

3章 管路附属設備被害の調査結果

3.1 被害の概要

表 3.1.1 に、空気弁・仕切弁・消火栓の被害数と被害率の一覧を示す。本地震では空気弁の被害が多かったことが特徴的であるが、その被害率は約 3%に達した事業体もあった。

仕切弁と消火栓の被害率は、空気弁の被害率に比べかなり小さかった。また、宮城県企業局と水戸市水道部の被害はなかった。

表 3.1.1 管路附属設備の被害概要

水道事業体		仙台市 水道局	宮城県企業局		石巻地方広域 水道企業団	千葉県 水道局	水戸市 水道部	合計	
			大崎	仙南・仙塩					
空気弁	設置数(基)	導水管	—	17	0	28	174	—	—
		送水管	—	377	533	262	421	—	—
		配水本管	—	0	0	35	1,673	—	—
		配水支管	—	0	0	490	986	—	—
		合計	3,631	394	533	815	3,254	—	8,627
	被害数(件)	56	12	17	22	41	2	148	
	被害率(%)	1.54%	3.05%	3.19%	2.70%	1.26%	—	1.72%	
仕切弁	設置数(基)	導水管	51	6	0	107	190	—	—
		送水管	383	156	368	340	214	—	—
		配水本管	1,261	0	0	123	1,751	—	—
		配水支管	41,344	0	0	12,039	88,011	—	—
		合計	43,039	162	368	12,609	90,166	12,682	159,026
	被害数(件)	19	0	0	11	38	0	68	
	被害率(%)	0.04%	0.00%	0.00%	0.09%	0.04%	0.00%	0.043%	
消火栓	設置数(基)	配水本管	—	0	0	36	480	0	—
		配水支管	—	0	0	2,460	34,485	3,749	—
		合計	14,760	0	0	2,496	34,965	3,749	55,970
	被害数(件)	7	0	0	5	6	0	18	
	被害率(%)	0.05%	0.00%	0.00%	0.20%	0.02%	0.00%	0.032%	

(注1) 仙台市水道局は、空気弁の導・送・配水別の集計はしていない。また、消火栓の配水本管・支管別の集計はしていない。

(注2) 宮城県企業局は、仕切弁の被害はない。また、消火栓の設置はしていない。

(注3) 水戸市水道部は、空気弁の設置数及び消火栓の配水本管・支管別の集計はしていない。

また、仕切弁・消火栓の被害はない。さらに、消火栓の配水本管・支管別の集計はしていない。

(注4) 空気弁の合計(設置数、被害数、被害率)は、水戸市水道部を含めていない。

(注5) 「—」は、不明又は未確定を表す。

3.2 空気弁の被害状況

1) 被害分類

空気弁の被害分類は、①フロート弁体に異物がつまったことによる漏水、②本体(各部品)の破損、③フランジ部からの漏水(ガスケット含む)、④T字管の折損 の4つに区分した(表3.2.1、図3.2.1参照)。

表 3.2.1 空気弁の被害区分表

付属設備	被害形態	表記
D 空気弁	フロート弁体に異物がつまったことによる漏水	D-①
	本体(各部品)の破損	D-②
	フランジ部からの漏水(ガスケット含む)	D-③
	T字管の折損	D-④

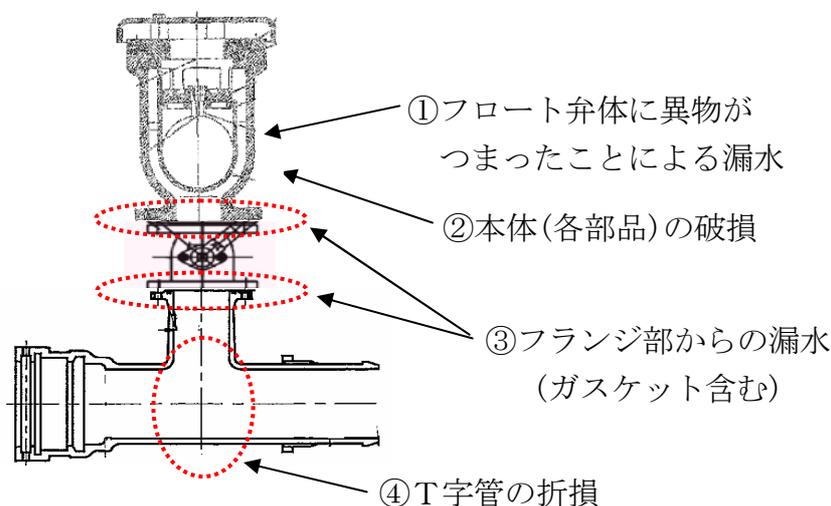


図 3.2.1 空気弁の被害形態

2) 被害形態の割合

空気弁の被害状況は、表3.2.2に示すとおり宮城県企業局、石巻地方広域水道企業団は設置数に対して2.70～3.19%の被害率であった。これに対し、仙台市水道局、千葉県水道局は1.26～1.54%とやや少ない被害であった。また、5事業体合計で被害形態別にみると被害形態②「本体(各部品)の破損」が一番多く33.1%であった。次に、被害形態①「フロート弁体に異物がつまったことによる漏水」が29.1%であった。三番目に、被害形態③「フランジ部からの漏水」が22.3%と続いた。一方、被害形態④「T字管の折損」はほとんどなかった(表3.2.2、図3.2.2参照)。

