

3.2 管路の被害状況とその要因・課題


3.2.1 調査にあたって（留意事項）

本調査では災害査定資料を利用して、実際に管路システムが受けた被害状況を整理し、要因について考察した。この手法は具体的な被害を観察できる点で優れているが、一方で、地震被害の全容を把握するうえでは一定の限界もある。この点について以下に示す。

1) 水道管路の被害と機能喪失の関係

水道管路システム全体の機能の耐震化を考える上では、管路が受けた被害と水道システム全体の通水機能喪失の関係性を考える必要がある。このような視点から、管路システムの受ける被害とその認知の関係性を表 3.42 に整理した。

表 3.42 水道管路の機能喪失レベルの整理

被害レベル	被害程度	離脱破損状況	発見の難易	一次被害 (水道管路としての機能の維持)	二次被害 (水道以外への波及的被害)	復旧の必要度	備考
0		被害なし	不要	被害なし	被害なし		 災害査定資料に計上されている範囲
1	健全・軽微	軽微な被害、緩んでいるが漏水はない	ほぼ不可能	管路としての機能喪失はないが、次の地震時等に弱点になるため対策が推奨される。	被害なし	本復旧時に修繕すべき	
2	中程度	軽微な被害、わずかだが漏水	音聴等の漏水検知がないとわからない	漏水があっても一応水道管としては使える。	被害なし	本復旧時に修繕すべき	
3		ある程度の漏水程度の緩み、給水管の小破損等	地上での漏水、あるいは通水復帰時に水圧異常低下等	漏水があっても一応水道管としては使える。	地上で水濡れが見られる場合がある。	できるだけ応急復旧すべき	
4	重大	完全に離脱	地上で顕著な漏水等が見られる	漏水地点で管内の水が失われるため管としての機能を喪失している。	地上で水濡れが見られる。	すべての被害箇所での応急復旧が必要	
5		大幅に離脱及び破損数十センチ外れているようなケースもある。	地上で顕著な漏水、二次被害	漏水地点で管内の水が失われるため管としての機能を喪失している。	地盤の流動等により完全に管の位置が動いており、道路陥没等の原因となって二次被害に達するおそれがある。	すべての被害箇所での応急復旧が必要	

地震による管路の被害を考える場合、まずはその被害が管網としての通水機能を損なう程度に至っているかが重要である。上表のレベル4や5の被害は、水道のネットワークシステムが機能を失っていることを意味し、復旧対応がなければ水供給そのものが停止している状態

態であり、このような状態を回避することが耐震化の第一義的な目標である。このためには、影響範囲が広く復旧に時間がかかりやすい、主要幹線や制御弁類等が地震後においても通水機能や開閉機能を維持していることが重要である。

これに対して、上表のレベル2や3は、ある程度の漏水があっても通水能力が残っているため、水道システム全体として見れば、水の供給が一応は可能な状態である。漏水を長期的に放置することは許されないが、特に非常時においては、末端まで水を供給できる機能が残っていることは極めて大きな意味をもっている。

逆に、被害がレベル2で微小の場合は被害の検出が難しく、発見のためには音聴調査等の漏水探知が必要となる。応急復旧段階では被災として認識されない可能性が高いが、中長期的には漏水等により水道システムの機能を低下させるため、地震被害の範囲には含まれるべきである。今回の震災では、ごく一部の事業者でレベル2程度の被害に対して検知活動を行っているが、被害として認識されているのは基本的にはレベル3～5である。したがって、地上で発見できないレベル1～2のような軽微な漏水については、災害査定資料には基本的に含まれておらず、被害状況を把握することはできない。

また路線単位で管路を更新しているものもあるが、これらについては被害箇所が特定されていないため被害状況を把握することは困難である。

このような更新区間については、地震のみが被害の原因ではなく、管路の材質等の脆弱さや老朽化が被害の基礎的要因であると考えられる。

2) 災害査定資料を利用した調査の特徴と限界

災害査定資料は個別の災害例を把握する上では現場に近い極めて優れた資料である。しかし、同資料は基本的に修繕に要した費用の補助を申請するためのものであるため、修繕方法については掲載されているものの、被害状況等の情報（破損状況、破損位置、修繕前の管の正確な種別等）は必ずしも示されていない。さらに、掲載内容は水道事業者によって相当のレベル差があり、品質の差が大きい。

そこで、本調査では、被害内容の判定を、災害査定資料における被害状況説明、災害現場写真、設計書、管路図のほか、当該事業者の一般的な使用材料の類推も合わせて行い、なるべく「不明」に該当する分類を削減するように努めている。

しかしながら、以下のようなケースでは被害内容を詳細に把握することはできていない。したがって被害状況を一定のレベルで把握するための資料としては限界がある。

①道路崩壊など広い範囲の被害のケースでは管の被害箇所を特定できない場合がある。このような場合は路線単位で被害を抽出しているが、管体や付属設備の被害分析にデータを反映させていない。被災箇所数の把握にあたっては留意する必要がある。

②津波被害地区については、がれきに埋まっていて、管の復旧が行われておらず、被害状況を把握できない場合がある。このような場合は、被害の存在を把握するため、通水区間拡大のための管理用のバルブ設置工事であっても被害箇所として抽出し集計を行っている。

③上記のような場合でなくても、長いスパンの路線単位で管路が破損した場合に破損内容を特定せず全面更新をしている例がある。この場合は被害箇所情報は正確には記載されていない。特に既設管が ACP 等の老朽管の場合、効果的な修繕の方法が基本的にないために全面更新になっている場合がある。

④ボックスカルバートの下部に布設されている管路等、漏水箇所の特定や復旧工事が困難な箇所については、管の被害の内容を把握できない場合がある。

⑤仕切弁や空気弁等の被害については、分解清掃点検のみを行なっていて、その場合本管口径等の数値が災害査定資料に示されていないケースが多かった。これについては図面などから調べて可能な限り本管口径を記載した。

⑥災害査定の申請を行わず自己負担で修繕している場合は災害査定資料に掲載されていない。

⑦写真を含む各種資料を多面的に見て被害状況を判断するように努めた。工事記録において、既設管種等の誤記（例えば CIP を DCIP と記載する等）が写真により確認できた場合、それを修正した。一方で、写真がなかったり不鮮明などにより写真では被害内容の判断が困難な場合は工事記録の記述を尊重した。

3) 地震被害の要因

地震による管路の被害は、地震という外的要因と、管の状況という内的要因の双方でま

る。地震に起因する外的要因には、地震動のほか地震動による道路崩壊、液状化、津波による道路崩壊などがあり、さらにこれらは複合に影響を与えることもある。さらに、今回の地震による空気弁の破損状況（フロート弁体の破損、異物の挟み等）は、管内水圧の急変が要因になっていると考えられる。管路は水道施設のなかでも特に面的に広がりをもっており、被害は管路位置における地震動、液状化等の状況に大きな影響を受ける。

また、地震被害を決定づける内的要因は、管の材質、継手形式、部位等といった管自体の要因だけでなく、埋設条件、施工方法、施工精度等、管の施工要因もあると考えられる。

3.2.2 管路の被害状況の概要

災害査定資料から抽出された被害の全容を表 3.43 に示す。ただし、前述のとおり、災害査定資料は復旧内容を申請するための資料であり、必ずしも被害箇所情報が明示されていない。さらに、津波や道路崩壊、液状化等で一連の管路が被災した場合等において、被害箇所を特定しない状態で路線すべてを更新している場合も多い。本調査ではなるべく管の部位や材料ごとの被災箇所の把握に努めたが、それが判明しない場合は、災害査定に申請された路線を一単位として要因別の被災状況を整理した。

表 3.43 管路被害の確認方法と被害箇所数

区分		単位	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	栃木県	埼玉県	千葉県	新潟県	長野県	合計		
埋設管	①一般的な地震被害部	導送配水管 (φ50以上)	管体部、継手部等	箇所	116	2,229	1,356	1,210	29	0	719	43	20	5,722 (42.1%)
			空気弁、仕切弁、消火栓等の付属設備	箇所	6	463	255	171	0	0	30	5	1	931 (6.9%)
		小計	箇所	122	2,692	1,611	1,381	29	0	749	48	21	6,653 (49.0%)	
	給水管 (φ50未満)	管体部、継手部等	箇所	15	1,942	2,406	868	0	0	22	29	4	5,286 (38.9%)	
		サドル分水栓	箇所	2	269	327	77	0	0	1	2	0	678 (5.0%)	
		止水栓、メーター廻りの付属設備	箇所	8	336	534	90	0	0	0	0	0	968 (7.1%)	
		小計	箇所	25	2,547	3,267	1,035	0	0	23	31	4	6,932 (51.0%)	
	計	箇所	147	5,239	4,878	2,416	29	0	772	79	25	13,585 (100.0%)		
	②液状化・地盤崩落部	路線	10	78	122	115	0	0	14	1	0	340		
	③津波部	事案	45	231	124	0	0	0	0	0	0	400		
④その他分類不能、不明	件	4	133	15	28	0	0	1	0	3	184			
計	件	206	5,681	5,139	2,559	29	0	787	80	28	14,509			
水管橋・橋梁添架管	地震被害、液状化・地盤崩落部	件	8	64	113	43	0	0	2	0	0	230		
	津波部	件	23	62	10	0	0	0	0	0	0	95		
	計	件	31	126	123	43	0	0	2	0	0	325		
海底送水管	津波部	件	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6		
合計	件	237	5,813	5,262	2,602	29	0	789	80	28	14,840			

注) ※資料：災害査定資料

※①一般的な地震被害部は、基本的に被害箇所を特定した箇所で、管路の漏水を発見し、水道管の復旧を行なっている。なお、一部ではあるが、津波による被害と思われる箇所でも、被害箇所が特定されたものは、この分類に含める。

※②液状化・地盤崩壊部数は、十メートルから数百メートルの一連の路線が道路ごと崩壊あるいは大規模に液状化した箇所で、被害箇所を特定せずに布設替えするなどの復旧を行っており、路線数で計上している。

※③津波部は、津波による広域的な破壊、道路の流出等がみられた箇所で、事案数で計上。

※（ ）は被害箇所が特定されている「①一般的な地震被害部」の合計13,585箇所に対する比率。

災害査定資料から抽出された被害箇所数は埋設管が 14,509 箇所、水管橋、橋梁添架管が 325 箇所、海底送水管が 6 箇所、全体で 14,840 箇所である。

埋設管被害については管路・付属設備の被害箇所が把握できたのは 13,585 箇所である。このほか、液状化等により被害箇所が特定されず路線単位で更新された路線が 340 箇所、津波等により被害路線が特定されず路線単位で復旧を行った査定案件が 400 事案、その他分類不能なものが 184 箇所各々抽出され、合計は 14,509 箇所となった。

このうち、被害箇所が確認できた管路被害については、導送配水管の被害は管体部と付属設備部をあわせて 6,653 箇所 (49.0%)、給水管の被害は 6,932 箇所 (51.0%) で、給水管部は被害件数が大きく、水道の地震対策を考える上での重要性が示された。

次に、導送配水管の被害を表 3.44 に示す。

表 3.44 導送配水管の管種・継手形式別口径区分別被害箇所数

単位:箇所

	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	口径不明	計	備考
ダクタイル鋳鉄管 (耐震継手)					1				1	*1
ダクタイル鋳鉄管 (耐震継手以外)		332	372	405	330	255	47		1,741	
鋳鉄管		52	62	97	50	39	3		303	
鋼管 (区分不明)	66	60	32	55	25	32	37		307	*2
硬質塩化ビニル管 (RR ロング継手)		8	2						10	*3
硬質塩化ビニル管 (RR 継手)	157	320	240	110	12	2			841	
硬質塩化ビニル管 (TS 継手)	857	434	325	110	3			7	1,736	
硬質塩化ビニル管 (区分不明)	126	91	44	24	4			1	290	
石綿セメント管	27	121	85	83	28	6			350	
ポリエチレン管 (融着継手)	1	2							3	*4
ポリエチレン管 (冷間継手)	13	1							14	
異種管接合部、漏水修繕部	49	23	19	15	3				109	
管種不明	4	3	5	3	1		1		17	
設備部 (空気弁、仕切弁等の付属設備)	92	206	156	110	54	78	66	169	931	
計	1,392	1,653	1,342	1,012	511	412	154	177	6,653	

注) ※資料: 災害査定資料

※硬質塩化ビニル管は、耐衝撃性のものの被害箇所数を含む。

*1 NS 継手管路の離脱被害(φ200mmの1箇所(登米市))は、現地にて施工不良が主因であると確認された。

*2 鋼管の被害には、ねじ込み継手鋼管およびステンレス管とともに伸縮可とう管の離脱の被害を含み、また、腐食が誘因と考えられる被害を含む。

鋼管の溶接継手と考えられるφ250mm以上の管路の被害箇所数は、φ250mm~700mmが62箇所、φ800mm~は9箇所である。φ700mm以下の鋼管は外面のみからの溶接となり、古い管は現在のような溶接方法(裏波溶接棒を使用した溶接)等を行っていなかったため、被害が多かったと考えられる。φ800mm以上の被害は、伸縮可とう管からの漏水が4箇所、継手破損が5箇所であった。

*3 硬質塩化ビニル管(RR ロング継手)の被害(10箇所)は、すべて液状化発生地域(鹿嶋市)で確認された。

*4 ポリエチレン管(融着継手)の被害(3箇所)は、すべて津波による被害と確認された。

導送配水管で最も被害が多いのはダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）の1,741箇所、硬質塩化ビニル管（TS継手）の1,736箇所である。これは、両者の施工実績が多く、布設されている延長が長いと考えられ、管種別等の耐震性を把握するためには布設延長あたりの被害箇所数（被害率）を求めて評価する必要がある（被害率については3.2.3の1）(1)ア)管種・継手形式別の被害分析」において検討）。

ダクタイル鋳鉄管（耐震継手）、鋼管（溶接継手）、硬質塩化ビニル管（RRロング継手）、ポリエチレン管（融着継手）は、被害箇所数が数箇所と非常に少ないことが確認できた。

また、仕切弁類、空気弁等を中心に付属設備の被害も多い。管路システムの耐震化にあたっては、管体部だけでなく、弁類などの付属設備の耐震化が重要である。

次に給水管の被害状況を表3.45に示す。ここで抽出した被害は、配水管分岐で用いるサドル分水栓から給水メーターの手前までの範囲である。

表 3.45 給水管の管種・継手形式別口径区分別被害箇所数

単位:箇所

	10-20	25-30	40	計
鋼管（ねじ込み継手）	67	69	21	157
硬質塩化ビニル管（TS継手）	2,352	1,328	522	4,202
ポリエチレン管（冷間継手）	297	64	18	379
銅管	19	4	0	23
鉛管	303	43	4	350
異種管接合部、漏水修繕部	13	12	7	32
管種不明等	112	25	6	143
サドル分水栓	678 *1			678
付属設備（止水栓、メーター回りの付属設備）	829	106	33	968
計	3,992	1,651	611	6,932

