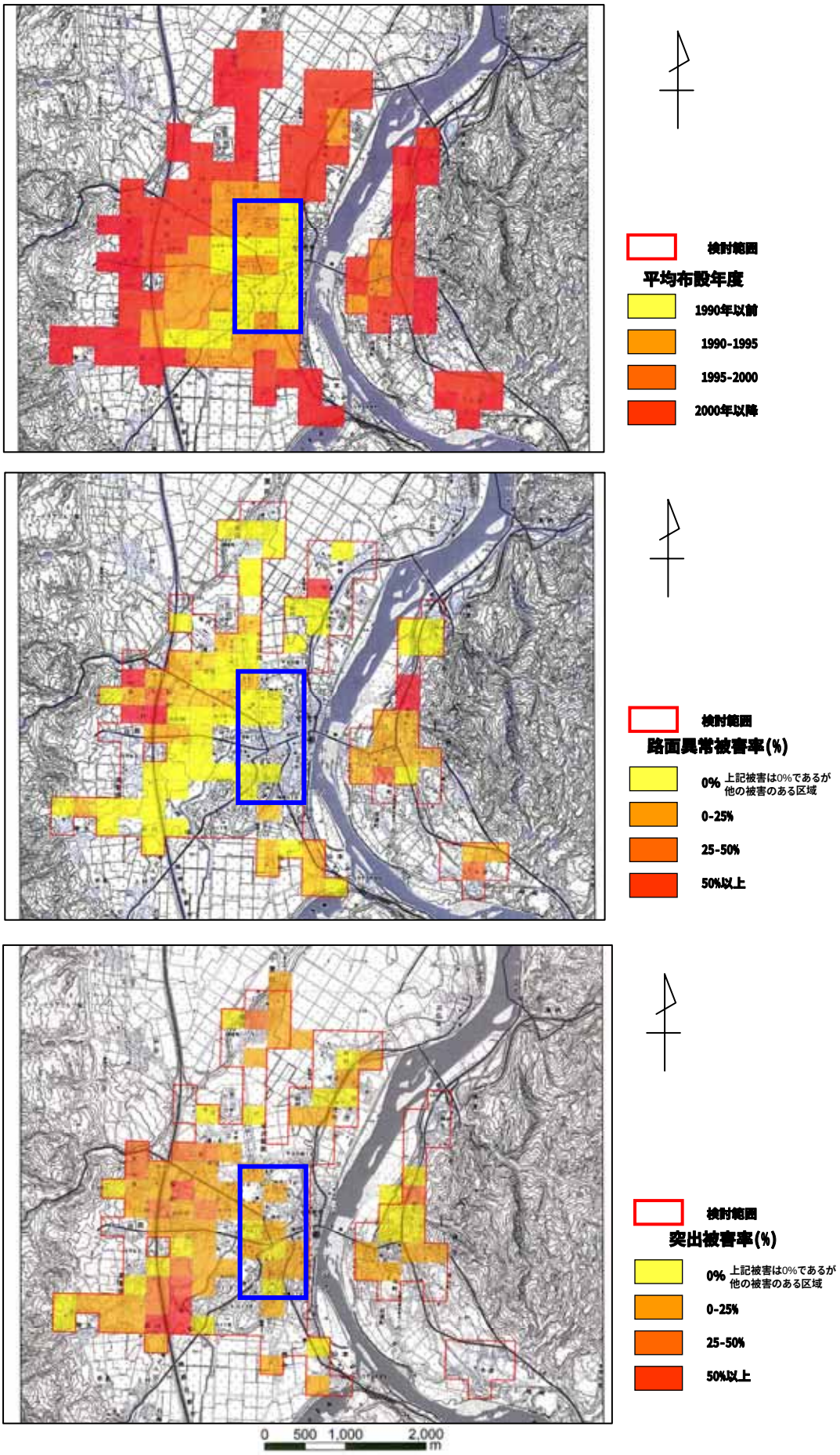
図Ⅰ－８　小千谷市中心部位置図

なお、平均布設年度分布と被害率分布を重ね合わせると、**図Ⅰ－10** に示すように、小千谷市中心部付近において、平均布設年度が 1990 年以前である黄色の着色部と、被害のない箇所が一致している。

以上より、管きょでは平均布設年度が古い箇所において、被害が少なかったことがわかった。これはエイジング効果（数年経過した埋立地盤等で土粒子の結合が強くなり液状化しにくくなる効果を言う）によって被害が少なくなったことが一つの要因として考えられる。



