

熊 本 地 震
給水装置被害状況調査
報 告 書

平成 30 年 7 月

公益財団法人 給水工事技術振興財団

1. 「熊本地震給水装置被害状況調査報告書作成委員会」

区 分	所 属	氏 名
学識経験者	東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻 教授	滝沢 智
	筑波大学システム情報系 構造エネルギー域 准教授	庄司 学
	神戸大学大学院 工学研究科 市民工学専攻 准教授	鯨田 泰子
水道事業者	熊本市上下水道局 維持管理部水相談課 技術主幹兼主査	三村 靖彦
	大津菊陽水道企業団 工務課 工務課長	赤星 幸喜
関係団体等	公益社団法人日本水道協会 工務部 担当課長	翠川 和幸
	全国管工事業協同組合連合会 熊本県管工事協同組合連合会 有限会社清原商会 代表取締役社長	清原 健志

○ 委員長

2. 検討の経緯

1) 趣旨

当財団は、平成 28 年度に我が国で初めて地震による給水装置の被害状況を調査した「東日本大震災給水装置被害状況調査報告書」を刊行した。今回、平成 28 年 4 月に発生した熊本地震に関して、給水装置の分岐から止水栓までの給水装置の被害状況調査を行った。新水道ビジョンの「給水管も、適切な材質や仕様が採用され耐震性が向上」という目指すべき方向性を受け、当財団では、水道事業者（以下「事業者」という。）による適切な給水装置の選択、資材メーカーによる給水管・給水用具の品質改良と新たな技術開発、給水管引込み部の耐震性評価の確立に寄与することを目的に、学識者、水道事業者、関係団体の方々に構成する上記「熊本地震給水装置被害状況調査報告書作成委員会」を設立し、熊本地震の給水装置被害調査結果を審議していただき本報告書を作成したものである。

2) 委員会の検討期間：2018 年（平成 30 年）5 月～6 月

- (1) 第一回委員会 ： 5 月 21 日
- (2) 第二回委員会 ： 6 月 26 日

熊本地震給水装置被害状況調査報告書

目 次

本 編

1. はじめに	1
1.1. 調査の目的	1
1.2. 熊本地震の概要	1
1.3. 調査対象事業者	3
2. 被害分析の手法	4
2.1. 被害調査の手法	4
2.1.1. 調査対象の給水装置	7
2.2. 給水装置の部位別分類	9
2.3. 被害原因の分類	10
2.3.1. 被害原因分類の考え方	10
2.4. 被害の評価の考え方	11
2.4.1. 給水装置引込み部の評価	11
2.4.2. 被害率と被害件数に基づく評価	11
2.4.3. 被害形態と被害原因からの評価	11
3. 給水装置被害の概要	12
3.1. 給水装置被害の概要	12
3.2. 被害原因の概要	15
3.3. 被害の特徴	18
【参考】阪神・淡路大震災における配水管と給水装置（道路部）の被害状況	21
4. 給水分岐部の被害に関する分析と考察	22
4.1. 給水分岐の形態と被害の概要	22
4.1.1. 給水分岐の構造と被害の分類	22
4.1.2. 分岐形態別の被害の概要	23
4.2. 給水分岐部の被害に関する分析	26
4.2.1. サドル付分水栓	26
4.2.2. チーズ継手	28
4.2.3. 分岐給水管の視点からの分岐部被害の特徴	30
4.2.4. 事業者別の被害の特徴	31
4.3. 被害に関する考察	34
4.3.1. サドル付分水栓	34

4.3.2. チーズ継手.....	34
5. 給水管部の被害に関する分析と考察	35
5.1. 給水管の管種別接合方式と被害の概要	35
5.1.1. 管種別の接合方式と構造・材質の改良経緯.....	35
5.1.2. 管種別の被害概要.....	38
5.2. 給水管部の被害に関する分析.....	41
5.2.1. 鋼管	41
5.2.2. 塩化ビニル管（VP+HIVP）	42
5.2.3. ポリエチレン管.....	42
5.2.4. 鉛管	43
5.2.5. 事業者別の被害の特徴.....	43
5.2.6. 給水管口径からの被害の特徴	46
5.3. 被害に関する考察.....	47
5.3.1. 鋼管	47
5.3.2. 塩化ビニル管（VP+HIVP）	47
5.3.3. ポリエチレン管.....	47
6. 第一止水栓の被害に関する分析と考察.....	48
6.1. 第一止水栓の構造と被害の概要	48
6.1.1. 第一止水栓の構造と被害形態	48
6.1.2. 第一止水栓部の被害の概要.....	48
6.2. 第一止水栓部の被害に関する分析と考察.....	51
6.2.1. 本体部.....	51
6.2.2. 接続給水管部	51
7. 水道メーター部の被害に関する分析と考察.....	52
7.1. 水道メーター部の構造	52
7.2. 水道メーター部の被害の特徴.....	52
8. 東日本大震災との比較分析.....	54
8.1. 被害件数の観点からの分析.....	54
8.2. 被害原因の観点からの分析.....	55
8.3. 熊本地震の被害の特徴.....	55
8.4. 熊本市と仙台市の被害分析.....	59
8.4.1. 配水管と給水装置引込み部の被害比較.....	59
8.4.2. 熊本市と仙台市の被害比較分析.....	60
9. 給水装置の耐震性向上.....	63
9.1. 地震動による被害原因の総括.....	63

9.1.1. 給水管種別の分析	63
9.1.2. 被害原因別の分析	63
9.2. 主要な給水装置に求められる性能	64
9.2.1. 分岐部	64
9.2.2. チーズ継手	65
9.2.3. 給水管部	65
9.2.4. 第一止水栓部	66
9.2.5. 水道メーター部	67
9.3. 給水装置の耐震性向上と望ましい維持管理	67
9.3.1. 給水装置の耐震性の向上	67
9.3.2. 老朽管更新時の留意点	67
9.3.3. 漏水修繕工事の望ましい姿	68

被害写真集

1. 給水分岐部の被害	1
①サドル付分水栓	1
②チーズ継手	4
2. 給水管部の被害	8
①鋼管	8
②塩化ビニル管	10
③ポリエチレン管	12
3. 第一止水栓部の被害	16
4. 水道メーター部の被害	16

1. はじめに

1.1. 調査の目的

水道の安定供給のためには、配水管と同様に給水装置の引込み部（給水分岐部から水道メーター一部まで）の耐震性向上も非常に重要であり、2013 年（平成 25 年）に公表された「新水道ビジョン」でも耐震性向上が重要な課題として提起されている。

給水装置は利用者が設置した資産であるが、漏水事故等の際は多くの場合水道事業者（以下「事業者」ともいう）が給水装置引込み部を修繕している。また、地震後に配水管を復旧するためには、配水管から水道メーターまでの間で漏水の有無を確認し応急復旧している。この応急復旧では給水装置引込み部の工事費の一部は国庫補助の対象となる場合が多くある。

こうした背景のもと給水装置引き込み部の構造・材質については水道事業者が指定できるとされている（水道法施行規則第 36 条第 3 項。平成 9 年 8 月 11 日厚労省令改正）。

配水管に関する地震被害調査は数多く実施されており、それぞれの管種の耐震性評価も確立している。一方、給水装置引込み部は地震被害調査が不十分であり、また、給水管の耐震設計法も確立されておらず、それぞれの管種の耐震性評価も定まっていない。

これまで当財団では、2011 年（平成 23 年）の東日本大震災における給水装置引込み部の被害状況調査報告書を作成し公表してきた。今回は 2016 年（平成 28 年）熊本地震における給水装置引込み部の被害状況を調査し、東日本大震災における被害調査結果も踏まえて、給水装置引込み部の耐震性向上に向けた課題を明らかにすることで、水道事業者の適切な給水管種・構造の選択、資材メーカーによる品質改良と新たな技術開発、今後の給水装置引込み部の耐震性向上に貢献することを目的とし本報告書の作成に取り組んだものである。

1.2. 熊本地震の概要

2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分、熊本県熊本地方の深さ 11km で M6.5 の地震「平成 28 年（2016 年）熊本地震」が発生し、益城町で震度 7、熊本市、西原村、玉名市、宇城市、嘉島町で震度 6 弱を記録した。その後 4 月 16 日 01 時 25 分、同地方の深さ 12km で M7.3 の地震が発生し、益城町、西原村で震度 7、熊本市、南阿蘇村、嘉島町、宇城市、宇土市、菊池市、大津町、合志市で震度 6 強を記録した。気象庁では、14 日の地震を前震とし、16 日の地震を熊本地震の本震としている。前震と本震の主な地震動記録を表 1.1、1.2 に示す。

表 1.1 熊本地震前震の主要観測点の地震動

市町村	観測地点名	震度	計測震度	最大加速度（合成）	震央距離
益城町	益城町宮園	7	6.6	816.7gal	5.2km
熊本市東区	熊本市東区佐土原	6 弱	5.9	604.0gal	6.0km
熊本市西区	熊本市西区春日	6 弱	5.9	737.4gal	12.0km
西原村	西原村小森	6 弱	5.7	543.7gal	13.4km
宇城市	宇城市不知火町	6 弱	5.7	565.6gal	16.9km

注）*1.観測地点は地方公共団体または(独)防災科学技術研究所の観測点を示す。

*2.地震調査研究推進本部地震調査委員会資料（平成 28 年 5 月 1 日）からの抜粋。

表 1.2 熊本地震本震の主要観測点の地震動

市町村	観測地点名	震度	計測震度	最大加速度（合成）	震央距離
益城町	益城町宮園	7	6.7	899.1gal	6.4km
西原村	西原村小森	7	6.6	904.0gal	15.8km
南阿蘇村	南阿蘇村河陽	6 強	6.2	1,316.3gal	25.1km
大津町	大津町大津	6 強	6.1	1,791.3gal	16.8km
宇城市	宇城市豊野町	6 強	6.1	751.7gal	13.2km
熊本市東区	熊本市東区佐土原	6 強	6.0	843.5gal	4.2km
熊本市西区	熊本市西区春日	6 強	6.0	677.5gal	7.5km

注）*1.観測地点は地方公共団体または(独)防災科学技術研究所の観測点を示す。

*2.地震調査研究推進本部地震調査委員会資料（平成 28 年 5 月 1 日）からの抜粋。

1.3. 調査対象事業者

被害調査は 2016 年の熊本地震において、給水装置引込み部の被害件数が多く、かつ、資料提供に協力を頂いた 8 事業者（熊本市上下水道局、大津菊陽水道企業団、阿蘇市水道局、宇城市土木部水道課、益城町水道課、御船町環境保全課、甲佐町環境衛生課、南阿蘇村環境対策課）の応急復旧工事が終了した時点での給水装置引込み部の災害被災資料に基づき調査を進めたものである（図 1.1 参照）。

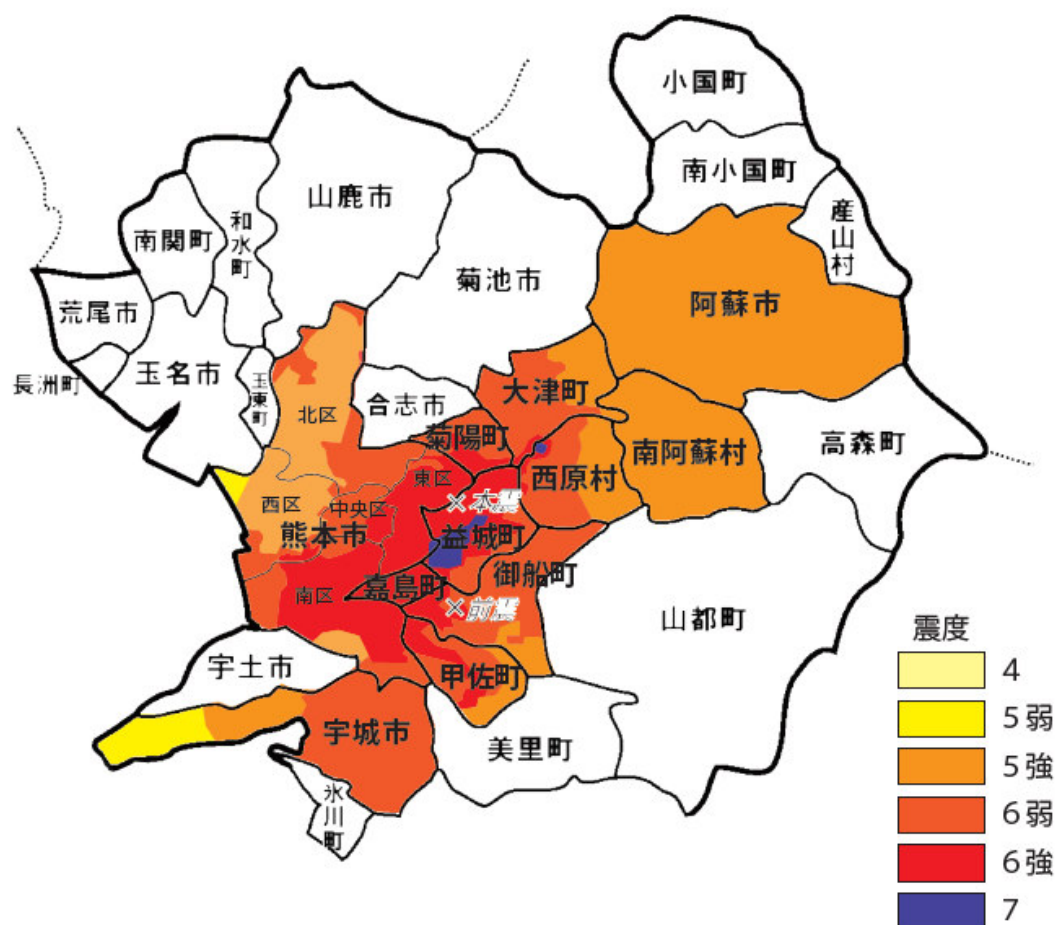


図 1.1 調査事業者の位置図と震央（X で表示）

出典：「平成 28 年(2016 年)熊本地震水道施設被害等現地調査団報告書(厚生労働省 H29.3)」の P6 の

図 2.1.3 「4 月 16 日本震の推定震度分布（産業技術総合研究所）」に一部加筆。

2.被害分析の手法

2.1. 被害調査の手法

調査対象事業者の概要を表 2.1 に、給水装置引込み部の採用管種を表 2.2 に示す。なお、表 2.1 のデータは、震災資料の提供を受けた 8 事業者を（公財）給水工事技術振興財団が訪問し、基礎資料調査の実施に関わる趣旨説明を行ったのち、各事業者に確認調査したものである。統計データの時期は表に記載のとおりであり、給水装置の引込み件数は熊本地震直前の 2015 年度末（平成 27 年度末）のものである。

表 2.1 調査対象事業者の概要

項 目	熊本市 ^{※1}	阿蘇市	宇城市	甲佐町	益城町	御船町	南阿蘇村	大津・菊陽 ^{※1} 水道企業団
水道事業創設時期(年)	大正13年	平成18年	昭和4年	昭和48年	昭和34年	昭和44年	昭和50年	昭和30年
計画給水人口(人)	703,000	32,355 ^{※3}	54,120 ^{※3}	9,240 ^{※3}	50,344 ^{※3}	23,307 ^{※3}	18,035 ^{※3}	75,900
計画一日最大給水量 (m3/日)	275,000	12,500	22,906	4,520	17,784	10,355	6,890	31,310
給水人口(人)	696,967	24,909	42,875	8,960	33,405	16,929	9,566	74,159
給水普及率(%)	94.46	92.8	75.9	85.2	99.8	97.7	83.7	99.5
一日最大給水(配水)量 (m3/日)	270,459	11,039	25,159	4,218	20,428	6,928	3,966	27,493
一日平均給水(配)量 (m3/日)	219,769	8,967	18,112	3,284	6,891	4,383	1,521	23,907
配水管延長(km)	3,312.9	365.4^{※3}	347.2^{※3}	108.9^{※3}	172.2^{※3}	170.7^{※3}	143.4^{※3}	385.7
水道メーター設置数 (個)	312,079	—	—	3,512	12,303	—	—	30,977
有収率(%)	88.5	74.6	89.2	77.1	92.6	85.5	81	84.7
給水装置引込み件数 ^{※2}	146,951	—	—	3,233	11,615	—	—	17,915

注: 熊本県環境生活部環境局環境保全課の『熊本県の水道』(平成28年3月31日現在)の上水道事業から、(公財)給水工事技術振興財団にて算出。

※1) (公財)給水工事技術振興財団が各事業者に問い合わせた内容を基に本表を作成。

※2) 口径は50以下を対象。

※3) 『熊本県の水道』を基に、上水道事業と簡易水道事業(公営)(甲佐町は上水道のみ)を合算して、(公財)給水工事技術振興財団にて算出。

表 2.2 調査対象事業者における主要な給水装置（道路内給水装置（口径 20、25mm）の使用管種等）

水道事業者	現在の使用管種		以前の使用管種	主要な分岐形態
	口径20・25mmの使用管種	採用時期及び使用条件		
熊本市上下水道局	被覆層付低密度ポリエチレン二層管	2006年(平成18年)	①一代前（H3～H17）:低密度ポリエチレン二層管 ②二代前（S48～H2）:低密度ポリエチレン単層管 ③三代前（～S48）:鉛管,鋼管(SGP),内面ビニルライニング鋼管（SGP・VB）	現在:サドル付き分水栓(ネジ式) 使用開始時期:1969年(昭和43年) 尚、サドル付き分水栓に該当品が無い場合は、チーズ継手
	内外面ビニルライニング鋼管（SGP・VD）	1989年(昭和63年) 添架等の露出部に限定		
大津菊陽水道企業団	低密度ポリエチレン二層管	1989年（平成元年）	低密度ポリエチレン単層管、硬質ポリ塩化ビニル管、鋼管（SGP）等混在	現在：サドル付き分水栓（ネジ式） （平成元年以降） 一代前：サドル付き分水栓（コック式） （昭和50年～昭和63年） 尚、サドル付き分水栓に該当品が無い場合は、チーズ継手
阿蘇市水道局	—	—	—	—
宇城市土木部水道課	—	—	—	—
甲佐町環境衛生課	低密度ポリエチレン二層管	—	硬質ポリ塩化ビニル管、鋼管（SGP）等混在	サドル付き分水栓(ネジ式) 尚、サドル付き分水栓に該当品が無い場合は、チーズ継手
南阿蘇村環境対策課	低密度ポリエチレン二層管	1989年（平成元年）	耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管、硬質ポリ塩化ビニル管、鋼管（SGP）等混在	サドル付き分水栓(ネジ式) 尚、サドル付き分水栓に該当品が無い場合は、チーズ継手
	耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管	—		
	硬質ポリ塩化ビニル管	—		
	内外面ビニルライニング鋼管（SGP・VD）	2005年(平成17年)		
益城町水道課	被覆層付低密度ポリエチレン二層管	2013年(平成25年)	耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管	サドル付き分水栓(ネジ式) 尚、サドル付き分水栓に該当品が無い場合は、チーズ継手
御船町環境保全課	—	—	—	—

注）：剛性の高い給水管を採用している場合でも、給水分岐部やエルボ部などで可撓管を使用していないと思われる。

2.1.1. 調査対象の給水装置

今回の調査は給配水システムの耐震性能評価の観点から被害調査を行うものであり、調査対象の給水装置は配水管の給水分岐部から水道メーターまでの間の「給水装置引込み部」とし（図 2.1 参照）、一つの建物に対しひとつの給水装置引込みを基本とする（図 2.2～図 2.4 参照）。したがって、道路に埋設された配水管（配水補助管、配水小管、連合給水管も含む¹⁾）からの分岐数が対象となり、受水槽式給水や直結・増圧式給水の各戸検針の場合にも一つの給水装置引込みとなり水道メーターの設置数や給水戸数とは異なる。

また、口径 50mm 以下の給水装置（給水引き込み）を調査対象としている。これは 50mm を超える給水装置引込みの場合には配水管と同じ構造と材質を採用しているケースが多いと考えられるためである。

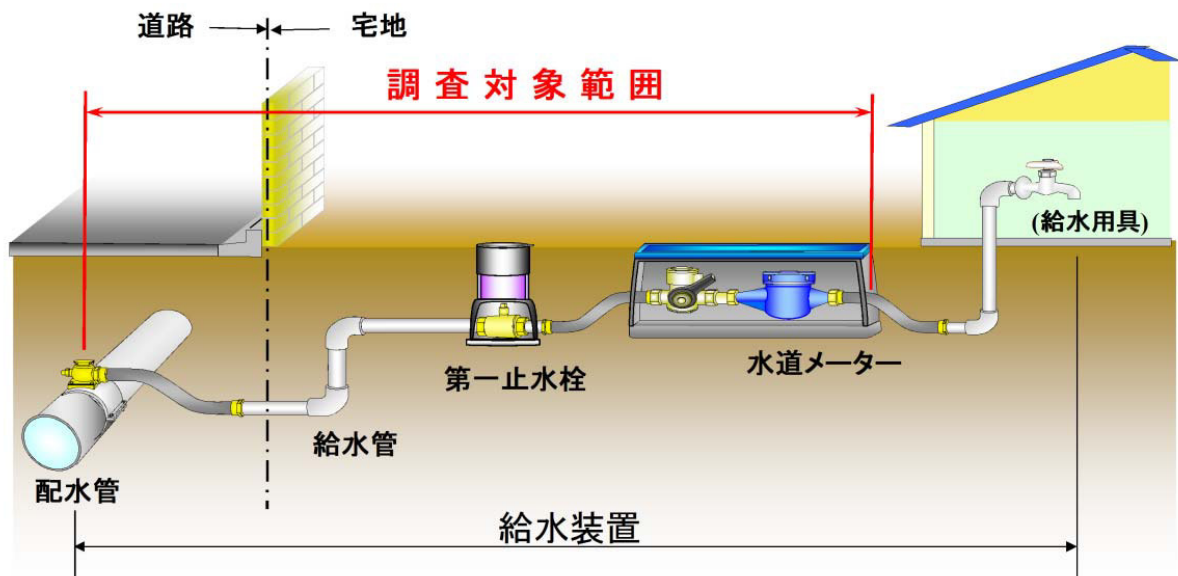


図 2.1 調査対象範囲

¹⁾ 配水補助管、配水小管、連合給水管：消火栓設置に関する制限を除いて機能は配水管と同じであるが、通常は 100mm または 50mm 以下の小口径配水管を配水補助管、配水小管、連合給水管などと区分けしている（事業者により名称が異なる）。これは基本的な管網を構成する要素ではないことや開発者が布設し水道事業者に寄付された経緯などがあるからと考えられる。