注) ※資料：災害査定資料

※鋼管（ねじ込み継手）にはステンレス管も含む。

*1 サドル分水栓の被害箇所数は、口径別の計には含まない。

給水管の被害で多いのは、硬質塩化ビニル管（TS継手）の4,202箇所である。導送配水管と同様であるが、給水管について管種別の耐震性を把握するために、給水戸数あたりの被害箇所数（被害率）を求めて評価する（被害率については、3.2.3の3）(1)「ア)管種別の被害分析」において検討）。また、サドル分水栓の破損は678箇所が確認されている。付属設備の破損は968箇所となっており、管体の材質だけでなく、付属設備の被害について対策を考慮する重要性が示唆されたものと考えられる。

災害査定資料から水管橋・橋梁添架管の被害を抽出したものを表 3.46 に示す。なお、水管橋・橋梁添架管としての被害には、露出部である上部工のほか、橋台部等の下部工、さらに一般管路との連絡部の埋設管における被害を含んでいる。

表 3.46 水管橋・橋梁添架管の被害箇所数

単位：箇所

種別	津波の影響なし, 不明	津波の影響あり			計	
		津波の被害あり	津波により流出	小計		
水管橋	鋼管	83	15	11	26	109
	ダクタイル鋳鉄管	3	2	1	3	6
	ポリエチレン管 (融着継手)			3	3	3
	その他	2			0	2
	不明	3			0	3
	小計	91	17	15	32	123
橋梁添架管	鋼管	122	33	18	51	173
	ダクタイル鋳鉄管	8	2		2	10
	ポリエチレン管 (融着継手)		1	8	9	9
	不明	1		1	1	2
	その他	3			0	3
	小計	134	36	27	63	197
不明	鋼管	2			0	2
	その他	3			0	3
	小計	5	0	0	0	5
計	230	53	42	95	325	

注) ※資料：災害査定資料
 ※鋼管にはステンレス管も含む。

3.2.3 地震動、地盤崩落、液状化による被害

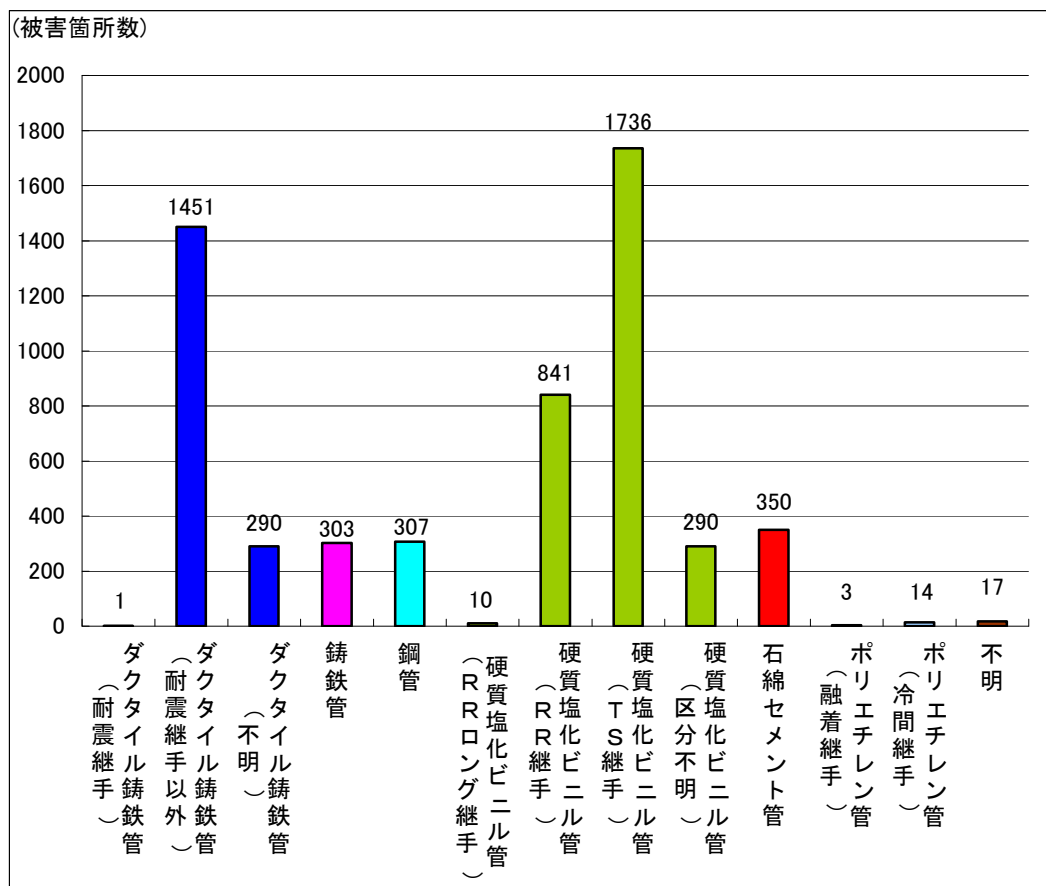
1) 導送配水管

(1) 被害状況

ア) 管種・継手形式別の被害分析

災害査定資料による管体の管種・継手形式別被害箇所数は、図 3.21 のとおりである。

硬質塩化ビニル管の被害が 2,877 箇所、ダクトイル鋳鉄管の被害が 1,742 箇所となっている。鋼管は 307 箇所、ポリエチレン管は 17 箇所であり、耐震性が低いとされる鋳鉄管は 303 箇所、石綿セメント管は 350 箇所となっている。



注) ※資料：災害査定資料

※硬質塩化ビニル管は、耐衝撃性のものの被害箇所数を含む。

*1 NS 継手管路の離脱被害(φ200mmの1箇所(登米市))は、現地にて施工不良が主因であると確認された。

*2 鋼管の被害には、ねじ込み継手鋼管およびステンレス管とともに伸縮可とう管の離脱の被害を含み、また、腐食が誘因と考えられる被害を含む。

鋼管の溶接継手と考えられるφ250mm以上の管路の被害箇所数は、φ250mm~700mmが62箇所、φ800mm~は9箇所である。φ700mm以下の鋼管は外面のみからの溶接となり、古い管は現在のよう溶接方法(裏波溶接棒を使用した溶接)等を行っていなかったため、被害が多かったと考えられる。φ800mm以上の被害は、伸縮可とう管からの漏水が4箇所、継手破損が5箇所であった。

*3 硬質塩化ビニル管(RR ロング継手)の被害(10箇所)は、すべて液状化発生地域(鹿嶋市)で確認された。

*4 ポリエチレン管(融着継手)の被害(3箇所)は、すべて津波による被害と確認された。

図 3.21 導送配水管の管種・継手形式別被害箇所数

図 3.21 の被害箇所より管種別に被害率を求めたものを、表 3.47、図 3.22 に示す。本来は、管種・継手形式別で被害率を算出することが望ましいが、東日本大震災は被災事業者が多く、管種・継手形式別の管延長を集計することが困難であるため、被害率は管種別に求めた。

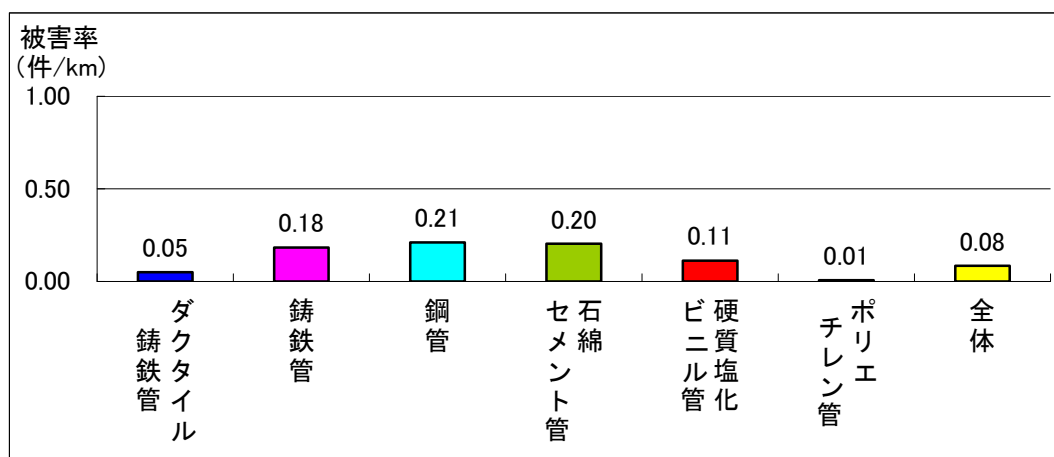
なお、導送配水管の延長は、災害査定を受けた 116 事業者について平成 21 年度の水道統計および簡易水道事業年報より管種別に管延長を集計し、被害率は被害箇所数を管延長で除して算出した。

管路の被害率は全体では 0.08 箇所/km であり、鋼管が 0.21 箇所/km、石綿セメント管 0.20km/箇所、铸铁管 0.18 箇所/km、硬質塩化ビニル管 0.11 箇所/km、ダクトイル铸铁管 0.05 箇所/km、ポリエチレン管 0.01 箇所/km となっている。

表 3.47 管種別被害率

	被害箇所数 (箇所)	管延長 (km)	被害率 (箇所/km)
ダクトイル铸铁管	1,742	34,582	0.05
铸铁管	303	1,664	0.18
鋼管	307	1,439	0.21
石綿セメント管	350	1,720	0.20
硬質塩化ビニル管	2,877	25,514	0.11
ポリエチレン管	17	2,494	0.01
その他	126	865	—
計	5,722	68,277	0.08

注) ※資料：災害査定資料、平成 21 年度の水道統計および簡易水道事業年報
 ※その他の被害箇所数は、異種管接合部、漏水修繕部、管種不明の被害の合計である。
 管延長は、水道統計等のその他管(管種が不明なもの)延長である。
 ※ダクトイル铸铁管については継手形式別の被害率の算出が可能である。
 耐震継手の被害率は 0.00 箇所/km、耐震継手以外の被害率は 0.06 箇所/km である。



注) ※資料：災害査定資料、平成 21 年度の水道統計および簡易水道事業年報
 ※ダクトイル铸铁管については継手形式別の被害率の算出が可能である。
 耐震継手の被害率は 0.00 箇所/km、耐震継手以外の被害率は 0.06 箇所/km である。

図 3.22 管種別被害率

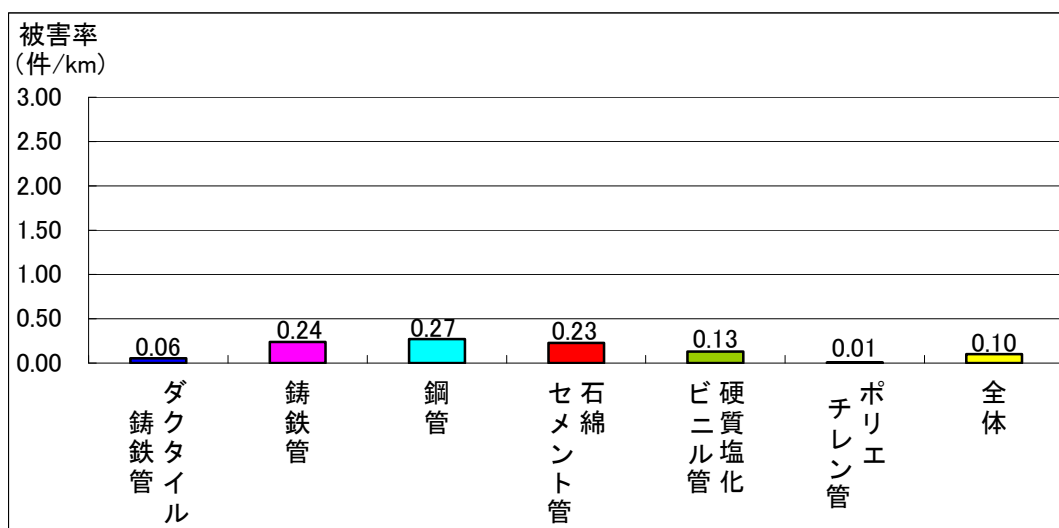
次に過去の地震による被害率と比較するために、最大震度 6 弱以上の水道事業について被害率を算出した結果を表 3.48、図 3.23 に示す。

図 3.24 に示す過去の地震による管種・継手形式別被害率と比較すると、本地震の被害率は全体的に低く、比較可能な管種については、铸铁管は 0.24 箇所/km(阪神・淡路大震災の 5 割)、ダクタイル铸铁管は 0.06 箇所/km(同 4 割)、石綿セメント管は 0.23 箇所/km(同 1 割弱)となっている。

表 3.48 震度 6 弱以上の事業体を対象とした管種別被害率

	被害箇所数 (箇所)	管延長 (km)	被害率 (箇所/km)
ダクタイル铸铁管	1,133	20,580	0.06
铸铁管	296	1,247	0.24
鋼管	284	1,062	0.27
石綿セメント管	266	1,172	0.23
硬質塩化ビニル管	2,553	19,855	0.13
ポリエチレン管	15	2,082	0.01
その他	111	578	—
計	4,658	46,577	0.10

注) ※資料：災害査定資料、平成 21 年度の水道統計および簡易水道事業年報
 ※その他の被害箇所数は、異種管接合部、漏水修繕部、管種不明の被害の合計である。
 管延長は、水道統計等のその他管(管種が不明なもの)延長である。
 ※ダクタイル铸铁管については継手形式別の被害率の算出が可能である。
 耐震継手の被害率は 0.00 箇所/km、耐震継手以外の被害率は 0.06 箇所/km である。



注) ※資料：災害査定資料、平成 21 年度の水道統計および簡易水道事業年報
 ※ダクタイル铸铁管については継手形式別の被害率の算出が可能である。
 耐震継手の被害率は 0.00 箇所/km、耐震継手以外の被害率は 0.06 箇所/km である。

図 3.23 震度 6 弱以上の事業体を対象とした管種別被害率

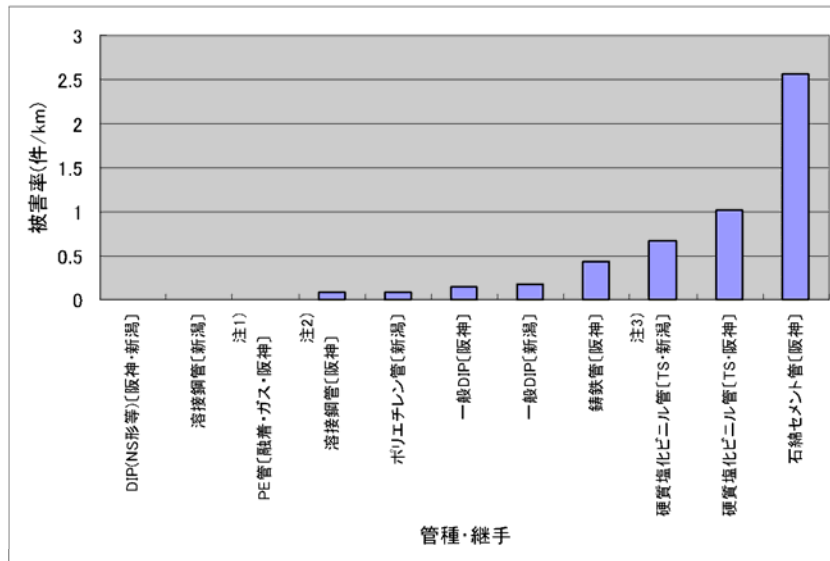


図3 管種・継手と被害率との関係（阪神・淡路大震災、新潟県中越地震）^{1）、3）}
（阪神・淡路大震災は、神戸市等7市町の値）

注1) 配水用ポリエチレン管は耐震性を判断する被災事例が少ないため、ここでは参考にガス管の事例を記載した。また、ガス用のポリエチレン管は、水道配水用ポリエチレン管とは材質が異なる中密度のポリエチレン管であり、高密度である水道配水用ポリエチレン管に比べると伸びが大きい⁴⁾。また、ガス用としては、阪神・淡路大震災当時は低圧用(0.1MPa未満)として用いられており(2003年以降でも0.3MPa以下に限定)、一般的な水道用の内圧(0.75MPa)に比べるとかなり小さい。したがって、ガス用と水道配水用ポリエチレン管は材質、使用条件に差があることに注意を要する。