表 3.2.2 各事業体別の空気弁被害形態①～④の割合

	仙台市 水道局		宮城県企業局				石巻地方広域 水道企業団		千葉県 水道局		水戸市 水道部		合計		
			大崎	仙南・仙塩											
設置数(基)	3,631		394	533	815		3,254		-		8,627				
被害数(件)	56		12	17	22		41		2		148				
被害率(%)	1.54%		3.05%	3.19%	2.70%		1.26%		-		1.72%				
被害形態	被害形態①	0	0%	1	8%	5	29%	3	14%	34	83%	0	0%	43	29.1%
	被害形態②	17	30%	8	67%	12	71%	11	50%	1	2%	0	0%	49	33.1%
	被害形態③	18	32%	2	17%	0	0%	7	32%	6	15%	2	100%	33	22.3%
	被害形態④	0	0%	1	8%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0.7%
	被害形態不明	21	38%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%	22	14.9%

(注1) 合計(設置数、被害数、被害率)は、水戸市水道部を含めていない。

(注2) 「-」は、不明又は未確定を表す。

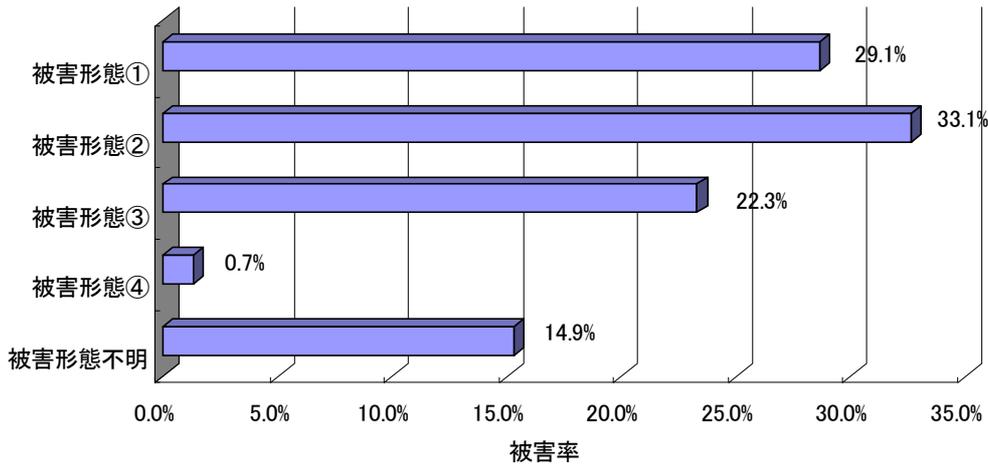


図 3.2.2 空気弁の被害形態の割合 (5 事業体合計)

3) 空気弁本体(部品) 破損の分類

空気弁被害のうち、被害形態②「本体(各部品)の破損」をさらに、空気弁の種類、設置場所、送配水方式、破損部品によって分類した結果を表 3.2.3 に示す。

被害空気弁の種類は急速空気弁、設置場所は地下埋設が多かった。破損部品については、「案内(ガイド)」と「遊動弁体」が多くを占めた。これまでの地震で経験したことの無い「フロート弁体」の破損が見られたことが本地震における特徴であった。「弁箱」の破損は皆無であった (図 3.2.4、表 3.2.3 及び表 3.2.4 参照)。

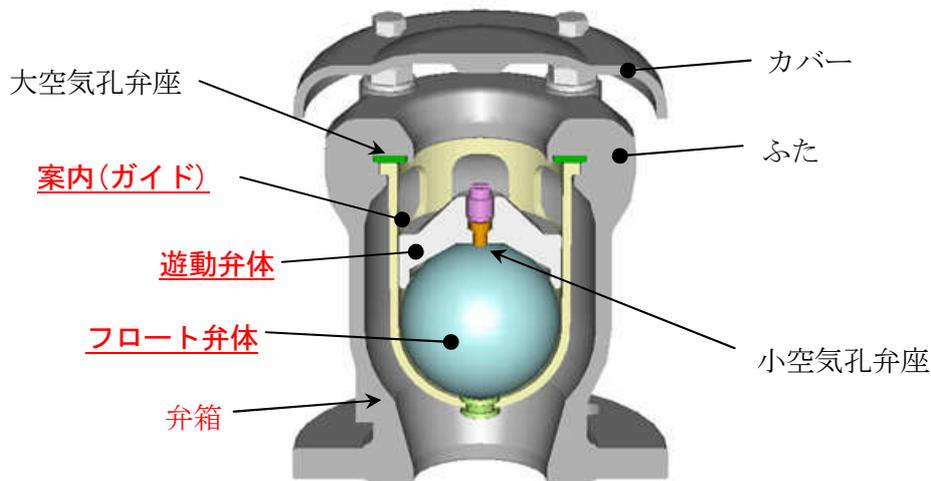


図 3.2.3 急速空気弁の構造

表 3.2.3 各事業体別の空気弁被害形態②の内訳

水道事業体		仙台市		宮城県企業局				石巻地方広域		千葉県 水道局		合計	
		水道局		大崎広域		仙南・仙塩		水道企業団					
被害数(件)		17	35%	8	16%	12	25%	11	22%	1	2%	49	100%
種類	単口	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	双口	1	6%	0	0%	0	0%	1	9%	0	0%	2	4%
	急速	15	88%	8	100%	12	100%	7	64%	1	100%	43	88%
	不明	1	6%	0	0%	0	0%	3	27%	0	0%	4	8%
設置場所	水管橋	0	0%	1	12%	4	33%	2	18%	0	0%	7	14%
	橋梁添架	1	6%	0	0%	0	0%	1	9%	0	0%	2	4%
	地下埋設	16	94%	7	88%	8	67%	8	73%	1	100%	40	82%
送配水方式	自然流下方式	16	94%	8	100%	12	100%	1	9%	0	0%	37	76%
	ポンプ圧送方式	1	6%	0	0%	0	0%	8	73%	1	100%	10	20%
	不明	0	0%	0	0%	0	0%	2	18%	0	0%	2	4%
破損部品	弁箱	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	フロート弁体	3	18%	0	0%	2	17%	0	0%	0	0%	5	10%
	案内(ガイド)	9	53%	0	0%	10	83%	0	0%	1	100%	20	41%
	遊動弁体	7	41%	1	13%	8	67%	0	0%	1	100%	17	35%
	不明・その他	2	12%	7	88%	0	0%	11	100%	0	0%	20	41%