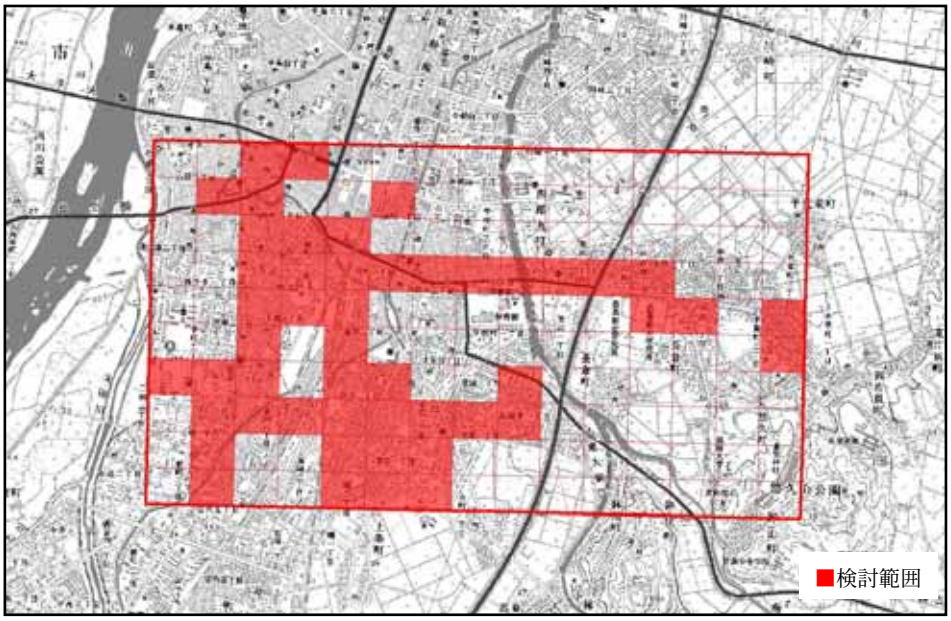
図Ⅰ－９　平均布設年度と被害の関係（小千谷市中心部）



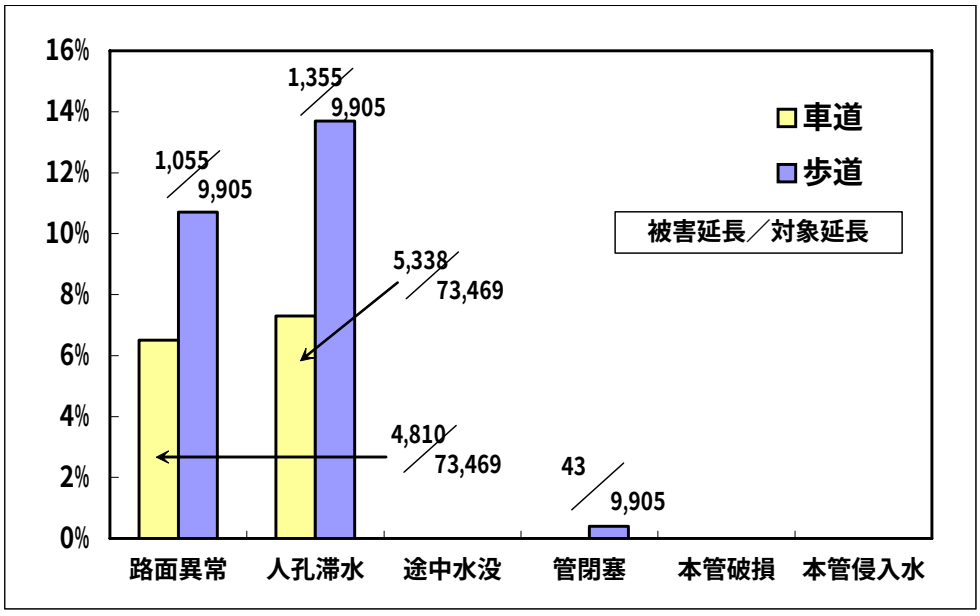
図Ⅰ－10　小千谷市中心部における平均布設年度と被害状況

3)　布設位置

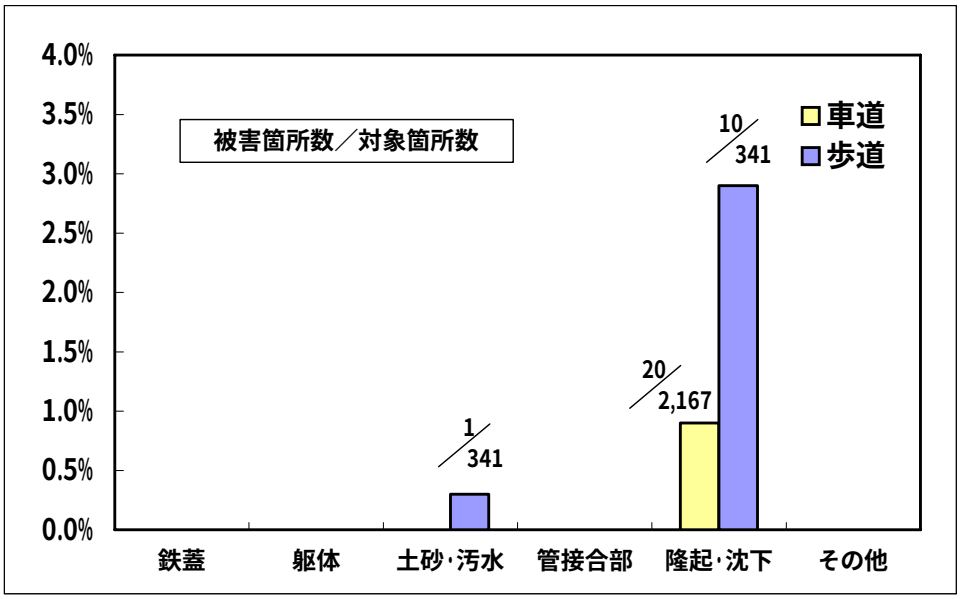
歩道部と車道部において、被害率の相違を検討した。検討範囲は、長岡市長倉地区（市街地を中心として、被害が大きかった悠久山地区を含む 940ha）の内、歩道に管路が埋設されている**図Ⅰ－11** の着色範囲とした。検討範囲において、歩道部と車道部の被害率を整理した結果は**図Ⅰ－12、13** に示すとおりであり、歩道部の方が明らかに高い傾向にある。車道部と比較して歩道部は締固めの程度が低いことと、時間の経過による埋戻し土の締固めの進行の程度が小さいことが、歩道部被害率が大きい一つの要因と思われる。



図Ⅰ－11　歩道部と車道部の検討範囲図（長岡市長倉地区）



図Ⅰ－12　　被害率の比較（管きょ）



図Ⅰ－13　　被害率の比較（マンホール）

4)　管材・埋戻し材

管材・埋戻し材による特性を把握するためには、全布設延長に対する管種ごとの延長、埋戻し方法等を整理し、同一条件下における被害状況の差異を確認する必要があるが、今回の被災市町村では、ほとんどが塩ビ管・山砂の組み合わせで施工しており、他の施工条件との比較検討を行うにはデータが十分でない。

なお、参考までに、もっとも管種ごとの布設延長が整理されている小千谷市を対象に被害延長を管種別に集計すると、**表Ⅰ－９**のとおりである。

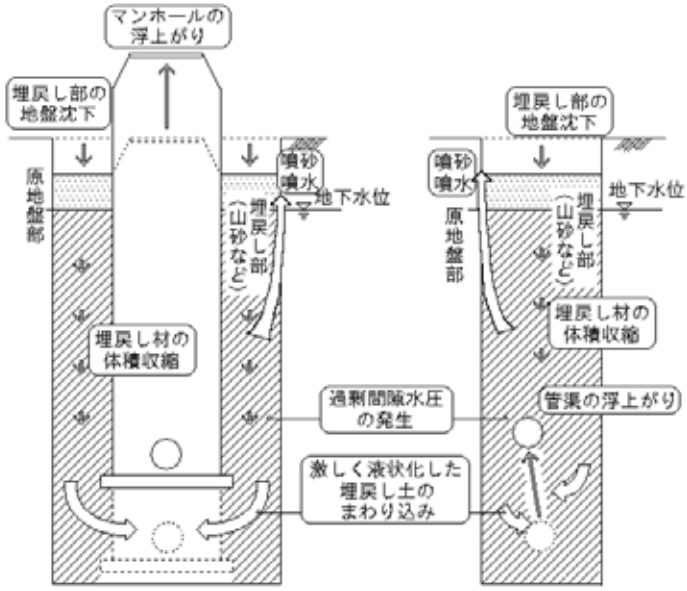
表Ⅰ－９　管種別の被害延長

管　種	塩ビ管	ヒューム管	その他	合計
布設延長(m)	175,854	6,215	731	182,800
被害延長(m)	31,048	57	0	31,105
被害率（%）	17.6	0.9	0	17.0

備考：①管種別の被害延長は小千谷市の災害査定より集計。
②管種別の布設延長は後述の小千谷市中心部（全延長の 6.5 割を占める）の管種別布設延長比率を全延長に乗じて算出。

③埋戻し部の路面陥没とマンホール突出の発生要因

今回観測された地震動は、兵庫県南部地震を含めた過去の最大加速度の記録を上回るものであった。また、地震発生直前にあった 100㎜ 前後の日降雨量も影響し、地下水位は高い状態にあった（長岡市内の観測井において、地震発生時の地下水位は前年度と比べて 0.05～1.46m高い状態にあった)。この強い地震動が地下水で飽和した地盤に作用して埋戻し土が液状化を起こし、埋戻し部の路面陥没とマンホール突出被害が発生した。また、周辺地盤の透水性が悪く、かつ軟弱な地盤であるところでは、地震発生時に**図Ⅰ－14** に示すメカニズムで埋戻し材の砂が液状化し、被災したものと考えられる[1) 2) 3)]。



図Ⅰ－14　管路施設被害のメカニズム

1）建設省土木研究所：釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査，土木研究所資料，第 3275 号（1995）
2）行方馨、田村敬一、石原雅規：十勝沖地震による下水道施設の被害状況，第 41 回下水道研究発表会講演集，pp.708-710，(2004)
3）行方馨、藤生和也、石原雅規：新潟県中越地震で被災した管路施設の本復旧にあたっての技術的検討，第 42 回下水道研究発表会講演集，pp.217-219，(2005)