注2) 溶接鋼管(阪神)のデータについては、溶接鋼管が地盤変状の大きい場所に設置された水管橋を中心に使用されていたため、結果として被害率が高くなっている。一般埋設部に布設された他の管種との比較には注意を要する。

注3) 新潟中越地震の被害率は、小千谷市におけるデータである。

(引用：平成18年度管路の耐震化に関する検討会 報告書 平成19年3月 厚生労働省)

図 3.24 過去の地震による管種・継手形式別被害率

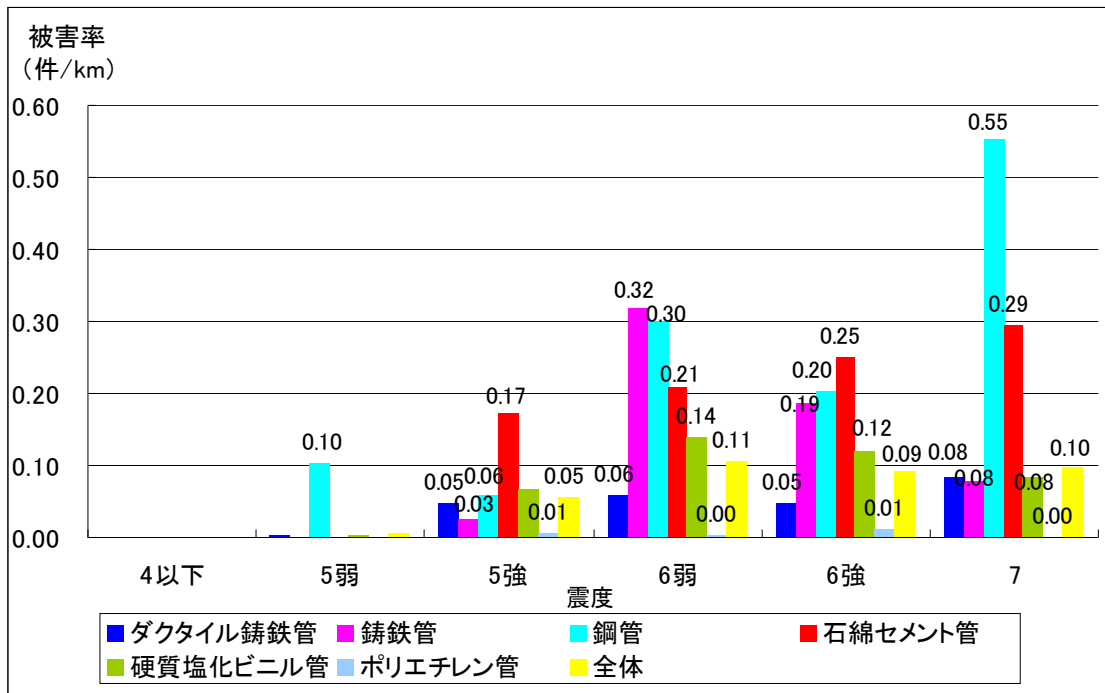
1) 震度別の被害分析

導送配水管の震度別の管種別被害率を算出した結果を表 3.49、図 3.25 に示す。ここで、震度5弱で鋼管の被害率が0.1箇所/kmとなっているが、災害査定資料等を確認した結果、対象管路延長が39kmと短い中、耐震性の低い小口径(φ50mm、φ75mm)のねじ込み継手鋼管が4箇所被害を受けたためである。これを除くと、鑄鉄管や鋼管、硬質塩化ビニル管は概ね震度6弱から被害率が高くなる傾向にあるが、石綿管は震度5強から被害率が高くなっている。

表 3.49 震度別の管種別被害率

震度	管種	被害箇所数 (箇所)	管延長 (km)	被害率 (箇所/km)
4以下	ダクタイル鋳鉄管	0	155	0.00
	鋳鉄管	0	5	0.00
	鋼管	0	9	0.00
	石綿セメント管	0	36	0.00
	硬質塩化ビニル管	0	216	0.00
	ポリエチレン管	0	1	0.00
	その他	0	25	—
	全体	0	447	0.00
5弱	ダクタイル鋳鉄管	2	1,042	0.00
	鋳鉄管	0	133	0.00
	鋼管	4	39	0.10
	石綿セメント管	0	24	0.00
	硬質塩化ビニル管	2	560	0.00
	ポリエチレン管	0	58	0.00
	その他	0	16	—
	全体	8	1,873	0.00
5強	ダクタイル鋳鉄管	607	12,804	0.05
	鋳鉄管	7	280	0.03
	鋼管	19	328	0.06
	石綿セメント管	84	487	0.17
	硬質塩化ビニル管	322	4,882	0.07
	ポリエチレン管	2	352	0.01
	その他	15	246	—
	全体	1,056	19,379	0.05
6弱	ダクタイル鋳鉄管	748	12,726	0.06
	鋳鉄管	155	487	0.32
	鋼管	188	624	0.30
	石綿セメント管	153	734	0.21
	硬質塩化ビニル管	1,559	11,278	0.14
	ポリエチレン管	4	991	0.00
	その他	92	390	—
	全体	2,899	27,230	0.11
6強	ダクタイル鋳鉄管	366	7,622	0.05
	鋳鉄管	140	748	0.19
	鋼管	84	416	0.20
	石綿セメント管	92	367	0.25
	硬質塩化ビニル管	923	7,739	0.12
	ポリエチレン管	11	1,035	0.01
	その他	17	133	—
	全体	1,633	18,059	0.09
7	ダクタイル鋳鉄管	19	232	0.08
	鋳鉄管	1	13	0.08
	鋼管	12	22	0.55
	石綿セメント管	21	72	0.29
	硬質塩化ビニル管	71	838	0.08
	ポリエチレン管	0	56	0.00
	その他	2	55	—
	全体	126	1,288	0.10

- 注) ※資料：災害査定資料、平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報
 ※各管種とも平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報より全ての継手形式を合計した延長である。
 ※その他の被害箇所数は、異種管接合部、漏水修繕部、管種不明の被害の合計である。管延長は、水道統計等のその他管(管種が不明なもの)延長である。
 ※震度7は栗原市のみ。
 ※ステンレス管は、鋼管に含む。

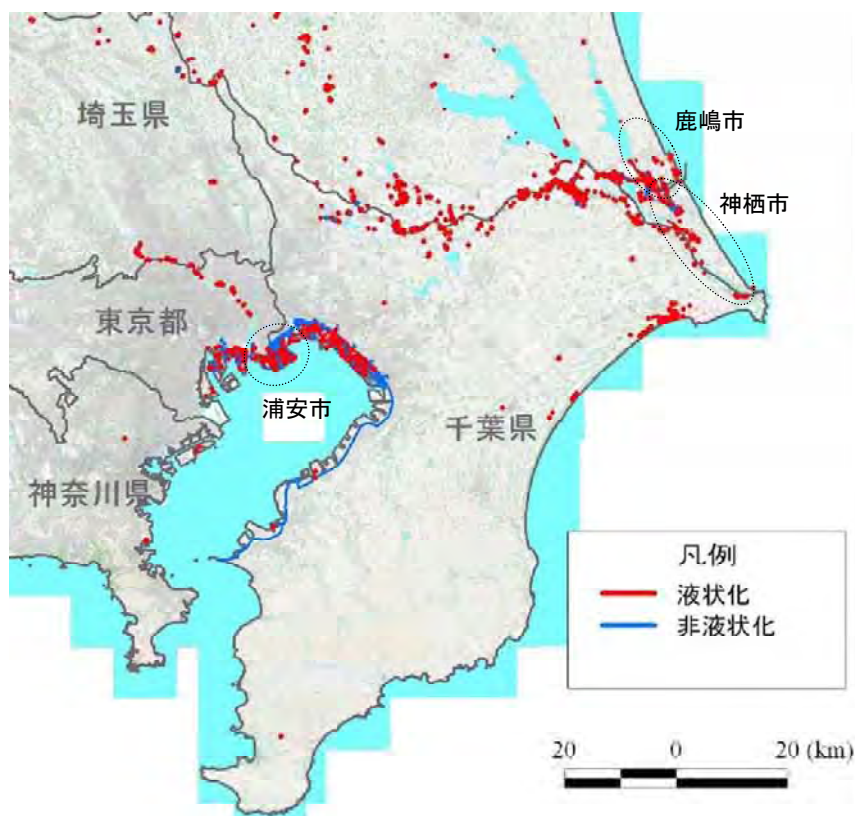


注) ※資料：災害査定資料、平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報
 ※各管種とも平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報より全ての継手形式を合計した延長である。
 ※震度7は栗原市のみ。
 ※ステンレス管は鋼管に含む。

図 3.25 震度別の管種別被害率

ウ) 液状化地盤別の被害分析

今回の広域に及ぶ管路被害の中で、特に液状化発生地域において著しい管路被害が生じた。そのため、地盤の液状化調査結果が得られている関東地方の中から、液状化被害が顕著であった茨城県鹿嶋市、神栖市、千葉県浦安市を対象として液状化による管路の被害状況を分析する。



出典: 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の地盤解明
(国土交通省関東地方整備局、公益社団法人 地盤工学会)

図 3.26 関東地方の液状化発生箇所の分布

表 3.50 に茨城県鹿嶋市、神栖市及び千葉県浦安市並びにこれらの地域と同じ震度であったすべての被災事業体について、比較分析が可能なダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）の被害率を求めて比較した。

給水区域の液状化危険度が大きい神栖市と鹿嶋市について、震度 5 強の神栖市の被害率は同震度の被災事業体全体の約 5 倍となっており、震度 6 弱の鹿嶋市の被害率は同震度の被災事業体全体の約 8 倍となっている。

また、給水区域の液状化危険度が極めて大で、大規模の液状化が発生した浦安市の被害率は、震度 5 強の被災事業体全体の被害率の約 32 倍となっている。

これらから液状化による管路被害は非常に大きいといえる。

表 3.50 ダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）被害率の比較

	給水区域の 液状化危険度*1	管延長 (km)	被害箇所数 (箇所)	被害率 (箇所/km)	備 考
震度5強の 被災事業体	—	11,880	607	0.051	①
震度6弱の 被災事業体	—	11,886	748	0.063	②
茨城県神栖市（震度5強）	大	389.2	101	0.26	①の5倍
茨城県鹿嶋市（震度6弱）	大、無	278.8	146	0.52	②の8倍
千葉県浦安市（震度5強）*2	極めて大	195.4	320	1.64	①の32倍

注) ※震度別の被災事業体の被害率は、災害査定資料をもとに算出した。

*1 極めて大：埋立地等

大：自然堤防、旧河道、砂州等

小：任地、扇状地等

無：台地、丘陵地、山地

※工業地域、田畑を除く。

*2 千葉県水道事業のうち浦安市分を抽出し整理した。

I) 表層地盤分類別の被害分析

管路の被害状況を地盤（表層地盤分類）別に把握する。

対象地区は震度6強、7の地区を含む図3.27に示す水道事業体の給水区域とし、災害査定資料より、ダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）の被害位置を表層地盤を分類した地図上にプロットした（図3.28参照）。

なお、表層地盤分類は、Ⅰ（山地・丘陵地）、Ⅱ（台地）、Ⅲ（低地・扇状地）、Ⅳ（自然堤防・旧河道・砂州）、Ⅴ（埋立地・干拓地）とした。

図3.29は耐震適合地盤判定マップ（宮城県）であり、青色部分は地盤が良く、ダクタイル鋳鉄管のK形継手等は耐震適合性が確保され、赤色部分は地盤が悪く、ダクタイル鋳鉄管のK形継手等の耐震適合性が確保されない範囲を示している。

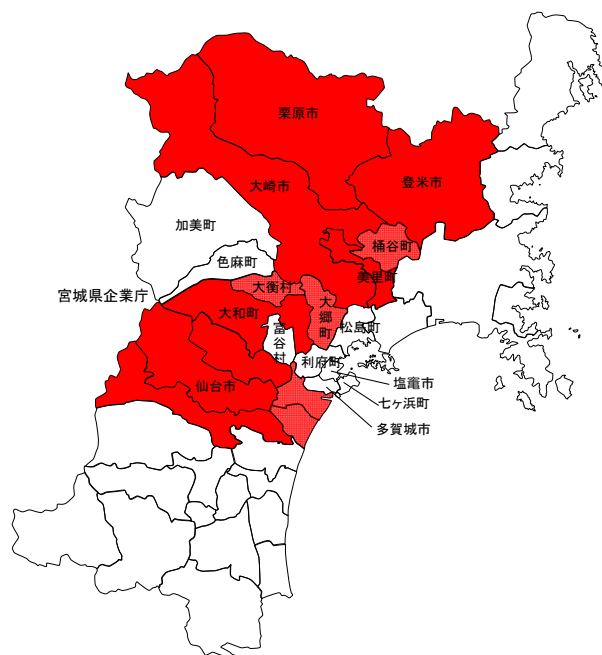


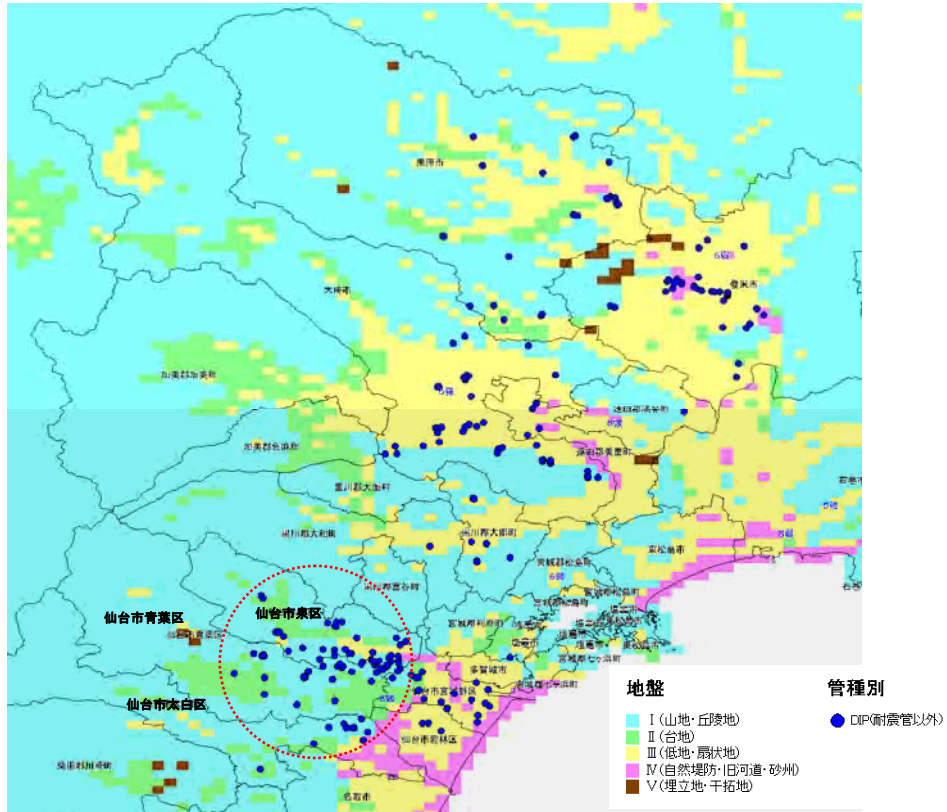
図 3.27 分析対象事業体位置図

ダクタイル鋳鉄管（K形継手等）の耐震適合性がないとされる、Ⅲ. 低地・扇状地では管路被害が多く発生している。なお沿岸部は、Ⅳ. 自然堤防や砂州であり、耐震適合性がない地盤であるが、津波被害地区のため管路の被害状況が確認できていない状況である。