(注)「破損部品」のみ複数回答

表 3.2.4 空気弁の破損部品の被害分類数

破損部品	被害数(件)
フロート弁体のみ	3
案内(ガイド)のみ	9
遊動弁体のみ	6
案内と遊動弁体	9
フロート弁体と案内と遊動弁体	2
不明・その他	20
合計	49

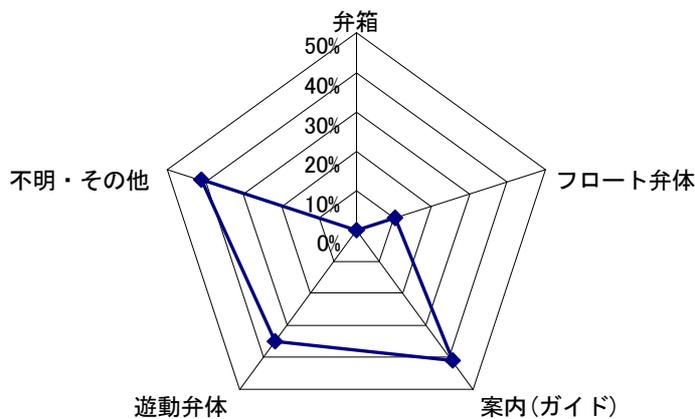


図 3.2.4 空気弁の破損部品の内訳

3) 特徴的な被害状況

空気弁の特徴的な被害について、破損に至った原因調査のために、以下の破損空気弁について詳細な調査を行った。

(1) 仙台市水道局 D-15(φ75mm 急速空気弁)の被害概要

- ①破損状況：遊動弁体が破損。遊動弁体中心部が飛び出ていた(図 3.2.5 参照)。
- ②設置場所：配水所からポンプ圧送しているφ400mm 送水管に設置され、水平に近い緩やかな上り勾配の頂上に位置する。
- ③調査結果：当日は停電のためポンプが停止し、送水停止。管路被害は無く、ほぼ満水状態であったと考えられる。ポンプ揚程は約30m。フライホイールと緩閉式逆止弁でウォーターハンマ対策を行っていた。

浄配水場情報		管路・空気弁情報	
浄・配水場名	将監第一配水所 (福岡浄水場系統)	弁番号	D-15
H. W. L	80.0m	管口径	Φ400mm
L. W. L	71.5m	呼び径	Φ75mm
送水方式	ポンプ圧送方式	製造年	平成元年
ポンプ揚程	30.0m	管心高	約82m
送水圧 地震直前	1.15MPa	距離	約0.4km
送水圧 地震直後	0~0.1MPa	破損 状況	遊動弁体が破損。遊動弁体中心部が空気弁から抜けて飛び出ていた。
送水量 通常時	10,000m ³ /日	備考	停電のためポンプが停止し、送水停止。管路被害は無く、ほぼ満水状態であった。フライホイールと緩閉式逆止弁でウォーターハンマ対策を施していた。
送水量 地震直後	ポンプ停止により、 0m ³ /hとなる。	空気弁前後 のテレメータ	特徴なし



空気弁 No. D-15
仙台市水道局

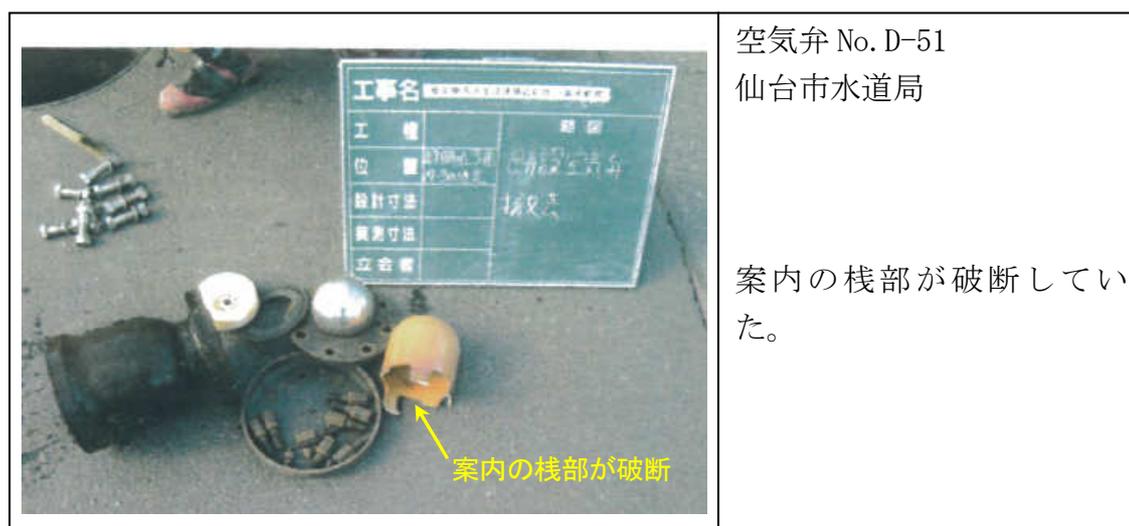
遊動弁体の中心部が抜けたように飛び出ていた。

図 3.2.5 D-15(φ75mm 急速空気弁)の被害概要

(2) 仙台市水道局 D-51 (φ100mm 急速空気弁)の被害概要

- ①破損状況：案内の棧部が破断(図 3. 2. 6 参照)。
- ②設置場所：自然流下のφ800mm 配水管の上り坂途中に設置されている。
- ③調査結果：下流側の管が抜けて漏水が発生した。通常時の送水圧は0.9MPaであるが、大規模漏水により、管内圧力は低下したものと考えられる。トレンドデータではウォーターハンマの兆候は読み取れない。また、傾斜板が落下していることなどから、液面揺動(スロッシング)現象があったと考えられる。