また、被害が多く発生した長岡市、小千谷市及び川口町のうち**図Ⅰ－16** に示す長岡市中沢、小千谷市桜町及び川口町川口地区の各調査地において、被害が発生した地区（以下、「変状地区」とする。）と被害が発生していない地区（以下、「無変状地区」とする。）の２箇所で土質調査を行った。調査結果は**表Ⅰ－10** に示すとおりであり、次の特性を有していた。

a． 埋戻し土内の地下水位が高い。

b． 埋戻し土が液状化しやすい粒度分布である。（**図Ⅰ－15** 参照）

c． 埋戻し部の締固度が低い。

d． 基盤面が深い。

なお、長岡市、川口町では難透水性の粘性土地盤で埋戻し土の変状が発生している。

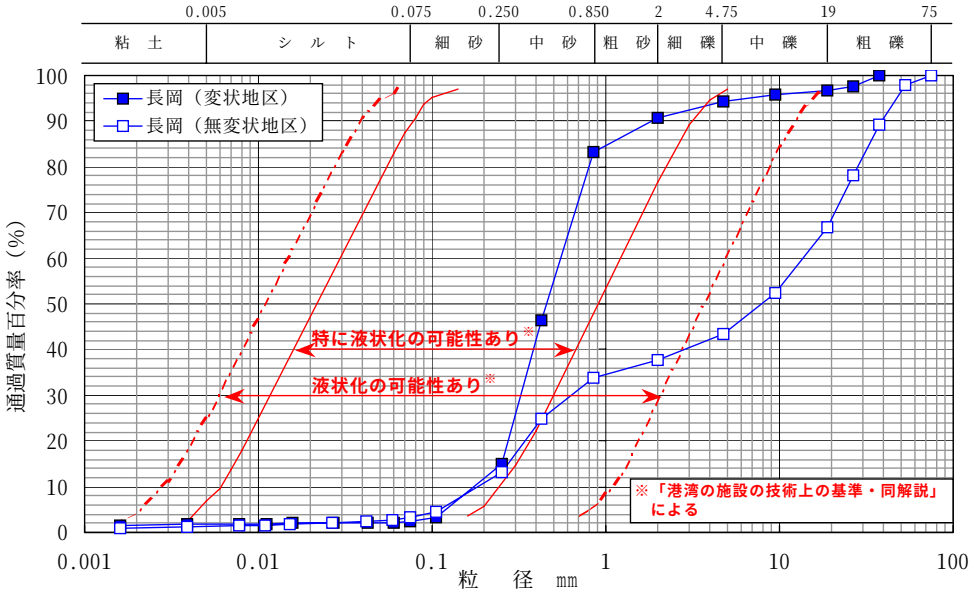
表Ⅰ－10　液状化の発生要因と調査結果の関係

項　　目		長岡市		小千谷市		川口町	
		変状地区	無変状地区	変状地区	無変状地区 備考3)	変状地区	無変状地区
①埋戻土内の地下水位が高い	GL-0.5m未満					○	○
	GL-0.5～1.0m未満	○	↘			↘	
	GL-1.0～1.5m未満			○	←→ ○		
	GL-1.5m以上		○				
②埋戻土は液状化しやすい粒度分布である。	特に液状化しやすい	○					○
	液状化しやすい		↘	○	←→ ○	○	↗
	範囲外		○				
③埋戻し部の締固度が低い	70～80%未満			○			
	80～90%未満	備考2)	備考1)		↘ ○	○	備考1)
	90%以上						
④基盤面が深い	深度20m～17.5m	○		○		-	-
	深度17.5mから15m		↘		↘ ○	-	-
	深度15m以下		○			-	-

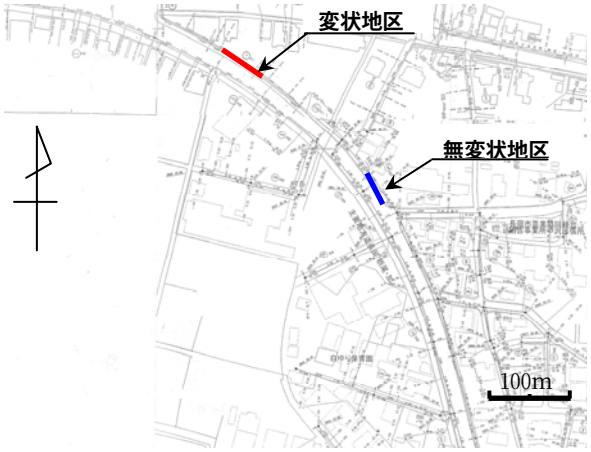
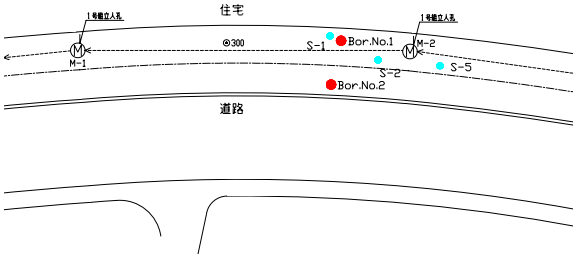
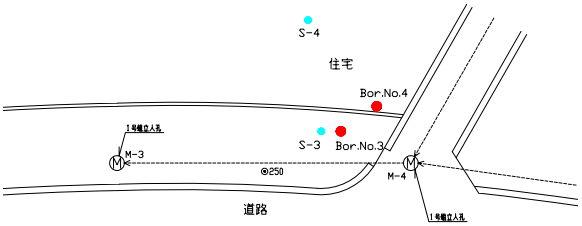
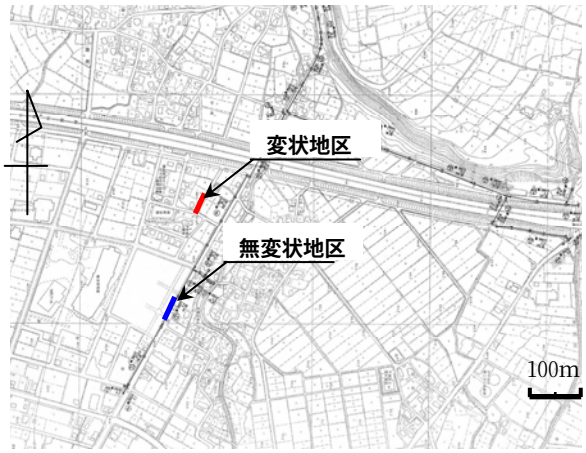
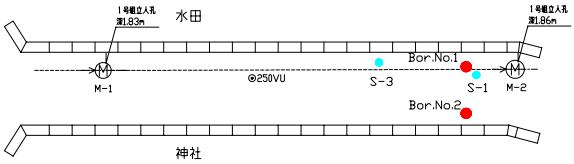
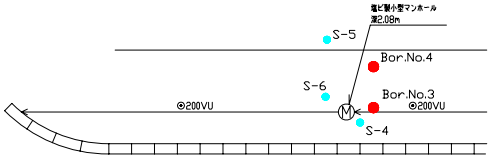
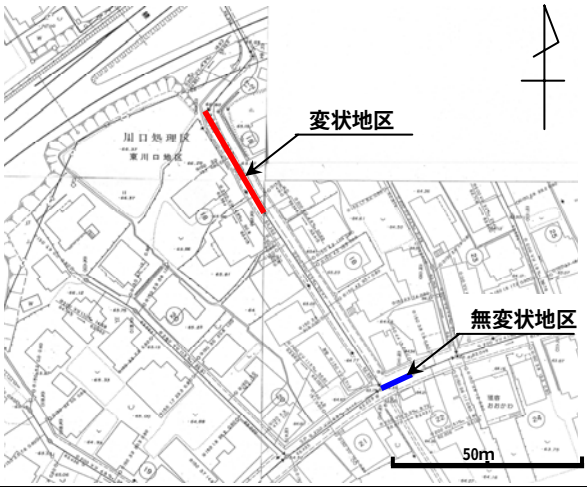
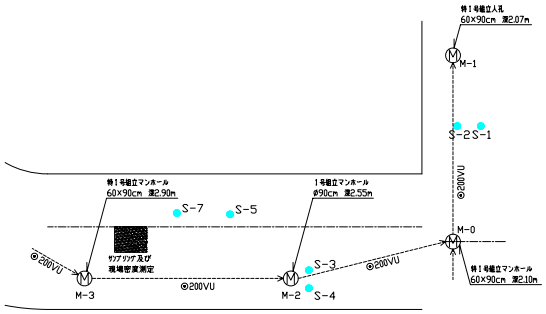
備考　１）長岡市と川口町の無変状地区では、多量の試料採取が困難なことから、締固め試験を行わなかった。

