

表 2.62 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 2.63、表 2.64 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 2.63 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 2.64 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

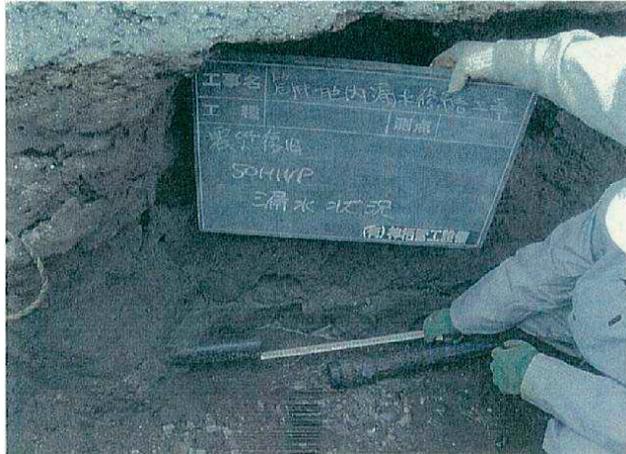


写真 2.15 硬質塩化ビニル管の被害状況（茨城県神栖町）

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 2.65 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 2.65 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 2.16 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 2.66 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

カ) 付属設備の被害状況とその要因

イ) 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 2.67 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 2.67 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 2.68 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っ

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 2.69 空気弁の被害構成比率

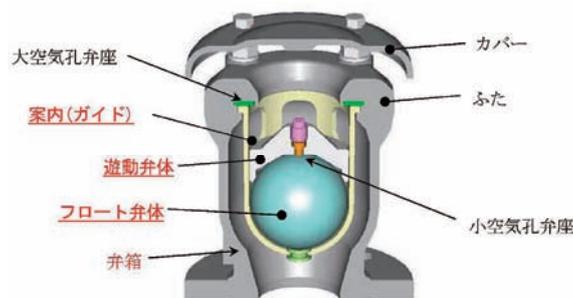
【空気弁】	件数	計	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	不明等
件数	402		7	111	55	24	14	59	64	68
計			2%	28%	14%	6%	3%	15%	16%	17%
本体・補修弁破損	127	32%	0%	9%	4%	1%	2%	5%	5%	4%
本体・補修弁破損（小型）	19	5%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	2%
接合部	97	24%	0%	5%	3%	2%	0%	6%	6%	1%
接合部（小型）	8	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
整備清掃	18	4%	0%	3%	1%	0%	0%	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、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 2.29 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 2.70 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。

キ) 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表 2.71 に示す。

表 2.71 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 2.17 液状化の状況(千葉県幕張地区)



写真 2.18 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。

① 水管橋・橋梁添架管

表 2.72(再掲)より、水管橋・橋梁添架管の被害箇所数は 331 箇所あり、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、Ⅰ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）、Ⅱ津波による損壊被害、Ⅲ津波による流出もしくは落橋の 3 種類に大別した。

Ⅰ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。

Ⅱ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。

Ⅲ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 2.72 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	16	14	30	113
	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	4			0	4
	不明	3			0	3
	小計	93	18	18	36	129
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	232	54	45	99	331	

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 2.73 に抽出・整理した。

表 2.73 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 2.72 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。

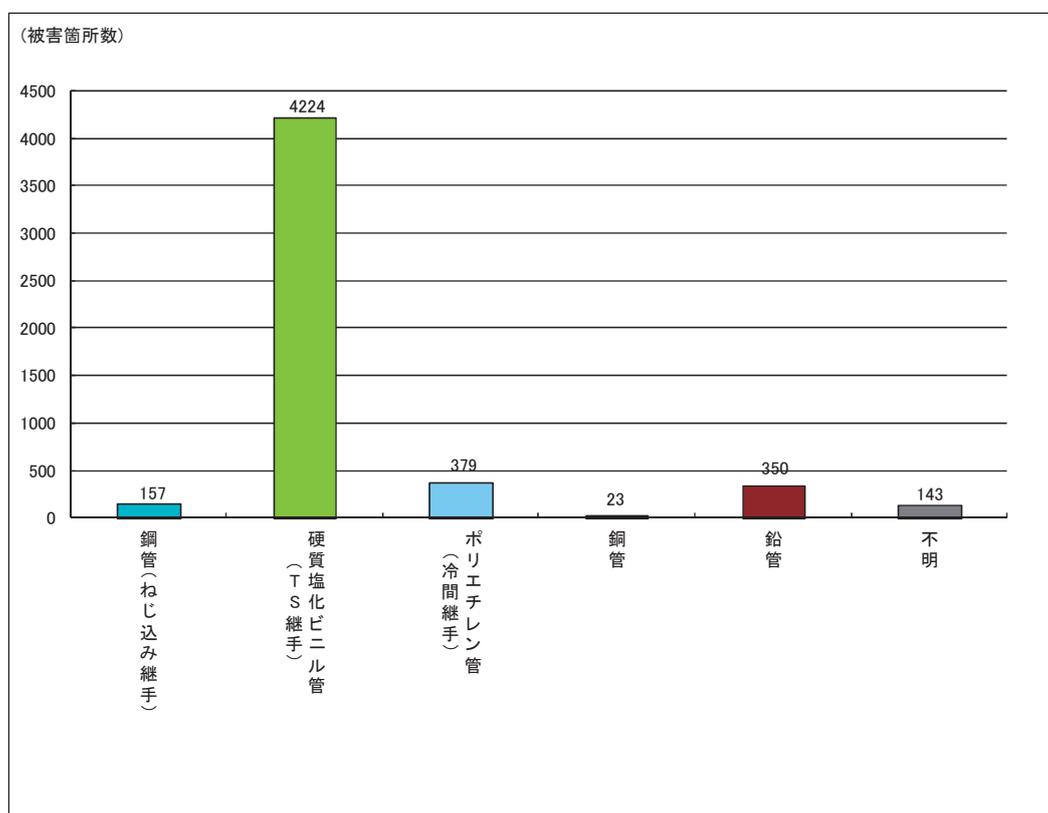
また、今回は水管橋の支承部に使われている伸縮管が 35 箇所程度、顕著に被害を受けていた。これらの伸縮管は伸縮部の呑口から見て、元々温度伸縮等を吸収するために設置され、地震による変位は十分吸収できないと想定されるため、支承部において大規模地震に対応するための必要な伸縮可とう性を確保する必要がある。

② 給水管

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 2.30 のとおりである。

硬質塩化ビニル管の被害が 4,224 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、鋼管は 157 箇所、銅管は 23 箇所であった。



注) ※資料：災害査定資料

図 2.30 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 2.74)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、鋼管・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。