浄水場等情報		管路・空気弁情報	
浄・配水場名	国見浄水場	弁番号	D-51
H. W. L	142. 0m	管口径	Φ800mm (国見第二配水幹線)
L. W. L	137. 5m	呼び径	Φ100mm
送水方式	自然流下方式	製造年	昭和62年
送水圧通常時	約0. 9MPa	管心高	約73m
送水圧地震直後	0~0. 1MPa	距離	約4. 5km
送水量通常時	97, 300m ³ /日	破損状況	案内の棧部が破断
送水量地震直後	送水管の大規模漏水のため、送水を停止した。	備考	下流側の管が破損し大規模漏水が発生したため、管内の水はほぼ流出した。
		空気弁前後のテレメータ	特徴なし



空気弁 No. D-51
 仙台市水道局

案内の棧部が破断していた。

図 3. 2. 6 D-51 (φ100mm 急速空気弁)の被害概要

(3) 宮城県企業局(仙南・仙塩) D-4(φ200mm 急速空気弁)の被害概要

- ①破損状況：案内の棧部が破断。遊動弁体にひび割れ（図 3.2.7 参照）。
- ②設置場所：自然流下のφ2400mm 送水管に設置され、すぐ下流がφ2400mm×φ1500mm の片落管であった。
- ③調査結果：約70分間異常値を計測した後、30分間0～2,000m³/h で振幅し0 m³/h に収束した。空気弁前後のテレメータは、管内圧力がほぼ0MPa となっていた。流量は異常値を示した。

浄配水場情報		管路・空気弁情報	
浄・配水場名	南部山浄水場	弁番号	D-4
H. W. L	200.1m	管口径	Φ2400mm
L. W. L	195.0m	呼び径	Φ200mm
送水方式	自然流下方式(高区)	製造年	平成12年
送水圧 地震直前	1.15MPa	管心高	約72.5m
送水圧 地震直後	0～0.1MPa	距離	約11.6km
送水量 地震直前	5,800m ³ /h	破損 状況	案内棧部が破断 遊動弁体がひび割れ
送水量 地震直後	約70分間異常値を計測した後、30分間0～2,000m ³ /hで振幅し0m ³ /hに収束した。	備考	すぐ下流は、 Φ2400mm×Φ1500mmの片落管
		空気弁前後のテレメータ	管内圧力がほぼ0MPaとなっている。 流量は異常値を示した。



空気弁 No. D-4
宮城県企業局
(仙南・仙塩広域水道)

案内の棧部が破断し、遊動弁体がひび割れしていた。

図 3.2.7 D-4(φ200mm 急速空気弁)の被害概要

(4) 宮城県企業局(仙南・仙塩) D-17(φ100mm 急速空気弁)の被害概要

- ①破損状況：SUS316 製フロート弁体が変形(図 3.2.8 参照)。
- ②設置場所：管は自然流下のφ700mm 送水管で水管橋であった。空気弁は川岸部に設置され、すぐ下流で管は約1m下がっている。
- ③調査結果：約70分間異常値を計測した後、30分間0~2,000m³/hで振幅し0m³/hに収束した。空気弁前後のテレメータは、水圧が地震前1.40MPaから地震後0.6~0.7MPaに変動した。一方、流量が0~1,500m³/hで変動を示した。

浄水場等情報		管路・空気弁情報	
浄・配水場名	南部山浄水場	弁番号	D-17
H.W.L	200.1m	管口径	Φ700mm
L.W.L	195.0m	呼び径	Φ100mm
送水方式	自然流下方式(低区)	製造年	昭和58年
送水圧 地震直前	1.15MPa	管心高	約66.5m
送水圧 地震直後	0~0.1MPa	距離	約48.3km
送水量 地震直前	5,800m ³ /h	破損 状況	SUS316製フロート弁体の変形
送水量 地震直後	約70分間異常値を計測した後、30分間0~2,000m ³ /hで振幅し0に収束した。	備考	水管橋の川岸部に設置され、すぐ下流で管は約1m下がっている。
		空気弁前後のテレメータ	水圧は、地震前の1.40MPaから地震後0.6~0.7MPaを変動。流量は、0~1,500m ³ /hで変動を示す。



空気弁 No. D-17
宮城県企業局
(仙南・仙塩広域水道)

中空の SUS316 製フロート弁体
が変形していた。

図 3.2.8 D-17(φ100mm 急速空気弁)の被害概要

(5) 千葉県水道局 D-19(φ100mm 急速空気弁)の被害概要

- ①破損状況：遊動弁体と案内がこっぱ微塵に破損していた(図 3.2.9 参照)。
- ②設置場所：φ500mm ポンプ圧送管に設置され、空気弁の上流部で約7.85m 管が立ち上っていた。
- ③調査結果：対象の配水本管は、ウォーターハンマ対策として白井高架水槽を設置しており、当日の流量、圧力の大きな変化はなかったと推測できる。

浄水場等情報		管路・空気弁情報	
浄・配水場名	沼南給水場	弁番号	D-19
H. W. L	30.3m	管口径	Φ500mm
L. W. L	24.0m	呼び径	Φ100mm
送水方式	ポンプ圧送方式	製造年	昭和60年
ポンプ揚程	45.0m	管心高	約29.1m
送水圧 地震直前	約0.39MPa	距離	約6.2km
送水圧 地震直後	ポンプ停止により一時的に 0~0.1MPaとなる。	破損 状況	遊動弁体・案内ガイドがこっぱ 微塵に破損していた。空気弁 は、7.85mほど立ち上がったと ころに設置
送水量 通常時	約6,700m ³ /h	備考	ウォーターハンマ対策として、 白井高架水槽(H. W. L64.7~ L. W. L50.9)を設置していた。
送水量 地震直後	14:50に常用線停電により送配 水ポンプ停止。14:58に復電 し、15:07に送配水ポンプ運転 開始した。	空気弁前 後のテレ メータ	特徴なし