２）長岡市の変状地区の埋戻土は粒径のそろった砂であったことから、締固め試験による締固め曲線が平坦となり、最大乾燥密度を得ることができなかった。このため長岡市の変状地区の埋戻土の締まり具合は砂の最大・最小密度試験で把握（最小密度：1.363g/cm³、最大密度：1.686g/cm³）。
その結果、締まり具合は緩い状態と判断。

３）小千谷市の無変状地区と定義した地区では管きょ部の一部において変状が確認されている。



図Ⅰ－15　埋戻土の粒度分布（長岡市）

	調査位置図	調査箇所
長岡市中沢		【変状地区】  【無変状地区】 
小千谷市桜町		【変状地区】  【無変状地区】 
川口町川口		【変状・無変状地区】 

※S 記号はスウェーデン式サウンディング試験、Bor はボーリング調査の位置を示す

図Ⅰ－16　土質調査位置図

（2）処理場・ポンプ場

処理場・ポンプ場施設の被害規模及び被害額については、災害査定結果に基づき、前述したとおりであるが、被害の特徴については、被害内容が整理されている一次調査結果をもとに整理した。処理場・ポンプ場の被害内容は、**表Ⅰ－11、12** に示すような特徴を有している。

処理場被害は 12 施設で発生した。被害項目別に集計した結果、12 施設中で設備破損が 7 施設、場内沈下・陥没が 7 施設、躯体破損傾きで 4 施設と比較的多くの被害が発生している。また、施設や管の継手部のズレ、破損等も被害の特徴としてあげることができる。全施設の内、被害が最も大きかった堀之内浄化センターでは、集計したすべての項目において被害が発生している。ここでは流入渠の破断により処理機能が停止するとともに、水処理施設躯体の段差発生、連絡管の破断、消化タンク汚泥輸送管の破断,消化タンク本体の傾き等の被害が発生した。

ポンプ場被害は 12 施設で発生した。12 施設中で場内沈下・陥没が 10 施設、躯体破損傾きが 6 施設と比較的多くの被害が発生している。また、埋設管破損も 3 施設で発生している。このうち竜光ポンプ場では、変圧器破損、宇賀地ポンプ場では、圧送管破損により一時的に送水機能に支障が生じた。一方、他のポンプ場の被害は、場内道路の陥没・不等沈下、上屋傾き、外壁破損等であった。

これらの被害状況から、処理場・ポンプ場では、施設本体の亀裂、傾き、設備の破損、及び管の施設継手部の破断、ズレ等の被害が多く発生したことがわかった。

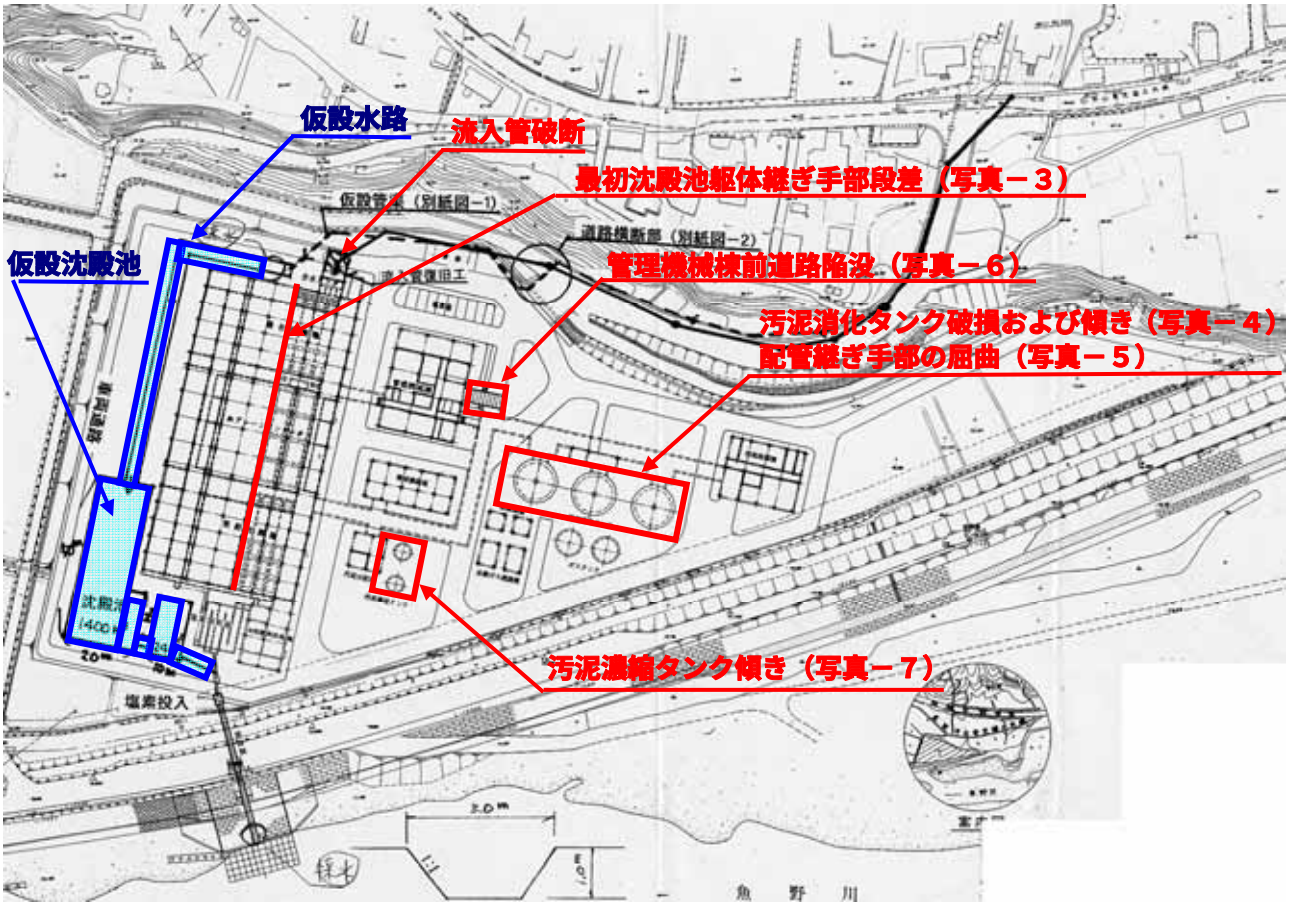
計測震度と被害の関係は、西川浄化センター（新潟県）、自然環境浄化センター（柏崎市）、上の原浄化センター（六日町）を除くと震度 5 強以上で被害が発生しており、その割合は被害施設全体の 87%である。

表Ⅰ－11　処理場の被害状況(一次調査結果)

管理者名	事業名	処理区名	施設名	震度	躯体破損傾き	躯体継手ズレ	設備破損	配管破損	埋設管破損	場内沈下陥没	被害状況
新潟県	信濃川下流流域下水道	長岡	長岡浄化センター	6弱		○	○				初沈･終沈汚泥掻寄機破損、エキスパンションジョイントのズレ
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	堀之内浄化センター	6弱	○	○	○	○	○	○	水処理・汚泥処理施設の損傷
新潟県	魚野川流域下水道	六日町	六日町浄化センター	5強	○					○	躯体のクラック、場内道路の亀裂
新潟県	西川流域下水道	西川	西川浄化センター	4						○	場内沈下
長岡市	単独公共下水道	川東	中央浄化センター	6弱	○		○				分流初沈No.5池コレクタチェーン片側外れ、No.6池合成木材製フライト破損、水処理施設亀裂漏水
柏崎市	単独公共下水道	柏崎	柏崎自然環境浄化センター	5弱			○				消化タンク漏れ
十日町市	単独公共下水道	十日町	十日町下水処理センター	6弱	○		○	○	○	○	ブロワ風量調節機の吸気弁破損(３台中２台)、最初沈殿池・反応タンク(二重覆蓋)の柱にクラック及び座屈、脱臭設備のダクト・配管破損、消化ガスホルダーのレベリングウェイト吊りワイヤー破断及びシール破損、脱水機重量計破損、場内外溝(消雪パイプ)破損、道路陥没
魚沼市（守門村）	単独特定環境保全公共下水道	須原	須原終末処理場	6弱	○					○	場内地盤沈下、舗装面陥没、臭気塔クラック
	単独特定環境保全公共下水道	上条	上条終末処理場	6弱					○	○	場内地盤沈下、舗装面陥没、消雪施設故障
六日町	単独特定環境保全公共下水道	上の原	上の原浄化センター	5弱			○				一部機器破損
和島村	単独公共下水道	和島	和島浄水センター	5強						○	流入渠付近陥没
小国町	単独特定環境保全公共下水道	小国	小国浄化センター	6強			○				脱水機作動不能
処理場被害小計					4	2	7	2	3	7	