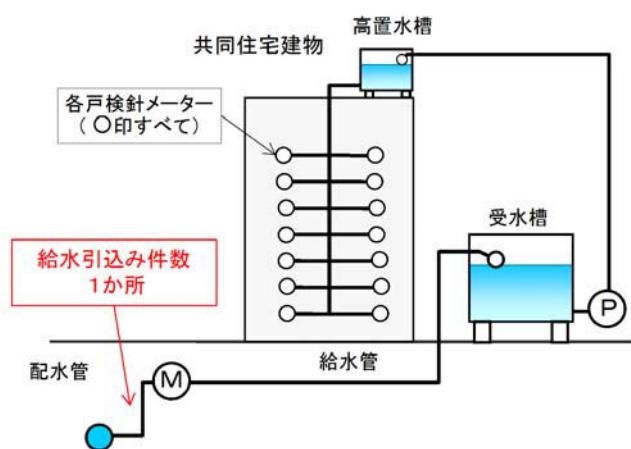


図 2.2 受水槽方式共同住宅における各戸検針の概念図

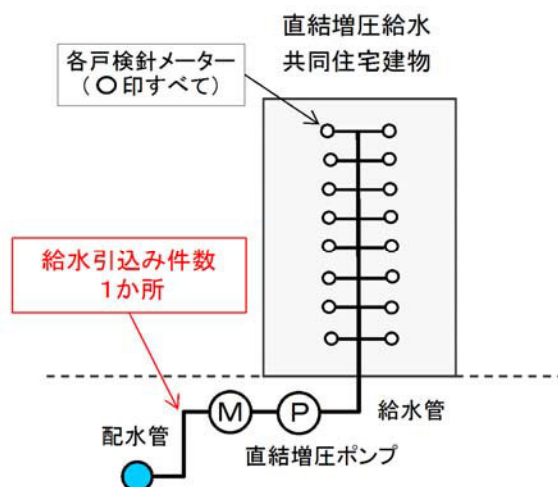


図 2.3 直結給水共同住宅における各戸検針の概念図

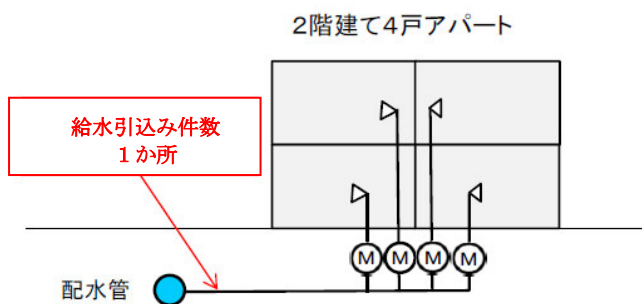


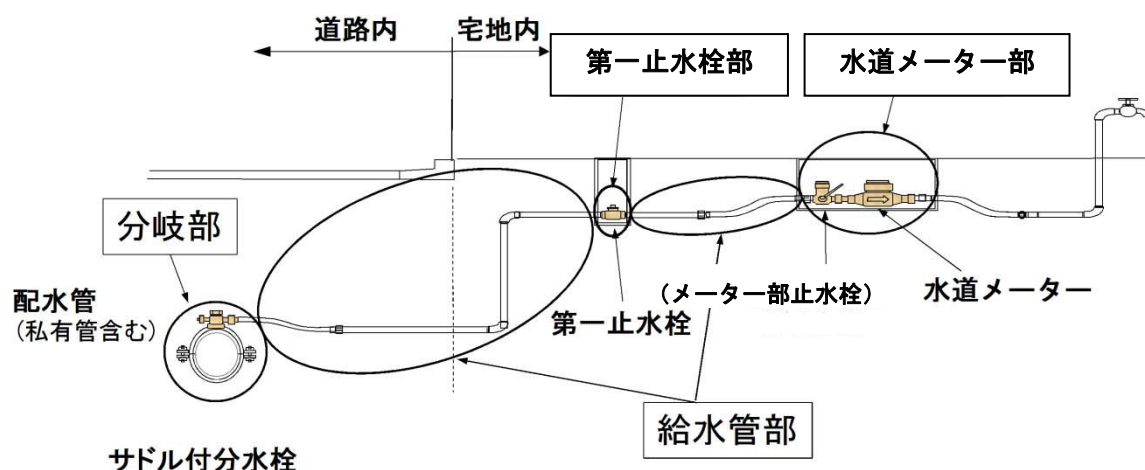
図 2.4 アパートにおける各戸検針の概念図

2.2. 給水装置の部位別分類

給水装置引込み部（給水分岐～水道メーター間）を図 2.5 及び写真 2.1 に示すように 4 つの部位（分岐部、給水管部、第一止水栓部、水道メーター部）に分類し被害分析と考察を行う。また、給水管との接合部についても給水管管種別に分類し被害分析と考察を行う。

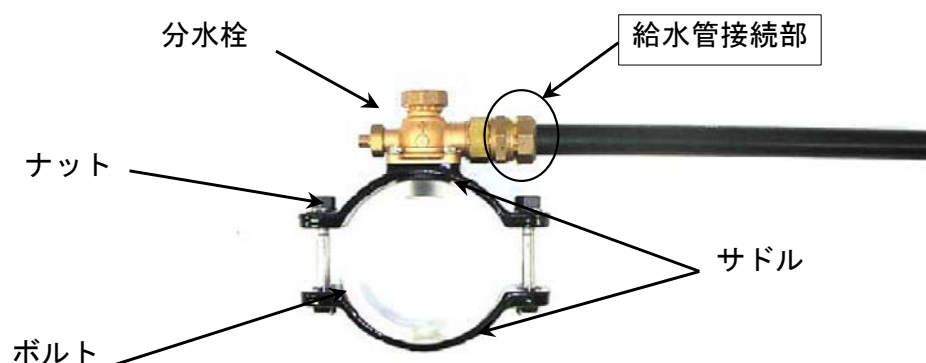
分岐部、第一止水栓部、メーター部には給水用具と給水管との接合部までを含むものとする。これは給水用具と給水管との接続部にも多くの被害が発生しており、部位別の耐震性を評価するためには給水用具の被害だけでなく接続部の被害についても分析が必要と判断したものである。

なお、止水栓は敷地境界に単独で設置される第一止水栓と水道メーター部に設置される止水栓（以降、メーター部止水栓とする）がある。第一止水栓は単独の部位として評価するが、図 2.5 に示すようにメーター部止水栓は水道メーター部に含めて評価するものとする。



* 各部位には給水管との接続部を含むものとする。

図 2.5 給水装置の部位別分類



（出典：横浜市水道局給水装置工事設計施工指針より一部加筆）

写真 2.1 サドル付分水栓の被害形態細分類

2.3. 被害原因の分類

2.3.1. 被害原因分類の考え方

写真などから主たる被害原因をほぼ特定できるものと複数の被害原因が想定されるものがあるが、本調査では被害総数 2,085 件について①材料劣化がある程度進行しており、地震で致命的な被害を受けたもの②施工の確実性が確認できず地震で被害を受けたもの③ほかの要因は少なく、地震動により被害を受けたものに大きく 3 分類し分析・評価する。なお、応急復旧対象地域内の液状化や地盤変状による被害も地震動が原因によるものに含めている。それぞれの被害原因の概要は以下のとおりである。

1) 材料劣化によるもの

「材料劣化によるもの」とされるものには、「素材が金属で腐食や材質劣化がある程度進行しており、地震で致命的な被害を受けたもの」、「青銅製給水用具の材質劣化とパッキン類の劣化がある程度進行しており地震で致命的な被害を受けたもの」に限定している。材料劣化がある程度進行していた状態で地震動により破損や抜け、漏水、作動不良などが発生したと考えており、具体的には、サドル付分水栓（ボルトを含む）、鋼管（ネジ継手部を含む）、鉛管、銅管、及び金属性の補修継手などで、写真においても腐食の進行が確認できるものである。また、止水栓の作動不良も材料劣化に区分している。

2) 施工の確実性が確認できないもの

「施工の確実性が確認できないもの」とされるものは塩化ビニル管の TS 接合で「管体に損傷を与えずに抜けたもの」と「現場の黒板等に記載のあるもの」に限定している。

3) 地震動によるもの

「地震動によるもの」とするものは「材料劣化によるもの」と「施工の確実性が確認できないもの」を除いたすべてを対象としている。被害形態から地震動の影響を強く受けたものと複合的な原因が想定されるものがあるが、明確な区分けが困難なため地震動によるものと大きく区分けした。主なものは以下のとおりである。

塩化ビニル管（以下塩ビ管）やポリエチレン管などの樹脂管で通常の使用期間で材料劣化が想定されない管材で管体破損が発生しているもの。

- ① 材料劣化の軽微な給水用具（サドル付分水栓、止水栓など）の破損。
- ② 分岐部の給水用具と配水管の間にずれが発生し漏水したもの。
- ③ 給水管の継手破損で材料劣化が軽微なもの。
- ④ 給水用具と給水管との接合部の被害で接合部の材質劣化が軽微なもの。
- ⑤ 素材改良以前（1990 年頃以前）のポリエチレン管、塩ビ管の TS 接合部の破損なども地震動によるものとした。

2.4. 被害の評価の考え方

2.4.1. 給水装置引込み部の評価

今回の給水装置の地震被害調査は給水分岐部から水道メーター部までの「給水装置引込み部」を対象としている。

これは、配水管から第一止水栓またはメーター部止水栓まで止水機能がなく、地震後の応急復旧では水道メーターまでの「給水装置引込み部」を含めて漏水を確認して通水しなければならないことから、水道の給配水システムの耐震性を評価する観点から当該設備の耐震性を評価するものである。

2.4.2. 被害率と被害件数に基づく評価

給水装置引込み部の被害の分析・評価においては被害率（被害件数÷給水装置引込み件数）に基づく評価が重要であり、可能な範囲で被害率による評価を行う。しかしながら、給水装置においては分岐形態別や給水管種別の給水引込み件数が不明であり、分岐形態や給水管種ごとの詳細な被害率に基づく分析・評価ができない場合も多くある。同じ耐震性能の給水装置であれば、使用実績が多いものは被害件数が多くなり社会的な影響が大きく、より高い耐震性能が求められことから被害件数の観点からも評価を行う。

2.4.3. 被害形態と被害原因からの評価

被害の形態を詳細に区分したうえで被害原因からの考察を加味し、既存の給水装置引込み部の管種・構造の弱点を明らかにし、今後の目指すべき方向について考察する。

3. 給水装置被害の概要

3.1. 給水装置被害の概要

給水装置の部位別にみた被害の概要を表 3.1、図 3.1、事業者別の被害の概要を表 3.2 に示す。部位別被害調査においては被害件数だけでなく、被害率も算出することが望ましいが、配水管と違い給水装置引込み部は分岐形態別や給水管種別に設置数（被害率を算出する分母）が把握できないため、被害数で分析・評価する。なお、被害件数が多いことは給水装置全体の耐震性評価の観点からは影響が大きいことであり、重要な指標と考えている。

1) 被害の概要

表 3.1 に示すとおり、全体の被害件数は 2,085 件であるが、このうち給水管部の被害が 1,715 件 (82.3%) と突出している。次に、水道メーター部の 188 件 (9.0%)、給水分岐部が 131 件 (6.3%) であり、第一止水栓部の被害は 51 件 (2.4%) である。

また、表 3.2 に示すとおり、事業体別の被害では熊本市の被害が全体の 83.3% を占めている。事業体別の特徴的な事例としては、水道メーター部の被害 188 件が熊本市だけで発生していることである。

2) 給水分岐部

給水分岐部の被害は 131 件と全体の 6.3% を占めており、内訳はチーズ継手の被害が 93 件、サドル付分水栓の被害が 38 件と、チーズ継手の被害が 7 割を占めている。

3) 給水管部

給水管部の被害は 1,715 件と全体の 82.3% を占めており、内訳は鋼管の被害が 746 件、塩ビ管が 559 件、ポリエチレン管が 283 件、鉛管が 125 件である。

鋼管の被害割合が総数 2,085 件の 35.8%、ポリエチレン管の被害割合が 13.6% を占め、後述するが、東日本大震災の被害割合と比べ大きく増加していることから、この原因究明が課題である（表 8.1）。

4) 第一止水栓部

第一止水栓の被害は 51 件と全体の 2.4% を占めており、内訳は本体被害が 30 件、継手破損が 21 件である。

5) 水道メーター部

水道メーター部の被害は 184 件と全体の 9.0% を占め、東日本大震災の 0.4% に比べ非常に高くなっていることから、原因究明が課題である（表 8.1）。

表 3.1 給水装置の部位別にみた被害状況

部位	管種・構造	被害数				割合※			
給水分岐部	サドル付分水栓	サドル破損	23	38	131	2,085	1.1%	1.8%	6.3%
		給水管接続部破損	7				0.3%		
		給水管接続部抜け	8				0.4%		
	チーズ継手等	本体破損	42	93			2.0%	4.5%	
		給水管接続部破損	39				1.9%		
		給水管接続部抜け	12				0.6%		
給水管部	塩ビ管	破損	427	559	1,715		20.5%	26.8%	82.3%
		抜け	130				6.2%		
		分類不能	2				0.1%		
	ポリエチレン管	破損	235	283			11.3%	13.6%	
		抜け	48				2.3%		
	鋼管	破損	738	746			35.4%	35.8%	
		抜け	5				0.2%		
		分類不能	3				0.1%		
	鉛管	破損	119	125			5.7%	6.0%	
		抜け	6				0.3%		
第一止水栓部	銅管	破損	2	2			0.1%	0.1%	
		本体被害	30	51			1.4%	2.4%	
		継手破損	21				1.0%		
水道メーター部		止水栓作動不良	184	188			8.8%	9.0%	
		継手破損	4				0.2%		

※ 被害の総件数(2085件)に対する割合(%)である。

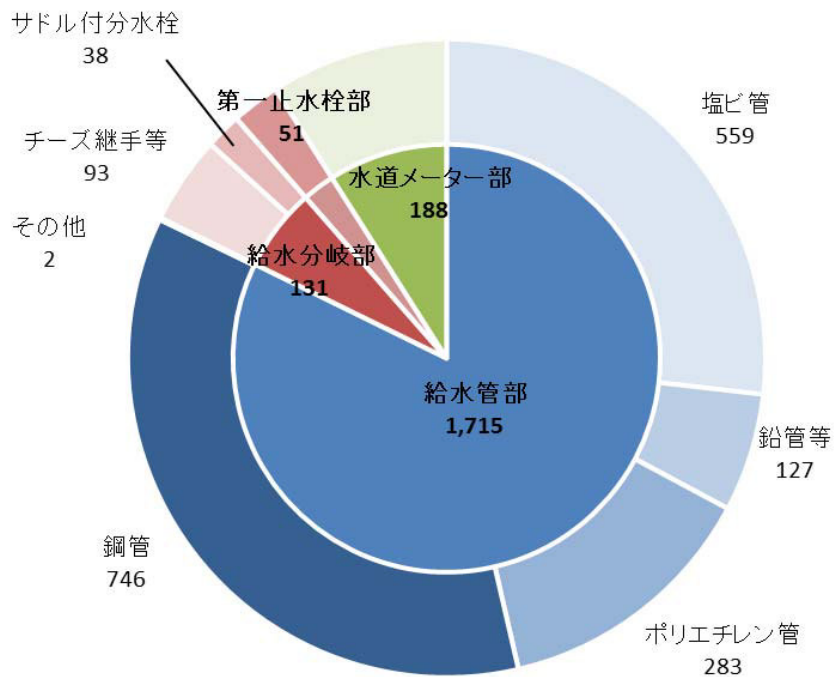


図 3.1 給水装置の部位別にみた被害構成（件数）

表 3.2 給水装置の部位別にみた被害状況（事業者別）

部位	管種・構造		被害数							
			熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団
給水分岐部	サドル付分水栓	サドル破損	19	0	0	1	0	0	2	1
		給水管接続部破損	4	0	0	0	1	0	1	1
		給水管接続部抜け	7	0	0	0	1	0	0	0
		小計	30	0	0	1	2	0	3	2
	チーズ継手等	本体破損	34	0	0	2	0	0	5	1
		給水管接続部破損	30	3	1	0	2	0	0	3
		給水管接続部抜け	8	2	0	0	0	0	0	2
		小計	72	5	1	2	2	0	5	6
	小計		102	5	1	3	4	0	8	8
給水管部	塩ビ管	破損	253	33	10	14	50	3	47	17
		抜け	94	2	2	15	2	1	5	9
		分類不能	0	0	1	1	0	0	0	0
		小計	347	35	13	30	52	4	52	26
	ポリエチレン管	破損	218	3	0	1	6	0	1	6
		抜け	40	0	1	0	3	2	0	2
		小計	258	3	1	1	9	2	1	8
	鋼管	破損	667	21	7	10	8	2	4	19
		抜け	5	0	0	0	0	0	0	0
		分類不能	3	0	0	0	0	0	0	0
		小計	675	21	7	10	8	2	4	19
	鉛管	破損	115	0	0	4	0	0	0	0
		抜け	6	0	0	0	0	0	0	0
		小計	121	0	0	4	0	0	0	0
	銅管	破損	2	0	0	0	0	0	0	0
		小計	2	0	0	0	0	0	0	0
	小計		1,403	59	21	45	69	8	57	53
	第一止水栓部	本体被害	25	0	0	3	1	0	0	1
		継手破損	19	0	0	0	1	0	0	1
		小計	44	0	0	3	2	0	0	2
	水道メーター部	止水栓作動不良	184	0	0	0	0	0	0	0
		継手破損	4	0	0	0	0	0	0	0
		小計	188	0	0	0	0	0	0	0
	合計		1,737	64	22	51	75	8	65	63
	構成比率		83.3%	3.1%	1.1%	2.4%	3.6%	0.4%	3.1%	3.0%
										100.0%

3.2. 被害原因の概要

被害原因分類の考え方は2.3に示すとおりであり、この分類に基づく被害原因別の集計を表3.3、図3.2に示す。また、8事業者の被害原因別の集計を表3.4に示す。

1) 被害原因の概要

表3.3に示すとおり、被害原因別に分類すると被害総数2,085件に対し、材料劣化による被害が1,118件と全体の53.6%を占め、地震動による被害が848件(40.7%)、施工の確実性が確認できないものが119件(5.7%)である。なお、以下の被害原因の考察については被害率が把握できないため被害件数で分析しており、事業者の規模も反映されていない。

事業者別にみると、表3.4に示すとおり熊本市の被害が全体の83.3%を占めている。また、事業者の被害の特徴としては、御船町、南阿蘇村、阿蘇市で地震動による塩ビ管の被害が大きくなっている。

2) 材料劣化によるもの

材料劣化による被害は1,118件と被害全体の53.6%を占めているが、主な被害は鋼管が726件、水道メーター部が185件、鉛管が125件などである。

これらの被害原因は後述するが、鋼管は管体とネジ接合部の腐食進行により地震動に耐えられなかったことが考えられ、水道メーター部は老朽化と地震動により止水栓の作動不良が発生したものである。

3) 地震動によるもの

地震動による被害は848件と全体の40.7%を占めているが、主な被害は給水管部では塩ビ管が449件、ポリエチレン管が283件、給水分岐部ではチーズ継手が52件などである。

4) 施工の確実性が確認できないもの

施工の確実性が確認できないものには、塩ビ管のTS継手で管体に損傷を与えないで抜けたものと現場の黒板等に記載のあるものに限定している。施工の確実性が確認できないものが119件と全体の5.7%であり、施工の確実性を担保できる構造が望まれる。

表 3.3 給水装置の被害原因別にみた被害状況

被害原因	部位	管種・構造	被害数				割合※1			
材料の劣化	給水分岐部	サドル付分水栓	11	43	1,118	2,085	0.5%	2.1%	53.6%	100.0%
		チーズ継手	32				1.5%			
	給水管部	鋼管	726	853			34.8%	40.9%		
		鉛管	125				6.0%			
		銅管	2				0.1%			
	第一止水栓部	本体	17	37			0.8%	1.8%		
		継手部	20				1.0%			
	水道メーター部	止水栓作動不良	181	185			8.7%	8.9%		
		継手部	4				0.2%			
地震動の影響	給水分岐部	サドル付分水栓	27	79	848		1.3%	3.8%	40.7%	
		チーズ継手	52				2.5%			
	給水管部	塩ビ管	449	752			21.5%	36.1%		
		ポリエチレン管	283				13.6%			
		銅管	20				1.0%			
	第一止水栓部	本体	13	14			0.6%	0.7%		
		継手部	1				0.0%			
	水道メーター部	止水栓作動不良	3	3			0.1%	0.1%		
		継手部								
施工の確実性	給水分岐部	チーズ継手	9	9	119		0.4%	5.7%	5.7%	
	給水管部	塩ビ管	110	110			5.3%			