図 3.2.9 D-19(φ100mm 急速空気弁)の被害概要

5) 空気弁被害の推定原因

(1) 被害形態②「空気弁本体(各部品)破損」の推定原因

空気弁の破損については、これまでの地震でも経験した「案内(ガイド)」、「遊動弁体」の破損の他に、今回の地震では「フロート弁体」の破損があった。「フロート弁体」の破損はステンレス製フロート弁体(空洞の球形状)が変形して、大きな凹みを生じた事象であった。「フロート弁体」は、静的な圧力では 9MPa でも変形しないため、衝撃的な圧力によって変形した可能性が極めて高いと言える。

衝撃的な圧力発生は急激な圧力変動等によるものと推察されるが、メカニズムとしては、地震により「フロート弁体」が一時的に下がり(吸気し)、さらに一瞬のうちに「フロート弁体」が上がる(排気する)現象が生じた時に、閉じ込められた空気が圧縮されて衝撃的な圧力が発生したことが推定される(図 3.2.10 参照)。

この現象を再現するために、工場の実流設備の管路に急速空気弁を配置し、補修弁(空気弁の元弁)を閉めて空気弁のフロート弁体下がった状態(空気弁内は空の状態)にしておき、補修弁の操作レバーを急開操作することによって一気に水を空気弁内に送り込んで、フロート弁体が瞬時に上昇する状況を作り出す実験を行った。この検証実験で、空気弁内部の圧力を測定したところ、衝撃圧は 10MPa 以上に達する場面があることが確認され、空気弁内部では本管圧力よりも桁違いに大きな衝撃圧が発生することが明らかになった。この衝撃圧が、部品破損をもたらした可能性が高い。

さらに、 $\phi 75\text{mm}$ と $\phi 100\text{mm}$ の急速空気弁で変形破損を生じたステンレス製フロート弁体について破壊試験を行った。フロート弁体は中空(空洞の球形状)のステンレス製と中実(中が詰まった球形状)の発泡エボナイト製の 2 種類が一般に使用されているが、同一の外力を負荷した時、中実の発泡エボナイト製に比べて中空のステンレス製は変形が起りやすいという結果が得られた。そのため、地震発生時に想定されるフロート弁体の変形に対しては、中実のフロート弁体の方が損傷のリスクを軽減できると言える。

なお、地震時の急激な圧力変動については管路のシステム的な現象であるので容易に解明できないが、今回の地震は我が国観測史上最大の地震(M9.0 宮城県栗原市で最大震度 7)であったことに加え、揺れの継続時間が非常に長く(仙台市、塩釜市などでは 3 分程度)、また余震活動が活発(M7 以上の余震 6 回発生)であったという特徴があったため、配水池や受水槽の液面揺動(スロッシング)現象が激しかったことが充分考えられ、そのことが流量や圧力の急激な変動を招いた可能性もある。

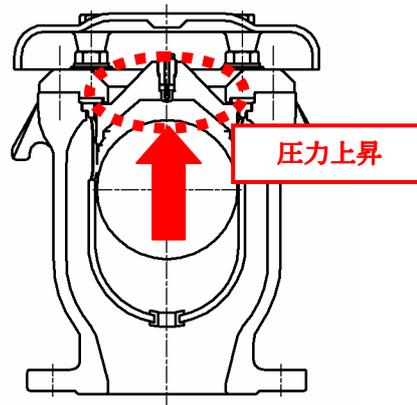


図 3. 2. 10 急激な水位上昇時の圧力上昇

(2) 被害形態①「フロート弁体に異物がつまったことによる漏水」の推定原因

空気弁の被害の中で被害形態①「フロート弁体に異物がつまったことによる漏水」も多かったが、その原因としては、止水部(大空気孔弁座と遊動弁体の間)への「土砂及び錆などの詰まり」が大半を占める。地震発生時に「フロート弁体」が下がる(吸気する)状況が生じ、水圧が復元して「フロート弁体」が上がる(排気する)時に、異物を嚙み込んだと推定される。

空気弁室は雨水が入り込むこともあり、普段は閉まっている「遊動弁体」の上部に土砂などの異物が溜まることが多い。そのため、「フロート弁体」が一旦下がった時に、その土砂などの異物が落ちて、止水部(大空気孔弁座部)に詰まってしまうことがある。

この被害の解消のためには、定期的に空気弁を清掃するメンテナンスが不可欠である。仙台市では定期的な空気弁清掃を実施しているため、そのことが功を奏して被害形態①の件数が0であったものと考えられる。