一方、仙台市泉区、青葉区、太白区等では、ダクタイル鋳鉄管（K形継手等）の耐震適合性があるとされるⅠ. 山地・丘陵地、Ⅱ. 台地であるが、被害が多い。

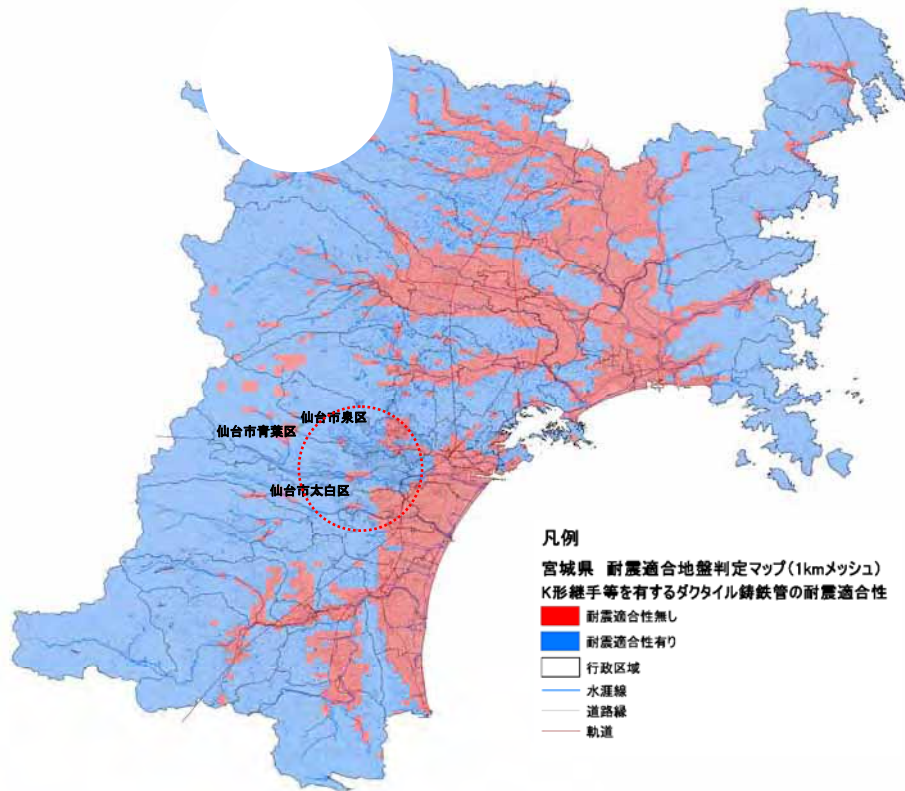
これらの地区は宅地造成地で盛土部も多く、その盛土部や切盛境界部において被害が多く発生したものである。「平成23年（2011年）東日本大震災における管本体と管路附属設備の被害調査報告書 平成24年9月（社）日本水道協会」においてこれらの地区の詳細調査を行っている。

以上より、管路の被害は表層地盤によって左右され、低地、扇状地はダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）の被害は多く、山地・丘陵地・台地についてはダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）の被害は少ないが、造成の状況により盛土部や切盛境界部では被害が発生することが確認された。



注) ※赤点線枠の仙台市泉区、青葉区、太白区は、図 3.29 でダクタイル鋳鉄管(K形継手等)の耐震適合性があるとされる地域であるが、被害が多い。

図 3.28 管路被害位置と地盤分類



(引用：公益財団法人 水道技術研究センター)

図 3.29 耐震適合性地盤判定マップ(宮城県)

(2) 導送配水管の被害の状況分析

災害査定資料から、導送配水管が受ける典型的な被害のパターンを整理し、弱点になりやすい部位とそれぞれの被害の特徴について検討する。

ア) 管路全般

導送配水管のどのような部位が被害を受けやすいのかについて、災害査定資料に掲載された典型的な被害箇所を整理し、イラストに示した。

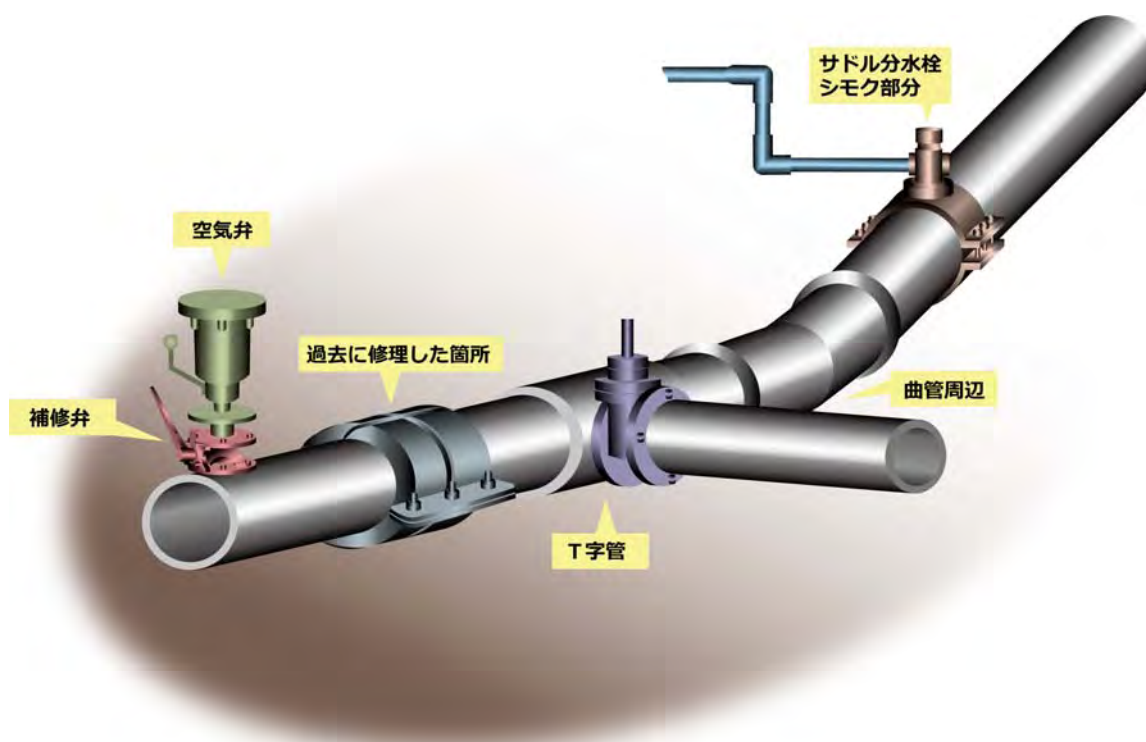


図 3.30 導送配水管の典型的な被害箇所

本管の大部分は直管で構成されており、継手部の被害が多いが管種によっては直管部の折損などの被害もみられる。特に T 字部の分岐下流の管路において仕切弁よりも本管側で被害が発生した場合は、本管の仕切弁も使用して復旧時に管理断水を行う必要があるため、復旧に大きな支障が生ずる。また、仕切弁のほか、空気弁やサドル分水栓部、過去の補修箇所などは、被害を受けやすい箇所であると考えられる。

管の部位ごとの被害状況について、次に整理する。

1) 部位別

【本管部 直管】

管種によっては直管部が被害を受けたケースが顕著にあった。この被害の多くは、老朽化や腐食などによる管の劣化した部分等が地盤変状に追従あるいは抵抗できずに、破損や継手離脱が生じていた。

【曲管・分岐管】

管路は、分岐部や曲がり部の異形部で地震による応力を集中的に受ける場合があり、破損がみられた。同様に、管路と構造物やブロックの取合部は、地震による挙動が異なるので歪みが集中してしまい、管路が破損するケースがみられた。また、T字管の分岐部から下流の仕切弁までの支管の区間の破損がみられたが、復旧にあたっては本管側もバルブを閉止して通水を停止する必要があるため、工事も大がかりになり、管路網の通水機能に対する影響が極めて大きかった。

【伏越や防護工、ドレン管部、離脱防止金具、伸縮可とう管】

コンクリート防護工は水圧による不平均力により管が移動して抜けが生じるのを防ぐためや、浅層埋設時等に管を保護するために行うが、そのコンクリート防護工が管路を固定し、管体自体が地震による応力を受け破損する事態が散見された。また、コンクリート防護工は国道横断部のように本来施工が難しく仮設も難しい場所等で行われており、コンクリート防護により破損箇所が特定しにくく、補修の妨げになる場合もみられた。

ドレン管については、バルブ以降の立ち上がり配管部に力が作用して弁本体、あるいは継手部が破損したケースが多くみられた。

また、離脱防止金具等を使う管種においては、その離脱防止金具を用いていない箇所では地盤の変位が発生し、漏水に至るケースが多くみられた。

可とう管、伸縮管の抜けは水管橋や浄水場内等で目立った。これらはもとより管が変位して被害を受けやすい場所に設置されていることを考慮すべきであるが、想定を超える地盤変状による変位や伸縮により被害を受けているケースは少なくなく、可とう管の設計偏芯量を十分に確保することの重要性が明確になった。

【異種管接続部・補修部】

異種管接続用のジョイント部（ACジョイントやSVジョイント等一連の材料）での離脱が観察された。これまでの耐震化の検討は主として管種別に行われているが、管種が変化する地点は地震時には弱点となっていた。

また、袋ジョイント等で補修した部分の破損も観察された。これは、補修部分が、地震発生以前に破損していた弱点箇所であり、地震の際に再度破壊されたものと考えられる。また、袋ジョイントは基本的には応急復旧材料であり、必ずしも耐震性を有することを求められていない。この種の被害は災害査定資料では明確に記入されていないケースがほとんどであり、正確な状況の把握は困難であり、本調査では写真等で明らかに異種管接合部であるケースを中心に抽出したが、写真等では把握できず、抽出できなかった箇所もあると考えられる。

ウ) 管種別

i) ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)

ダクタイル鋳鉄管 (DCIP) は、耐震継手とそれ以外の継手に大別される。

ダクタイル鋳鉄管の耐震継手は、φ200mmのNS形の離脱被害が1箇所確認されたが、現場確認の結果、施工不良が主因であることが確認された。

ダクタイル鋳鉄管の耐震継手以外の被害構成比率を次表に示す。災害査定資料で抽出されたダクタイル鋳鉄管の被害箇所は1,741箇所であった。

口径別でみると、DCIPは基本的に導送配水管に使用される材料であり、φ75mm以上の小～大口径管に広く使用されている。このため、被害の状況も口径による大きな偏りはみられなかった。また、被害箇所別では継手離脱が最も多く69%であった。継手破損の17%とあわせて86%の被害が継手部に集中していた。

なお、本調査ではボルト腐食が誘因となっているのを含めて接合材が破損しているものについては「継手破損」として整理している。

表 3.51 ダクタイル鋳鉄管の被害構成比率

【DCIP(全種)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	1,741		0	332	371	405	331	255	47	0
計			0%	19%	21%	23%	19%	15%	3%	0%
管体破損 (直管部)	106	6%	0%	1%	1%	2%	1%	1%	0%	0%
管体破損 (異形管部)	9	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	42	2%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%
継手破損	303	17%	0%	3%	4%	4%	4%	3%	1%	0%
継手離脱	1,200	69%	0%	14%	15%	16%	13%	10%	2%	0%
接合部 (不明)	12	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	69	4%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

ダクタイル鋳鉄管の主要な継手形式管路の被害構成比率を表 3.52～表 3.54 に示す。なお、継手形式は受け口で判定するため、受け口の写真がないなど不明なケースは以下に含まない。

表 3.52 A形ダクタイル鋳鉄管の被害構成比率

【DCIP(A)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	382		0	35	99	83	76	88	1	0
計			0%	9%	26%	22%	20%	23%	0%	0%
管体破損 (直管部)	20	5%	0%	0%	1%	2%	2%	1%	0%	0%
管体破損 (異形管部)	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	62	16%	0%	2%	5%	3%	4%	2%	0%	0%
継手離脱	290	76%	0%	5%	20%	16%	14%	20%	0%	0%
接合部 (不明)	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	9	2%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

表 3.53 K形ダクタイトイル鑄鉄管の被害構成比率

【DCIP(K)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	462		0	62	78	81	87	111	43	0
計			0%	13%	17%	18%	19%	24%	9%	0%
管体破損（直管部）	38	8%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	0%
管体破損（異形管部）	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	8	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	138	30%	0%	4%	6%	5%	5%	7%	3%	0%
継手離脱	256	55%	0%	7%	8%	10%	11%	15%	5%	0%
接合部（不明）	4	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
被害内容不明	17	4%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

表 3.54 T形ダクタイトイル鑄鉄管の被害構成比率

【DCIP(T)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	605		0	212	150	154	79	10	0	0
計			0%	35%	25%	25%	13%	2%	0%	0%
管体破損（直管部）	11	2%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（異形管部）	6	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	41	7%	0%	2%	1%	1%	2%	0%	0%	0%
継手離脱	524	87%	0%	30%	22%	22%	11%	2%	0%	0%
接合部（不明）	2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	20	3%	0%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