※1 被害の総件数(2085件)に対する割合(%)である。

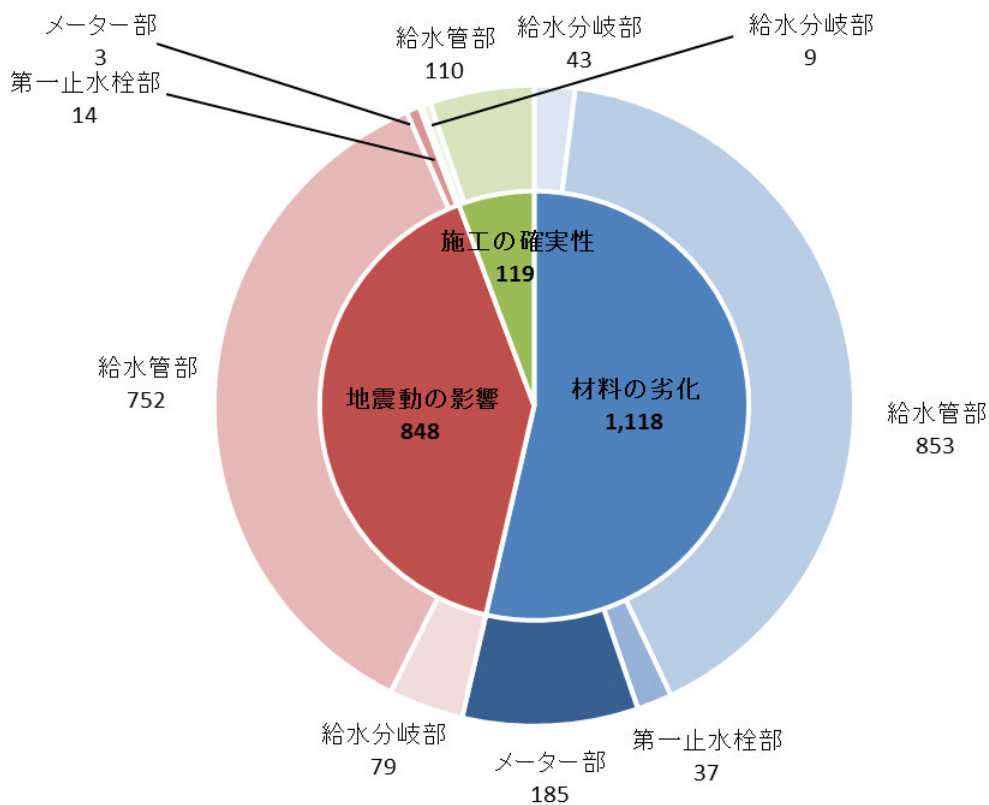


図 3.2 給水装置の被害原因別にみた被害構成（件数）

表 3.4 給水装置の被害原因別にみた被害状況（事業者別）

被害原因	部位	管種・構造	被害数								
			熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計
材 料 の 劣 化	給水分岐部	サドル付分水栓	10	0	0	1	0	0	0	0	11
		チーズ継手	27	3	0	0	0	0	0	2	32
		小計	37	3	0	1	0	0	0	2	43
	給水管部	鋼管	656	21	6	10	8	2	4	19	726
		鉛管	121	0	0	4	0	0	0	0	125
		銅管	2	0	0	0	0	0	0	0	2
		小計	779	21	6	14	8	2	4	19	853
	第一止水栓部	本体	16	0	0	0	1	0	0	0	17
		継手部	18	0	0	0	1	0	0	1	20
		小計	34	0	0	0	2	0	0	1	37
	水道メーター部	止水栓作動不良	181	0	0	0	0	0	0	0	181
		継手部	4	0	0	0	0	0	0	0	4
		小計	185	0	0	0	0	0	0	0	185
	小計		1,035	24	6	15	10	2	4	22	1,118
地 震 動 の 影 響	給水分岐部	サドル付分水栓	21	0	0	0	2	0	3	2	28
		チーズ継手	37	2	1	2	2	0	5	2	51
		小計	58	2	1	2	4	0	8	4	79
	給水管部	塩ビ管	268	33	12	20	50	3	46	17	449
		ポリエチレン管	258	3	1	1	9	2	1	8	283
		銅管	19	0	1	0	0	0	0	0	20
		小計	545	36	14	21	59	5	47	25	752
	第一止水栓部	本体	9	0	0	3	0	0	0	1	13
		継手部	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		小計	10	0	0	3	0	0	0	1	14
	水道メーター部	止水栓作動不良	3	0	0	0	0	0	0	0	3
		小計	3	0	0	0	0	0	0	0	3
	小計		616	38	15	26	63	5	55	30	848
	施 行 の 不 確	給水分岐部	チーズ継手	7	0	0	0	0	0	0	2
小計			7	0	0	0	0	0	0	2	9
給水管部		塩ビ管	79	2	1	10	2	1	6	9	110
		小計	79	2	1	10	2	1	6	9	110
小計		86	2	1	10	2	1	6	11	119	
合計		1,737	64	22	51	75	8	65	63	2,085	
構成比率		83.3%	3.1%	1.1%	2.4%	3.6%	0.4%	3.1%	3.0%	100.0%	

3.3. 被害の特徴

熊本地震で被害が多く発生している部位と原因を総合的に評価するため、部位別・原因別の被害一覧表（表 3.5）を作成し、被害の全体像を考察する。また、震災時だけでなく平常時の事故データを確認できた熊本市と大津菊陽水道企業団の給水装置引込み部と配水管の被害の概要を表 3.6 に示す。また、このデータをグラフ化したものを図 3.3 と図 3.4 に示す

1) 給水装置引込み部の被害率の特徴

表 3.5 の部位別・原因別被害一覧表に示すとおり、熊本地震において被害件数の多い事例は、①材料劣化の影響による鋼管の破損、②地震動による塩ビ管の破損、③地震動によるポリエチレン管の破損、④材料劣化の影響による水道メーター部止水栓の作動不良、⑤材料劣化の影響による鉛管の破損、⑥施工の確実性が疑われる塩ビ管継手の抜け、⑦地震動によるポリエチレン管継手の抜け、⑧地震動によるチーズ継手の塩ビ管の破損、⑨材料劣化の影響によるチーズ継手の鋼管の破損・抜け、⑩地震動による塩ビ管継手の抜けなどである。

それぞれの管種において被害形態が変わっており、これら管材質と継手を含む構造、および耐食性について十分に考慮する必要がある。

表 3.5 部位別・原因別 被害一覧表

被害内容				被害原因		材料の劣化	地震動の影響	施工の確実性	総計
項目			給水管種						
給水分岐部	サドル付分水栓	サドル破損		6	17	0	23		
		給水管接続部破損・抜け	塩ビ管	0	3	0	3		
			ポリエチレン管	0	7	0	7		
			鋼管	3	0	0	3		
			鉛管	2	0	0	2		
	チーズ継手等	本体破損	塩ビ管	0	35	0	35		
			ポリエチレン管	0	1	0	1		
			鋼管	6	0	0	6		
		給水管接続部破損・抜け	塩ビ管	0	16	9	25		
			鋼管	26	0	0	26		
給水管部	塩ビ管	破損		0	424	3	427		
		抜け		0	23	107	130		
		分類不能		0	2	0	2		
	ポリエチレン管	破損		0	235	0	235		
		抜け		0	48	0	48		
	鋼管	破損		726	12	0	738		
		抜け		0	5	0	5		
		分類不能		0	3	0	3		
	鉛管	破損		119	0	0	119		
		抜け		6	0	0	6		
	銅管	破損		2	0	0	2		
第一止水栓部		本体被害		17	13	0	30		
		継手破損	ポリエチレン管	0	1	0	1		
			鋼管	20	0	0	20		
水道メーター部		止水栓作動不良		181	3	0	184		
		継手破損	鋼管	3	0	0	3		
			鉛管	1	0	0	1		
総計				1,118	848	119	2,085		

2) 給水装置引込み部の被害比較

熊本市と大津菊陽水道企業団の平常時の1年間の給水装置引込み部の事故率（100件当たりの事故件数）と震災時（応急復旧期間）の給水装置引込み部の被害率（100件当たりの被害件数）の比較を図3.3に示す。

大津菊陽水道企業団の1年間の事故率は0.40件/100件に対し震災時の被害率は0.36件/100件であり、熊本市の1年間の事故率は1.57件/100件に対し震災時の被害率は1.18件/100件となっている。地震動や地盤の違いなども影響していると考えられるが、平常時の事故率の高い熊本市が震災時の被害率も高くなっており、この原因究明が望まれる。また、両事業者とも震災時の被害率が少なくなっている。

そのほか、1995年の阪神淡路大震災における震度7に見舞われた4事業者の給水装置引込み部（道路部）の被害率を比較すると（参考表-1参照）、神戸市の被害率3.24件/100件や西宮市の被害率5.86件/100件に比べ、熊本市、大津菊陽水道企業団とも給水装置引込み部の被害率が大幅に低下している。

3) 配水管の被害率の比較

熊本市と大津菊陽水道企業団の平常時の1年間の配水管の事故率（件/km）と震災時の配水管の被害率（件/km）の比較を図3.4に示す。

熊本市の1年間の事故率は0.079件/kmに対し震災時の被害率は0.127件/km、大津菊陽水道企業団の1年間の事故率は0.132件/kmに対し震災時の被害率は0.156件/kmである。いずれも震災時の被害率が高くなっている。

また、両事業者の配水管の被害率は、1995年阪神淡路大震災の4事業者の被害率（参考表-1）を大きく下回っており、配水管の耐震化が進んでいると考えられる。

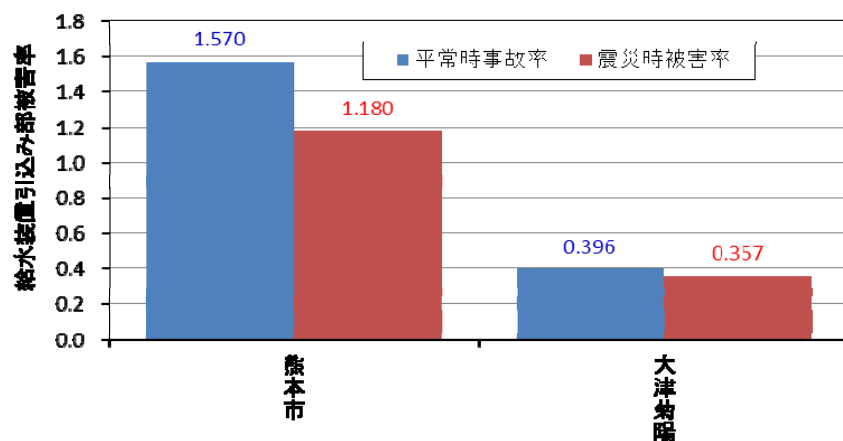


図 3.3 事業者ごとの給水装置引込み部被害率の比較

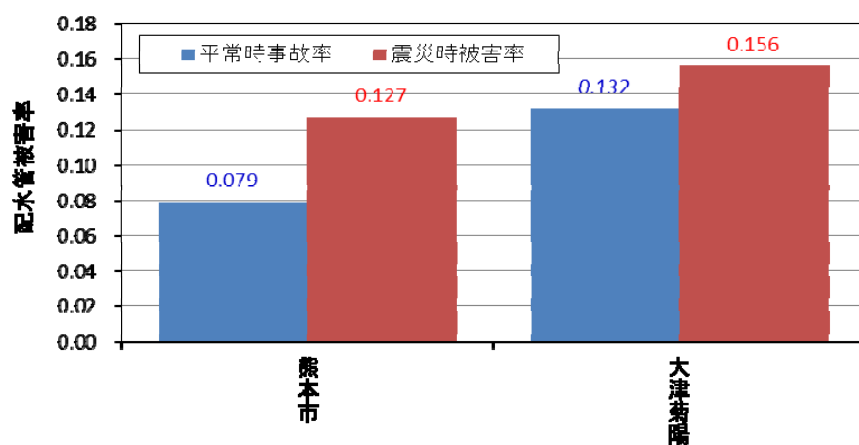


図 3.4 事業者ごとの配水管被害率の比較

表 3.6 給水装置と配水管の被害の概要

項 目	単位	熊本市	大津・菊陽 水道企業団
給水装置引込み件数※	件	146,951	17,915
配水管延長※	km	3,312.9	385.7
地震時の修繕件数	件	2,159	124
給水装置引込み部被害件数	件	1737	64
給水装置引込み部被害率	100件当たりの被害件数	1.182	0.357
配水管被害件数	件	422	60
配水管被害率	km当たりの被害件数	0.127	0.156
平常時の年間修繕件数	件	2,572	122
給水装置引込み部事故件数	件	2,311	71
給水装置引込み部事故率	100件当たりの事故件数	1.573	0.396
配水管事故件数	件	261	51
配水管事故率	km当たりの事故件数	0.079	0.132

※) (公財)給水工事技術振興財団が各事業者に問い合せて整理したデータであり、給水管は口径は50以下を対象。

【参考】阪神・淡路大震災における配水管と給水装置（道路部）の被害状況

1995 阪神・淡路大震災における給水装置（道路部）と配水管の被害状況を参考表-1 に示す。なお、配水管の被害には水管橋とバルブなどの付属設備も含んでおり、給水装置は道路部の被害件数である。

震度 7 に見舞われた神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市の「道路上の給水管」の被害率が 1.09 ～5.86%とバラツキがある。宝塚市と芦屋市の被害率が低くなっているが、芦屋市の主な管種は古いタイプの低密度ポリエチレン単層管であった。一方、西宮市、神戸市、宝塚市では塩ビ管が主たる給水管であり、被害率が高くなったのものと思われる。

また、地震動の分布や地盤の違いによる影響を除くため、給水管と配水管の被害率を比較すると参考表-1 に示すとおりとなる。被害の比率（給水装置（道路部）の被害率÷配水管の被害率）が 0.86～7.39 倍と大きくばらついており、配水管の被害率の影響もあるが、被害比率の高い事業者の給水装置（道路部）の脆弱性が明らかになっている。

なお、阪神・淡路大震災以降、神戸市、西宮市とも給水装置引込み部の管種を塩ビ管から低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）に変更している。

参考表-1 1995 年の阪神・淡路大震災における
配水管と給水装置（道路部）の被害状況

	配水管(管路+水管橋+弁類等)			給水装置(道路部)				比率※
	被害数 (件)	布設延長 (km)	被害率 (件/km)	被害数 (件)	給水装置数 (件)	100件当り の件数	主な材質	
神戸市	1,757	4,002	0.439	11,823	364,464	3.24	HIVP	7.39
芦屋市	362	184.7	1.960	382	22,791	1.68	PP	0.86
西宮市	1,521	966.3	1.574	4,820	82,208	5.86	HIVP	3.72
宝塚市	428	874.2	0.490	670	61,531	1.09	HIVP	2.22

※ 比率＝給水装置(道路部)の被害率÷配水管の被害率

出典：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、社団法人日本水道協会、p. 14、
兵庫県南部地震による水道施設の被害状況等調査について（その 2）、水道協会雑誌、第 65 巻第 4 号（第 739 号）、p. 132。

4. 給水分岐部の被害に関する分析と考察

4. 1. 給水分岐の形態と被害の概要

給水分岐の形態を図 4.1 に示し、分岐部における被害形態別の分類を表 4.1、被害原因別の分類を表 4.2 に示す。また、それぞれのグラフを図 4.2、図 4.3 に示す。

4. 1. 1. 給水分岐の構造と被害の分類

1) サドル付分水栓

サドル付分水栓は 1970 年代に開発され、その後、順次、構造・材質が改良が加えられ、今日では広く利用されるようになってきている。最新のサドル付分水栓の構造を図 4.1 に示す。今回の調査では被害形態を大きくサドル破損、給水管接続部破損と抜けに区分する。更に、サドル付分水栓本体の破損に関しては①本体破損②サドルのずれ③サドルボルト破損④サドル鞍部破損⑤分水栓部破損に分類し、給水管接続部の破損と抜け被害については管種別に区分し考察する。

2) チーズ継手

チーズ継手による分岐は小口径の被分岐管（事業者により配水補助管、配水小管、連合給水管などと名称されている）からの分岐において、給水管の口径が同じ場合や給水管口径が少し縮径される場合によく使われている。チーズ継手の構造を図 4.1 に示す。

被害形態を①チーズ継手本体破損②給水管接続部破損③給水管接続部抜けに区分し考察する。

なお、今回の給水装置の被害調査では口径 50mm までを対象としている。チーズ継手の特徴として被分岐管口径が 20mm や 25mm のものもあり、被分岐管で被害も発生しているが給水装置の被害として報告されている。これらのことから 50mm 以下の被分岐管の被害も給水装置引込み部に含めて被害計上している。

【一口メモ】主たる給水分岐設備の変遷

分水栓とサドル付分水栓の概ねの採用状況を参考図-1 に示す。概ね 1980 年頃からサドル付分水栓が主たる工法として採用され、順次、材質・構造の改良がなされている。

参考図-1 主たる給水分岐設備の変遷

区 分	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
分水栓	——	——				
サドル付分水栓		——	——	——	——	——

凡例：採用初期（.....）、採用拡大（——）、主たる工法（——）、採用縮小（——）、限定使用（.....）。

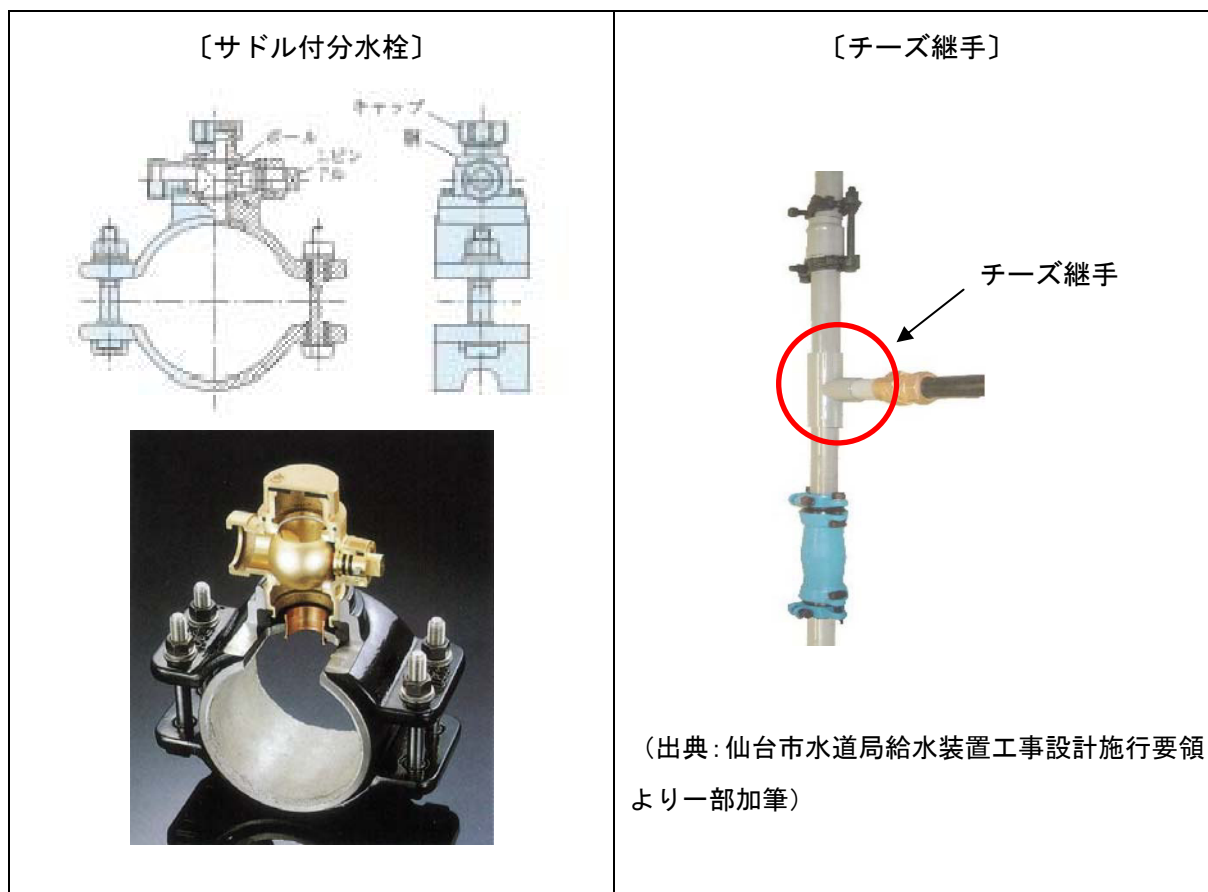


図 4.1 給水分岐部の形態

4.1.2. 分岐形態別の被害の概要

1) 被害形態の概要

それぞれの分岐形態別の設置数（被害率算出の分母）が不明であり、被害率に基づく定量的な評価はできないが、給水分岐部の被害は被害総数 2,085 件のうち 131 件（6.3%）であり、給水管部の被害 1,715 件の 1 割以下である（表 3.2）。

表 4.1、図 4.2 に示すとおり、分岐部の被害件数 131 件を分岐形態別に分類するとサドル付分水栓の被害が 38 件（29.0%）、小口径の配水補助管などからのチーズ継手の被害が 93 件（71.0%）である。小口径管であるチーズ継手の被害件数が多いことに留意する必要がある。

分岐部の被害 131 件のうち分岐部本体に関するものが 65 件（23+42）、給水管接続部に関するものが 66 件である。また、被害件数が多いものとしてチーズ継手本体（塩ビ管）の被害が 35 件、チーズ継手接続部（鋼管）の被害が 27 件、サドル付分水栓のずれ被害が 15 件である（表 4.1）。

2) 被害原因の概要

分岐部の被害原因を分類（表 4.2、図 4.3）からみると材料劣化によるものが 43 件、地震動によるものが 79 件、施工の確実性を確認できないものが 9 件である。

特徴として材料劣化はチーズ継手の鋼管が 32 件と材料劣化の 74%（ $32 \div 43$ ）を占めており、チーズ本体とネジ接合部の腐食進行による性能低下によるものである。