3.3 仕切弁の被害状況

1) 被害分類

仕切弁の被害分類は、①グランド部の漏水、②フランジ部からの漏水、③本体(各部品)の破損 の3つに区分した (表 3.3.1、図 3.3.1 参照)。

表 3.3.1 仕切弁の被害区分表

付属設備	被害形態	表記
B 仕切弁	グランド部の漏水	B-①
	フランジ部からの漏水 (ガスケット含む)	B-②
	本体(各部品)の破損	B-③

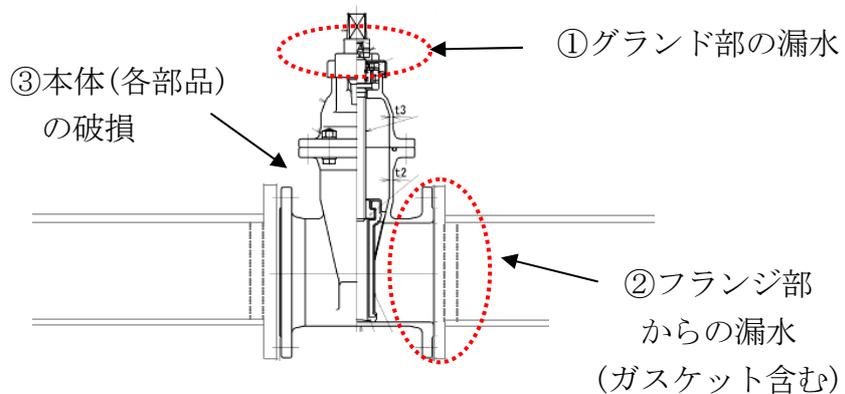


図 3.3.1 仕切弁の被害形態

2) 被害形態の割合

仕切弁の被害状況は、表 3.3.2 に示すとおり、宮城県企業局と水戸市水道部では被害がなく、仙台市水道局と千葉県水道局の被害率は約 0.04%であり、石巻地方広域水道企業団の被害率は約 0.09%であった。5 事業体合計で被害形態別にみると被害形態③「本体(各部品)の破損」が一番多く(被害全体の約 44%)、次が被害形態②「フランジ部からの漏水」(被害全体の約 28%)であった。被害形態①「グラウンドの漏水」(被害全体の約 4%)はほとんどなかった。

表 3.3.2 各事業体別の仕切弁被害形態①～③の割合

水道事業体	仙台市水道局					宮城県企業局		石巻地方広域水道企業団					千葉県水道局					水戸市水道部	5 事業体合計						
						大崎	仙南・仙塩																		
設置数(基)	導水管	51					6	0	107					190					—	—					
	送水管	383					156	368	340					214					—	—					
	配水本管	1,261					0	0	123					1,751					—	—					
	配水支管	41,344					0	0	12,039					88,011					—	—					
	合計	43,039					162	368	12,609					90,166					12,682	159,026					
仕切弁数	被害形態	①	②	③	不明	合計	合計	合計	①	②	③	不明	合計	①	②	③	不明	合計	合計	①	②	③	不明	合計	
	導水管	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	送水管	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
	配水本管	0	0	0	2	2	0	0	0	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	6
	配水支管	2	2	1	11	16	0	0	0	0	2	3	5	0	15	23	0	38	0	0	2	17	26	14	59
	合計	2	3	1	13	19	0	0	1	1	6	3	11	0	15	23	0	38	0	0	3	19	30	16	68
	被害率(%)	0.044%					0.000%	0.000%	0.087%					0.042%					0.000%	0.043%					

備考 1) 水戸市水道部は、導・送・配水別の設置数の集計はしていない。

備考 2) 「—」は、不明又は未確定を表す。

3.4 消火栓の被害状況

1) 被害分類

消火栓の被害分類は、①本体(各部品)の破損、②フランジ部からの漏水(ガスケット含む)、③T字管の折損の3つに区分した(表3.4.1と図3.4.1参照)。

表 3.4.1 消火栓の被害区分表

付属設備	被害形態	表記
C 消火栓	本体(各部品)の破損	C-①
	フランジ部からの漏水 (ガスケット含む)	C-②
	T字管の折損	C-③

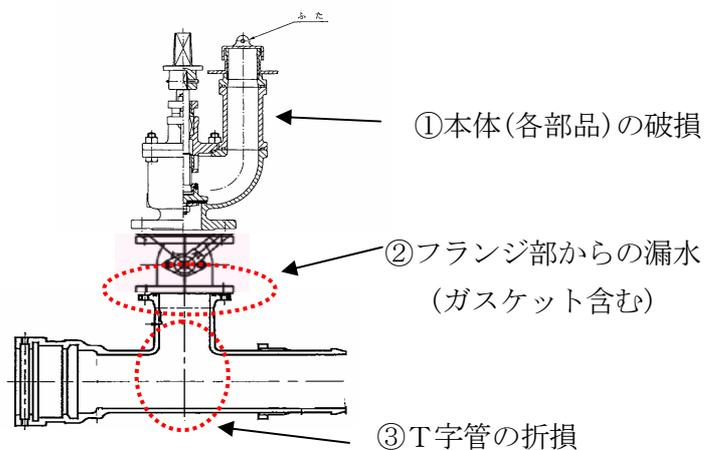


図 3.4.1 消火栓の被害形態

2) 被害形態の割合

消火栓の被害状況は、表 3.4.2 に示すとおり、水戸市水道部では被害がなく、仙台市水道局、石巻地方広域水道企業団、千葉県水道局及び水戸市水道部の 4 事業体合計の被害率は 0.032%であった(宮城県企業局は消火栓の設置がない)。被害形態別にみると被害形態②「フランジ部からの漏水」(被害全体の約 56%)がほとんど全てであった。

表 3.4.2 各事業体別の消火栓被害形態①～③の割合

水道事業体		仙台市水道局					石巻地方広域水道企業団					千葉県水道局					水戸市水道部					4事業体合計										
消火栓数	設置数(基)																															
		配水本管		-					36					480					0					-								
		配水支管		-					2,460					34,485					3,749					-								
	合計		14,760					2,496					34,965					3,749					55,970									
	被害数(件)	被害形態		①	②	③	不明	合計	①	②	③	不明	合計	①	②	③	不明	合計	①	②	③	不明	合計	①	②	③	不明	合計				
配水本管		0	0	0	1	1	1	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	4	
配水支管		0	2	0	4	6	0	1	1	0	2	0	6	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	4	14	
合計		0	2	0	5	7	1	2	1	1	5	0	6	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	1	6	18	
被害率 (%)		0.047%					0.200%					0.017%					0.000%					0.032%										