継手形式では、A形やK形はT形に比べ使用量は多いと考えられるが、被害はT形が多かった。T形の被害はほとんどが継手の離脱であり、K形では継手の破損の割合が高くなり、A形はその中間である。T形は継手部にボルト等の材料を使用していないことから、継手の破損が起きにくいことも考慮すべきであるが、被害のほとんどが継手の抜けである点は特徴的である。

また、T形はφ300mm以上の異形管はなく使用量が少なかったことから、φ300mm以上はK形やA形のほうが多い。なお、フランジ部の被害は原則として弁部等の被害に計上し、ここでは含めていない。



写真 3.8 ダクタイトイル鑄鉄管の継手部の離脱状況（千葉県浦安市）

このほか、被災状況写真等から以下に示すダクトイル鋳鉄管の被害の特徴が観察された。

まず、管材料でみると、短管1号側の特にフランジ側の漏水が目立ったが、継ぎ輪の漏水は見られなかった。これは、柔構造の継ぎ輪と異なり、短管1号は弁等への固定で剛構造となるため、強い力が作用したと考えられる。

接合部位では、ボルトの腐食や継手部に地震による力が働いてボルトが破断し、漏水が発生しているような被害もあった。

ii) 鋳鉄管 (CIP)

鋳鉄管 (CIP) の被害構成比率を次表に示す。使用量にもよるものと思われるが、 $\phi 75\text{mm}$ ～ $\phi 500\text{mm}$ の継手離脱の割合が多い。ダクトイル鋳鉄管と同様に継手の離脱が被害の大部分を占めている。

表 3.55 鋳鉄管の被害構成比率

【CIP】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	303		0	52	62	97	50	39	3	0
計			0%	17%	20%	32%	17%	13%	1%	0%
管体破損 (直管部)	33	11%	0%	3%	3%	3%	1%	1%	0%	0%
管体破損 (異形管部)	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	29	10%	0%	1%	2%	4%	2%	1%	0%	0%
継手離脱	230	76%	0%	13%	15%	25%	12%	10%	1%	0%
接合部 (不明)	8	3%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
被害内容不明	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

iii) 鋼管 (SP/SGP 等)

鋼管 (SP/SGP 等) の被害構成比率を次表に示す。鋼管の接合方法には溶接のほかに小口径用のねじ込み継手があり、接合・溶接部の種類や塗装を中心とした防食の方法も多岐にわたる。これらは特性が全く異なるが、災害査定資料からその区分を見出すことは難しく、各々のカテゴリで整理することには限界がある。

鋼管は大口径管で使用されることが多いため、 $\phi 300\text{mm}$ 以上の被害が一定の割合で見られる点特徴的である。また、鋼管の継手は溶接やねじ込み等で一体化されており継手部の剛性が高いためか、管体破損の割合が41%とやや大きい。

鋼管は一般的に小口径より大口径の使用が多いことを考慮すると、鋼管の被害(率)は小口径は多く、大口径は少ない傾向にあるといえる。この理由としては、口径700mm以下の鋼管は外面のみからの溶接となり、古いものは現在のような溶接方法(裏波溶接棒を使用した溶接)等を行っていなかったためと考えられている。

表 3.56 鋼管の被害構成比率

【SP/SGP】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	307		66	60	32	55	25	32	37	0
計			21%	20%	10%	18%	8%	10%	12%	0%
管体破損（直管部）	106	35%	5%	6%	3%	6%	5%	6%	4%	0%
管体破損（異形管部）	6	2%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%
管体破損（不明）	12	4%	0%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	0%
継手破損	179	58%	16%	12%	6%	12%	2%	3%	7%	0%
継手離脱	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
接合部（不明）	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	4	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

iv) 石綿セメント管（ACP）

石綿セメント管（ACP）の被害構成比率を次表に示す。被害は管体部の被害が多いことが特徴である。ただし、被害状況を見る限り、継手も本管部も同じように被害を受けており、全体が脆弱といえる。

表 3.57 石綿管の被害構成比率

【ACP】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	350		27	121	85	83	28	6	0	0
計			8%	35%	24%	24%	8%	2%	0%	0%
管体破損（直管部）	169	48%	4%	16%	14%	11%	3%	0%	0%	0%
管体破損（異形管部）	4	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	21	6%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	107	31%	0%	11%	7%	8%	3%	1%	0%	0%
継手離脱	48	14%	1%	5%	3%	4%	1%	0%	0%	0%
接合部（不明）	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

石綿管は被災後に部分補修しても全体が老朽化した脆弱な管が多いため、早急な更新が必要である。

v) 硬質塩化ビニル管（VP/HIVP）

硬質塩化ビニル管（VP/HIVP）のVPとHIVPは資料上の判別が難しいうえ、HIVPを使用している事業体においては、HIVPを単にVPと呼称している場合が多い。今回は、工事写真、修繕報告書の内容を基に両者を区分し、整理を行った。また、TS継手とRR継手で大きく耐震特性は異なると考えられるが、継手部の被害写真がない場合、両者の区分は書類を参照するほか、当該市町村が使用している材料で推定するなどした。

硬質塩化ビニル管を耐震性能の優劣でさらに区分すると、RRロング継手とそれ以外の継手（TS継手、RR継手）に大別される。

RRロング継手は、被害を特定することは困難な状況であったが、10箇所の被害（継手離脱）が確認された。これらは、すべて液状化発生地域で確認したものであった。

上述の方法により区分したRR ロング継手を除く硬質塩化ビニル管全体の被害構成比率を求めた結果は次表のとおりである。

被害は継手を中心であるが、とりわけφ150mm以下の口径においてその傾向が顕著となっている。

硬質塩化ビニル管は基本的にφ150mm以下の小口径用の管材であるため、φ200mm以上の口径の被害はほとんど観察されなかった。

表 3.58 硬質塩化ビニル管の被害構成比率

【VP+HIVP(全部)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	2,867		1,140	845	609	244	19	2	0	8
計			40%	29%	21%	9%	1%	0%	0%	0%
管体破損(直管部)	378	13%	5%	4%	3%	2%	0%	0%	0%	0%
管体破損(異形管部)	14	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損(不明)	84	3%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
継手破損	1,329	46%	23%	12%	9%	3%	0%	0%	0%	0%
継手離脱	949	33%	10%	12%	8%	3%	0%	0%	0%	0%
接合部(不明)	31	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	82	3%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

次に、管種別の被害構成比率を表 3.59、表 3.60 に示す。ただし、管種の判別ができなかったものはVPに分類している。

この結果から、HIVPのほうが管体の被害が少なくなっていることがわかる。特に、φ100mm～φ150mmの比較的口径が大きい管において少なくなっている。両管種の使用量も考慮しなければならぬが、HIVPの特性である耐衝撃性の効果が出ていると思われる。

表 3.59 硬質塩化ビニル管(VP)の被害構成比率

【VP(全種 TS+RR)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	2,270		903	631	503	212	14	0	0	7
計			40%	28%	22%	9%	1%	0%	0%	0%
管体破損(直管部)	325	14%	5%	4%	3%	2%	0%	0%	0%	0%
管体破損(異形管部)	8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損(不明)	77	3%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
継手破損	1,099	48%	23%	12%	10%	4%	0%	0%	0%	0%
継手離脱	670	30%	9%	10%	8%	2%	0%	0%	0%	0%
接合部(不明)	17	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	74	3%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

表 3.60 硬質塩化ビニル管（HIVP）の被害構成比率

【HIVP(全種 TS+RR)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	597		237	214	106	32	5	2	0	1
計			40%	36%	18%	5%	1%	0%	0%	0%
管体破損（直管部）	53	9%	4%	3%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
管体破損（異形管部）	6	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	7	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	230	39%	20%	12%	5%	1%	0%	0%	0%	0%
継手離脱	279	47%	14%	18%	10%	4%	1%	0%	0%	0%
接合部（不明）	14	2%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	8	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

続いて、継手別の被害構成比率を表 3.61、表 3.62 に示す。ただし継手が不明なものは除いてある。

TS 継手は接着剤により、受口、挿口を接着させるものであり、継手部の破損が顕著であった。それに対して、RR 継手はゴム輪を利用して、受口、挿口を接合するものであり、継手部が破損する前に離脱している例が多くなっている。

表 3.61 硬質塩化ビニル管（TS 継手）の被害構成比率

【VP+HIVP(TS)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	1,736		857	434	325	110	3	0	0	7
計			49%	25%	19%	6%	0%	0%	0%	0%
管体破損（直管部）	252	15%	6%	4%	2%	1%	0%	0%	0%	0%
管体破損（異形管部）	6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	1,075	62%	32%	14%	12%	4%	0%	0%	0%	0%
継手離脱	341	20%	10%	5%	4%	1%	0%	0%	0%	0%
接合部（不明）	15	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	45	3%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

表 3.62 硬質塩化ビニル管（RR 継手）の被害構成比率

【VP+HIVP(RR)】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	841		157	320	240	110	12	2	0	0
計			26%	54%	40%	18%	2%	0%	0%	0%
管体破損（直管部）	63	11%	2%	3%	4%	2%	0%	0%	0%	0%
管体破損（異形管部）	6	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	52	9%	2%	1%	2%	5%	0%	0%	0%	0%
継手破損	149	25%	5%	10%	7%	2%	0%	0%	0%	0%
継手離脱	544	91%	17%	37%	26%	10%	1%	0%	0%	0%
接合部（不明）	11	2%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	16	3%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料



写真 3.9 硬質塩化ビニル管の被害状況（茨城県神栖町）

また、特徴的な被害として、VP-RR の離脱防止金具が金具ごと離脱している例、さらに金具を継手部（受口）の先端側に設置するタイプの離脱防止金具では、金具が食い込み、継手部（受口）を破損させているようなケースもあった。

vi) ポリエチレン管（PEP）

ポリエチレン管（PEP）は、融着継手と冷間継手に大きく分類され、管材質、継手機能とも大きく異なる。

融着継手は、災害査定資料で確認された範囲では、φ50mm で1箇所、φ75mm で2箇所の計3箇所の被害が確認されたが、いずれも津波による被害であった。このうちφ50mm は管体が黄色であり、ガス用の管を流用したか、あるいはガス管を誤認している可能性がある。また、φ75mm は水管橋接続部であり、水管橋が流出した際に埋設部の管体ごと引き出されて破損したとみられるケースである。

冷間継手の被害構成比率は、表 3.63 に示すとおりである。

冷間継手は基本的にφ50mm 以下の小口径用の材料であるため、それ以上の口径の被害はほとんど観察されない。

表 3.63 ポリエチレン管（冷間継手）の被害構成比率

【PEP（冷間継手）】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	14		13	1	0	0	0	0	0	0
計			93%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（直管部）	5	36%	36%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（異形管部）	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	4	29%	21%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
継手離脱	3	21%	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
接合部（不明）	1	7%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	1	7%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料



写真 3.10 EF 接合管被災部（左側が水管橋流出部）

vii) 異種管接合部、漏水修繕部

災害査定資料の精査を通じて、異種管の接合部や漏水修繕部が地震によって被害を受ける事例が見つかった。このような事例は、これまであまり注目されていなかった点である。口径の大小にあまり左右されていないのもこの被害の特徴である。異種管接続部は挙動の異なる管の接合部に位置していること、また管路の中であまりないことを考慮すると耐震上の弱点になっている。

また、漏水修理等の応急修繕箇所は耐震性能が低下していることに十分留意する必要がある。

表 3.64 異種接続の被害構成比率

【異種接続】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	109		49	23	19	15	3	0	0	0
計			45%	21%	17%	14%	3%	0%	0%	0%
異種接続部：継手破損	69	63%	33%	10%	8%	10%	2%	0%	0%	0%
異種接続部：継手離脱	38	35%	12%	11%	8%	3%	1%	0%	0%	0%
異種接続部：不明	2	2%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

I) 付属設備の被害状況とその要因

i) 全体

災害査定資料による被害状況の調査結果から、管体部の被害と区別して導送配水管の付属設備の被害状況を抽出した結果を表 3.65 に示す。仕切弁、空気弁はそれぞれ 500 箇所、402 箇所の被害が確認された。

表 3.65 管路付属設備の被害箇所数

単位：箇所数

種別	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
仕切弁	500	84	84	96	85	39	17	1	94
空気弁	402	7	111	55	24	14	59	64	68
消火栓	24		10	5	1		2		6
水槽部	5		2	1		1		1	
合計	931	91	207	157	110	54	78	66	168

注) ※資料：災害査定資料

ii) 仕切弁

導送配水管における仕切弁の被害状況を以下に示す。災害査定資料で把握できる仕切弁の被害箇所数は 500 箇所である。

表 3.66 仕切弁の被害構成比率

【仕切弁】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	500		84	84	96	85	39	17	1	94
計			17%	17%	19%	17%	8%	3%	0%	19%
弁体破損 (DCIP部)	36	7%	0%	1%	2%	3%	1%	0%	0%	0%
弁体破損 (VP部)	8	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
弁体破損 (その他管種部)	6	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
接合部破損 (DCIP部)	41	8%	0%	1%	3%	3%	1%	0%	0%	0%
接合部破損 (VP部)	68	14%	11%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
接合部破損 (その他管種部)	12	2%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
弁筐破損	183	37%	2%	4%	4%	4%	3%	1%	0%	19%
破損部位不明 (DCIP部)	93	19%	0%	4%	7%	4%	2%	1%	0%	0%
破損部位不明 (VP部)	24	5%	0%	2%	2%	1%	0%	0%	0%	0%
破損部位不明 (その他管種部)	29	6%	4%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

地震時において、弁体は管とは異なる挙動を示すために、管路の中でも不平均力がかかりやすい部分である。特に、弁体だけでなく、接合部の破損のほか、弁筐がずれて使えなくなったケースが多く、被害でも最も多かったのはこの弁筐の破損であった。ただし、弁筐破損の箇所数が多いのは石巻市で 135 箇所の弁筐ずれが個別にカウントされているためであり、これは津波の影響である可能性もある。

災害査定資料では多くの仕切弁が交換されているが、仕切弁の破損内容について正確な情報はあまり示されていない。弁本体の破損と明確に分かるものは全体の 10%程度であったのに対し、接合部の破損は 24%、さらに弁筐のずれ等は 37%であった。仕切弁は震災等の非常時にこそ必要となる設備であることを考えれば、破損や偏芯等により動作不能と