地震動による被害が 79 件であり、サドル付分水栓の本体やチーズ継手の本体に多く発生してお

り、塩ビ管の被害が 53 件（3+35+15 件）と全体の 67%を占めている。給水分岐部は配水管と T 字形の配管となっており、地震動により応力とひずみが集中しやすい部位であることから被害が多くなったものと思われる。給水分岐部には可撓管の設置や変形性能の高い管路により地震動に追従できる構造が求められる。一方、柔軟性のあるポリエチレン管にも 6 件の被害が発生しており詳細な分析が必要である。

表 4.1 給水分岐部の被害形態別にみた被害状況

分岐形態・被害形態				被害数				割合※ ¹			割合※ ²			
サドル付分水栓	サドル破損	本体破損		2	23	38	131	5.3%	60.5%	100.0%	1.5%	16.8%	29.0%	100.0%
		サドルずれ		15				39.5%			11.5%			
		サドルボルト破損		3				7.9%			2.3%			
		サドル鞍部破損		2				5.3%			1.5%			
		分水栓部破損		1				2.6%			0.8%			
	給水管接続部破損	塩ビ管	VP管	2	7			5.3%	18.4%		1.5%	5.3%		
			HIVP管	1				2.6%			0.8%			
		ポリエチレン管		1				2.6%			0.8%			
		鋼管		3				7.9%			2.3%			
	給水管接続部抜け	塩ビ管	VP管	1	8			2.6%	21.1%		0.8%	6.1%		
		ポリエチレン管		5				13.2%			3.8%			
		鉛管		2				5.3%			1.5%			
チーz継手	本体破損	塩ビ管	VP管	23	42	93		24.7%	45.2%	100.0%	17.6%	32.1%	71.0%	
			HIVP管	12				12.9%			9.2%			
		ポリエチレン管		1				1.1%			0.8%			
		鋼管		6				6.5%			4.6%			
	給水管接続部破損	塩ビ管	VP管	7	39			7.5%	41.9%		5.3%	29.8%		
			HIVP管	5				5.4%			3.8%			
		鋼管		27				29.0%			20.6%			
	給水管接続部抜け	塩ビ管	VP管	6	12			6.5%	12.9%		4.6%	9.2%		
			HIVP管	6				6.5%			4.6%			

※¹ 各々の分岐形態の総件数に対する割合(%)である。

※² 給水分岐部の総件数(131件)に対する割合(%)である。

表 4.2 給水分岐部の被害原因別にみた被害状況

部位	被害原因	管種・構造				被害数				割合※				
分岐部	材料の劣化	サドル付分水栓	サドル本体関連	本体破損	2	6	11	43	131	1.5%	5.3%	8.4%	32.8%	100.0%
				サドルボルト破損	3					2.3%				
				サドル鞍部破損	1					0.8%				
			給水管関連	塩ビ管(VP)	1	5				0.8%	3.8%			
				鋼管	2					1.5%				
				鉛管	2					1.5%				
		チーz継手	本体	鋼管	5	5	32			3.8%	3.8%	24.4%		
			給水管関連	鋼管	27	27				20.6%				
	地震動の影響	サドル付分水栓	サドル本体関連	サドルずれ	15	17	27	79		11.5%	11.5%	20.6%	60.3%	
				サドル鞍部破損	1					0.8%				
				分水栓破損	1					0.8%				
			給水管関連	塩ビ管(VP)	2	10				1.5%	7.6%			
				塩ビ管(HIVP)	1					0.8%				
				ポリエチレン管	6					4.6%				
				鋼管	1					0.8%				
		チーz継手	本体	塩ビ管(VP)	23	37	52			17.6%	28.2%	39.7%		
				塩ビ管(HIVP)	12					9.2%				
				ポリエチレン管	1					0.8%				
				鋼管	1					0.8%				
			給水管関連	塩ビ管(VP)	8	15				6.1%	11.5%			
				塩ビ管(HIVP)	7					5.3%				
施行の確実性	チーz継手	給水管関連		塩ビ管(VP)	5	9	9	9		3.8%	6.9%	6.9%	6.9%	
				塩ビ管(HIVP)	4					3.1%				

※ 給水分岐部の総件数(131件)に対する割合(%)である。

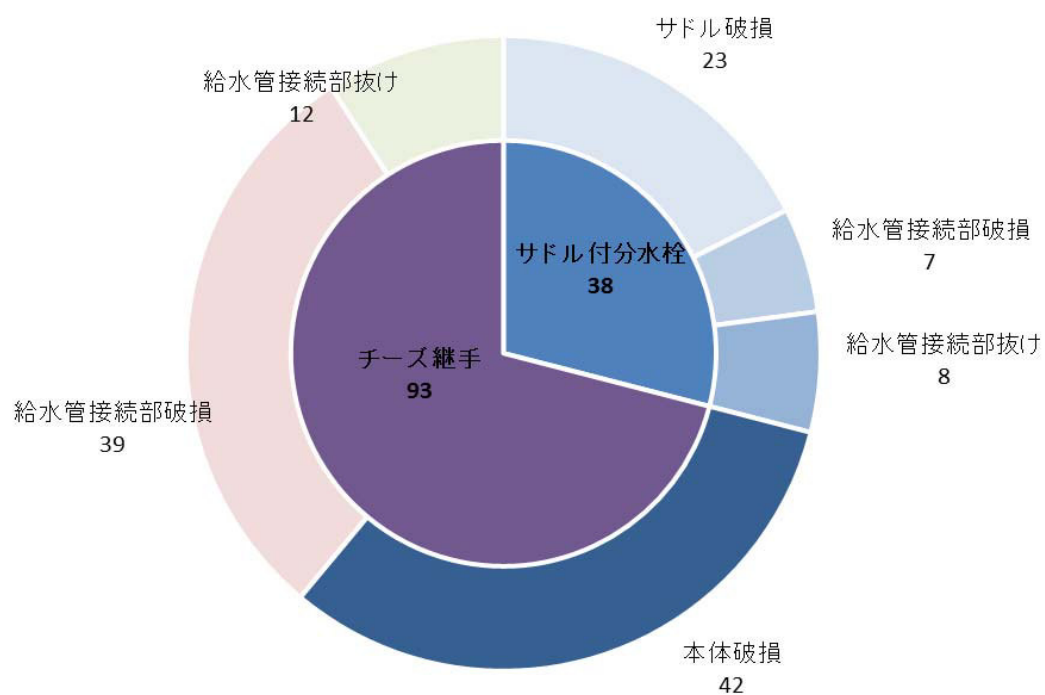


図 4.2 給水分岐部の被害形態別にみた被害構成（件数）

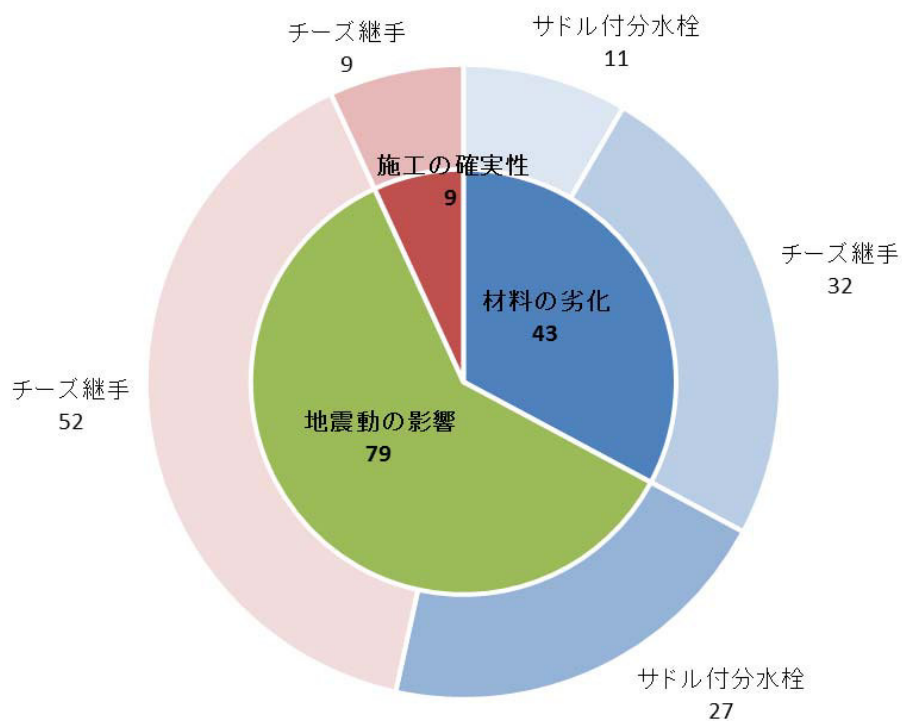


図 4.3 給水分岐部の被害原因別にみた被害構成（件数）

4. 2. 給水分岐部の被害に関する分析

4. 2. 1. サドル付分水栓

1) 被害形態の特徴

近年広く採用されているサドル付分水栓の被害件数 38 件の内訳は、本体破損が 23 件に対し、給水管との接続部の被害（破損及び抜け）が 15 件であり、本体と接続部の双方に被害が発生している（表 4.3、図 4.4）。

サドル本体破損のうち、サドル付分水栓のずれ被害(被害写真集 P1) が 15 件発生しており、地震動によりサドル部分に応力とひずみが集中し、ずれたものと思われる。

2) 被害原因の特徴

被害原因の分類（表 4.2、図 4.5）からみると材料劣化による被害(被害写真集 P3) が 11 件（本体部 6 件、接続部 5 件）、地震動による被害(被害写真集 P1～3)が 27 件（本体 17 件、接続部 10 件）である。

材料劣化は金属部分の腐食進行により地震動に耐えられなかったものであり、古いタイプのものが多い。また、地震動によるサドル付分水栓本体の破損は、給水分岐部に応力とひずみが集中し被害につながったと考えられ、接合部の破損や抜け被害は給水管本体若しくは接合部の可撓性不足が原因と考えられる。特に、柔軟性のあるポリエチレン管に 6 件の被害が発生しており詳細な分析が必要である。

表 4.3 サドル付き分水栓の被害形態別にみた被害状況

部 位	分岐形態・被害形態		被害数			割合※1			割合※2		
サ ド ル 付 分 水 栓	サドル破損	本体破損	2	23	38	5.3%	60.5%	100.0%	1.5%	17.6%	29.0%
		サドルずれ	15			39.5%			11.5%		
		サドルボルト破損	3			7.9%			2.3%		
		サドル鞍部破損	2			5.3%			1.5%		
		分水栓部破損	1			2.6%			0.8%		
	給水管接続部破損	塩ビ管	2	7		5.3%	18.4%		1.5%	5.3%	
		HIVP管	1			2.6%			0.8%		
		ポリエチレン管	1			2.6%			0.8%		
		鋼管	3			7.9%			2.3%		
	給水管接続部抜け	塩ビ管	1	8		2.6%	21.1%		0.8%	6.1%	
		ポリエチレン管	5			13.2%			3.8%		
		鋼管	2			5.3%			1.5%		

※1 サドル付分水栓の総件数(38件)に対する割合(%)である。

※2 給水分岐部の総件数(131件)に対する割合(%)である。

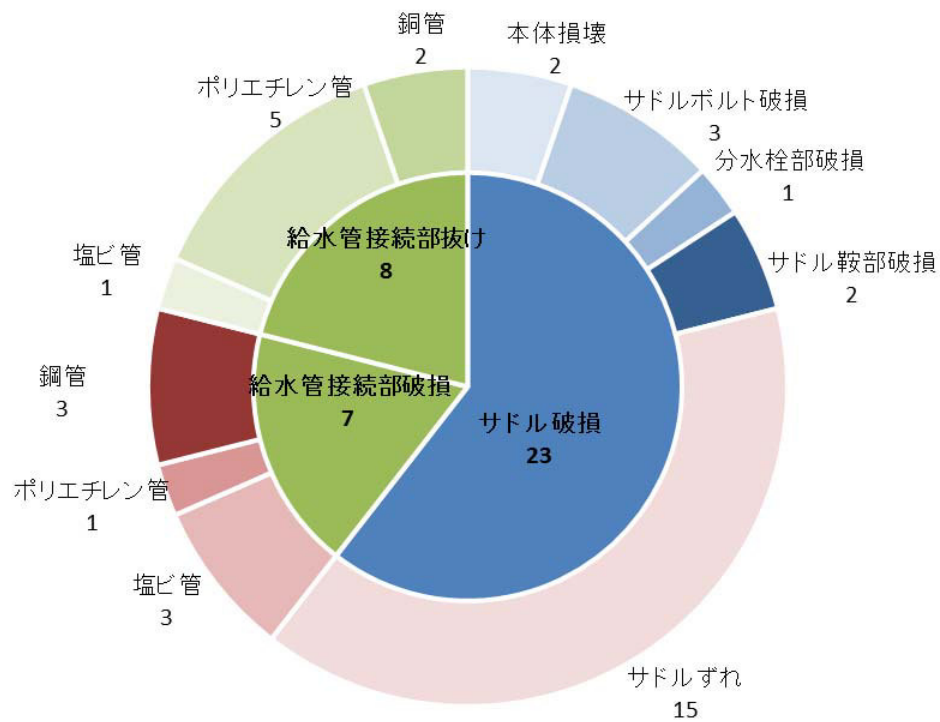


図 4.4 サドル付分水栓の被害形態別にみた被害構成（件数）

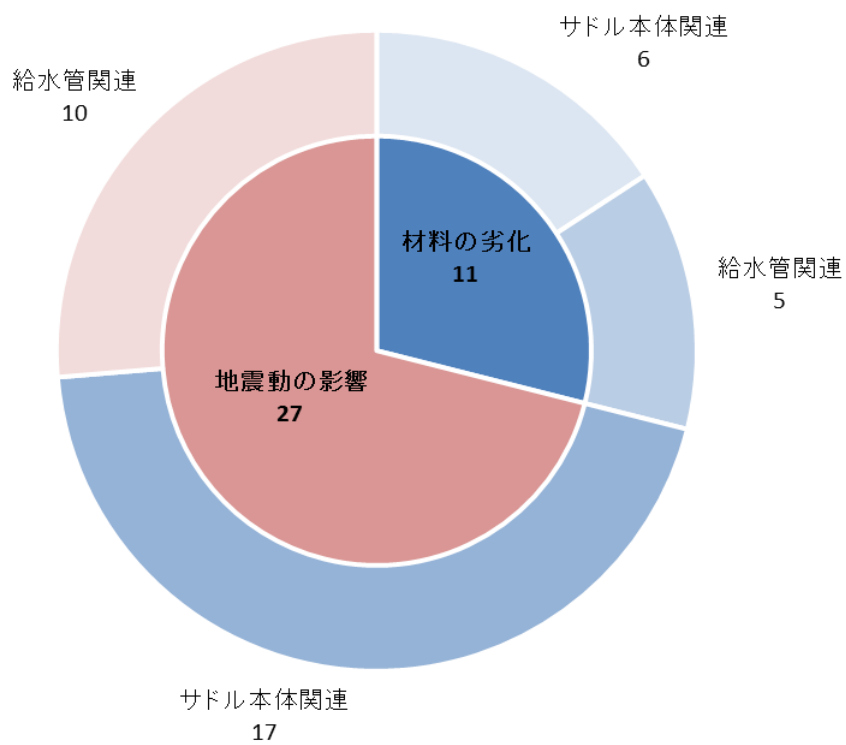


図 4.5 サドル付分水栓の被害原因別にみた被害構成（件数）

4.2.2. チーズ継手

1) 被害形態の特徴

チーズ継手の被害は分岐部の被害件数 131 件に対し 93 件（71.0%）であり、内訳はチーズ本体破損(被害写真集 P 4～5)が 42 件、継手部破損(被害写真集 P 4～7)が 39 件、継手部抜け(被害写真集 P 5)が 12 件である。チーズ継手本体の被害は塩ビ管が 35 件と多くを占めており、給水管との接続部破損は鋼管が 27 件と卓越している。そのほか、給水管接続部抜けは全て塩ビ管の被害である（表 4.4、図 4.6）。

2) 被害原因の特徴

被害原因の分類（表 4.2、図 4.7）からみると材料劣化(被害写真集 P 5～7)が 32 件あり、すべて鋼管の管体とネジ接合部の腐食進行による性能低下である。地震動による被害(被害写真集 P 4～5)が 52 件（本体部 37 件、接続部 15 件）あり、このうち 50 件が塩ビ管の被害である。そのほか、施工の確実性が確認できないものが 9 件あり、すべて塩ビ管による被害である。

地震動によるチーズ継手の被害については、ほとんどが塩ビ管で発生している。これは T 字の部分に応力とひずみが集中したこと、チーズ継手は小口径管が多く相対的に強度が不足すること、および塩ビ管（TS 継手）の可撓性不足によるものと思われる。

表 4.4 チーズ継手の分岐形態別・被害形態別にみた被害状況

分岐形態・被害形態				被害数			割合 ^{※1}			割合 ^{※2}		
チ ー ズ 継 手	本体破損	塩ビ管	VP管	23	42	93	24.7%	52.7%	100.0%	17.6%	37.4%	71.0%
			HIVP管	12			12.9%			9.2%		
		ポリエチレン管		1			1.1%			0.8%		
		鋼管		6			6.5%			4.6%		
	給水管接続部破損	塩ビ管	VP管	7	39		7.5%	41.9%		5.3%	29.8%	
			HIVP管	5			5.4%			3.8%		
		鋼管		27			29.0%			20.6%		
	給水管接続部抜け	塩ビ管	VP管	6	12		6.5%	12.9%		4.6%	9.2%	
			HIVP管	6			6.5%			4.6%		

※1 チーズ継手の総件数(93件)に対する割合(%)である。

※2 給水分岐部の総件数(131件)に対する割合(%)である。

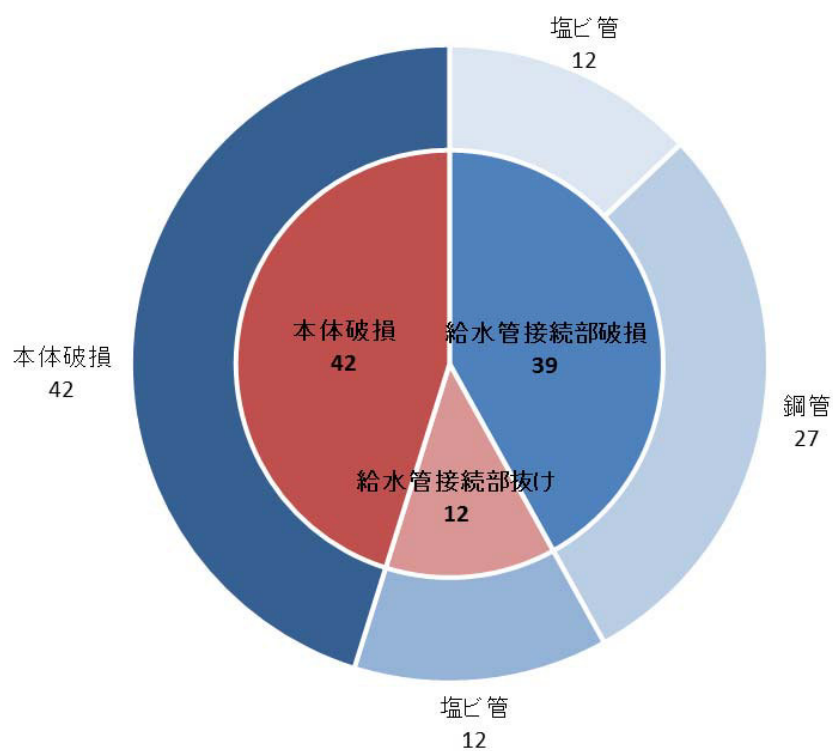


図 4.6 チーズ継手の被害形態別にみた被害構成（件数）

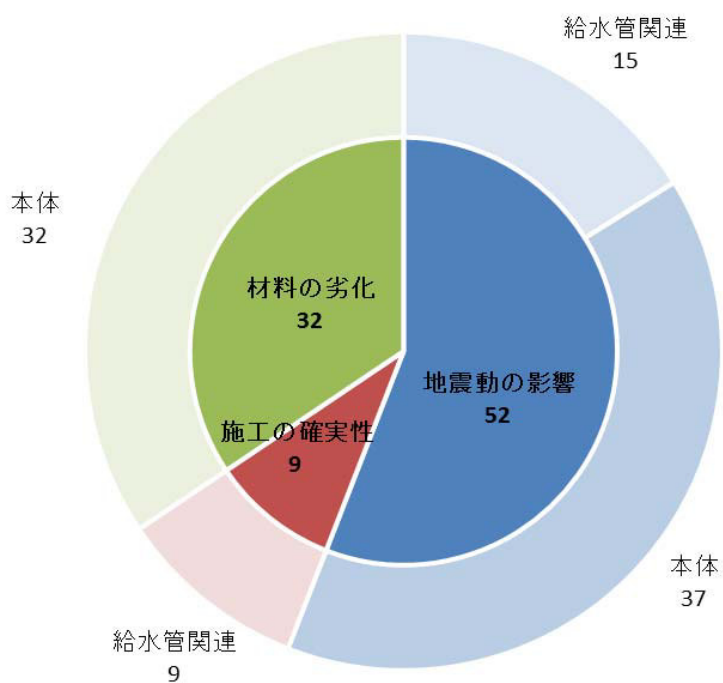


図 4.7 チーズ継手の被害原因別にみた被害構成（件数）

4.2.3. 分岐給水管の視点からの分岐部被害の特徴

1) 被害構成の特徴

表 4.5 に示すとおり、分岐給水管の管種別被害を見ると鋼管が 30 件、塩ビ管（VP+HIVP）が 27 件、ポリエチレン管が 6 件、鉛管が 2 件となっている（図 4.8）。留意すべき管種として鋼管と塩ビ管、ポリエチレン管について以下に述べる。