備考 1) 仙台市水道局及び水戸市水道部は、配水本管・支管別の集計は行っていない。

備考 2) 宮城県企業局は、消火栓の設置はしていない。

備考 3) 「-」は、不明又は未確定を表す。

3.5 管路附属設備被害のまとめ

3.5.1 製造年別の被害数

被害のあった空気弁・仕切弁・消火栓の製造年別の被害数を分析した結果、空気弁については、昭和50年～平成9年頃の製品の被害数が比較的多かった(図3.5.1参照)。ただし、この時期は水道の建設投資額が増加した時期であり、設置数が多いことが推測できる(図3.5.3参照)。なお、製造年ごとの設置数や材質は、事業者が全てを把握していないため、分析していない。

一方、仕切弁、消火栓については、平成以降の製品の被害は明らかに減っている(図3.5.2参照)。これは、近年布設の管路やバルブ類は耐震化が進んでいることも関係していると考えられる。

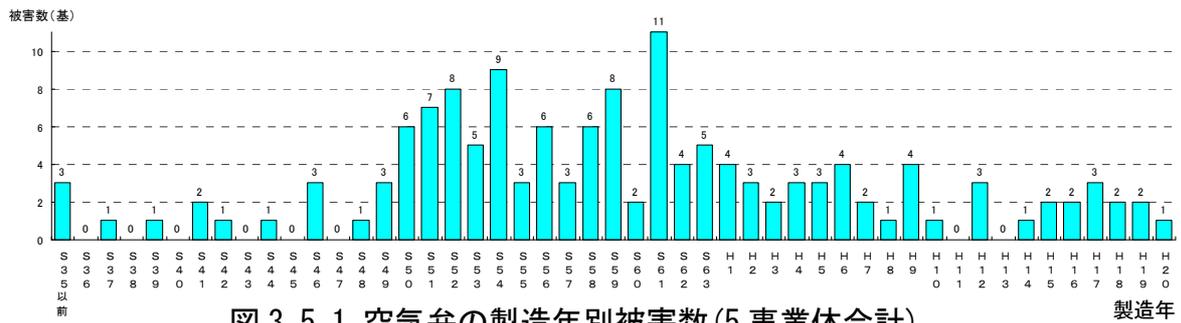


図 3.5.1 空気弁の製造年別被害数 (5 事業者合計)

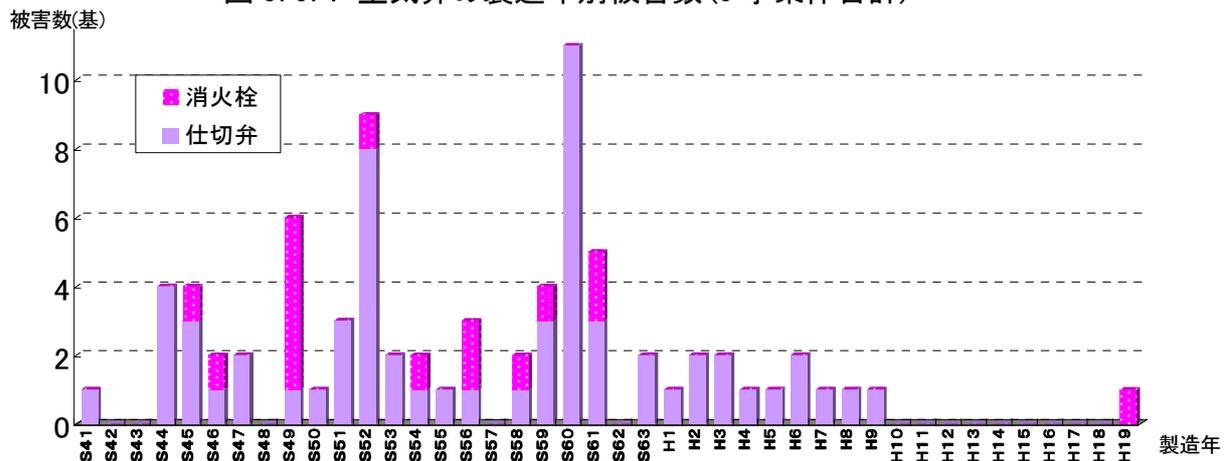
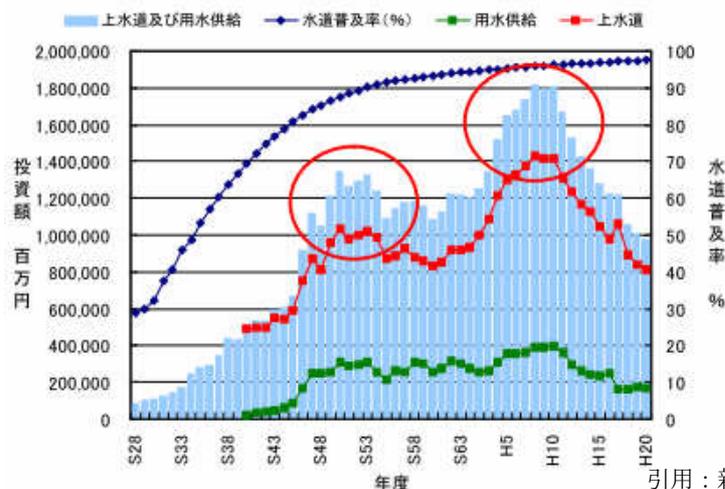


図 3.5.2 仕切弁・消火栓の製造年別被害数 (5 事業者合計)



引用：新水道ビジョン策定検討会

図 3.5.3 水道事業の建設投資額推移

3.5.2 過去の地震との比較

東日本大震災の空気弁被害率は、4事業体(仙台市水道局、宮城県企業局、石巻地方広域水道企業団、千葉県水道局)の合計で1.72%であった。阪神・淡路大震災と比較して、空気弁の被害率は4事業体平均では小さかったが、宮城県企業局、石巻地方広域水道企業団は大きく変わっていなかった。なお、仕切弁と消火栓の被害率はかなり小さかった(表3.5.1、図3.5.4参照)。