表Ⅰ－12　ポンプ場の被害状況(一次調査結果)

管理者名	事業名	処理区名	施設名	震度	躯体破損傾き	躯体継手ズレ	設備破損	配管破損	埋設管破損	場内沈下陥没	被害状況
新潟県	信濃川下流流域下水道	長岡	小千谷ポンプ場	5強	○					○	外壁破損、場内道路の亀裂
新潟県	信濃川下流流域下水道	長岡	川口ポンプ場	7	○					○	外階段破損、場内道路の陥没
新潟県	信濃川下流流域下水道	長岡	川口第２ポンプ場	7	○					○	外階段破損、場内道路の陥没
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	竜光ポンプ場	6弱	○		○			○	外階段破損、変圧器破損、場内道路不等沈下
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	宇賀地ポンプ場	6弱	○				○	○	躯体ズレ・傾き、圧送管破損、場内道路不等沈下
新潟県	魚野川流域下水道	堀之内	四日町ポンプ場	6弱						○	場内道路不等沈下
長岡市	単独公共下水道	―	下々条ポンプ場	6弱					○		排水樋管破損
三島町	流域関連公共下水道	長岡	脇野町汚水中継ポンプ場	6弱					○	○	周辺沈下、浸入水、ケーブルハンドホール沈下
川口町	流域関連特定環境保全公共下水道	長岡	川口第１中継ポンプ場	7						○	場内陥没
	流域関連特定環境保全公共下水道	長岡	川口第２中継ポンプ場	7						○	場内陥没
	流域関連特定環境保全公共下水道	長岡	川口第３中継ポンプ場	7						○	場内陥没
川西町	公共関連特定環境保全公共下水道	千手	川西下水中継ポンプ場	6弱	○						上屋傾き
ポンプ場小計					6	0	1	0	3	10	
処理場・ポンプ場計					10	2	8	2	6	17	



図Ⅰ－16　堀之内浄化センターの主な被害箇所と応急復旧箇所

写真－３　最初沈殿池躯体継ぎ手部段差（堀之内浄化センター）

写真－４　汚泥消化タンク破損および傾き（堀之内浄化センター）

写真－５　場内配管継ぎ手部の屈曲（堀之内浄化センター）

写真－６　管理機械棟前道路陥没（堀之内浄化センター）

写真－７　汚泥濃縮タンク傾き（堀之内浄化センター）

１－４　下水道施設被害による社会的影響

（１）使用制限

管きょの流下機能が失われたことにより、下水道使用不可能戸数が最大で 13,000 戸発生し、トイレ等の使用が不可能となった。そのため、多くの住民は**写真－８**に示すような仮設トイレの使用が余儀なくされた。仮設トイレは 1,939 個設置されたが、多くの住民がトイレの使用に支障をきたした。特に仮設トイレの大半は和式トイレであり高齢者や要介護者への配慮が望まれた。

写真－８　仮設トイレ

（２）交通障害

埋戻し部の路面陥没は 5,908 箇所発生し、マンホールの突出は 1,453 箇所で発生した。マンホールは 100㎝以上浮上した例も見られ、車道においては、**写真－９**のように突出したマンホールに車輌が激突するなどの被害も発生した。

写真－９　突出したマンホールに激突した車輌

また、路盤下の埋戻し部の液状化による沈下や管路破損部への土砂の吸い込みが原因となって、**写真－10** に示すように道路路盤が空洞化し、道路が陥没した。

この陥没によって交通遮断等の交通障害が発生した。

写真－10　路盤の空洞化

（3）公衆衛生等

堀之内浄化センターでは未処理の汚水が魚野川へ流出した。これに対し、翌朝 10 月 24 日には塩素滅菌、被災から 7 日後の 10 月 30 日には、応急復旧により簡易処理放流が行われた。未処理水の流出は、流出先河川において公衆衛生上及び水質汚濁上の影響が生じるおそれがある。今回は、下流側に上水道の取水口もあり、これらの影響が懸念されたが、放流先である魚野川の平水流量(堀之内観測所計測値)が約 950 万 m^3／日に対して堀之内浄化センターの放流水量が約 9,000m^3／日（平成 15 年度実績）であり、流出先の河川流量に比べ汚水の流出量が少量であったことから、問題は顕在化しなかった。

１－５　応急復旧

（1）管路施設

下水道の流下機能が損なわれた地区では、マンホール内の滞水、溢水が生じたことから、応急措置として、地震発生後の数日間は、**写真－11** のようにバキューム車による汲み上げを実施した。その後、応急復旧工事として**写真―12** のように仮配管、仮排水ポンプの設置を行った。また、マンホールの突出は突出部の切断、路面陥没部では**写真―13** のような砕石による埋戻しにより、それぞれ応急復旧工事を実施した。

しかし、これらの応急復旧工事が水道復旧に追いつかず、下水道の使用制限が続いた地区が残ったり、雪解け後の交通量増加による道路陥没が発生した。こうしたことから、応急復旧工事の迅速化や復旧方法及び路盤下の空洞部の調査方法に工夫を要する等の課題が明らかとなった。

写真－11　バキューム車による応急措置

写真－12　仮配管、仮排水ポンプによる応急復旧

写真－13　管路部の応急復旧

（2）処理場・ポンプ場

①堀之内浄化センター

堀之内浄化センターでは、分水槽取り付け部の破断により流入下水が流出し、水処理施設の伸縮継ぎ手から活性汚泥等の全量が管廊へ流出した。このため応急復旧として素掘り簡易水路を設置し、塩素滅菌を行い通常の処理水放流口より河川へ排水した。その後、10 月 30 日までに仮設沈殿池、仮設塩素混和池、仮設管きょを設けた。これらの仮設施設は、掘削後、ブルーシートを被せる簡易なもので、凝集剤、消毒剤等を用いて処理した。このように処理機能が一時的に停止したものの、場外ポンプ場 1 箇所のみからの圧送であったため、被災後速やかに運転を停止したことや、兵庫県南部地震における神戸市東灘処理場の経験を生かした仮設沈殿池の建設により早期に処理機能を回復させることができた。

なお、流入水質が pH 7.2、BOD 117mg/L、SS 171mg/L、大腸菌群数 643,000 個/cm^3 であるのに対して、仮設処理施設からの放流水質は、pH 7.1、BOD 32mg/L、SS 73mg/L、大腸菌群数 78 個/cm^3 で、沈殿法による放流水質基準（pH 5.8 以上 8.6 以下、BOD 120mg/L 以下、SS 150mg/L 以下、大腸菌群数 3,000 個/cm^3 以下）を満たしていた。また、放流先河川の水質については、Ⅰ－28 に記載のとおり、河川流量に対して汚水流出量が極めて小さく、新潟県の調査をもとにした推計では、魚野川下流の環境基準値 BOD 2 mg/L を満足しており、放流先の水質測定結果からも、環境基準を上回る状況は見られなかった。