2) 被害原因の特徴

(1) 鋼管による分岐

表 4.5 に示すとおり、接続部の鋼管の被害は 30 件あり、チーズ継手が 27 件、サドル付分水栓からの分岐が 3 件である。また、表 4.2 の被害原因別分類に示すように材料劣化が、チーズ継手で 27 件、サドル付分水栓で 2 件発生しており、ほとんどが腐食進行による性能低下（材料劣化）が被害の支配要因であり、地震動による被害は 1 件だけである。

(2) 塩ビ管による分岐部

表 4.5 に示すとおり、接続部の塩ビ管（VP+HIVP）の被害は 27 件あり、チーズ継手が 23 件、サドル付分水栓が 4 件である。また、表 4.2 の被害原因別分類に示すように、地震動が 18 件、施工の不確実性が 9 件などである。

塩ビ管（特に TS 継手）は可撓性が不足していることが被害原因と考えられる。

(3) ポリエチレン管による分岐部

表 4.1 の給水分岐部の分岐形態別の被害件数を集計すると、接続部のポリエチレン管の被害は 6 件あり、すべてがサドル付分水栓からの分岐である。また、表 4.2 の被害原因別の件数をみると全てが地震動による被害である。柔軟性のあるポリエチレン管であるにもかかわらず地震動による被害が多くあり詳細な分析が必要である。

表 4.5 分岐給水管種別の分岐部の被害分類

給水管管種		分岐形態	被害数※ ¹				割合※ ²			
塩ビ管	VP管	サドル付分水栓	2	15	27	65	1.5%	11.4%	20.5%	49.2%
		チーズ継手	13				9.8%			
	HIVP管	サドル付分水栓	2	12			1.5%	9.1%		
		チーズ継手	10				7.6%			
ポリエチレン管		サドル付分水栓	6	6			4.5%	4.5%		
鋼管		サドル付分水栓	3	30			2.3%	22.7%		
		チーズ継手	27				20.5%			
鉛管		サドル付分水栓	2	2			1.5%	1.5%		

※1 被分岐管からの分類であり、本体被害も含まれていることから表4.1及び表4.2の値とは一致しない。

※2 給水分岐部の総件数(131件)に対する割合(%)である。

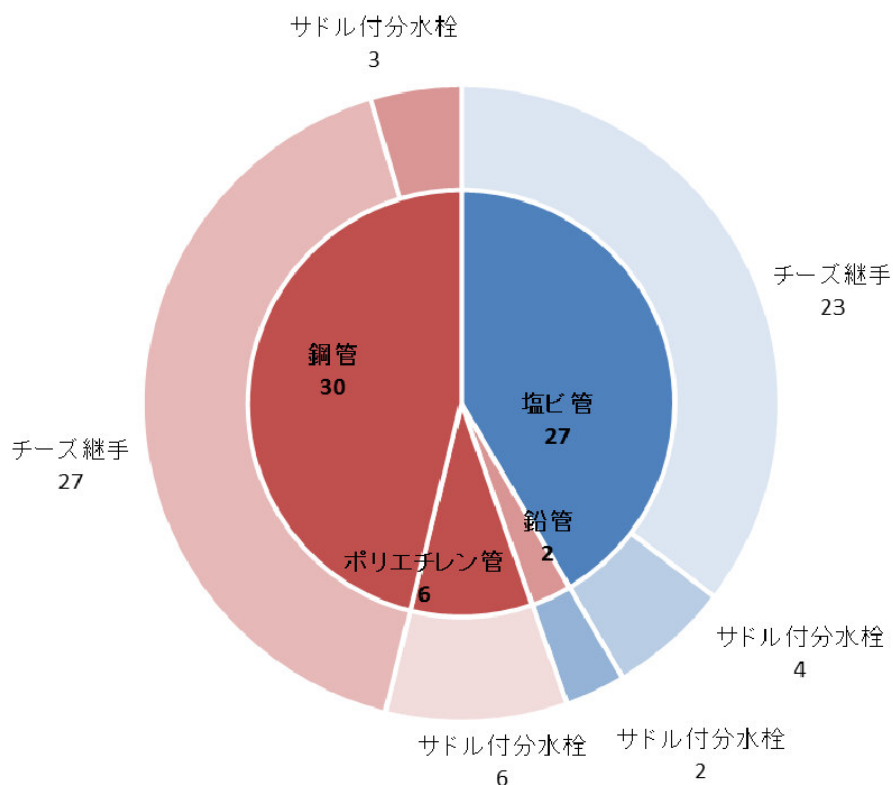


図 4.8 給水管の視点からの分岐部被害の構成（件数）

4.2.4. 事業者別の被害の特徴

各事業者の給水分岐部の被害形態別分類を表 4.6、被害原因別の分類を表 4.7、接続給水管種別の分類を表 4.8 に示す。

熊本市の被害が全体の 78%を占めており、また熊本市以外の事業者の被害件数が少ないことから事業者ごとの特性を分析することは困難であるが、熊本市の被害の特徴について分析すると、以下の点が特徴として整理できる。

- ① 被害件数の観点からは、サドル付分水栓のずれ被害が 13 件と多くなっている。また、チーズ継手では塩ビ管の本体破損が 28 件、接続部の鋼管破損が 23 件と多くを占めている（表 4.6）。
- ② 被害原因の観点からは、材料の劣化はチーズ継手で 27 件（27 件/37 件）と多発しており、このうち鋼管との接合部の被害が 23 件である（表 4.7）。地震動による被害件数は 58 件であるが、内訳はサドル付分水栓の被害が 21 件、チーズ継手の被害が 37 件である。また、サドル付分水栓との接合部で地震動に追従できるポリエチレン管にも 5 件の被害が発生しており、原因の究明が必要である。
- ③ 分岐給水管種別の被害の内訳は鋼管が 26 件、塩ビ管が 15 件、ポリエチレン管が 5 件、鉛管が 2 件であり、鋼管と塩ビ管の被害が多くなっている。（表 4.8）。

表 4.6 給水分岐部の分岐形態別にみた被害状況（事業者別）

分岐形態・被害形態				被害数								
				熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計
サドル付分水栓	サドル破損	本体破損		1	0	0	1	0	0	0	0	2
		サドルずれ		13	0	0	0	0	0	2	0	15
		サドルボルト破損		2	0	0	0	0	0	0	1	3
		サドル鞍部破損		2	0	0	0	0	0	0	0	2
		分水栓部破損		1	0	0	0	0	0	0	0	1
	給水管接続部破損	塩ビ管	VP管	1	0	0	0	1	0	0	0	2
			HIVP管	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		ポリエチレン管		0	0	0	0	0	0	0	1	1
		鋼管		3	0	0	0	0	0	0	0	3
	給水管接続部抜け	塩ビ管	VP管	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			ポリエチレン管	5	0	0	0	0	0	0	0	5
		鉛管		2	0	0	0	0	0	0	0	2
	小計			30	0	0	1	2	0	3	2	38
チー ズ 継 手	本体破損	塩ビ管	VP管	19	0	0	2	0	0	2	0	23
			HIVP管	9	0	0	0	0	0	3	0	12
		ポリエチレン管		1	0	0	0	0	0	0	0	1
		鋼管		5	0	0	0	0	0	0	1	6
	給水管接続部破損	塩ビ管	VP管	3	0	1	0	1	0	0	2	7
			HIVP管	4	0	0	0	1	0	0	0	5
		鋼管		23	3	0	0	0	0	0	1	27
	給水管接続部抜け	塩ビ管	VP管	4	0	0	0	0	0	0	2	6
			HIVP管	4	2	0	0	0	0	0	0	6
	小計			72	5	1	2	2	0	5	6	93
合計			102	5	1	3	4	0	8	8	131	

表 4.7 給水分岐部の被害原因別にみた被害状況（事業者別）

部位	被害原因	管種・構造		被害数										
				熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計		
分岐部	材料の劣化	サドル付分水栓	サドル本体関連		5	0	0	1	0	0	0	0	6	
			給水管関連	塩ビ管 (VP)		1	0	0	0	0	0	0	0	1
				鋼管		2	0	0	0	0	0	0	0	2
				鉛管		2	0	0	0	0	0	0	0	2
		チーズ継手	本体(鋼管)		4	0	0	0	0	0	0	1	5	
			給水管関連	鋼管	23	3	0	0	0	0	0	1	27	
		小計		37	3	0	1	0	0	0	2	43		
	地震動の影響	サドル付分水栓	サドル本体関連		15	0	0	0	0	0	2	1	18	
			給水管関連	塩ビ管 (VP)		0	0	0	0	2	0	0	0	2
				塩ビ管 (HIVP)		0	0	0	0	0	0	1	0	1
				ポリエチレン管		5	0	0	0	0	0	0	1	6
				鋼管		1	0	0	0	0	0	0	0	1
		チーズ継手	本体		29	0	0	2	0	0	5	0	36	
			給水管関連	塩ビ管 (VP)		4	0	1	0	1	0	0	2	8
				塩ビ管 (HIVP)		4	2	0	0	1	0	0	0	7
		小計		58	2	1	2	4	0	8	4	79		
		チーズ継手	給水管関連	塩ビ管 (VP)		3	0	0	0	0	0	0	2	5
				塩ビ管 (HIVP)		4	0	0	0	0	0	0	0	4
	小計		7	0	0	0	0	0	0	2	9			
	合計				102	5	1	3	4	0	8	8	131	
	構成比率				77.9%	3.8%	0.8%	2.3%	3.1%	0.0%	6.1%	6.1%	100.0%	

表 4.8 分岐給水管種別の分岐部の被害分類（事業者別）

本管管種		分岐形態	被害数※								
			熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計
塩ビ管	VP管	サドル付分水栓	1	0	0	0	2	0	0	0	3
		チーズ継手	6	0	1	0	1	0	0	4	12
		小計	7	0	1	0	3	0	0	4	15
	HIVP管	サドル付分水栓	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		チーズ継手	8	2	0	0	1	0	0	0	11
		小計	8	2	0	0	1	0	1	0	12
	小計		15	2	1	0	4	0	1	4	27
ポリエチレン管		サドル付分水栓	5	0	0	0	0	0	0	1	6
		小計	5	0	0	0	0	0	0	1	6
鋼管		サドル付分水栓	3	0	0	0	0	0	0	0	3
		チーズ継手	23	3	0	0	0	0	0	1	27
		小計	26	3	0	0	0	0	0	1	30
鉛管		サドル付分水栓	2	0	0	0	0	0	0	0	2
		小計	2	0	0	0	0	0	0	0	2
合計			48	5	1	0	4	0	1	6	65
構成比率			73.8%	7.7%	1.5%	0.0%	6.2%	0.0%	1.5%	9.2%	100.0%

※ 被分岐管からの分類であり、本体被害も含まれていることから表4.1及び表4.2の値とは一致しない。

4.3. 被害に関する考察

4.3.1. サドル付分水栓

表 4.1、表 4.2、表 4.3 に示すとおり、サドル付分水栓の被害は 38 件あり、被害原因の分類としては材料劣化が 11 件、地震動が 27 件などである。

材料劣化 11 件の内訳は本体部が 6 件、給水管との接合部が 5 件（鉛管 2 件、塩ビ管 1 件、鋼管 2 件）であり、古いタイプのものは防食が不十分で経年劣化により地震動に耐えられなかったものと思われる。

地震動による被害 27 件のうち、特徴的な事例としては、サドルのずれ被害が 15 件、給水管関連で 10 件の被害が発生しているが、この原因としては、配水管からの給水分岐は T 字形の構造のため、地震時に発生する配水管の管軸方向の地盤ひずみに対し分岐部と給水管が抵抗となり、配水管に比べ相対的に剛性の小さい分岐部と給水管接合部に応力とひずみが集中し、サドル付分水栓のずれや破損、分岐給水管の破損や接続部抜けなどの被害につながったと考えられる。また、柔軟性のある低密度ポリエチレン管を分岐していても被害が 6 件発生しており、詳細な分析が必要である。

4.3.2. チーズ継手

表 4.1、表 4.2、表 4.4 に示すとおり、チーズ継手の被害は 93 件あり、被害原因を分類すると材料劣化が 32 件、地震動が 52 件、施工の確実性を確認できないものが 9 件である。

材料劣化による被害が 32 件あるが、すべて鋼管の腐食進行による強度低下によるものである。

地震動による被害 52 件については本体破損が 37 件（塩ビ管 35 件）、給水接続部が 15 件（全て塩ビ管）であり、50 件が塩ビ管の被害である。被害原因としては、T 字部に応力とひずみが集中したことで塩ビ管に可撓性が不足していることが被害につながったと考えられる。

また、施工の確実性が確認できないもの 9 件の全てが塩ビ管の TS 継手が管体に損傷を与えずに抜けたものである。

5. 給水管部の被害に関する分析と考察

5. 1. 給水管の管種別接合方式と被害の概要

5. 1. 1. 管種別の接合方式と構造・材質の改良経緯

被害件数が数例以上ある管種別の接合方式を図 5.1 に示す。また、主要な給水管種の構造・材質の改良の経緯は以下の通りである。

1) 塩ビ管の種類と接合方式

給水用の塩ビ管は、当初硬質塩化ビニル管（VP 管）が一般的であったが、その後、耐衝撃性硬質塩化ビニル管（HIVP 管）に品質改良されてきている。それぞれ TS 継手と RR 継手の 2 種類が採用されている。また、TS 継手は接合時の押し込みすぎによる材料疲労の問題があり、1978 年（昭和 53 年）に材料疲労を起こしにくい構造に変更されている。

2) ポリエチレン管の種類と接合方式

ポリエチレン管には高密度ポリエチレン管と低密度ポリエチレン管があるが、それぞれ 1960 年代の中ごろから使用され始めている。古いタイプの高密度ポリエチレン管（黒色）は管体亀裂被害が発生し、古いタイプの低密度ポリエチレン単層管（黒色）では塩素による気泡剥離の問題が発生し（但し強度劣化は軽微である）、その後素材改良がなされ、1990 年頃から改良された新たな低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）が採用されはじめ、2000 年ごろから新たな高密度ポリエチレン管（青ポリ管）が採用され始めている（便宜上、素材改良以前のものを「古いタイプ」、素材改良後のものを「新しいタイプ」として使い分ける）。

2000 年ごろからの高密度ポリエチレン管は外面の色（青色）で識別できるが、それ以外のは（古いタイプの高密度ポリエチレン管、古いタイプの低密度ポリエチレン単層管、新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管とも）外面が同じ黒色であり識別が困難である。

低密度ポリエチレン管は古いタイプではメカニカル継手等が使われていたが、新しいタイプは図 5.1 に示すように金属継手が採用されている。

被害原因の分析には各種ポリエチレン管の採用時期がポイントになるが、調査事業者の主な変遷は次のとおりである。

大津菊陽水道企業団では 1989 年（平成元年）から黒ポリ二層管が採用され、それ以前は黒ポリ単層管や塩ビ管、鋼管が採用されていた。

熊本市では 1991 年（平成 3 年）から黒ポリ二層管が採用され、それ以前は黒ポリ単層管が採用されていた。なお、2006 年（平成 18 年）からは被覆層付黒ポリ二層管に変更している。

また、益城町では 2013 年（平成 25 年）からポリエチレン管を採用し、被覆層付黒ポリ二層管しか採用していないし、南阿蘇村では地域により採用管種が異なっているが、1989 年（平成元年）からポリエチレン管も採用し、採用地域では黒ポリ二層管しか採用していない（地域によっては

塩ビ管や鋼管も採用している）（表 2.2）。

3) 鋼管の種類と接合方式

給水用の鋼管には塩化ビニルライニング鋼管やポリエチレン紛体ライニング鋼管があり、ネジ接合が採用されている。当初はネジ接合部からの腐食が多くあったが、その後、品質改良がなされ防食対策が進化したネジ接合に改良されてきている。

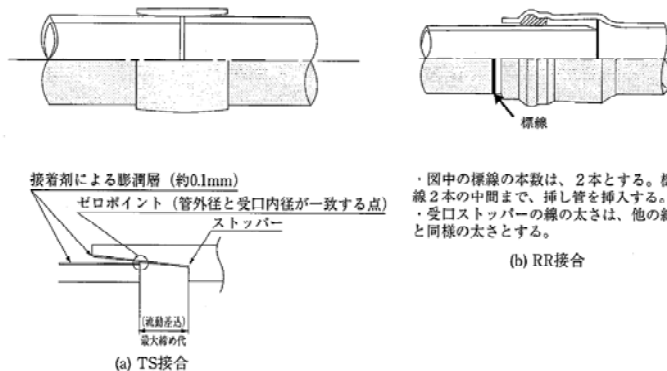
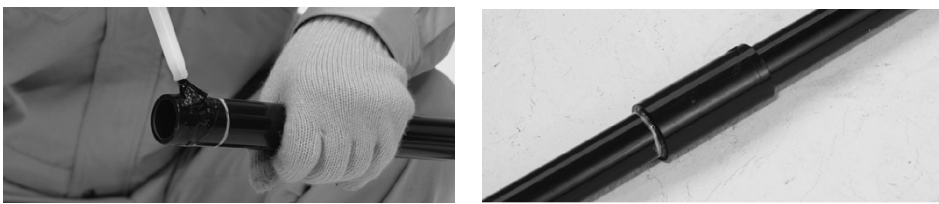
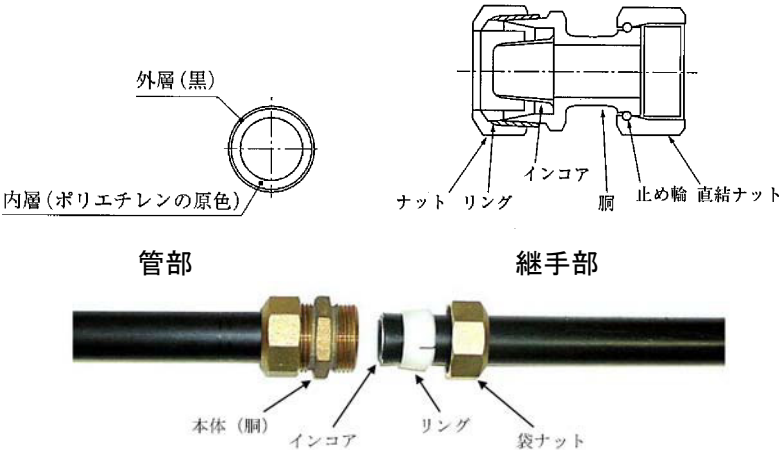
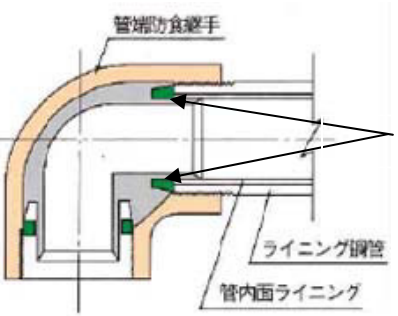
管種	接合方式
塩ビ管	 (a) TS接合 (b) RR接合 ・図中の標線の本数は、2本とする。標線2本の間まで、挿し管を挿入する。 ・受口ストッパーの線の太さは、他の線と同様の太さとする。  TS接合（接着剤塗布及びソケットによる配管） （出典：塩化ビニル管・継手協会技術資料）  RR接合（ゴム輪による配管） （出典：塩化ビニル管・継手協会技術資料）

図 5.1 給水管の管種別接合方式（最近の事例）※次ページに続く

管種	接合方式
低密度 ポリエチレ ン管	 金属継手による配管（出典：横浜市水道局給水装置工事設計施工指針）
鋼管	 硬質塩化ビニルライニング鋼管（SGP-VB）の配管 （出典：横浜市水道局給水装置工事設計施工指針） 水道用ライニング鋼管の継手の構造 （出典：日本水道鋼管協会発行 水道用ライニング鋼管配管施工方法）

【一口メモ】主たる給水管の変遷

給水装置引込み部に採用された鉛管、鋼管、塩ビ管、ポリエチレン管の変遷を参考図-2 に示す。

1960 年代中頃から塩ビ管の採用が本格化し、70 年代の初頭から防食改良された鋼管が採用されている。ポリエチレン管は様々な改良を経て、90 年代中頃から低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）が本格採用され、全国的に広く採用されている。また、2000 年代に入ると品質改良された高密度ポリエチレン管（給水用青ポリ管）も採用され始めている。ステンレス鋼管も様々な改良を踏まえて、主に関東地方の大都市で採用されている。

参考図-2 主たる給水管の変遷

区 分	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
鉛管(LP)	———	———	———	H1新設使用禁止、更新促進		
亜鉛メッキ鋼管 (SGP)	———	———				
各種ライニング鋼管 (SGP-V、P)		———	———	———	———	———
硬質塩化ビニル管 (VP、HVP)	———	———	———	———		
低密度ポリエチレン単層管 (低密度黒ポリ単層管)		75年頃管内面水泡剥離				
低密度ポリエチレン二層管 (黒ポリ二層管)				———	———	———
高密度ポリエチレン単層管 (高密度黒ポリ単層管)		70年頃亀裂漏水				
高密度ポリエチレン単層管 (給水用青ポリ管)						———
ステンレス鋼管 (SSP、CSSP)					———	———

凡例：採用初期（.....）、採用拡大（——）、主たる工法（——）、採用縮小（——）、限定使用（.....）。

5.1.2. 管種別の被害概要

給水管部の被害形態を①管体破損②継手破損③継手の抜け④分類不能（特定困難）に分類する。被害形態と被害原因の概要は以下の通りである。

1) 被害形態の概要

給水装置の被害件数 2,085 件のうち給水管部の被害は 1,715 件と全体の 82.3%を占めている（表 3.2）。

表 5.1、図 5.2 に示すように管種別の被害は鋼管が 746 件（43.5%）、塩ビ管が 559 件（32.6%）、ポリエチレン管が 283 件（16.5%）、鉛管が 125 件（7.3%）などである。管種ごとの給水装置引込み件数が不明であり、被害率に基づく評価はできないが鋼管の被害が 43.5%を占めている。

