

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。

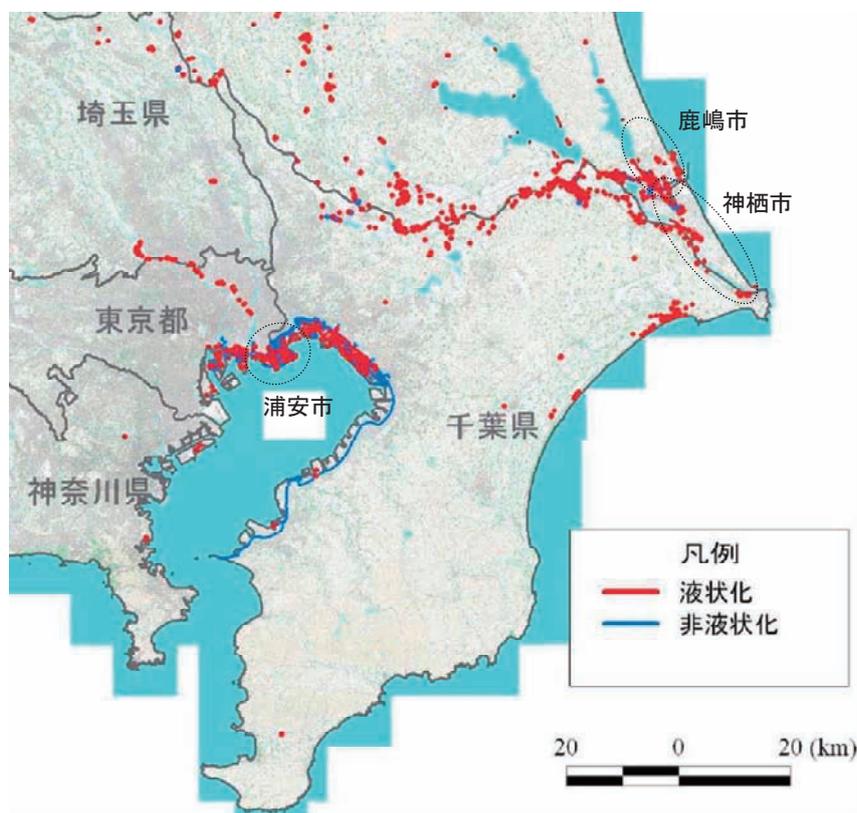
図 2.24 震度別の管種別被害率



写真 2.13 震災直後の仮設配管の状況（宮城県女川町）

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 2.25 関東地方の液状化発生箇所の分布

表 2.52 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者について、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者全体の約 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者全体の約 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 強の被災事業者全体の被害率の約 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 2.52 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 被災事業者	—	11,880	607	0.051	①
震度6弱の 被災事業者	—	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) ※震度別の被災事業者の被害率は、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。

エ) 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 2.26 に示す水道事業者の給水区域とし、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 2.27 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 2.28 耐震適合性地盤判定マップ（宮城県）は耐震適合性地盤判定マップ（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。