なつてはいけないことに注意が必要である。さらに、弁体そのものが地震に耐えても弁筐が被災して使用不能となることがあるため、留意が必要である。

特に、本管からの分岐T字管の近傍に設置される弁（分岐弁）の破損があった場合は補修が大掛かりになり、その間管網は完全に機能を停止する上、現場の条件によっては不断水施工など費用と準備時間を必要とする特殊な工事が必要になる。これが大口径であれば事態は更に深刻となる。分岐部の耐震化について一層の取り組みが必要である。

iii) 空気弁

東日本大震災では、空気弁の被害が顕著に見られた。本管における空気弁の被害状況を以下に示す。

表 3.67 空気弁の被害構成比率

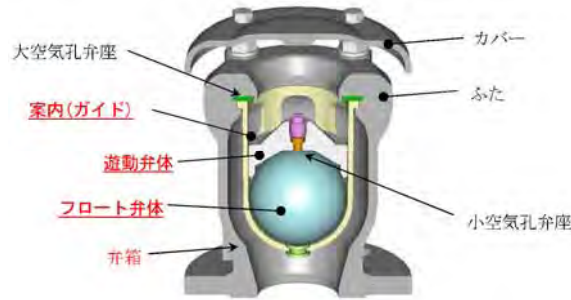
【空気弁】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	402		7	111	55	24	14	59	64	68
計			2%	28%	14%	6%	3%	15%	16%	17%
本体・補修弁破損	127	32%	0%	9%	4%	1%	2%	5%	5%	4%
本体・補修弁破損（小型）	19	5%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	2%
接合部	97	24%	0%	5%	3%	2%	0%	6%	6%	1%
接合部（小型）	8	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
整備清掃	18	4%	0%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
整備清掃（小型）	3	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
路線点検修繕（路線数）	8	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
弁筐	8	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
不明	95	24%	0%	10%	4%	1%	0%	2%	4%	2%
不明（小型）	19	5%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%

注) ※資料：災害査定資料

空気弁の破損修繕の箇所数は402箇所が報告され、うち、弁体や補修弁の破損は37%、継手部の破損は26%であった。路線点検修繕（路線数）で計上された8件は、122箇所の空気弁数の清掃であり、フロート弁体に異物が詰まることによる漏水への対応として行われていた。

被害の最も多かった弁体や補修弁については、災害査定資料では被害部分を区分して被害数を計上することはできなかったが、空気弁本体（案内（ガイド）、遊動弁体、フロート弁体）の破損が多く、その中でもフロート弁体の破損はこれまでの地震で経験していない被害であった。

これらの多数の空気弁被害は今回の地震被害における特徴的なことであり、「平成 23 年（2011 年）東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書 平成 24 年 9 月（社）日本水道協会」により空気弁被害の分類や被害形態の割合、実験結果に基づく被害の推定原因等が報告されている。



(引用：平成 23 年(2011 年)東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書
平成 24 年 9 月 (社)日本水道協会)

図 3.31 急速空気弁の構造

iv) 消火栓

消火栓の被害状況を以下に示す。合計で 24 箇所の消火栓の被害と補修が申請されており、大部分が本管が φ100mm～75mm の小規模の消火栓であった。

表 3.68 消火栓の被害構成比率

【消火栓】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	24		0	10	5	1	0	2	0	6
計			0%	42%	21%	4%	0%	8%	0%	25%
本体・補修弁破損	18	75%	0%	42%	17%	4%	0%	8%	0%	4%
本体・補修弁破損 (小型)	6	25%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	21%

注) ※資料：災害査定資料

v) その他

このほか、水槽等固定構造物からの取り出し部分の被害が 5 箇所確認されている。

オ) 液状化・地盤崩落による被害状況

液状化による管路の被害状況を次表に示す。

表 3.69 液状化による被害状況

【地盤崩壊】	件数	計	10-20	25-35	40	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	340		11	8	6	35	51	65	17	20	9	1	117
計			3%	2%	2%	10%	15%	19%	5%	6%	3%	0%	34%
法面路面崩壊	76	22%	1%	0%	1%	3%	3%	7%	1%	1%	1%	0%	3%
液状化・大規模沈下	52	15%	0%	1%	1%	1%	3%	2%	2%	1%	0%	0%	4%
不明	212	62%	2%	2%	1%	6%	9%	10%	2%	3%	1%	0%	27%

注) ※資料：災害査定資料

【液状化被害の顕著な地域】

液状化による被害かどうかは災害状況写真である程度判断するしかなく、判定は十分ではないが、継手離脱の被害箇所の中には 10cm 以上のかかなり極端な抜け方をしているケースもあり、液状化による極端な地盤変状があった可能性がある。

また、水道管内の水が抜けた後に土砂が管内に入り込んで管が破損していなくても洗管しないと使えないという被害事例があり、この場合、復旧のために管を切断して排水洗浄する必要があった。



写真 3.11 液状化の状況(千葉県幕張地区)



写真 3.12 液状化被害の状況(千葉県浦安市)

【水道管が道路の損壊を誘発している可能性】

液状化による道路崩壊では当然ながら管路も大きな被害を受けているが、水道管の埋設位置にそって道路が陥没しているケースが数箇所みられた。この原因としては水道管の布設時に、発生土と異なる埋戻土を使用し十分な転圧が行われていないことが考えられ、水道管路が道路崩壊を誘発している可能性もある。

被災地の町村の道路管理者から、「水道管や下水道管が道路崩壊の原因だと分かっているのだから水道事業や下水道事業で道路を直してほしい」という意見もあった。

このような被害パターンについてはこれまであまり問題提起されていないと思われるので、配管埋設時の施工管理も含め、十分な検証を行う必要がある。

2) 水管橋・橋梁添架管

水管橋・橋梁添架管の被害箇所数は325箇所であり、分類が不明なものを除くと水管橋は123箇所、橋梁添架管が197箇所であった。

水管橋の被害は、①津波による影響はなし、あるいは不明（地震動等によるものと思われる被害）、②津波による損壊被害、③津波による流出もしくは落橋の3種類に大別した。

①水管橋の被害原因が特定できない場合で、一部津波の影響があるケースもあると考えられるが、基本的には地震動等による被害である。

②津波を被ってその影響により水管橋や橋梁添架管が被害を受けているケースである。津波を被ったかどうかは主として写真による流芥物の状況で判断している。津波を被ったとしても水管橋部のダメージが軽微な場合も多く、保温工や安全設備等のみが損壊している場合もある。

③津波等による流出もしくは落橋は、主として津波により水管橋の上部工が流出して水管橋としての機能を完全に失ったケースである。

表 3.70 水管橋の被害箇所数（再掲）

単位：箇所

種別	津波の影響 なし, 不明	津波の影響あり			計	
		津波の被害 あり	津波により 流出	小計		
水管橋	鋼管	83	15	11	26	109
	ダクタイル鋳鉄管	3	2	1	3	6
	ポリエチレン管 (融着継手)			3	3	3
	その他	2			0	2
	不明	3			0	3
	小計	91	17	15	32	123
橋梁添架管	鋼管	122	33	18	51	173
	ダクタイル鋳鉄管	8	2		2	10
	ポリエチレン管 (融着継手)		1	8	9	9
	不明	1		1	1	2
	その他	3			0	3
	小計	134	36	27	63	197
不明	鋼管	2			0	2
	その他	3			0	3
	小計	5	0	0	0	5
計	230	53	42	95	325	

注) ※資料：災害査定資料

※鋼管にはステンレス管も含む。

次に、水管橋や橋梁添架管のタイプごとに、被害を受けた部位について表 3.71 に抽出・整理した。

表 3.71 水管橋の被害箇所数

単位：箇所

種別		管体	継手	伸縮管	空気弁	取合部	土中	下部	軽微	計
水管橋	鋼管	21	7	15	42	4	2	14	8	113
	ダクタイル鋳鉄管	1	1	1	1			2		6
	ポリエチレン管 (融着継手)									0
	その他	2								2
	不明				2				1	3
橋梁添架管	鋼管	43	20	19	32	17	22	4	16	173
	ダクタイル鋳鉄管	4	2		1	2		2	1	12
	ポリエチレン管 (融着継手)	2			1					3
	不明				1					1
	その他						2			2
不明	鋼管				2					2
	その他		1				2			3
計		73	31	35	82	23	28	22	26	320

注) ※資料：災害査定資料

※一箇所の水管橋が複数の部位に被害を受けている場合は各々を計上する。一方、被害を受けた部位が不明な場合は計上していないため、合計は表 3.70 の被害箇所数と一致しない。

水管橋（独立橋）の被害としては、管体の破損や伸縮管の抜け出しのほか、空気弁部の破損や下部工の損壊や傾斜等が多かった。

これに対して、橋梁添架管ではこれらの他に継手部、土中埋設部、橋台取合い部の被害が目立つが、これは、橋梁と橋梁添架管は地震動による揺れ方が異なるため、水管橋（独立管）に比べて管体に及ぼす影響が大きかった可能性を示すものである。

また、今回は水管橋の支承部に使われている伸縮管が 35 箇所程度、顕著に被害を受けていた。これらの伸縮管は伸縮部の呑口から見て、元々温度伸縮等を吸収するために設置され、地震による変位は十分吸収できないと想定されるため、支承部において大規模地震に対応するための必要な伸縮可とう性を確保する必要がある。

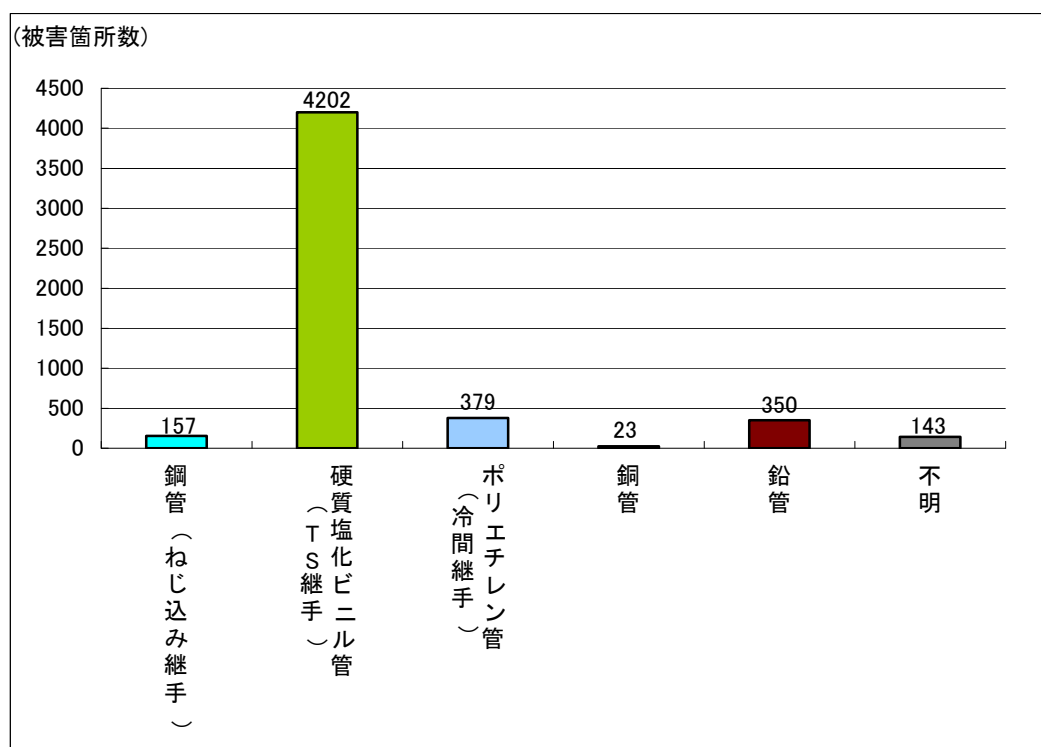
3) 給水管

(1) 被害状況

ア) 管種別の被害分析

災害査定資料による給水管の管種別被害箇所数は、図 3.32 のとおりである。

硬質塩化ビニル管の被害が 4,202 箇所、次いでポリエチレン管(冷間継手)の被害が 379 箇所となっている。鉛管は 350 箇所、銅管は 157 箇所、銅管は 23 箇所であった。



注) ※資料：災害査定資料

図 3.32 給水管の管種別被害箇所数

給水管の管種別の被害率については、水道統計等の情報では管種別の給水栓数が分からないことから算出できない。

そこで、仙台市が算出した被害率(表 3.72)を用いて管種別の被害傾向を把握する。

管種別で見ると、塩化ビニル管の被害率は9.09件/千栓数、鉛管は4.68件/(千)栓数、銅管・亜鉛メッキ管は2.02件/千栓数等となっている。

一方、ポリエチレン管の被害率は0.31件/千栓数、ステンレス管は0.38件/(千)栓数であり、上記に比べ低くなっている。

表 3.72 仙台市の給水管管種別被害率(メーター上流側)

材質	栓数 (概数)	全体に占める 割合	被害 箇所数	被害率 (被害箇所数/千栓数)
铸铁管	1,054	0.3%	1	0.95
鋼管・亜鉛メッキ管	26,230	6.3%	53	2.02
鉛管	53,252	12.8%	249	4.68
ポリエチレン管	312,168	75.1%	97	0.31
ステンレス管	7,914	1.9%	3	0.38
塩化ビニル管	13,088	3.1%	119	9.09
不明	2,150	0.5%	—	—
計	415,856	100%	522	1.26

※栓数は平成23年11月時点の施設管理システムでのデータ

※鉛管栓数(概数)は一部宅地内残置を含む

※铸铁管栓数(概数)は一部宅地内残置を含む

(引用:仙台市資料)

1) 震度別の被害分析

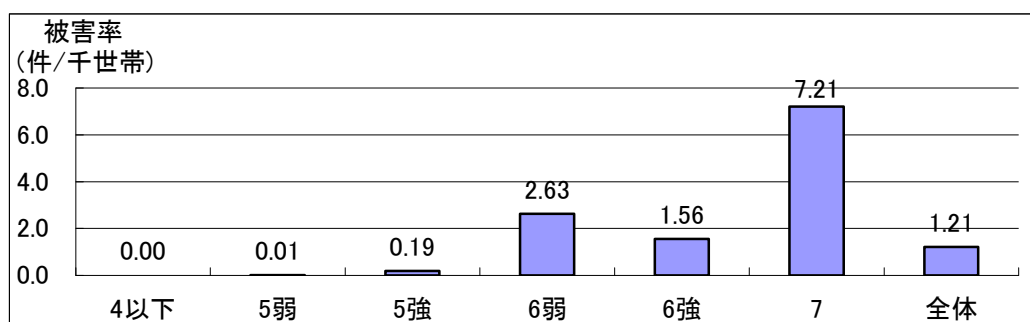
給水管の震度別被害率を算出したものを、表 3.73、図 3.33 に示す。被害率の算出にあたっては、災害査定を受けた116事業体を震度により区分し、この区分毎に平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報による行政区域世帯数と災害査定資料による給水管の被害箇所数を各々集計し、被害箇所数を世帯数で除して求めた。

震度別の被害率の傾向は、必ずしも明確ではないが震度6弱を超えると急激に高くなる傾向にある。

表 3.73 給水管の震度別被害率

震度	行政区域内 世帯数 (千世帯)	被害箇所数	被害率 (被害箇所数/千世帯)
4以下	11,904	0	0.00
5弱	123,919	1	0.01
5強	1,978,751	368	0.19
6弱	1,243,359	3,267	2.63
6強	976,327	1,522	1.56
7	17,753	128	7.21
合計	4,352,013	5,286	1.21

注) ※資料：災害査定資料、平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報



注) ※資料：災害査定資料、平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報

図 3.33 給水管の震度別被害率

ウ) 液状化地盤別の被害分析

導送配水管と同様に、茨城県鹿嶋市、神栖市、千葉県浦安市並びにこれらと同じ震度であるすべての被災事業体について給水管の被害率を算出し、比較した（表 3.74 参照）。