表Ⅰ－13　堀之内浄化センター機能回復工程表

施設	工事種別	10月 25	30	11月 5	10	15	20	25	30	12月 5	10	15	20	25	30
仮沈殿池	仮沈殿池設置														
流入管渠	Φ350仮配管復旧														
	Φ800ダグ鋳鉄管本復旧														
エアレーションタンク	漏水防止本復旧（伸縮継ぎ手）														
最終沈殿池	汚泥掻き寄せ機仮復旧														
塩素混和池	連絡水路本復旧														
											→	高級処理開始			

写真－14　堀之内浄化センターの応急復旧状況

②その他の処理場

小国浄化センターでは、脱水機が作動不能となったが、移動脱水車により応急復旧を行うことで処理に支障はなかった。

十日町下水処理センターではブロワの吸気弁破損、最初沈殿池の柱にクラック及び座屈、配管破損、消雪パイプ破損、道路陥没などの被害があり、応急復旧において消雪パイプ、道路乗り入れ部を修復した。また本復旧工事では消化タンク損傷部品の交換及びブロワ風量調節機吸気弁の交換を行った。

なお、上記以外の処理場においては、処理機能停止まで至らない範囲のひび割れや設備の一部破損にとどまっている。

③ポンプ場

変圧器破損、場内道路不等沈下の被害が発生した竜光ポンプ場ではこれらの応急復旧として変圧器の修繕を行い、10 月 26 日に送水機能を回復させた。圧送管破損場内道路不等沈下の被害が発生した宇賀地ポンプ場ではこれらの応急復旧として圧送管の仮配管を設置することで、10 月 29 日に送水機能を回復させた。

写真－15　宇賀地ポンプ場の応急復旧状況

第２章　下水道施設の耐震対策のあり方

２－１　これまでの地震対策の考え方

下水道の地震対策は、1997 年指針及び組織・体制・情報管理・震後対応等の手引を示した「下水道の地震対策マニュアル－1997 年版－[1)]（以下「1997 年マニュアル」という。）」により実施されている。また、指針に基づく耐震計算例が「下水道施設耐震計算例－管路施設編－[1)]」及び「下水道施設耐震計算例－処理場・ポンプ場編－[1)]」として作成されており、これらを参照して下水道の地震対策が推進されている。

（１）耐震対策の基本的考え方

1997 年指針ではまず個々の施設において構造面での耐震化を図ることを基本としている。さらに、構造物が万が一被害を受けた場合にも機能を確保できるよう、システム的な対応により耐震性の向上を図ることとしている。

また、耐震設計にあたっては、地域特性、地盤特性及び施設の特性や規模ならびに類似施設の被害事例を考慮し、指針に示す耐震計算を用いて安全性を確保する。この際、設計対象地震動としてレベル 1[2)]及びレベル 2[3)]の二段階の地震動を考慮し、各段階に応じた耐震性能を確保することとしている。

新設構造物に対しては、1997 年指針を適用することにより、所要の耐震性能を得ることができるが、既設構造物については、その構造物の建設時点の基準により設計施工されているため、基準の変遷により耐震性能は当然異なってくる。このような既設構造物については、耐震診断を行ってその耐震性能を明らかにし、耐震性能が不足する場合には、必要度、緊急度に応じて適切な補強を行うこととしている。

下水道施設に求められる各段階の地震動に対する耐震性能は、新設、既設ごとに**表Ⅰ－14** のとおりである。また、ユーティリティーが停止しても機能が維持できるよう処理場、ポンプ場において非常用電力・水源の確保等を図らなければならないこととしている。

---

1)(社)日本下水道協会発行

2)レベル 1 地震動：施設の供用期間内に 1～2 度発生する確率を有する地震動

3)レベル 2 地震動：施設の供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動

表Ⅰ－14　1997 年指針における耐震設計の考え方

項　目		既　設		新　設	
		設計対象地震動	耐震性能・水準	設計対象地震動	耐震性能・水準
管路	重要な幹線等	レベル１	設計流下能力の確保	レベル１	設計流下能力の確保
		レベル２	流下機能の確保	レベル２	流下機能の確保
	その他の管路	―	(更新計画の中に取込み順次対処する等の方策を考える)	レベル１	設計流下能力の確保
処理場・ポンプ場		レベル１	（構造面） 構造物に損傷を生じさせない （機能面） 処理場・ポンプ場の本来の機能を確保する	レベル１	（構造面） 構造物に損傷を生じさせない （機能面） 処理場・ポンプ場の本来の機能を確保する
		レベル２	最終的には全ての処理場・ポンプ場を対象とするが、当面の目標として地域特性等によって重要と判断された処理場・ポンプ場における該当施設を対象 （構造面） ある程度の構造的損傷は許容するが、構造物全体としての破壊を防ぐ （機能面） 一時的な停止はあっても復旧に時間を要しないものとする	レベル２	（構造面） ある程度の構造的損傷は許容するが、構造物全体としての破壊を防ぐ （機能面） 一時的な停止はあっても復旧に時間を要しないものとする

（注）設計流下能力：流量計算書に記載された当該管きょの流下能力。
流下機能の確保：地震によって本管部のクラックや沈下等の被害が生じ設計流下能力の確保が困難となるが、補修や敷設替等の対策を講じるまでの間は、管路として下水を上流から下流に流せる状態。

（2）震前・震後の地震対策における基本的考え方

1997 年マニュアルでは、平常時から被災時の早期復旧を支援する体制を確立し、防災・復旧訓練の強化、他都市、関連業界との被災時の相互協力体制の取り決め、各種資料の保管方法等について十分な取り組みを行うこととしている。また、下水道施設の防災施設としての活用についても検討することとしている。さらに、このような震前対策の他に、地震発生後の被害調査、復旧対策についても十分検討しておくこととしている。

２－２　　新潟県中越地震を踏まえた新たにとるべき対策

（１）管路施設

今回の新潟県中越地震では、埋戻し土の液状化によって、埋戻し部の道路陥没やマンホールの突出被害が特に顕著に発生している。また、これらの被害により道路の車輌通行阻害が発生し、その道路の位置によっては救援活動やその後の災害復旧活動に支障を生じる等の影響がみられた。このため、1997 年指針等により実施してきた従来の耐震対策に加え、次のような対策を講じることが重要である。

①　液状化対策を要する埋戻し部

周辺地盤が液状化のおそれのある地盤に加えて、周辺地盤が液状化のおそれのない地盤においても、埋戻し土の液状化のおそれがある。このことから、液状化地盤においては、従来どおりの液状化対策を実施するとともに、周辺地盤が液状化のおそれのない地盤（軟弱粘性土地盤や泥炭地盤等の難透水性の粘性地盤等）にあっても、埋戻し部の地下水位が常時あるいは雨天時に一時的に高くなることが予想される場合には、「重要な幹線等」、「その他の管路」の別にかかわらず、後述の「④具体的な液状化対策」に示す対策を講じる必要がある。

②　重要な幹線等の定義の見直し

管路施設に被害を受けた場合には、**表Ⅰ－15** に示すような影響が発生するおそれがある。特に、埋戻し部の道路陥没やマンホールの突出は、交通障害を引き起こすとともに、救援活動やその後の災害復旧活動に支障をきたす。このため、1997 年指針で、「その他の管路」とされているもののうち、布設位置によってこれらの活動に重大な影響を及ぼすおそれのあるものについては、「重要な幹線等」の扱いに準じて、耐震性能を確保する必要がある。

表Ⅰ－15　下水道被害に起因する影響

主たる影響等	主原因	影響の概要
使用制限	管きょの破断	下水道使用制限 下水道使用制限に起因する水道使用制限
交通障害	埋戻し部の道路陥没・マンホールの突出 路盤下の埋戻し部の液状化による沈下、管路の破損部への土砂の吸い込み	交通遮断、避難ルートの遮断 除雪車の走行障害。 道路の路盤下の空洞化による陥没
公衆衛生等	管きょの破断、マンホールポンプの故障による汚水の流出	地下水の汚染、公共用水域の汚染