被害形態別に分類すると、管体破損が 843 件（69+56+1+228+369+118+2 件）、継手破

損が 679 件（213+89+7+369+1 件）、継手抜けが 189 件（80+50+48+5+6 件）であり、管体破損と継手部被害（破損と抜け）が拮抗している（表 5.1）。

また、鉛管はかなり解消しているはずであるが、125 件の被害があり、被害を受けた鉛管の多くは部分的に残存していたものである。

2) 被害原因の概要

表 5.2、図 5.3 に示すように被害原因を分類すると材料劣化が 853 件（49.7%）、地震動によるものが 752 件（43.8%）、施工の確実性を確認できないものが 110 件（6.4%）である。材料劣化による被害は鋼管の被害が 726 件（材料劣化被害の 85.1%）と突出している。また、地震動による被害では塩ビ管の被害が 449 件（59.7%）、ポリエチレン管の被害が 283 件（37.6%）である。

表 5.1 給水管部の給水管種別にみた被害状況

部位	管種		被害形態		被害数					割合※				
給水管部	塩ビ管	VP	破損	管体破損	69	282	362	559	1,715	4.0%	16.4%	21.1%	32.6%	100.0%
				継手破損	213					12.4%				
			抜け	継手抜け(TS継手)	71	80		4.1%	4.4%					
				継手抜け(RR継手)	4			0.2%						
				継手抜け(シモク)	5			0.3%	0.3%					
		HIVP	破損	管体破損	56	145	195		3.3%	8.5%	11.4%			
				継手破損	89			5.2%						
			抜け	継手抜け(TS継手)	43	50		2.5%	2.9%					
				継手抜け(RR継手)	7			0.4%						
				分類不能	破損	管体破損	1	2	2		0.1%	0.1%	0.1%	
	分類不能	1				0.1%								
	ポリエチレン管	破損	管体破損	228	235	283		13.3%	13.7%	16.5%				
			継手破損	7			0.4%							
		抜け	継手抜け	48	48		2.8%	2.8%						
			鋼管	破損	管体破損	369	738	746		21.5%	43.0%	43.5%		
	継手破損	369				21.5%								
	抜け	継手抜け		5	5		0.3%		0.3%					
		分類不能		3	3		0.2%		0.2%					
	鉛管	破損		管体破損	118	119	125			6.9%	6.9%		7.3%	
			継手破損	1		0.1%								
		抜け	継手抜け	6	6			0.3%	0.3%					
	銅管	破損	管体破損	2	2	2		0.1%	0.1%		0.1%			

※ 給水管部の総件数(1715件)に対する割合(%)である。

表 5.2 給水管部の被害原因別にみた被害状況

被害原因	管種	被害数					割合※ ¹				
材料の劣化	鋼管		726	853	1,715		42.3%	49.7%	100.0%		
	鉛管		125				7.3%				
	銅管		2				0.1%				
地震動の影響	塩ビ管	VP管	297	449	752		17.3%	26.2%	26.2%		
		HIVP管	150				8.7%				
		分類不能	2				0.1%				
	ポリエチレン管			283				16.5%			
	鋼管			20				1.2%			
施工の確実性	塩ビ管	VP管	65	110	110		3.8%	6.4%	6.4%		
		HIVP管	45				2.6%				

※¹ 給水管部の総件数(1715件)に対する割合(%)である。

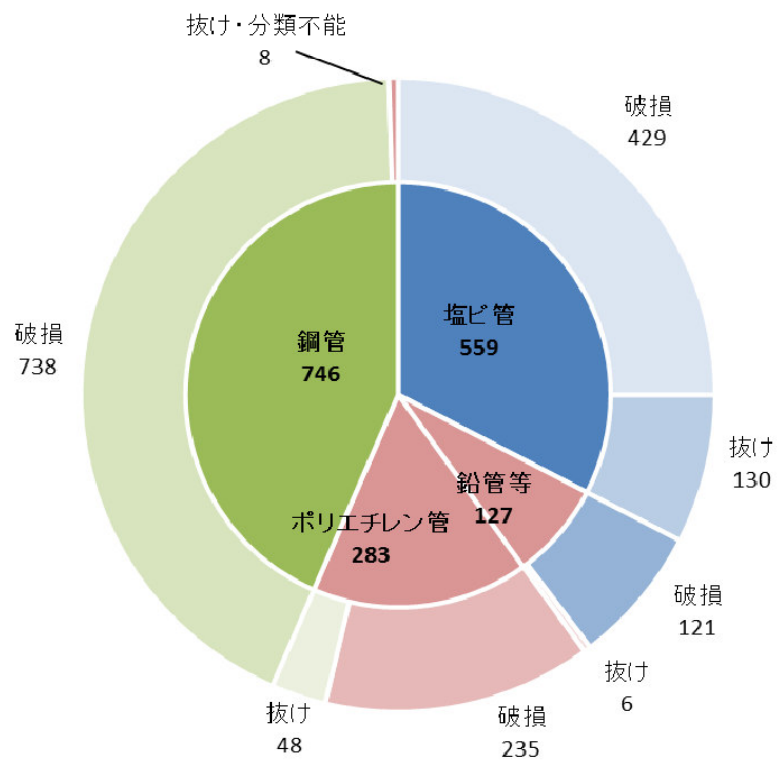


図 5.2 給水管部の被害形態別にみた被害構成(件数)

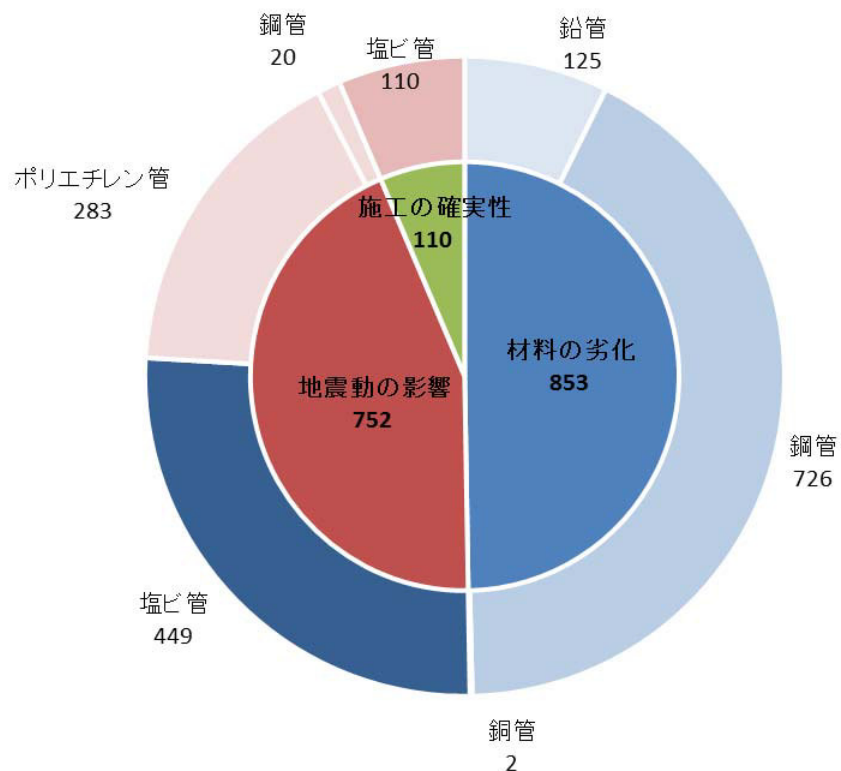


図 5.3 給水管部の被害原因別にみた被害構成(件数)

5.2. 給水管部の被害に関する分析

5.2.1. 鋼管

鋼管の被害件数は746件で、給水管部被害1,715件の43.5%を占めており、被害の内訳は管体破損(被害写真集P9)が369件、継手破損(被害写真集P8～9)が369件、継手抜け(被害写真集P8)が5件であり、管体破損と継手被害が拮抗している(表5.1、表5.3、図5.4)。

被害原因を分類すると材料劣化(被害写真集P9)が726件、地震動(被害写真集P8)が20件である(表5.2)。材料劣化による被害は鋼管(SGP)の管体とネジ接合部の腐食進行に伴う強度低下によるものがほとんどであり、主たる原因が地震動による被害はエルボなどの異形管部に応力とひずみが集中し被害を受けたものと考えられる。

なお、鋼管の被害は宅地内で多く発生している。これは水道メーターの前後に鋼管が採用された事例が多いことによるものと推察される(第7章参照)。

表 5.3 給水管部(鋼管)の被害状況

管種	被害形態		被害数			割合※		
鋼管	破損	管体破損※1	369	738	746	49.5%	98.9%	100%
		継手破損※2	369			49.5%		
	抜け	継手抜け	5	5		0.7%	0.7%	
	分類不能		3	3		0.4%	0.4%	

※ 鋼管の総件数746に対する割合(%)である。

※1 ライニング鋼管、外面ライニング鋼管は各1個含む。

※2 ライニング鋼管継手4個を含む。

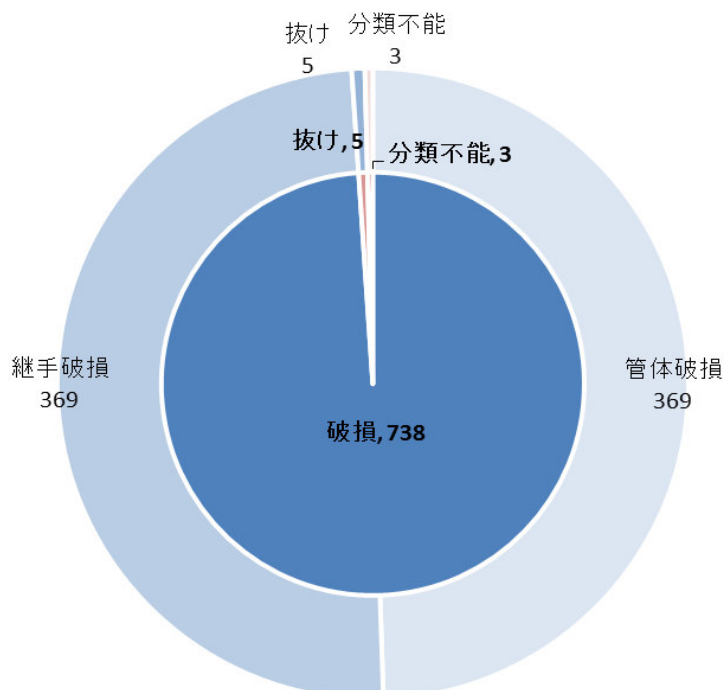


図 5.4 給水管部(鋼管)の被害形態別にみた被害構成(件数)

5.2.2. 塩ビ管 (VP+HIVP)

塩ビ管の被害は 559 件で、給水管部被害の 32.6%を占めている。このうち管体破損(被害写真集 P 10)と継手破損(被害写真集 P 10)は 427 件 (76.4%)、継手抜け(被害写真集 P 10～11)が 130 件 (23.3%、TS 継手が 114 件、RR 継手が 11 件、異種管継手のシモクが 5 件。合計で 23.3%) となっている (表 5.1、表 5.4)。

また、品質改良された HIVP 管では、VP 管に比べ管体破損や継手破損が少なくなっている。

被害原因の推定として、塩ビ管は金属継手部の腐食被害以外は、実際の使用期間では材料劣化が想定されないことから地震動によるものと判断した。一方、TS 継手の抜けに関しては「管体に損傷を与えずに抜けている」場合には施工の確実性が確認できないものと判断した。

表 5.2 に示すとおり、被害原因を分類すると地震動によるもの(被害写真集 P 10～11)が 449 件、施工の確実性を確認できないもの(被害写真集 P 11)が 110 件である。なお、材料劣化を原因とする被害は発生していない。

地震動に対してはエルボなどの曲管部が地震動に追従できないことが主な被害原因と考えられる。また、施工の確実性を確認できないものが 110 件あり、施工の精度向上、施工管理の強化、確実な施工を促す構造・材質への改良などが課題である。

表 5.4 給水管部 (塩ビ管) の被害状況

管種		被害形態		被害数				割合※			
塩 ビ 管	VP	破損	管体破損	69	282	362	559	12.3%	50.4%	64.8%	100%
			継手破損	213				38.1%			
		抜け	継手抜け(TS継手)	71	80			12.7%	14.3%		
			継手抜け(RR継手)	4				0.7%			
			継手抜け(シモク)	5				0.9%			
	HIVP	破損	管体破損	56	145	195		10.0%	25.9%	34.9%	
			継手破損	89				15.9%			
		抜け	継手抜け(TS継手)	43	50			7.7%	8.9%		
			継手抜け(RR継手)	7				1.3%			
	分類不能	破損	管体破損	1	2	2		0.2%	0.4%	0.4%	
			継手破損	1				0.2%			

※ 塩ビ管の総件数559に対する割合(%)である。

5.2.3. ポリエチレン管

ポリエチレン管の被害件数は 283 件で、給水管部被害の 16.5%を占めており、内訳は管体破損(被害写真集 P 12～13)が 228 件、継手破損(被害写真集 P 15)が 7 件、継手抜け(被害写真集 P 14)が 48 件などであり、管体破損が 80.6%を占めている (表 5.1、表 5.5)。また、被害原因を分類すると、283 件すべて地震動による被害である (表 5.2)。

留意すべき点は、表 5.5 に示すとおり、新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管 (黒ポリ二層管：被害写真集 P 12,14) に 17 件の被害が発生しており、このうち管体破損が 14 件を占めていることである。品質改良済みの新しいタイプのポリエチレン管の管体破損について原因究明が必要である。

もう一点留意すべき点は、分類不能の低密度ポリエチレン管 (黒ポリ管) の被害が 260 件に達

することである。新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管の耐震性を評価するためには、古いタイプの低密度ポリエチレン単層管（黒ポリ単層管）と識別化することが必須である。

表 5.5 給水管部（ポリエチレン管）の被害状況

管種	被害形態		被害数				割合※ ²			
低密度ポリエチレン二層管	破損	管体破損※ ¹	14	14	17	283	4.9%	4.9%	6.0%	100%
	抜け	継手抜け※ ¹	3	3			1.1%	1.1%		
低密度ポリエチレン単層管	破損	管体破損	6	6	6		2.1%	2.1%	2.1%	
分類不能の低密度ポリエチレン管	破損	管体破損	208	215	260		73.5%	76.0%	91.9%	
		継手破損	7				2.5%			
	抜け	継手抜け	45	45			15.9%	15.9%		

※¹ ポリエチレン二層管の熊本地震の管体破損5件と継手抜け2件は被覆層付き管の件数である。

※² ポリエチレン管の総件数283に対する割合(%)である。

5.2.4. 鉛管

鉛管の更新が進み、その利用が少なくなっているものの、125 件の被害が発生しており、給水管部被害の 7.3%を占めている。被害の内訳は、管体破損(被害写真集 P 15)が 118 件、継手破損が 1 件、継手抜けが 6 件である（表 5.6）。また、被害を受けた鉛管の多くは部分的に残存していたものである。

水質のより高い安全性の確保、漏水事故防止、耐震性の向上の観点から今後の給水装置の修繕や老朽管の更新において水道メーター接続部までを一括更新し、鉛管の全廃が必要である。

表 5.6 給水管部（鉛管）の被害状況

管種	被害形態		被害数			割合※		
鉛管	破損	管体破損	118	119	125	94.4%	95.2%	100.0%
		継手破損	1			0.8%		
	抜け	継手抜け	6	6		4.8%	4.8%	

※ 鉛管の総件数(125件)に対する割合(%)である。

5.2.5. 事業者別の被害の特徴

各事業者の給水管部の管種別分類を表 5.7、給水管部の被害原因の分類を表 5.8 に示す。熊本市の被害が全体の 81.8%を占めており、また熊本市以外の事業体の被害件数が少ないことから詳しい考察が困難であるが、以下の点が特徴として整理できる。

- ①被害件数の観点からは、熊本市以外の事業体で塩ビ管被害の占める割合が高くなっている。
また、すべての事業体において塩ビ管、ポリエチレン管、鋼管に被害が発生している。一方、鉛管の被害は熊本市と益城町の 2 事業体だけである。
- ②被害原因の観点からは、材料劣化はすべての事業体で発生している（鋼管）。また、すべての事業体において塩ビ管とポリエチレン管で地震動による被害が発生している。そのほか、すべての事業体で塩ビ管の施工の確実性を確認できない被害を受けている。
- ③鋼管の被害件数が多い熊本市（675 件/746 件）では、昭和 48 年以降道路部では鋼管は採用

されていないが、水道メーター前後には鋼管が採用されてきた経緯があり、これら宅地内の鋼管に多くの被害が発生している（第 7 章参照）。

表 5.7 給水管部の管種別の被害状況（事業者別）

管種		被害形態		被害数								
				熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計
塩ビ管	VP	破損	管体破損	33	5	0	1	17	0	9	4	69
			継手破損	172	0	2	10	4	1	15	9	213
		抜け	継手抜け(TS継手)	58	0	0	4	0	0	1	8	71
			継手抜け(RR継手)	3	0	0	1	0	0	0	0	4
			継手抜け(シモク)	5	0	0	0	0	0	0	0	5
		小計		271	5	2	16	21	1	25	21	362
	HIVP	破損	管体破損	9	5	6	3	24	2	4	3	56
			継手破損	39	23	2	0	5	0	19	1	89
		抜け	継手抜け(TS継手)	26	2	1	6	2	1	4	1	43
			継手抜け(RR継手)	2	0	1	4	0	0	0	0	7
		小計		76	30	10	13	31	3	27	5	195
	分類不能	破損	管体破損	0	0	1	0	0	0	0	0	1
			継手破損	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		小計		0	0	1	1	0	0	0	0	2
		小計			347	35	13	30	52	4	52	26
ポリエチレン管	破損	管体破損	212	2	0	1	6	0	1	6	228	
		継手破損	6	1	0	0	0	0	0	0	7	
	抜け	継手抜け	40	0	1	0	3	2	0	2	48	
		小計		258	3	1	1	9	2	1	8	283
鋼管	破損	管体破損	341	0	1	4	6	1	2	14	369	
		継手破損	326	21	6	6	2	1	2	5	369	
	抜け	継手抜け	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
		分類不能		3	0	0	0	0	0	0	0	3
	小計		675	21	7	10	8	2	4	19	746	
鉛管	破損	管体破損	114	0	0	4	0	0	0	0	118	
		継手破損	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	抜け	継手抜け	6	0	0	0	0	0	0	0	6	
		小計		121	0	0	4	0	0	0	0	125
銅管	破損	管体破損	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
	小計		2	0	0	0	0	0	0	0	2	
合計				1,403	59	21	45	69	8	57	53	1,715
構成比率				81.8%	3.4%	1.2%	2.6%	4.0%	0.5%	3.3%	3.1%	100.0%

表 5.8 給水管部の被害原因別の被害状況（事業者別）

被害原因	管種	被害数								
		熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計
材の劣化	鋼管	656	21	6	10	8	2	4	19	726
	鉛管	121	0	0	4	0	0	0	0	125
	銅管	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	小計	779	21	6	14	8	2	4	19	853
地震の影響	塩ビ管	VP管	5	2	12	21	1	25	13	297
		HIVP管	28	9	7	29	2	21	4	150
		分類不能	0	1	1	0	0	0	0	2
	ポリエチレン管		3	1	1	9	2	1	8	283
	鋼管		0	1	0	0	0	0	0	20
	小計		36	14	21	59	5	47	25	752
施工の実態	塩ビ管	VP管	0	0	4	0	0	0	8	65
		HIVP管	2	1	6	2	1	6	1	45
	小計		2	1	10	2	1	6	9	110
合計		1,403	59	21	45	69	8	57	53	1,715
構成比率		81.8%	3.4%	1.2%	2.6%	4.0%	0.5%	3.3%	3.1%	100.0%

5.2.6 給水管口径からの被害の特徴

主たる給水管の口径について、水道メーターと同じ 13mm が使用されていた時代があったが、必要な水量と水圧が確保されないなどの問題（出水不良）があり、順次 20mm に増径されてきている。熊本市では 1985 年（昭和 60 年）に給水引き込み部の口径を 20mm 以上に定めており、20mm 未満の口径の被害はそれ以前のものである。

給水管部の口径別被害件数を表 5.9 に示す。引き込み口径の変遷が明確である熊本市の被害をみると、それぞれの口径の設置数が不明であり被害率に基づく評価はできないが、昭和 60 年以前に設置された口径 13mm と 16mm の被害が 545 件（38.8%）に達しており、古い給水管に多くの被害が発生していることが読み取れる。

表 5.9 給水管部の口径別被害件数（全体と熊本市）

口径	熊本地震被害件数		熊本市の被害件数		
	被害件数	割合	被害件数	割合	主たる被害管種と件数
13mm	409	23.9%	347	24.7%	鋼管145、ポリ管99、塩ビ管28など
16mm	288	16.8%	198	14.1%	塩ビ管105、鋼管86、ポリ管2など
20mm	463	27.0%	385	27.4%	鋼管169、ポリ管111、塩ビ管82など
25mm	336	19.6%	303	21.6%	鋼管158、塩ビ管79、ポリ管46など
30mm	16	0.9%	7	0.5%	塩ビ管5、鋼管2
40mm	132	7.7%	113	8.1%	鋼管81、塩ビ管32
50mm	62	3.6%	50	3.6%	鋼管34、塩ビ管16
不明	9	0.5%	0	0.0%	塩ビ管9
合計	1,715	100.0%	1,403	100.0%	