液状化地域の給水管被害率は、被災事業体全体に比べ、被害傾向は明確ではないものの、高くなっている。

液状化による被害傾向が明確でない理由としては、各事業体において使用している給水管管種や継手方式の違い等が考えられる。

表 3.74 給水管被害率の比較

	給水区域の 液状化危険度*1	行政区域 世帯数	被害箇所数 (箇所)	被害率 (箇所/千世帯)	備考
震度5強の 被災事業体	—	1,978,751	368	0.19	①
震度6弱の 被災事業体	—	1,243,359	3,267	2.63	②
茨城県神栖市（震度5強）	大	35,880	150	4.18	①の22倍
茨城県鹿嶋市（震度6弱）	大、無	25,755	40	1.55	②の0.6倍
千葉県浦安市（震度5強）*2	極めて大	78,000	102	1.31	①の7倍

注) ※震度別の被災事業体の被害率は、災害査定資料をもとに算出した。

*1 極めて大：埋立地等

大：自然堤防、旧河道、砂州等

小：任地、扇状地等

無：台地、丘陵地、山地

※工業地域、田畑を除く。

*2 千葉県水道事業のうち浦安市分を抽出し整理した。

(2) 給水管被害の状況分析

災害査定資料から、給水管が受ける典型的な被害のパターンを整理し、弱点になりやすい部位とそれぞれの被害の特徴について検討する。

ア) 給水管全般

給水管のどのような部位が被害を受けやすいのかについて、災害査定資料に掲載された典型的な被害箇所を整理し、イラストに示した。

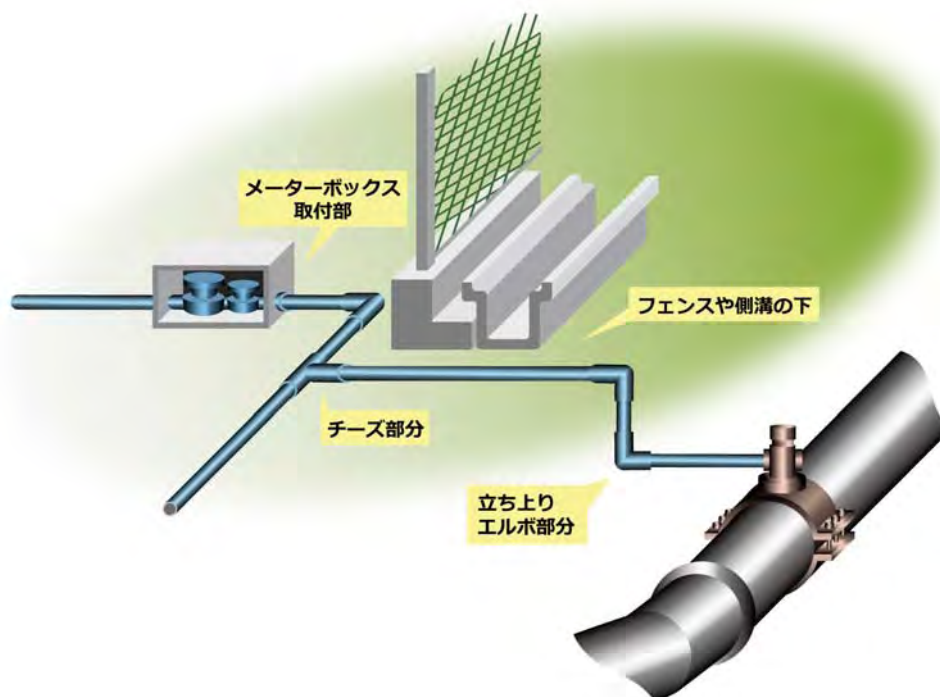


図 3.34 給水管の典型的な被害箇所

給水管は、本管からサドル分水栓で取り出す場合が多いが、その取り出し部の被害が比較的多い。分岐からメーターまでの配管は、下水道等の他企業管、側溝、水路などが障害物となり、それらを避けて曲部の多い配管を行うため、この部分が被害を受けやすく、多くの被害が発生している。また、止水栓、メーター周りの給水管はボックスとの接触や接合部が多いためこの部分の被害も多い。

管の部位ごとの被害状況について、以下に整理する。

イ) 部位別

【配水管と給水管の被害】

配水管は更新して耐震化しながら、給水管は今回の地震で被害の多かった管種が残存しているような例が散見された。

【マンホールや給水分岐取り回し部】

給水管の施工現場では、下水道の管きよやマンホール、側溝、その他の埋設構造物等为了避免配管しなければならない事例が多い。また、給水管の分岐部等では位置や角度の調整のための取回し（施工上の都合により立体的に管と管が接続できるように、エルボ、チーズ等多数用いて管の位置を調整する作業）が必要となる。これらの部分は、地震に対して構造上脆弱であり、破損が顕著であった。

ウ) 管種別

i) 鋼管製給水管（ねじ込み継手）（SP/SGP）

鋼管製給水管（SP/SGP）の被害状況を次表に示す。相対的に継手部の破損が多いが、管体部の破損箇所数も少なくない。

表 3.75 鋼管製給水管の被害構成比率

【SP/SGP】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	157		67	69	21	0
計			43%	44%	13%	0%
管体破損（直管部）	47	30%	16%	10%	4%	0%
管体破損（異形管部）	0	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	0	0%	0%	0%	0%	0%
継手破損	110	70%	27%	34%	9%	0%
継手離脱	0	0%	0%	0%	0%	0%
接合部（不明）	0	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	0	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

ii) 硬質塩化ビニル給水管（TS継手）（VP/HIVP）

硬質塩化ビニル給水管（VP、HIVP）の被害状況を次表に示す。被害箇所数は全分類の中で最も多い。給水管用の口径における接合はTS継手である。継手部の破損・離脱が82%と大部分を占める。

表 3.76 硬質塩化ビニル給水管の被害構成比率

【VP+HIVP(全部)】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	4,202		2,352	1,328	522	0
計			56%	32%	12%	0%
管体破損（直管部）	384	9%	5%	3%	1%	0%
管体破損（異形管部）	4	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損（不明）	221	5%	4%	1%	0%	0%
継手破損	2,523	60%	32%	20%	8%	0%
継手離脱	922	22%	13%	7%	3%	0%
接合部（不明）	26	1%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	122	3%	2%	1%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

次に、VP と HIVP の差異を見る。ただし、本管と同様、種類の判別ができなかったものは VP に分類している。本管と同様、HIVP のほうが管体の破損の割合がやや低いと思われる。

表 3.77 給水管 (VP) の被害構成比率

【VP(全部)】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	2,883		1,633	919	331	0
計			57%	32%	11%	0%
管体破損 (直管部)	284	10%	6%	3%	1%	0%
管体破損 (異形管部)	2	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	193	7%	5%	2%	0%	0%
継手破損	1,709	59%	32%	20%	7%	0%
継手離脱	592	21%	12%	6%	2%	0%
接合部 (不明)	22	1%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	81	3%	2%	1%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

表 3.78 給水管 (HIVP) の被害構成比率

【HIVP(全部)】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	1,319		719	409	191	0
計			55%	31%	14%	0%
管体破損 (直管部)	100	8%	4%	2%	1%	0%
管体破損 (異形管部)	2	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	28	2%	2%	0%	0%	0%
継手破損	814	62%	33%	19%	9%	0%
継手離脱	330	25%	13%	9%	4%	0%
接合部 (不明)	4	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	41	3%	3%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

iii) ポリエチレン給水管 (冷間継手) (PEP)

ポリエチレン給水管 (PEP) の被害状況を次表に示す。この口径のポリエチレン管は旧型のものと同様の二層管が区別できずに含まれている。また、継手は冷間継手である。

継手部に比べて管体部の被害の割合が硬質塩化ビニル管等よりも高く、特にφ20mm以下の小口径給水管でその傾向が顕著である。

表 3.79 ポリエチレン給水管 (PEP) の被害構成比率

【PEP(冷間継手)】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	379		297	64	18	0
計			78%	17%	5%	0%
管体破損 (直管部)	165	44%	35%	7%	2%	0%
管体破損 (異形管部)	0	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	22	6%	6%	0%	0%	0%
継手破損	128	34%	27%	5%	2%	0%
継手離脱	46	12%	8%	3%	1%	0%
接合部 (不明)	14	4%	3%	0%	0%	0%
被害内容不明	4	1%	0%	1%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

iv) 鉛給水管 (LP)、銅給水管 (CP)

鉛給水管 (LP)、銅給水管 (CP) の被害状況を次表に示す。これらの管は旧来のものがほとんどであり、特に鉛管の残存が多いことが認識された。地震のみが原因で被害を受けたのではなく、給水管の材質等の脆弱さや老朽化が被害の基礎的要因であると推察される。

鉛給水管 (LP) は管体破損の箇所数が多く、管体が完全に割れるなど致命的なものが少ない。

表 3.80 給水管 (LP (鉛管)) の被害構成比

【LP (鉛管)】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	350		303	43	4	0
計			87%	12%	1%	0%
管体破損 (直管部)	174	50%	42%	7%	1%	0%
管体破損 (異形管部)	0	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	9	3%	3%	0%	0%	0%
継手破損	145	41%	36%	5%	1%	0%
継手離脱	12	3%	3%	1%	0%	0%
接合部 (不明)	10	3%	3%	0%	0%	0%
被害内容不明	0	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

表 3.81 給水管 (CP (銅管)) の被害構成比率

【CP (銅管)】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	23		19	4	0	0
計			83%	17%	0%	0%
管体破損 (直管部)	10	43%	39%	4%	0%	0%
管体破損 (異形管部)	0	0%	0%	0%	0%	0%
管体破損 (不明)	3	13%	13%	0%	0%	0%
継手破損	6	26%	26%	0%	0%	0%
継手離脱	4	17%	4%	13%	0%	0%
接合部 (不明)	0	0%	0%	0%	0%	0%
被害内容不明	0	0%	0%	0%	0%	0%

注) ※資料：災害査定資料

v) 異種管接合部

本管と同様、給水管においても異種管接合部で被害が確認された。ただし、給水管自体が脆弱なものが多く、全体被害箇所数が多いため、異種管接合部の被害箇所数の比率は高くない。

表 3.82 給水管 (異種接続) の被害構成比率

【異種接続】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	32		13	12	7	0
計			1%	1%	1%	0%
異種接続部：継手破損	23	72%	34%	25%	13%	0%
異種接続部：継手離脱	9	28%	6%	13%	9%	0%

注) ※資料：災害査定資料

I) 給水管付属設備

i) 全体

災害査定資料による被害状況の調査結果から、管体部の被害と区別して給水管の付属設備の被害状況を抽出した結果を表 3.83 に示す。サドル分水栓、止水栓、給水メーター回りはそれぞれ 678 箇所、945 箇所、23 箇所の被害が確認された。

表 3.83 給水管の付属設備の被害箇所数（口径・管種別）

単位：被害箇所数

種別	計	10-20	25-35	40
サドル分水栓	678	(本管口径で分類)		
止水栓	945	806	106	33
給水メーター回り	23	23	0	0
計	1,646	829	106	33

注) ※資料：災害査定資料

ii) サドル分水栓

配水管からの給水管の取り出し部であるサドル分水栓の被害箇所数を以下に示す。

今回の地震では、サドル分水栓部の被害が目立った。本管の種別ごとに被害数を集計したが、サドル分水栓の構造は基本的に同等であり、本管種別による差異は評価しにくい。

給水取り出し部は、構造上、本管と給水管が直角に配置されるため、地震によって別方向に力がかかりやすく、応力的に不利になりやすい部分であるのが被害の多い理由と考えられる。

表 3.84 サドル分水栓の被害構成比率

【サドル分水栓】 本管部管種	件数	計	50	75	100	125- 150	200- 250	300- 500	600-	不明等
件数	678		116	69	146	101	27	10	0	209
計			17%	10%	22%	15%	4%	1%	0%	31%
ダクタイル鋳鉄管	171	25%	0%	1%	9%	10%	3%	1%	0%	0%
鋳鉄管	17	3%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
硬質塩化ビニル管	191	28%	11%	6%	9%	2%	0%	0%	0%	1%
耐衝撃性硬質塩化ビニル管	94	14%	4%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	8%
ポリエチレン管	14	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
鋼管	4	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
石綿セメント管	16	2%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
不明	171	25%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	22%

注) ※資料：災害査定資料



写真 3.13 サドル分水栓破損状況（茨城県神栖市）

iii) 止水栓

給水管を管理する弁である止水栓については、多くの被害が観察された。止水栓は弁体内部にねじ込みの接合部が含まれているため、弁体と接合部の被害を区分していない。災害査定資料でみる限り、止水栓は水道事業者によって破損状況の差が大きく、給水用のφ13mmの止水栓が大量に壊れている水道事業者があった。

表 3.85 止水栓の被害構成比率

【止水栓】	件数	計	10-20	25-35	40	不明等
件数	945		806	106	33	0
計			85%	11%	3%	0%
弁体破損（硬質塩化ビニル管部）	693	73%	63%	8%	2%	0%
弁体破損（ポリエチレン管部）	125	13%	11%	1%	1%	0%
弁体破損（鋼管部）	10	1%	0%	1%	0%	0%
弁体破損（不明）	117	12%	10%	1%	1%	0%

注) ※資料：災害査定資料

iv) 給水メーター回り

止水栓と関連して、給水メーター回りでの破損等が計 23 箇所確認された。



写真 3.14 給水メーター回り破損状況（茨城県神栖市）

3.2.4 津波による被害

1) 導送配水管

今回の震災では、大規模の津波によりこれまでにない広域かつ大規模の管路被害が生じ、被害のパターンに関する新たな知見が得られた。ただし、津波被災地域については現状では基本的に災害査定は行われていないため、ここではこれまでに収集できた資料を基に被害状況を分析する。災害査定資料により津波によると判断された被害箇所数を次表に示す。

これらは管の被害箇所数ではなく工事箇所数であり、多くは応急復旧により配水する区域と津波被災区域を分離するためのバルブ設置工事や津波被災範囲に布設され使用できなかった管路を復旧地域に送配水するために復旧するための工事である。

表 3.86 津波による被害構成比率

	件数	計	10-20	25-35	40	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	406		46	28	7	10	28	51	55	36	5	0	140
計			11%	7%	2%	2%	7%	13%	14%	9%	1%	0%	34%
道路・地盤ごと流出	82	20%	2%	1%	1%	0%	2%	3%	3%	4%	0%	0%	3%
露出部の流出	18	4%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
機能喪失に伴う管理区域設定	118	29%	0%	0%	0%	1%	3%	5%	4%	1%	0%	0%	15%
面的被害、給水復旧	117	29%	9%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	16%
海底配管流出	6	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
被災内容不明	65	16%	0%	1%	0%	1%	1%	3%	5%	3%	1%	0%	1%