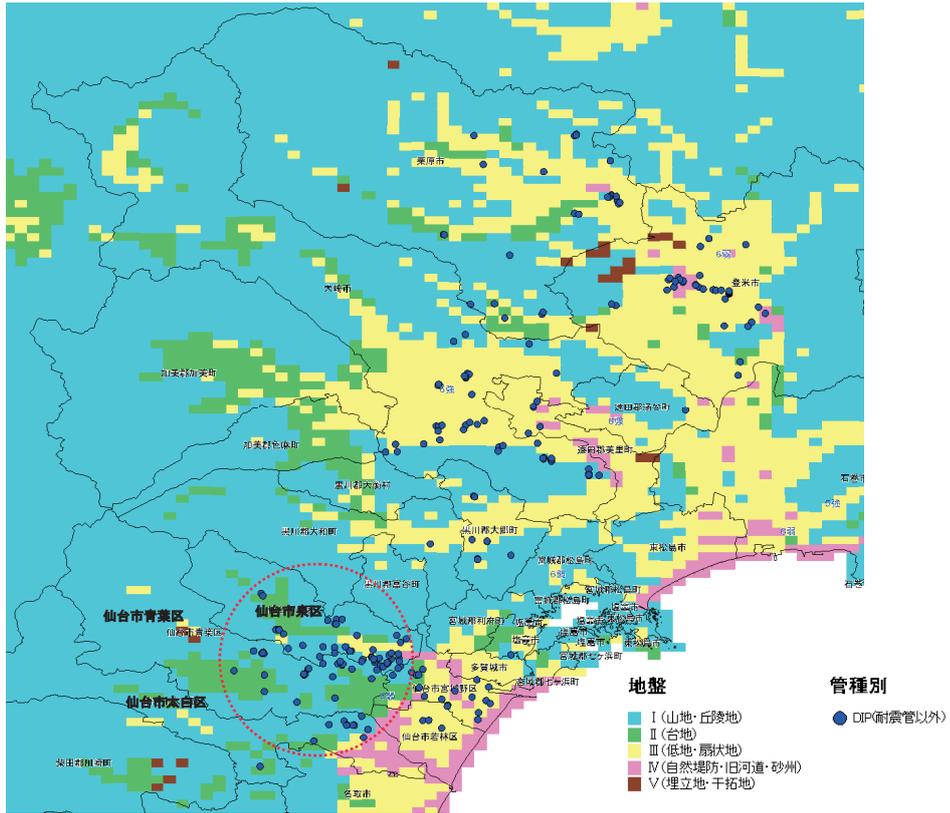
図 2.26 分析対象事業者位置図

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。

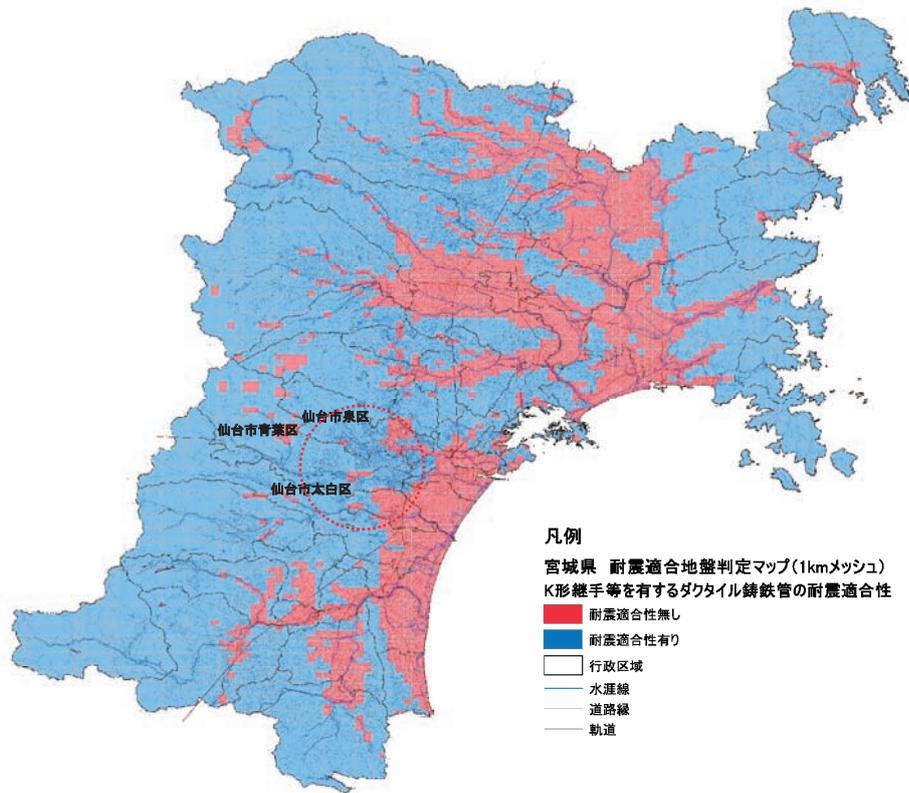
これらの地区は宅地造成地で盛土部も多く、その盛土部や切盛境界部において被害が多く発生したものである。「平成23年(2011年)東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書 平成24年9月(社)日本水道協会」においてこれらの地区の詳細調査を行っている。

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 2.28 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 2.27 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 2.28 耐震適合性地盤判定マップ(宮城県)

オ) 導送配水管の被害の状況分析

導送配水管の被害については、平成 23 年度の災害査定資料等を基に以下のような分析を行った。それぞれの分析結果は以下のとおりである。

い) ダクタイトル鉄管 (DCIP)

ダクタイトル鉄管 (DCIP) は、耐震継手とそれ以外の継手に大別される。

ダクタイトル鉄管の耐震継手は、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。

ダクタイトル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トル鉄管の被害箇所は 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 2.53 ダクタイトル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

ダクタイトル鉄管の主要な継手形式管路の被害構成比率を表 2.54～表 2.56 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 2.54 A 形ダクタイトル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 2.55 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 2.56 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 2.14 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タ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。ダクタ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 2.57 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) の被害構成比率を表 2.58 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 2.58 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）の被害構成比率を表 2.59 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 2.59 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者においては、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。

前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表 2.60 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 2.60 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 2.61、表 2.62 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 2.61 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