③　地盤特性の把握

レベル２地震動対応の耐震性能を確保させるためには、耐震設計に先立ち、**表Ⅰ－16** に示す液状化判定に必要な土質調査を行なうことが重要である。特に、液状化被害の発生しやすい地区においては、この土質調査は不可欠であるとの認識を徹底させる必要がある。また、地下水位は設計上重要な要素となることから、近傍の観測井等のデータを収集し、地下水位の変動が大きい場合には、その変動を考慮することが望ましい。

表Ⅰ－16　液状化判定に必要な土質調査

調査項目		求められるデータ
原位置試験	機械ボーリング	地下水位、基盤面
	標準貫入試験	N 値
室内試験	粒度試験	Fc、D50、D10、粒径加積曲線
	液性限界、塑性限界試験	wl、wp、IP
	土粒子の密度試験	ρs

④　具体的な液状化対策

埋戻し土の液状化被害が発生しやすい地区で管路を布設する際には、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、工期等を勘案して、道路管理者と調整の上、原則として以下のいずれかの対策（**表Ⅰ－17**、**図Ⅰ－17** 参照）を行なう。

・埋戻し土の締固め
・砕石による埋戻し
・埋戻し土の固化

これらの対策を行なう範囲（高さ）については、地下水位を考慮するとともに、施工時の矢板引き抜きに注意するなど、適切に対処することが望ましい。また、液状化対策としては、周辺地盤の液状化の有無、経済性、建設発生土の積極的利用等を考慮し、工法選定する必要がある。

なお、これらの他に発生土に生石灰等を添加し、製造した改良土も液状化の防止に有効であると考えられ、今後、データの集積等により施工方法等の確立を図ることが望まれる。

○埋戻し土の締固め

埋戻し土の締固め度が 90%程度以上であれば、一般的に浮上り等の被害が発生しにくい。埋戻し土の締固めに関しては、最適含水比に近い状態にした上で、タンパ等による念入りな転圧を行い、現場測定での締固め度が 90%程度以上に保たれるように施工管理を行う。

なお、周辺地盤が軟弱な粘性土では、締固めが 90%以上で液状化した実験結果があること、また、火山灰等特殊な土での埋戻しにおいても、同様のおそれがある

ことから、本方法の採用にあたっては、地盤の特性、施工条件等、現地の特性に留意する必要がある。

○砕石による埋戻し

砕石の材料としては、「道路橋示方書」の液状化判定の項目で、液状化する可能性がある土の粒度分布の上限値を参考として、平均粒径（D50）が 10㎜ 以上かつ10%粒径（D10）が１㎜以上の砕石を用いるのがよいと考えられる。締固めに際しては、締固め度 90%程度以上を確保する。

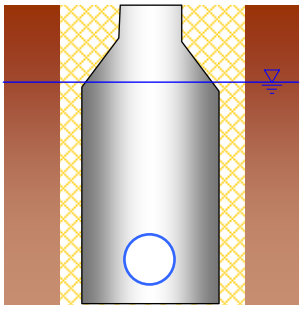
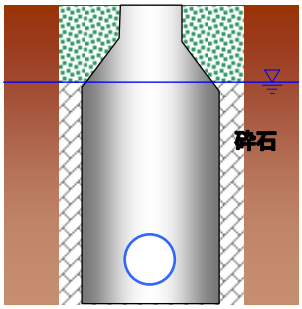
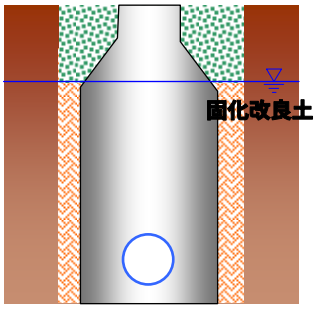
なお、周辺地盤が砂質土の場合には、吸い出しによる路面沈下の可能性があるので注意する。

○埋戻し土の固化

埋戻し土の固化により液状化の防止を図る。発生土にセメントあるいはセメント系固化剤を添加させて固化させる。セメント添加量は、一軸圧縮強度（28 日強度）が 100kPa～200kPa となる量を目安とし、現場強度として 50kPa～100kPa を確保する。

表Ⅰ－17　埋戻し土による液状化対策

埋戻し方法	埋戻し材料	施工管理
埋戻し土の締固め	良質な砂または埋戻しに適した現地発生土	締固め度で 90%程度以上 なお、90%程度以上でも液状化した事例もあることから、現地の特性に留意することが必要
砕石による埋戻し	平均粒径(D50)が 10㎜ 以上かつ10%粒径(D10)が 1㎜ 以上の砕石	締固め度 90%程度以上
埋戻し土の固化	セメント添加量は一軸圧縮強度が 100kPa～200kPa	現場強度として 50kPa～100kPa

埋戻し土の締固め	砕石による埋戻し	埋戻し土の固化
良質土で締固め（締固め度 90%以上）ながら、埋戻す。	地下水位以深を透水性の高い材料（砕石）で埋戻す。	地下水位以深をセメント固化改良土等で埋戻す。
		
十分な締固めを行うことにより、埋戻し部の過剰間隙水圧を小さくすることが出来るため、液状化に対する効果は大きい。	マンホール・管路近傍部の過剰間隙水圧が消散するため、液状化に対する効果は大きい。	埋戻し部が非液状化層となるため、液状化に対する効果は大きい。

図Ⅰ－17　液状化対策の概念図

⑤　施工管理

埋戻しにあたっては、まず地下水の排水を十分に行う必要がある。撒き出し厚さは、規定値を超えないように留意し、規定値を設けていない場合には 20 ㎝以下を目安とする。撒き出し後は、十分な締固めを行い、密度測定等により締固め度を確認する必要がある。

また、矢板引き抜きによる埋戻し部の緩みに対しても十分に注意し、布設にあたっては施工方法、工期などを、施工業者とよく調整して、丁寧な施工に努める必要がある。

なお、上記の事項を踏まえ、現場において迅速かつ確実に実施できる施工管理方法等の開発、確立が望まれる。

（2）処理場・ポンプ場

今回の新潟県中越地震を踏まえると、処理場・ポンプ場の場合、兵庫県南部地震以前に設置された施設が大半であり、一概に現在の耐震設計の評価をすることはできないが､構造的に大きな被害は生じていないことから、現在の 1997 年指針を大幅改訂する要因にはならないと考えられる。ただし、機能維持の観点から、水処理施設と管きょの継ぎ手ならびに場内配管の継ぎ手等には、より一層の配慮が必要である。

①　水槽内の継ぎ手

堀之内浄化センターの被害状況を踏まえると、水槽内には継ぎ手を設けない工夫を施す必要がある。

②　配管の可とう性継ぎ手

下記に示す箇所の配管は、施設周辺の地盤状況を勘案のうえ、より可とう性の大きな継ぎ手を設ける等の対策を講じることが重要である。

1）建物の内外を継ぐ配管
2）伸縮継ぎ手部上の配管
3）施設内で応力集中の可能性のある配管

③　換気ダクトや脱臭ダクト

防振タイプの吊りボルトや振れ止めを設置したり、コーナー部及び機器との取り合い部にフレキシブルな材料を使用したりするなど、応力が集中して破損しないような措置を検討する。

第３章　初動・支援体制、被災調査方法等の地震対策の課題

今回の地震では、兵庫県南部地震を契機に整備されたマニュアル等が一定の成果をあげた。しかしながら、被災自治体・支援自治体へのアンケート調査並びに平成 17 年１月 21 日開催の「災害時支援大都市連絡会議」と「平成 16 年度下水道事業災害時支援全国代表者連絡会議」（ともに神戸市）等で指摘されたように、初動・支援体制、被災調査方法等において課題が浮き彫りとなった。