また、阪神・淡路大震災では空気弁や消火栓が弁室壁に衝突して破損した被害が多かったが、今回の東日本大震災ではほとんど無かった。

表 3.5.1 空気弁被害率における過去の地震との比較

震 災 名	-	阪神淡路大震災	東日本大震災
地 震 名	宮城県沖地震	兵庫県南部地震	東北地方太平洋沖地震
発 生 日	1978. 6. 12	1995. 1. 17	2011. 3. 11
○地震概要			
マグニチュード	M7.4	M7.2	M9.0
最大震度	震度5	震度7	震度7
家屋全半壊数	約7,400棟	249,180棟	385,824棟
○水道被害			
導・送・配水管被害件数(件)	212	2,258	1,111
被害率(件/km)	0.17	0.44	0.07
○管路付属設備			
仕切弁被害件数(件)	39	414	68
被害割合(%)	—	0.67%	0.04%
消火栓被害件数(件)	11	71	18
被害割合(%)	—	0.27%	0.003%
空気弁被害件数(件)	6	141	148
被害割合(%)	—	3.1%	1.72%

備考1) 震度階級は、1949年から震度0~7の8階級、1996年から10階級。新基準では、宮城県沖地震が震度5強相当

備考2) 兵庫県南部地震の水道被害(管路・付属設備)は、3市(神戸市、芦屋市、西宮市)の合計

(1995年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析、平成8年5月、日本水道協会)

備考3) 宮城県沖地震の水道被害(導・送・配水管)は仙台市水道局のみ

(78年宮城県沖地震災害の記録 S54.6)

備考4) 宮城県沖地震の水道被害(付属設備)は、64市町村の合計

(78年宮城県沖地震災害の記録 S54.6)と(水道協会雑誌第67巻 H10.3)

備考5) 東北地方太平洋沖地震の水道被害(管路・付属設備)は、5事業体(宮城県企業局、仙台市水道局、石巻地方広域水道企業団、水戸市水道部、千葉県水道局)の合計(本調査結果)。ただし、空気弁は水戸市水道部を除く。

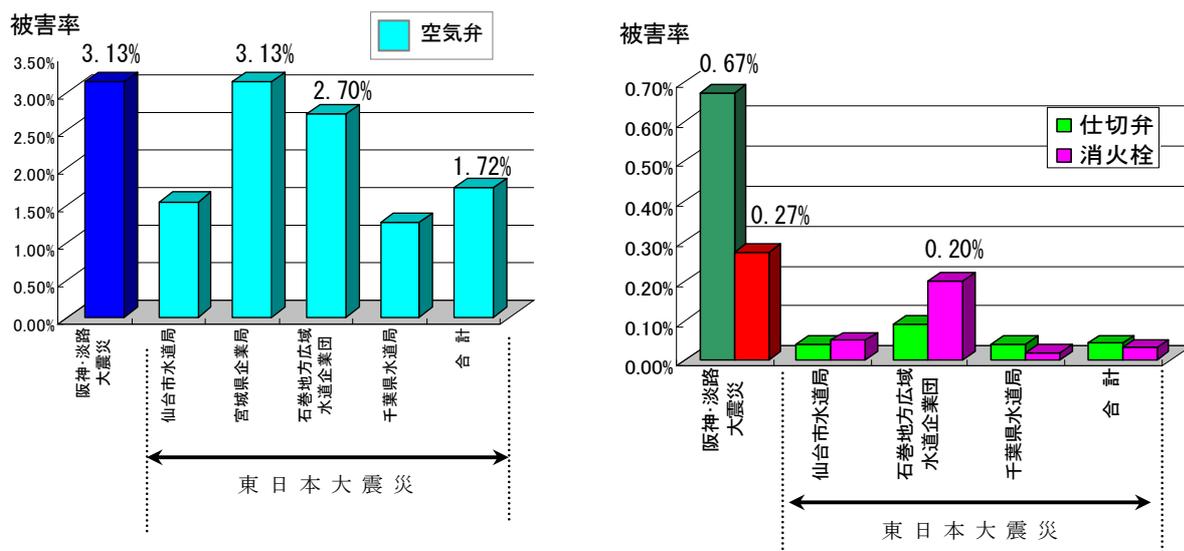


図 3.5.4 空気弁・仕切弁・消火栓の被害率比較

3.5.3 本調査から得られた今後の課題

- (1) 空気弁の被害、とりわけ本体部品の破損について、破損状況から衝撃的な圧力上昇が原因であると推定した。その検証実験を行った結果、空気弁内部では本管圧力よりも桁違いに大きな衝撃圧が発生することが明らかになったため、今後は瞬間的な圧力上昇に耐える材料や内部構造の見直し等の取り組みが必要と考えられる。
- (2) 空気弁の被害のうち、異物が止水部に詰まって起こる漏水は、管内の異物や、空気弁が空気を吸い込む時に遊動弁体の上部に溜まった弁室内の土砂などが止水部にかみこむ事象であり、今回の地震に限らず比較的よく起こる事象である。この被害を減らすためには、定期的に空気弁を清掃するメンテナンスが必要不可欠である。メンテナンスの頻度、方法については、『水道用バルブ類維持管理マニュアル』（日本水道協会発行）を参考にしながら、各事業体の実状に合わせて計画的かつ効率的に実施することが重要である。
- (3) 仕切弁や消火栓の被害も少なからず発生したが、フランジ継手部の破損やガスケット飛び出しによる漏水が主な被害であると推定される。管路の耐震化と相まって、耐震継手を有する仕切弁等の採用によるバルブの耐震化が望まれる。