注) ※資料：災害査定資料

上記のように津波による管路被害については、被害部分が基本的に特定できないこと、さらに、津波被災地域では住民の多くが避難し、今後、市町村の復興計画に基づき高台移転や土地嵩上げが行われ、既設の管路の大部分は復旧されないことから、被害の詳細を十分把握することは困難な状況にある。

このような状況の中、災害査定資料及び現地調査より確認できた事項は以下のとおりである。

津波被災地区における埋設管路は、沿岸部や河川周辺部などの道路や護岸が津波により流出して管路が露出し、被害を受けている。津波被害の特徴は以下のとおりであり、典型的な被害としては海岸道路が道路ごと流出しているケースや、河川敷の堤防内管路が流出しているケースがある。

【沿岸部・河川周辺部】

- ①沿岸部の道路が護岸とともに、崩壊、流出している例が見られる。
- ②引き波が河川のボックスカルバート等を通る際、ボックス内で流速が早くなり、ボックス出口付近にある管路等に損傷を与えるという現象が起きていた。

【歩道】

歩道においては、津波により舗装、路盤が削り取られ、浅層埋設等の管路が露出し、損傷、破断した例がみられた。なお、管路の露出は地盤沈下による影響の他に、以下のような要因も影響している可能性がある。

- ①歩道部は車道に比べ舗装厚が薄いため、歩道部だけが被害を受けた事例が多い。

- ②道路が盛土形状になっている箇所は端部の歩道が津波により崩壊していた。
- ③管路の埋設部分は、施工時の締固め状況や埋戻し材料の違い等によって津波に対する耐力が弱かった。検証は十分ではないが、深く埋設されたものに比較して浅層埋設の箇所
で被害が多く見られた。

2) 水管橋・橋梁添架管

水管橋、橋渠添架管の被害は、津波による流出が 42 箇所、損壊が 53 箇所、全体で 95 箇所である。

橋梁添架管はこれまで洪水対策等の観点から橋梁の下流側に設置することが多いと考えられる。今回の津波は押し波、引き波のどちらも破壊力が大きく、橋梁添架管は橋梁の下流側、上流側とも被害を受けていた。

津波で浸水しても被害が軽微であった水管橋もある。津波による被害は水管橋の耐震性能だけでなく、流木やがれき等がどの程度津波で流され、水管橋に衝突したかによると考えられる。

ループ管等の対策が施されていない水管橋が流出してしまうと、下流への供給が停止してしまうのは避けられない。



写真 3.15 水管橋(橋梁添架管)の被害状況 (宮城県岩沼市)



写真 3.16 水管橋(橋梁添架管)の被害状況 (福島県いわき市)

3) 海底送水管

海底送水管の津波による被害箇所は7箇所(災害査定資料6箇所、資料確認1箇所)であった。

海底送水管は島しょ部に浄水を送水するものであり、島しょ部の水需要に応じて口径はφ75～φ150と比較的小さく、延長は布設区間にもよるが、400mから1km前後が多く、最も長いものは女川町の出島・江島間の9.1kmである。管種は鋼管やポリエチレン管が多く使用されている。

被害原因については、座礁船や瓦礫の衝突、津波自体の力の作用が考えられる。気仙沼市の2か所の海底送水管の被害については、座礁船等が原因であるとヒアリングにより確認した。

表 3.87 海底送水管の被害概要

事業体名	口径・管種	概要	備考
塩釜市	φ75(SP)	朴島と野々島の接続海底配管 (復旧時L=1161.0m)	
塩釜市	φ100(SP)	野々島と寒風沢の接続海底配管 (復旧時L=423.5m)	
塩釜市	φ125(SP)	桂島石浜と野々島の接続海底配管 (復旧時L=1161.0m)	
松島町	φ100(管種不明)	継手破損	
気仙沼市	φ150(PE)	大島への海底配管。座礁船、瓦礫等の障害あり。 漏水箇所修繕。	
気仙沼市	φ100(PE)	大島への海底配管。座礁船、瓦礫等の障害あり。 L=420m	
女川町	φ100(SP)	出島と江島の接続海底配管 (L=9,100m)	*1

注) *1 今回調査した災害査定資料には含まれない。

4) 給水管

給水管についても導送配水管と同様に、津波による被害を詳細に把握することは困難であるが、沿岸部や河川周辺部および歩道等における被害が多い。なお、広範囲に津波の被害を受けた地域では、給水先の家屋等が流出したため、配水管の通水を行う場合、給水栓の位置と使用可否の確認作業を1栓ずつ行う必要があった。これは、復旧した配水管の水が給水栓を通じて漏出してしまふことを防ぐためである。津波被災地域は管路のみならず家屋があった場所が広範囲にがれきに埋まっているため、この確認作業は困難を極めた。



写真 3.17 家屋流出後の給水栓閉止作業（岩手県大槌町）

3.2.5 まとめ

1) 管路被害の総括

管路における被害の概要を表 3.88 に示す。前述したとおり、耐震性が高いとされる管はそうでない管に比べて被害が顕著に少なかったが、埋設場所や今回の地震による大きな地盤変状への対応性など不明な点も多く、今後さらなる詳細な検証が必要である。

表 3.88 管路の被害概要

	主たる要因			
	地震動	地盤崩落	液状化	津波
導送配水管 (埋設部)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 継手部離脱・破損、管体破損等 ▶ T字部、曲管部、コンクリート防護部、ドレン管部等の破損 ▶ 伸縮可とう管の抜け・破損（許容値を超える変位等の発生による） ▶ バルブ破損、空気弁破損等 			<ul style="list-style-type: none"> ▶ 沿岸部、河川周辺部の道路等の損壊による管路被害（特に歩道部）
橋梁添架管・水管橋	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水管橋：管体破損、伸縮管の抜け、空気弁の破損、下部工の破損、傾斜等 ▶ 橋梁添架管：上記に加え、継手部、橋台の取合部、埋設部の被害等 			<ul style="list-style-type: none"> ▶ 津波や漂流物による破損・流出
送水管 海底				<ul style="list-style-type: none"> ▶ 津波や漂流物による破損
給水管	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 継手部破損・離脱、給水管破損等 ▶ サドル分水栓、止水栓等破損 			<ul style="list-style-type: none"> ▶ 沿岸部、河川周辺部の道路等の損壊による給水管被害（特に歩道）

2) 管路の被害状況からみた今後の取組み

東日本大震災の被害状況を踏まえた管路の総合的な地震対策を図 3.35、表 3.89 に示す。管路の地震対策を(1)地震動、地盤崩落、液状化および(2)津波に分けて、施策方針・内容を次に示す。

(1) 地震動、地盤崩落、液状化に対して

地震動、地盤崩落、液状化に対応するためには、管路の耐震化、バックアップ対策、被害の早期検知・早期復旧対策が必要である。

管路の耐震化対策として、埋設管等の管路更新（耐震化）、水管橋・橋梁添架管の耐震補強等、液状化対策の強化を行う必要がある。

バックアップ対策として、系統間連絡管等の整備、基幹管路の2系統管・ループ管の整備を、被害の早期検知・早期復旧対策として、漏水検知の技術・体制の向上、管路情報管理の充実、資機材の計画的調達、配水ブロック化、早期復旧を考慮した管路施工を行う必要がある。

(2) 津波に対して

津波対策としては、基幹管路等の津波想定被害地区からの移設、耐津波性の高い布設工法の採用を行うとともに、上記のバックアップ対策や被害の早期検知・早期復旧対策が必要である。

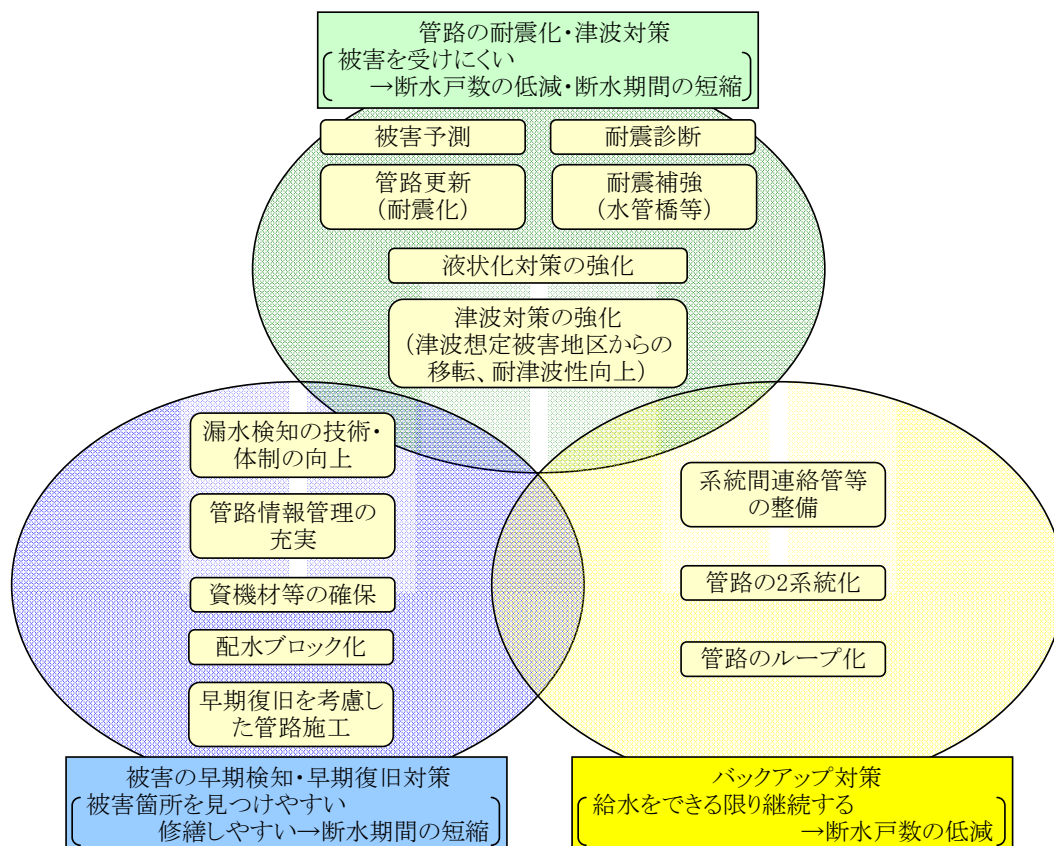


図 3.35 被害状況を踏まえた管路の総合的な地震対策

表 3.89 被害状況を踏まえた管路の総合的な地震対策

方針	内容
耐震化	<p>埋設管等の管路更新（耐震化） 水管橋・橋梁添架管の耐震補強等</p> <p>○今回の震災では、耐震性が低いとされる石綿管、鑄鉄管等の被害率が高かった。 ○したがって、耐震性が低いと想定されるこれらの管路や水供給上重要と考えられる管路は優先して管路更新や耐震補強を行う必要がある。 ○管路更新や耐震補強は、導送配水管（埋設管）とともに、水管橋・橋梁添架管や給水管等の管路システムを構成する管路全体を対象とし、拠点施設を含めてトータルでバランスのとれた形で耐震化を進める必要がある。 ○管路更新や耐震補強に際しては、管路システムを構成するこれらの管路について、今回の地震による被害率や被害状況を基に弱点を確認し、それを踏まえた上で効率的・効果的に行う必要がある。</p>
	<p>管路の液状化対策の強化</p> <p>○今回の震災では地盤の液状化が発生した地域において、管路に甚大な被害が生じた。 ○したがって、埋土地や河川の近傍等の液状化が発生すると想定される地域の管路については、耐震性の高い管路への更新、構造物取合部等において所要の変位量・伸縮量を確保できる伸縮可撓管の設置等の対策を行う必要がある。</p>
バックアップ対策	<p>系統間連絡管等の整備</p> <p>○今回の震災では、水源や用水供給受水が停止した事業体において、他の水源・浄水場系統と連絡化していたため、給水への影響を相当程度回避することができた。 ○したがって、必要に応じて系統間連絡管等を整備し、このような事態に備える必要がある。</p>
	<p>基幹管路の2系統管・ループ管の整備</p> <p>○今回の震災では、地震動や液状化、津波により単一系統の埋設管や水管橋等が甚大な被害を受け、下流への送配水が停止する事態が生じている。 ○したがって、必要に応じて2系統管やループ管等を整備し、震災に備える必要がある。</p>
被害の早期検知・早期復旧対策	<p>漏水検知の技術・体制の向上</p> <p>○今回の震災では、多くの事業体で管路の被害位置特定に時間を要している。 ○したがって、管路漏水の検知技術を活用するとともに民間活力を利用する等により検知体制の向上を図る必要がある。</p>
	<p>管路情報管理の充実</p> <p>○アンケート調査の結果、事業体によっては管路情報の整備が不十分で管理・保管方法にも課題がある。 ○したがって、管路情報の整備、システム化、管理・保管（2箇所での保管等）を計画的に進める必要がある。</p>
	<p>資機材等の確保</p> <p>○今回の震災では、応急復旧のための管材や資機材、建設機械・車両等が著しく不足していた。 ○したがって、これらの資機材等の備蓄や調達について、広域的な体制を含めて検討する必要がある。</p>
	<p>配水ブロック化</p> <p>○今回の震災では、管路の応急復旧に長い時間を要している。 ○したがって、配水ブロック化を導入して管路構成・機能を明確化し、地震発生後の通水範囲の拡大や応急復旧作業の効率化を図ることが望ましい。</p>
	<p>早期復旧を考慮した管路施工</p> <p>○既設管において、様々な管種・管材を使用している事例や曲管等を必要以上に多用して配管している事例が見られたが、このような場合、復旧工事や資材調達等が煩雑で、復旧に長期間を要することになる。 ○したがって、管種・管材等の統一、管路施工の適正化、さらに浅層埋設（津波による想定浸水地域を除く）等により早期復旧を行うことができるようにする必要がある。</p>
津波対策	<p>基幹管路等の津波想定被害地区からの移設</p> <p>○今回の震災では、津波により沿岸部や河川周辺部の歩道等に埋設された管路に甚大な被害が生じた。 ○したがって、津波による想定浸水地域内で被害が想定される基幹管路等（重要施設に配水する管路を含む）については、更新する際は、可能な限り津波浸水被害のおそれのない高所の道路等に移設する必要がある。ただし、想定浸水地域内であっても津波による道路被害、管路被害を受けないと想定される箇所においてはその限りではない。</p>
	<p>耐津波性の高い布設工法の採用</p> <p>○今回の震災では、津波により水管橋・橋梁添架管や海底送水管に甚大な被害が生じた。 ○したがって、これらの管路の重要度に応じて、可能な限り水管橋・橋梁添架管を推進工法等で整備するなど、管路の耐津波性の強化を行う必要がある。 ○耐津波性の高い布設工法が困難な場合においては、津波による想定浸水地域前後へのバルブの設置や仮設管を設けるための分岐部の設置およびバックアップ管路の整備が必要である。 ○今回の震災では、配水管の復旧の際、津波により流出した家屋の給水栓の確認に時間を要した。 ○したがって、想定浸水地域内における給水栓位置を、GIS等を用いて早期に特定することができるようにすることが望まれる。</p>