5.3. 被害に関する考察

5.3.1. 鋼管

表 5.1 に示すとおり、鋼管の被害は給水管部の 43.5% (746/1,715) を占め、被害原因を分析すると表 5.2 に示すとおり、材料劣化によるものが 726 件、地震動によるものが 20 件である。

材料劣化による被害は管体とネジ接合部の腐食進行により地震動に耐えられなかったものである。また、主たる原因が地震動によるものについては、地震動を受けた際にエルボなど異形管部に応力とひずみが集中し、このひずみに鋼管（ネジ接合部）が追従できなかったことが原因と考えられる。

5.3.2. 塩ビ管 (VP+HIVP)

表 5.1 に示すとおり、塩ビ管 (VP+HIVP) の被害は給水管部の 32.6% (559/1,715) を占めている。

被害原因を分析すると表 5.2 に示すとおり、施工の確実性を確認できないものが 110 件、地震動によるものが 449 件である。なお、材料劣化による被害は発生していない。

施工の確実性を確認できないものは TS 継手の接合である。また、地震動に対しては塩ビ管が地震動に追従できなかったこと、特にエルボなどの異形管部に集中する応力とひずみに対し、塩ビ管の可撓性不足が被害原因と考えられる。

5.3.3. ポリエチレン管

表 5.1 に示すとおり、低密度ポリエチレン管の被害は給水管部の 16.5% (283/1,715) を占めている。被害原因を分析すると表 5.2 に示すとおり、すべて地震動による被害である。

ポリエチレン管については新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）の被害が少なくとも 17 件あり、このうち 14 件は管体破損被害であることから、被害原因の究明が必要である。

また、古いタイプの低密度ポリエチレン単層管（黒ポリ単層管）と特定された被害が 6 件あるが、残りの 260 件は低密度ポリエチレン管であるが、古いタイプと新しいタイプの管の双方とも表面が黒色であり識別できないため、どちらのタイプの管で被害を受けたのか区別できない。

新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）は多くの事業体で採用されており、適切な耐震性評価のために地震被害の詳細な調査と被害原因の究明が必要である。そのためにも新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管を識別できるようにしておくことが必要である。

6. 第一止水栓の被害に関する分析と考察

6. 1. 第一止水栓の構造と被害の概要

6. 1. 1. 第一止水栓の構造と被害形態

第一止水栓例を写真 6.1に示す。第一止水栓を管路と位置づけ、被害形態としては、①本体被害②継手破損に区分する。なお、本体被害には本体内部のパッキン類の被害も含んでいる。



写真 6.1 第一止水栓例(最近の甲型止水栓)

6. 1. 2. 第一止水栓部の被害の概要

第一止水栓部の被害について、被害形態別の被害状況を表 6.1 と図 6.1 に、被害原因別の被害状況を表 6.2 と図 6.2 に示す。また、事業体別の被害形態別の被害状況を表 6.3 に、被害原因別の被害状況を表 6.4 に示す。なお、事業体別に被害をみると熊本市が全体の 86%を占めており、事業体別に特徴を整理することは困難である。

1) 被害形態の概要

第一止水栓部の被害件数は 51 件で、被害総数 2,085 件の 2.4%を占めている（表 6.1）。被害の内訳は止水栓の本体被害(被害写真集 P 16)が 30 件、継手部の破損(被害写真集 P 16)が 21 件である。

2) 被害原因の概要

表 6.2 に示すとおり、材料劣化による被害(被害写真集 P 16)が 37 件であり、このうち 17 件が本体に発生し、残りの 20 件が鋼管との継手部に発生している。

また、地震動による被害が 14 件あり、本体被害が 13 件、止水栓と給水管との接続部の被害が 1 件である。

表 6.1 第一止水栓部の被害形態別にみた被害状況

被害形態・給水管種		被害数			割合※		
本体被害	作動不良	22	30	51	43.1%	58.8%	100%
	パッキン漏れ	7			13.7%		
	ハンドル破損	1			2.0%		
継手破損	ポリエチレン管	1	21		2.0%	41.2%	
	鋼管	20			39.2%		

※ 第一止水栓部の総件数(51件)に対する割合(%)である。

表 6.2 第一止水栓部の被害原因別にみた被害状況

被害原因	管種		被害数			割合※		
材料の劣化	本体		17	37	51	33.3%	72.5%	100.0%
	継手部	鋼管	20			39.2%		
地震動の影響	本体		13	14		25.5%	27.5%	
	継手部	ポリエチレン管	1			2.0%		

※ 第一止水栓部の総件数(51件)に対する割合(%)である。

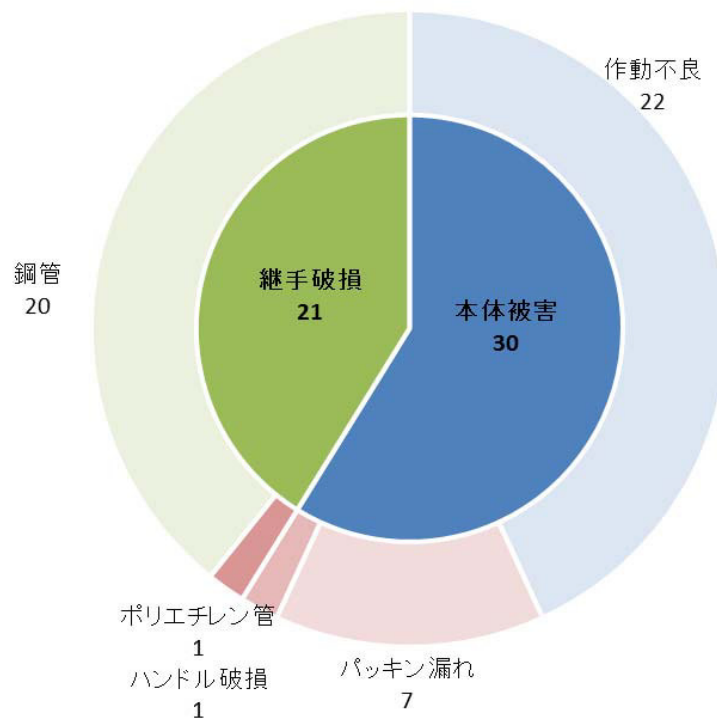


図 6.1 第一止水栓部の被害形態別・管種別にみた被害構成

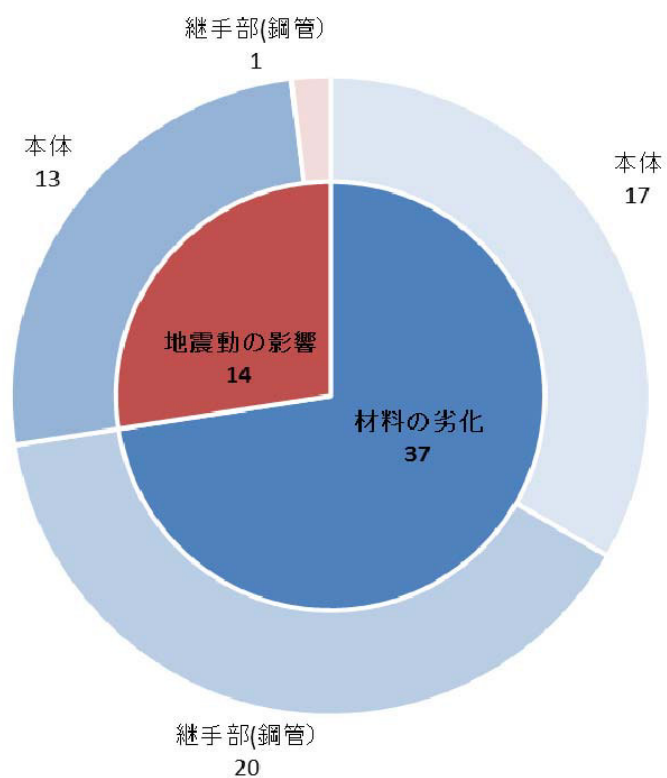


図 6.2 第一止水栓部の被害原因別・管種別にみた被害構成（件数）

6.2. 第一止水栓部の被害に関する分析と考察

6.2.1. 本体部

表 6.1 に示すように第一止水栓部の被害 51 件のうち本体部の被害が 30 件である。

被害原因を考察すると表 6.2 に示すように本体の材料劣化が 17 件あり、これは止水栓ハンドルの作動不良である。ハンドルの使用頻度が極めて少なく、老朽化の進行と地震動により作動不良につながったと考えられる。

地震動による本体被害が 14 件あり、これは本体に使用されているパッキンからの漏水であり、地震動により本体と接続部に応力とひずみが集中し、パッキン類の材料劣化が進行していたことも重なり被害につながったものと考えられる。

6.2.2. 接続給水管部

表 6.1 に示すように第一止水栓部の被害 51 件のうち給水管との接続部の被害が 21 件あり、このうち 20 件が鋼管との接続部の被害であり、残りの 1 件はポリエチレン管との接合部被害である。

被害原因を考察すると鋼管被害の 20 件はネジ接合部の腐食の進行による耐震性の低下(材料劣化)であり、ポリエチレン管被害の 1 件は地震動によるものである。

表 6.3 第一止水栓部の被害形態別にみた被害状況（事業者別）

被害形態・給水管種		被害数							
		熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団
本体被害		25	0	0	3	1	0	0	1
破継損手	ポリエチレン管	1	0	0	0	0	0	0	0
	鋼管	18	0	0	0	1	0	0	1
合計		44	0	0	3	2	0	0	2
構成比率		86.3%	0.0%	0.0%	5.9%	3.9%	0.0%	0.0%	3.9%

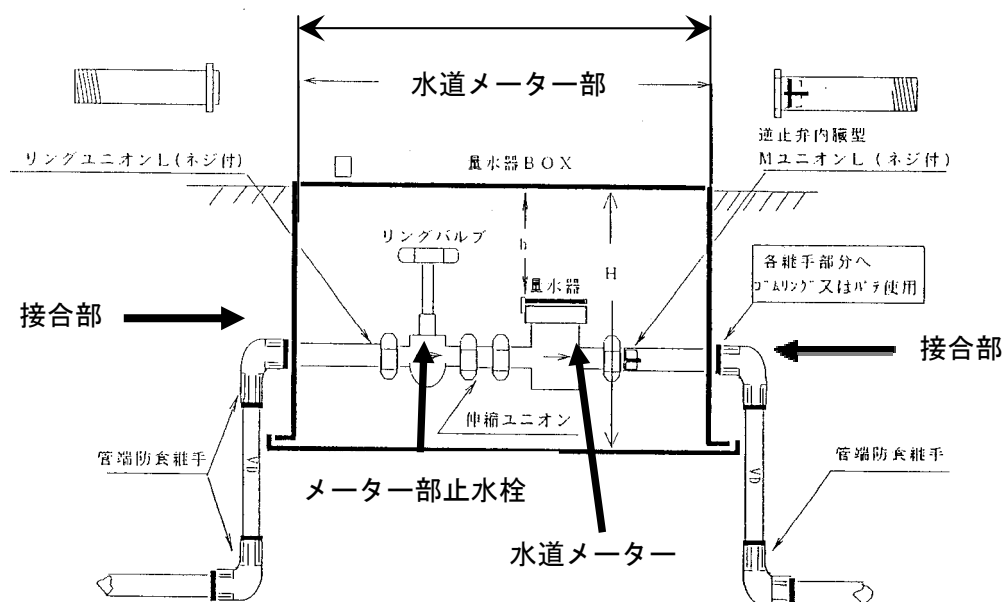
表 6.4 第一止水栓部の被害原因別にみた被害状況（事業者別）

被害原因	管種		被害数								
			熊本市	阿蘇市	宇城市	益城町	御船町	甲佐町	南阿蘇村	大津菊陽企業団	合計
材料の劣化	本体		16	0	0	0	1	0	0	0	17
	継手部	鋼管	18	0	0	0	1	0	0	1	20
	小計		34	0	0	0	2	0	0	1	37
地震の影響	本体		9	0	0	3	0	0	0	1	13
	継手部	ポリエチレン管	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	小計		10	0	0	3	0	0	0	1	14
合計			44	0	0	3	2	0	0	2	51
構成比率			86.3%	0.0%	0.0%	5.9%	3.9%	0.0%	0.0%	3.9%	100.0%

7. 水道メーター部の被害に関する分析と考察

7.1. 水道メーター部の構造

水道メーター部の構造を図 7.1 に示す。被害調査の範囲を「接合部＋メーター部止水栓＋水道メーター＋接合部」とする。



(出典：熊本市上下水道局給水装置設計施工基準に一部加筆)

図 7.1 水道メーター部の構造 (口径 25mm)

7.2. 水道メーター部の被害の特徴

水道メーター部の被害形態別の内訳を表 7.1、被害原因別の内訳を表 7.2 に示す。被害件数は 188 件であるが、被害は全て熊本市で発生している。被害形態をみると、メーター部止水栓の作動不良(被害写真集 P 16)が 184 件を占めており、接続部の被害が 4 件である(鋼管 3 件、鉛管 1 件)。また、被害原因を分類すると、材料劣化による止水栓の作動不良が 181 件、接続部継手の材料劣化が 4 件であり、材料劣化による被害が 185 件にも達している。地震動による止水栓の被害は 3 件だけである。

これらの原因として、熊本市では平成 16 年まで「甲型止水栓」を採用しており、この「こまパッキンの劣化によるもの」が主な被害原因と考えられる。また、メーター部の止水栓被害が多い原因は住宅などの被害による漏水に対し、速やかな対応が求められ止水栓の位置が分かりやすいメーター部止水栓を修繕し止水したものと思われる。なお、熊本市では平成 17 年より口径 25mm まではボール止水栓に変更している。

なお、図 7.1 は熊本市の給水装置設計施工基準からの抜粋（一部加筆）であるが、水道メーター一部前後に鋼管が採用されており、これら鋼管と継手部に多くの腐食進行による被害が発生している。熊本市では昭和 48 年以降道路部では鋼管は採用されていないが、水道メーター前後にはメーター交換を容易にするために鋼管が使用されていた。なお、平成 17 年以降は 13mm と 20mm の水道メーターには「メーターユニット」が採用されており、メーター前後に使用される鋼管は少なくなっていると考えられる。

表 7.1 水道メーター部の被害形態別にみた被害状況（熊本市）

被害形態・給水管種		被害数			割合※		
給水管接続部破損	鋼管	3	4	188	1.6%	2.1%	100.0%
	鉛管	1			0.5%		
止水栓作動不良		184	184		97.9%	97.9%	

※ 水道メーター部の総件数(188件)に対する割合(%)であり、全188件熊本市で発生している。

表 7.2 水道メーター部の被害原因別にみた被害状況（熊本市）

被害原因	管種		被害数			割合※		
材料の劣化	継手類	鋼管	3	185	188	1.6%	98.4%	100.0%
		鉛管	1			0.5%		
	止水栓作動不良		181			96.3%		
地震動の影響	止水栓作動不良		3	3		1.6%	1.6%	

※ 水道メーター部の総件数(188件)に対する割合(%)である。

8. 東日本大震災との比較分析

熊本地震の給水装置引込み部の被害の特徴を分析するため、これまで当財団で発刊した「東日本大震災 給水装置被害状況調査報告書（平成 28 年 9 月）」に示されている被害との比較・分析を行う。被害件数と被害原因の双方の観点から考察するものとし、被害件数の比較を表 8.1、被害原因別の比較を表 8.2 に示す。

8.1. 被害件数の観点からの分析

熊本地震と東日本大震災における被災事業体の給水装置引き込み件数には違いがあり単純な比較はできないが、被害件数の観点から特徴的な違いがみられる。

熊本地震の被害件数は 2,085 件であり東日本大震災の被害件数 4,454 件の半分に収まっており、給水分岐部、給水管部の塩ビ管と鉛管、第一止水栓部の被害が大きく減少していることが全体の被害件数を少なくしている、特に塩ビ管の被害件数の減少が大きく影響している。しかしながら、給水管部の鋼管と水道メーター部では被害が大きく増加している（表 8.1）。

1) 給水分岐部の被害

給水分岐部の被害件数が 504 件→131 件と大幅に減少しており、被害割合も 11.3%→6.3%に減少している。

給水分岐部の被害の特徴としては、サドル付分水栓ではサドルと給水管接続部の破損が大きく減少しており、また、チーズ継手では給水管接続部の被害（破損、抜け）の被害が大きく減少している。

2) 給水管部の被害

給水管部の被害件数が 3,327 件→1,715 件と大幅に減少しているが、被害割合は 74.7%→82.3%に増加している。

給水管部の被害の特徴としては、塩ビ管と鉛管の被害が大きく減少しているが、逆に鋼管の被害が大幅に増加している（宅地内での被害が多い）。また、ポリエチレン管の被害件数は微増であるが、被害の割合が倍増（6.2%→13.6%）していることに留意が必要である。

3) 第一止水栓部の被害

第一止水栓部の被害件数が 605 件→51 件と大幅に減少しており、被害割合も 13.6%→2.4%に減少している。これは東日本大震災では一部事業体で被害が多発したことが原因の一つと考えられる。

4) 水道メーター部の被害

水道メーター部の被害は 18 件 188 件と大幅に増加しており、被害割合も 0.4%→9.0%に大幅に増加している。この被害原因の大半は止水栓の作動不良である。

8.2. 被害原因の観点からの分析

被害原因の観点から熊本地震における被害件数を少なくしている要因を以下のように整理できる（表 8.2）。

1) 材料劣化による被害

全体の被害件数が半分以上（4,454 件→2,085 件）になっているが、材料劣化による被害件数は微減（1,205 件→1,118 件）であり、被害割合は 27.7%から 53.6%にほぼ倍増している。この主な原因は給水管部の鋼管と水道メーター部の被害件数が大きく増加していることである。一方、給水分岐部、給水管部の鉛管、第一止水栓部の被害件数は大きく減少している。

2) 地震動による被害

地震動による被害が 2,533 件から 848 件に大幅に減少している（被害の割合は 56.3%→40.6%に減少）が、この主な内訳は給水管部の塩ビ管の被害が大きく減少していること（1,742 件→449 件）によるものである。

また留意すべき点として、全体の被害件数が 1/3 以下に減少しているが、ポリエチレンの被害件数は微増（268 件→283 件）であり、被害割合が 6.4%から 13.6%に倍増している。

3) 施工の確実性が疑われる被害

施工の確実性が疑われる被害が 716 件から 119 件に大幅に減少しているが（被害の割合は 16.0%→5.7%に減少）、これは塩ビ管の使用割合が少ないことによるものと思われること。

8.3. 熊本地震の被害の特徴

熊本地震と東日本大震災の被害調査結果を踏まえて考察すると、給水装置引き込み件数の違いのほか地震動や地盤の違いもあるが、熊本地震の被害の特徴は以下の 3 点と考えられる。

(1)熊本地震では給水管部の塩ビ管と鉛管、給水分岐部、第一止水栓部の被害が大幅に減少している。

①塩ビ管の被害について、東日本大震災の調査事業体では塩ビ管の布設割合が多く、被害も多く発生していたが、熊本地震の調査事業体では塩ビ管の使用割合が少なく、被害件数が 1/4 以下（被害割合が半分以上）に収まっている。

②鉛管の被害について、熊本地震の調査事業体では鉛管の更新が進み、残存鉛管が少なくなっているため被害件数が少なくなっていると思われる。

③第一止水栓部の被害について、東日本大震災では一部の事業体に第一止水栓部の被害が多く発生していたが、熊本地震ではこのような事例は無く、全体として第一止水栓部の被害件数が 1/10 以下（被害割合が 1/5 以下）に収まっている。

④給水分岐部の被害について、東日本大震災ではサドル付分水栓と給水管の接続部、チーズ継手の接続部に被害が多く発生しており、被害を受けた主な管種は塩ビ管、鉛管、ポリエチレン管であった。しかし、熊本地震では塩ビ管の使用割合が少なく、鉛管の更新も進んでおり、

給水分岐部の被害割合が東日本大震災の半分近くに収まっている。

(2)熊本地震では給水管部の鋼管と水道メーター部の止水栓に多くの被害が発生しており、耐震性向上の観点から留意すべき点である。また、鋼管の被害は道路部ではなく宅地内に多く発生している。

①鋼管の被害について、熊本市では水道メーター前後に鋼管使用が指定されてきた経緯があり、鋼管の被害が多く発生していると考えられる。また、すべての調査事業体で鋼管の被害が報告されており、一定の割合で鋼管が使用されていたと考えられる。

②水道メーター部の止水栓被害について、この被害は熊本市だけで発生しているが、これは平成 16 年まで「甲型止水栓」を採用していたとのことであり、これら古いものに被害が発生したと思われる。

(3)ポリエチレン管の被害割合が東日本大震災の 2 倍になっており留意すべき点である。品質改良された新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）に少なくとも 17 件の被害が発生しており、この中で管体破損の被害が少なくとも 14 件確認されている。また、新しいタイプと古いタイプの識別ができない低密度ポリエチレン管に 260 件の被害が発生しており、新しいタイプの黒ポリ二層管の被害の全体像が把握できていない。全国的に黒ポリ二層管が普及していることから、耐震性評価のため、メーカーなどにおいて原因究明されることが望まれる。