今後、大規模な地震に対して迅速かつ的確に対応するためには**表Ⅰ－18** に示すように、現行の 1997 年マニュアル及び「下水道事業における災害支援に関するルール」（(社)日本下水道協会）（以下「ルール」という。）について検討を行い、十分な対応策を講じていく必要がある。

表Ⅰ－18　現行のマニュアル等の検討事項（1）

項　目		新潟県中越地震での状況	現行マニュアル等の記述	今後の検討事項
①震前対策	1)支援体制	災害支援では、国・県・大都市を中心とした支援本部と、北海道・東北ブロックの応援本部の体制となった。このため、情報伝達・役割分担・指揮命令系統が混乱した。 また、下水道職員が少ない町村への支援については、職員が他の対応に追われ、十分な情報の伝達が困難であった。	「ルール」 ・各ブロック内の幹事都道府県が支援本部を設置し、支援本部長、支援副本部長、支援本部員を置く。 ・支援に関する指揮命令権は、支援本部長に属するものとする。 ・応援依頼を受けた大都市は、支援本部の指揮の下で支援活動を行う。	ブロック内あるいは他ブロックへの支援要請ごとの国（本省、地方整備局）、県、政令指定都市、一般都市の役割分担及び発生直後から被害調査、災害査定に至る指揮命令系統の一元化。 下水道に対応する職員が少ない町村での支援体制のあり方。
	2)費用分担	災害時の混乱した中で自治体間の費用負担に関する協議を行うことは難しく、また、支援要請先が近隣か遠方かによって費用に大きな格差も生じた。 今回の地震では、山間部の中小市町村で甚大な被害が発生した。災害支援を行うには多くの費用が必要となるが、中小市町村では財政上厳しいことから、費用の捻出が困難であった。このため、災害支援にかかる自治体間の費用負担のあり方に課題が残った。	「ルール」 ・支援本部設置に係る諸費用及び二次災害等の費用負担方法は、各ブロックの自治体間で結ばれている災害支援協定による。 ・協定に含まれていない費用が生じた場合には、関係者で別途協議する。	被災自治体（特に中小市町村）における調査・支援に関わる予算の確保と支援自治体の費用負担方法。 支援要請先が近隣と遠方の違いから問題となる費用格差を考慮した支援単価・契約方法のあり方。
	3)管理図書のデータベース化	被災した中小市町村では、下水道台帳はあるものの、次の理由で被害調査及び災害査定資料の作成に時間を費やした。 ・下水道台帳が製本で管理されていた。 ・下水道台帳の更新がなされてなく、整備済み施設が台帳化されていなかった。 ・台帳様式が自治体間で統一されていなかった。	「1997 年マニュアル」 ・管理図書の保管方法は、製本による保管の他、マイクロフィルムや CAD データで保管する。 ・保管場所は、1 箇所だけでなく複数箇所での保管、外部への委託等考慮する。	地震による建物等の被害を想定した保管場所・保管方法等。 被害調査や災害査定資料作成に用いることを念頭においた台帳の整備（縦断図・土質条件等の追加、マンホール番号の付記）。 台帳の随時更新
	4)復旧資機材の確保	一次調査、二次調査の際に、卵形管が布設されていたため TV カメラが使用できない、マンホール蓋が規格外であったため、開けられないといった不具合が生じた。また、仮復旧にあたり、通常のポンプでは対応困難な箇所があった。	「1997 年マニュアル」 ・災害時の緊急調査及び緊急措置に必要な資機材については、適切な場所に施設を整備し備蓄しておき、資機材名と数量を把握しておく。 ・また、民間団体との協力関係を確立しておく。	下水道管路施設(管きょ・マンホール)に応じた資機材の確保。 管きょ・マンホール蓋(鍵)の全国的な規格の統一。
②震災復旧の進め方	1)被害特定の迅速化	今回の地震では、兵庫県南部地震と同様に、他のライフライン（ガス、水道等）に比べて埋設深が深い、圧力管でない等の特性から、下水道管きょの被害箇所の特定に時間を要した。	―	被害を早急に特定するための簡便な方法（光ファイバーケーブル等によるセンサーの開発等）あるいは被害想定図をもとにした被害調査箇所の優先順位の決定方法。
	2)復旧の迅速化	地震被害が豪雪地域で発生したため、被災後二ヶ月余りで積雪状態となった。本復旧が行える春までの間、流下機能を確保するための仮復旧が必要となった。	「1997 年マニュアル」 ・復旧を迅速に行う。	豪雪地域の地震被害に対して、暫定的に流下機能を確保する方策。

備考：　「1997 年マニュアル」:「下水道地震対策マニュアル」（日本下水道協会）、　「ルール」:「下水道事業における災害支援に関するルール」（日本下水道協会）

表Ⅰ－18　現行のマニュアル等の検討事項(2)

項　　目	新潟県中越地震での状況	現行マニュアル等の記述	今後の検討事項
③被災調査方法	被災調査では、報告書の様式・調査項目が変更となったこと、小口径・卵形管渠のため準備した TV カメラが使用できなかったこと、調査中に余震が頻発し作業が中断されたこと等の理由により調査の遅延、作業の手戻りを招く原因となった。	**「1997 年マニュアル」** ・被災調査は、震後の各段階（緊急調査、応急調査、本復旧のための調査）に適合し、現地の被災状況を確実に把握できる方法により実施する。 ・被災調査においては、写真及びビデオを活用する。 ・被災調査にあたっては、既存の地形地盤資料や施設の建設時の図書等を有効に活用する。	余震発生中の調査も踏まえた調査段階ごとの調査項目及び報告書の書式。
④情報の連絡及び広報	複雑な指揮命令・情報連絡や、支援自治体職員の交代時に正確な情報伝達が行えなかったことから、調査の引継ぎや任務分担に混乱を生じる結果となった。また、通信機器の不足や設置に時間を要したことで、情報連絡・収集に不具合を生じた。	**「1997 年マニュアル」** ・情報収集・伝達を行う窓口を一本化する。 ・情報メモの様式・記載要領を整備する。	マニュアルに準拠した窓口の設置や情報メモ。 災害時の通信手段としての災害時優先電話・無線等の確保。
⑤下水道使用制限への対応	各自治体の下水道使用制限の周知徹底方法として、防災無線による呼びかけ、ホームページへの掲載、各家庭への文書配布・広報、避難所での説明、FM 放送を用いた呼びかけ等を行ったが、その周知ができたかどうかを把握できなかった。	**「1997 年マニュアル」** 水域の水質汚濁が問題となるような場合には、節水の依頼、水洗トイレの使用制限及び給水制限等を行う可能性がある旨を住民に事前に広報しておく。	住民に対する確実な周知方法、周知体制およびその検証。
⑥震災訓練	―	**「1997 年マニュアル」** 震後の迅速な復旧を図るため、震災訓練の計画を立て、実施する。	マニュアル内容の周知徹底を図るとともに、被害の把握から復旧までのスピードアップが図れる手順書（コンパクトでわかりやすいもの）の作成。
⑦復旧にあたっての汚水処理施設相互間の連携のあり方	集落排水施設の被害調査・復旧体制の整備が遅れた。	―	被害調査や応急復旧にあたっての集落排水等の他の汚水処理施設との連携。
⑧し尿対策	・仮設トイレの大半は、和式トイレであり、高齢者や要介護者への配慮が望まれた。 ・仮設トイレが非衛生であると避難住民からの苦情があった。	**「1997 年マニュアル」** ・仮設トイレ及びバキューム車を平常時から確保しておく必要がある。 ・仮設トイレの使用	マンホールトイレの設置、市民部局との事前調整及び周辺市町村の関係部局との連携。

備考：　「1997 年マニュアル」:「下水道地震対策マニュアル」（日本下水道協会）、　「ルール」:「下水道事業における災害支援に関するルール」（日本下水道協会）