表 8.1 部位別被害件数 比較表（熊本地震と東日本大震災）

部位	管種・構造		熊本地震				東日本大震災			
			被害数		被害数		被害数		被害数	
給水分岐部	サドル付分水栓	サドル破損	23	38	131	2,085	74	179	504	4,454
		給水管接続部破損	7	(1.9%)	(6.3%)		88	(4.0%)	(11.3%)	
		給水管接続部抜け	8				11			
		分類不能	0				6			
	不断水割T字管	本体割れ	0	0			1	2		
		分類不能	0				1			
	分水栓	分水栓破損	0	0			3	17		
		破損	0				12	(0.3%)		
		抜け	0				1			
		分類不能	0				1			
	チーズ継手等	本体破損	42	93			7	306		
		給水管接続部破損	39	(4.5%)			236	(6.9%)		
		給水管接続部抜け	12				61			
		分類不能	0				2			
給水管部	塩ビ管	破損	427	559	1,715		1593	2,432	3,327	
		抜け	130	(26.8%)	(82.3%)		811	(54.6%)	(74.7%)	
		分類不能	2				28			
	ポリエチレン管	破損	235	283			233	274		
		抜け	48	(13.6%)			39	(6.2%)		
		分類不能	0				2			
	鋼管	破損	738	746			157	160		
		抜け	5	(35.8%)			2	(3.6%)		
		分類不能	3				1			
	波状ステンレス鋼管	抜け	0	0			2	2		
	鉛管	破損	119	125			424	426		
		抜け	6	(6.0%)			2	(9.6%)		
	銅管	破損等		2				26		
	分類不能	破損等		0				7		7
第一止水栓部		本体被害	30	51			472	605		
		継手破損等	21	(2.4%)			133	(13.6%)		
水道メーター部		止水栓作動不良	184	188			10	18		
		継手破損等	4	(9.0%)			8	(0.4%)		

表 8.2 被害原因別 比較表（熊本地震と東日本大震災）

部位	管種・構造		熊本地震				東日本大震災			
			被害数				被害数			
材料の劣化	給水分岐部	サドル付分水栓	11	43	1,118	2,085	100	128	1,205	4,454
		分水栓	0	(2.1%)	(53.6%)		13	(2.9%)	(27.7%)	
		チーズ継手	32				14			
		分類不能	0				1			
	給水管部	塩ビ管	0	853			30	599		
		ポリエチレン管	0	(40.9%)			2	(13.4%)		
		鋼管	726				124			
		鉛管	125				415			
		銅管等	2				28			
	第一止水栓部	本体	17	37			434	466		
		継手部	20	(1.8%)			32	(10.5%)		
	水道メーター部	止水栓作動不良	181	185			10	12		
		継手部	4	(8.9%)			2	(0.3%)		
地震動の影響	給水分岐部	サドル付分水栓	27	79	848		78	323	2,533	
		不断水割T字管	0	(3.8%)	(40.7%)		2	(7.3%)	(56.3%)	
		分水栓	0				4			
		チーズ継手	52				238			
		分類不能	0				1			
	給水管部	塩ビ管	449	752			1742	2,068		
		ポリエチレン管	283	(36.0%)			268	(46.4%)		
		鋼管	20				40			
		鉛管	0				14			
		分類不能	0				4			
	第一止水栓部	本体	13	14			37	136		
		継手部	1	(0.7%)			99	(3.1%)		
	水道メーター部	止水栓作動不良	3	3			6	6		
施工の確実性	給水分岐部	サドル付分水栓	0	9	119		1	53	716	
		チーズ継手	9	(0.4%)	(5.7%)		52	(1.2%)	(16.0%)	
	給水管部	塩ビ管	110	110			657	660		
		波状ステンレス鋼管	0	(5.3%)			2	(14.8%)		
		銅管	0				1			
	第一止水栓部	本体	0	0			1	3		
		継手部	0				2	(0.1%)		

8. 4. 熊本市と仙台市の被害分析

熊本地震と東日本大震災の給水装置引込み部の被害の特徴についてはこれまで述べてきたように、被害件数が大幅に増加した被害（鋼管と水道メーター部止水栓の被害）と大幅に減少した被害（塩ビ管、給水分岐部、第一止水栓部、鉛管の被害など）が明らかにされているが、ここでは被害率情報が充実している熊本市と仙台市の被害の特徴を分析することで、今後の給水装置引込み部の耐震性向上に向けた課題を整理するものである。なお、地震動や地盤などの違いによる影響は考慮されていない。

8. 4. 1. 配水管と給水装置引込み部の被害比較

熊本地震（2 事業者）と東日本大震災（4 事業者）の配水管の被害と給水装置引込み部の被害の比較を表 8.3 に示す。

熊本市と仙台市の被害を比較すると、配水管の被害率は 0.127 件/km と 0.108 件/km であり、1995 年の阪神・淡路大震災の神戸市の被害率 0.439 件/km に比べると（参考表-1 参照）、阪神・淡路大震災以降の管路の耐震化の効果が読み取れる。因みに、熊本市と仙台市の基幹管路の耐震適合率は 74.3%と 73.5%である（一口メモ参照）。

一方、熊本市の給水装置引込み部の被害率 1.18 件/100 件に対し仙台市の被害率は 0.12 件/100 件であり、神戸市の給水装置（道路部）の被害率は 3.24 件/100 件である。

また、地盤や地震動の違いによる影響を緩和するため、配水管の被害率を分母とした被害比率（給水装置引込み部被害率÷配水管被害率）を調べてみると、仙台市の被害比率が 1.07 倍に対し、熊本市の被害比率が 9.29 倍と大幅に増加している。なお、神戸市における被害比率（給水装置（道路部）被害率÷配水管被害率）は 7.39 倍である（参考表-1 参照）。

表 8. 3 配水管と給水装置引込み部の被害比較（熊本地震と東日本大震災）

		配水管			給水装置引込み部 ^{*4、5、}			被害比率 ^{*3}
		被害件数	延長 km	被害率 ^{*1}	被害件数	引込件数	被害率 ^{*2}	給水/配水
熊本地震	熊本市 ^{*4}	422	3,313	0.127	1,737	146,591	1.18	9.29
	大津菊陽 ^{*4}	60	386	0.156	64	17,915	0.36	2.31
東日本大震災	仙台市 ^{*5}	437	4,045	0.108	276	238,813	0.12	1.07
	登米市 ^{*5}	224	1,427	0.157	132	28,260	0.47	2.98
	郡山市 ^{*5}	210	1,762	0.119	371	132,131	0.28	2.36
	いわき市 ^{*5}	154	2,177	0.071	1,664	120,557	1.38	19.44

*1) 配水管被害率＝被害件数÷配水管延長（km）。

*2) 給水装置引き込み部被害率（％）＝被害件数÷給水引き込み件数（100 件）。

*3) 被害比率＝給水装置引込み部被害率÷配水管被害率。

*4) 給水工事技術振興財団：各事業者への聞き取り調査。

*5) 給水工事技術振興財団：東日本大震災給水装置被害状況調査報告書、平成 28 年 6 月。

8.4.2. 熊本市と仙台市の被害比較分析

表 8.3 の被害比率に大きな開きがある熊本市と仙台市の給水装置引込み部の被害について詳しく分析するため、被害件数の観点からの比較を表 8.4、被害原因からの比較を表 8.5 に示す。

1) 被害件数の観点からの整理

熊本市の被害件数を大きくしている主な内訳は以下のとおりである（参考表・3）。

- ・鋼管（ネジ鋼管）の被害が大幅に増加しており（20 件→675 件）、腐食がある程度進行しており、地震動により致命的な被害になったと考えられる。また、鋼管の被害は道路部ではなく宅地内に多く発生している。
- ・塩ビ管の被害も大幅に増加しており（23 件→347 件）、熊本市で塩ビ管の布設割合が高かったものと推察される。塩ビ管は可撓性の不足により地震被害が多く発生したと考えられる。
- ・ポリエチレン管の被害も大幅に増加しており（16 件→258 件）、全て地震動による被害ではあるが、詳しい被害原因は不明である。なお、熊本市では新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）の被害が少なくとも 7 件発生しており、そのほかの 251 件は古いタイプの黒ポリ単層管と新しいタイプの黒ポリ二層管の識別ができない状態である。
- ・水道メーター部の被害も大幅に増加している（3 件→188 件）。

2) 被害原因の観点からの整理

熊本市と仙台市の被害原因の違いを以下のように整理できる（表 8.5）。

- ・材料劣化による被害が大幅に増加しているが、この中で鋼管の被害が仙台市の 18 件に対し 656 件に増えている。また、水道メーター部の被害が 2 件に対し 185 件に増加しているが、これはほとんどがメーター部止水栓の作動不良である。
- ・地震動による被害が仙台市の 75 件に比べ 616 件と大幅に増加している。この中で特徴的なものは、ポリエチレン管の被害が仙台市の 14 件に対し 258 件と大幅に増加しているが、この原因は不明である。また、塩ビ管の被害が 19 件から 268 件に増えている、これはまだ多くの塩ビ管が残存していたものと思われる。
- ・施工の確実性が疑われる被害が仙台市の 7 件に対し 86 件と 79 件増加している。これも熊本市では相対的に塩ビ管の残存割合が高いことが原因と考えられる。

3) 被害の違いに関する分析（まとめ）

仙台市と熊本市では配水管の被害率はほとんど差がなく耐震化が進んでいると考えられるが、熊本市の給水装置引込み部の被害を大きくしている要因としては、給水管部の鋼管・塩ビ管・ポリエチレン管とメーター部止水栓の被害が非常に多くなっていることである。

なお、熊本市では平成 17 年以降、13mm と 20mm の水道メーターにメーターユニットが採用されネジ継手鋼管の使用が縮減しているが、それ以前は水道メーターの前後にネジ継手鋼管が指定されていた。また、熊本市では道路部では塩ビ管を採用していないが、止水栓の下流部や開発行為、合併地域において塩ビ管が使用されていたようである。そのほか、平成 17 年まで

は水道メーター部の止水栓も甲型止水栓を採用していたが、平成 18 年からはボール止水栓に変更している。

一方、ポリエチレン管については仙台市に比べ被害件数が非常に多くなっており、また新しいタイプの黒ポリ二層管に少なくとも 7 件の被害が発生しており（表 5.5 参照）、この詳しい原因究明が必要である。

表 8.4 部位・管種別被害件数 比較表（熊本市と仙台市）

部位	管種・構造		熊本地震(熊本市)				東日本大震災(仙台市)			
			被害数				被害数			
給水分岐部	サドル付分水栓	サドル破損	19	30	102	1,737	26	41	77	276
		給水管接続部破損	4	(0.5%)	(5.8%)		15	(14.9%)	(29.4%)	
		給水管接続部抜け	7				0			
	不断水割T字管	本体割れ	0	0			2	2		
		分水栓破損	0	0			3	14		
	分水栓	破損	0				10	(5.1%)		
		分類不能	0				1			
		本体破損	34	72			0	20		
	チーズ継手等	給水管接続部破損	30	(4.1%)			17	(7.2%)		
		給水管接続部抜け	8				3			
給水管部	塩ビ管	破損	253	347	1,403		16	23	178	
		抜け	94	(20.0%)	(80.8%)		7	(8.3%)	(63.1%)	
	ポリエチレン管	破損	220	258			12	16		
		抜け	38	(14.8%)			4	(5.8%)		
	鋼管	破損	667	675			20	20		
		抜け	5	(38.9%)			0	(7.2%)		
		分類不能	3				0			
	波状ステンレス鋼管	抜け	0	0			1	1		
	鉛管	破損	115	121			118	118		
		抜け	6	(7.0%)			0	(42.8%)		
	銅管	破損等	2	2			0	0		
第一止水栓部	本体被害		25	44			1	18		
	継手破損等		19	(2.5%)			17	(6.4%)		
水道メーター部	止水栓作動不良		184	188			0	3		
	継手破損等		4	(10.8%)			3	(1.1%)		

* 黒ポリ二層管の採用時期：熊本市は平成 3 年以降、仙台市は平成 4 年以降。

表 8.5 被害原因別比較表（熊本市と仙台市）

部位	管種・構造		熊本地震(熊本市)				東日本大震災(仙台市)			
			被害数				被害数			
材料の劣化	給水分岐部	サドル付分水栓	9	37	1,035	1,737	34	48	194	276
		分水栓	0	(2.1%)	(60.7%)	12	(17.4%)	(70.3%)		
		チーズ継手糖	28			2				
	給水管部	ポリエチレン管	0	779		2	138			
		鋼管	656	(44.8%)		18	(50.0%)			
		鉛管	121			118				
		銅管等	2			0				
	第一止水栓部	本体	16	34		0	6			
		継手部	18	(2.0%)		6	(2.2%)			
	水道メーター部	止水栓作動不良	181	185		0	2			
継手部		4	(10.7%)		2	(0.7%)				
地震動の影響	給水分岐部	サドル付分水栓	21	58	616	9	27	75		
		分水栓	0	(3.3%)	(35.5%)	2	(9.8%)	(27.2%)		
		チーズ継手	37			16				
	給水管部	塩ビ管	268	545		19	35			
		ポリエチレン管	258	(31.4%)		14	(12.7%)			
		鋼管	19			2				
		第一止水栓部	本体	9	10		1	12		
	継手部	1	(0.6%)		11	(4.3%)				
	水道メーター部	止水栓作動不良	3	3		1	1			
	施工の確実性	給水分岐部	チーズ継手	7	7	86	2	2	7	
給水管部		塩ビ管	79	79	(5.0%)	4	5	(2.5%)		
		波状ステンレス鋼管	0	(4.5%)		1	(1.8%)			

【一口メモ】熊本市と仙台市の基幹管路の耐震適合率（H27 年、業務指標から引用）

参考として熊本市と仙台市の管路の耐震化率（耐震管の布設割合）と基幹管路の耐震適合率（地盤の違いを考慮した耐震適合管路の割合）を下表に示す。管路の耐震化率には差があるが、地盤の違いを反映した基幹管路の耐震適合率がそれぞれ 70%を超えていることから、地盤の評価を考慮すると、耐震化の推進が効果を発揮していると考えられる。

参考表-2 熊本市と仙台市の基幹管路の耐震適合率

	管路延長	管路の被害率	管路の耐震化率	基幹管路の耐震適合率
熊本市	3,414km	0.127 件 km/	23.6%	74.3%
仙台市	3,430km	0.108 件/km	31.3%	73.5%

注）・管路延長：熊本市は導・送・配水管延長で配水管の口径は 75mm 未満を含む。

仙台市は配水管延長で口径 75mm 以上。

・基幹管路の耐震適合率：地盤の状況を勘案して耐震性があると評価された基幹管路の割合。

9. 給水装置の耐震性向上

9. 1. 地震動による被害原因の総括

表 3.1、表 3.3 に示すとおり、給水装置引込み部の被害件数は 2,085 件であり、被害原因別の内訳は、材料劣化による被害が 1,118 件、地震動による被害が 848 件、施工の確実性を確認できない被害が 119 件ある。給水管種別の被害の特徴と被害原因別の特徴は以下の通りである。

9. 1. 1. 給水管種別の分析

給水装置引込み部の被害件数 2,085 件を主要な管種ごとに分類すると、鋼管が 807 件（分岐部 38 件＋給水管部 746 件＋第一止水栓部 30 件＋メーター部 3 件）と 39.0%を占めている。次に、塩ビ管が 622 件（分岐部 63 件＋給水管部 559 件）と 30.1%を占め、ポリエチレン管が 291 件（分岐部 6 件＋給水管部 283 件＋第一止水栓部 1 件＋メーター部 1 件）と 14.1%を占めている（表 4.1、表 5.1、表 6.1、表 7.1）。

東日本大震災に比べ鋼管の被害が突出しており（表 8.1）、被害原因の多くは管体とネジ接合部の腐食進行による強度の低下（材料劣化）である。また、塩ビ管の被害原因の多くは地震動によるものと施工の確実性が疑われるものであり、ポリエチレン管の被害原因はすべて地震動によるものである。

9. 1. 2. 被害原因別の分析

1) 材料劣化の視点からの分析

材料劣化による被害は 1,118 件発生しており、給水分岐部が 43 件、給水管部が 853 件、第一止水栓部が 37 件、水道メーター部が 185 件である。

給水分岐部の被害は鋼管のチーズ継手被害が 32 件と卓越しており、サドル本体部にも 6 件の被害が発生している（表 4.2）。給水管部では鋼管の被害が 726 件と卓越しており、鉛管にも 125 件の被害が発生している（表 5.2）。第一止水栓部では接続部鋼管の被害が 20 件、本体の材料劣化による被害が 17 件である（表 6.2）。また、水道メーター部では止水栓の材料劣化による被害が 181 件と卓越している（表 7.2）。

材料劣化による被害の特徴は、鋼管の管体とネジ継手接合部の腐食進行による強度の低下、老朽化と地震動の相互作用による止水栓の作動不良である。

給水装置引込み部の構造・材質は順次改良されてきているが、古いタイプのものや使用年数の長いものは材料劣化が進んでおり、被害につながったと考えられる。

2) 地震動の視点からの分析

地震動による被害は 848 件発生しており、給水分岐部が 79 件、給水管部が 752 件、第一止水

栓部が 14 件、水道メーター部が 3 件である（表 3.3）。

給水分岐部の被害内訳はチーズ継手の被害が 52 件、サドル付分水栓の被害が 27 件であり、被害の多い部位・管種は、塩ビ管の被害が 41 件、サドル付分水栓本体の被害が 17 件である（表 4.2）。給水分岐部は配水管と T 字形となり、配水管の管軸方向の地震動（地盤変動）に対しサドル付分水栓などの突起部と給水管が抵抗として働くため、この部分に応力とひずみが集中し、配水管に比べ相対的に剛性の低い給水分岐部の被害につながったと考えられる。

給水管部では塩ビ管の被害が 449 件、ポリエチレン管の被害が 283 件、鋼管の被害が 20 件である（表 5.2）。塩ビ管の被害原因はエルボなど曲管部に応力とひずみが集中したことと塩ビ管（特に TS 接合）の可撓性不足が原因と考えられる。また、柔軟性に富む低密度ポリエチレン管の被害も多くあるが被害原因が不明であり、詳しい原因分析が必要である。

第一止水栓部では本体被害が 13 件、ポリエチレン管との接合部被害が 1 件である（表 6.2）。水道メーター部では止水栓の被害（作動不良）が 3 件である（表 7.2）。

3) 施工の確実性を確認できない被害からの分析

塩化ビニル管の TS 接合部では施工の確実性を確認できない被害事例が 119 件あり全体の 5.7% を占めている（表 3.3）。施工の品質向上、水圧試験などの充実は当然であるが、確実な施工を担保できる継手構造が望まれる。

9. 2. 主要な給水装置に求められる性能

表 3.2 に示すとおり、給水装置の被害総数 2,085 件のそれぞれの部位別に分類すると、分岐部の被害が 131 件、給水管部の被害が 1,715 件、第一止水栓部の被害が 51 件、水道メーター部の被害が 188 件であり、主要な分岐構造と給水管部、及び、第一止水栓部と水道メーター部の被害の特徴は以下のとおりである。

9. 2. 1. 分岐部

1) サドル付分水栓

最近の主流であるサドル付分水栓について被害原因を大別すると被害件数 38 件のうち本体部と接続部の材料劣化が 11 件、地震動による被害が 27 件に分けられる。以下それぞれの対策について考察する（表 4.2）。

(1) 材料劣化対策

材料劣化（腐食の進行による強度の低下）による被害 11 件のうち本体部の材料劣化が 6 件、接続部が 5 件である。サドル付分水栓は順次構造と材質が改良されてきており、新たに使用する際には耐久性の高い構造・材質を選択することが重要である。

(2) 地震動対策

地震動による被害では本体部が 17 件、接続部が 10 件である。この中で留意すべきはサドルのずれ被害が 15 件発生していることと柔軟性に富むポリエチレン管に 6 件の被害が発生していることである。（表 4.1、表 4.2）

給水分岐部は配水管と T 字形になっており、管軸方向の地震動に対し分岐部と給水管部が抵抗となり、ここに応力とひずみが集中し被害につながったと考えられる。配水管とサドル付分水栓の接合部のずれ防止対策、給水管接合部の可撓性向上、地震動に追従できる柔軟な管材の採用などの対策が必要である。一方、柔軟性に富むポリエチレン管にも被害が発生しており詳細な原因究明が必要である。

9.2.2. チーズ継手

チーズ継手の被害は 93 件あり、材料の劣化が 32 件、地震動によるものが 52 件、施工の確実性が疑われるものが 9 件である（表 4.2）。

(1) 材料劣化

材料劣化（腐食の進行による性能の低下）による被害は 32 件発生しており、すべて鋼管（ネジ接合）の被害である。防食性の高い材料の採用が必要である。

(2) 地震動

地震動による被害 52 件のうち、50 件が塩ビ管による被害である。給水分岐部は配水管と T 字形であり、この部分に応力とひずみが集中し、特に塩ビ管は可撓性が不足していることから被害が多くなったと考えられる。チーズ継手部については可撓性を有する構造とすることや地震動に追従できる柔軟な管材の活用が必要である。

(3) 施工の確実性

施工の確実性が疑われる被害は全て塩ビ管（TS 継手）によるものであり、確実な施工を担保できる構造が望まれる。

9.2.3. 給水管部

給水管部の被害は被害全体 2,085 件のうち 1,715 件と全体の 82.3%を占めている。留意すべき点は鋼管の被害が 746 件、塩ビ管の被害が 559 件、ポリエチレン管の被害が 283 件に達することである（表 5.1、表 5.2）。

1) 鋼管

鋼管の被害 746 件のうち材料の劣化によるものが 726 件、地震動によるものが 20 件である。材料劣化は管体とネジ接合部の腐食進行による強度低下が大半を占めている。また、主たる原因が地震動による被害はエルボなど曲管部に応力とひずみが集中したことからネジ接合鋼管の可撓性不足によるものと考えられ、可撓性を確保できる構造とすることが必要である。

2) 塩ビ管

塩ビ管の被害 559 件のうち地震動によるものが 449 件、施工の確実性を確認できないものが 110 件である。なお、塩ビ管は耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管（HIVP）に改良され、VP 管に比べ地震被害も少なくなっている。

地震動に対してはエルボなどの曲り部に応力とひずみが集中したことで塩ビ管の可撓性の不足が被害につながったと考えられ、地震の被害を少なくするためには可撓性を確保できる構造にすることと継手の抜け防止機能が必要である。一方、TS 継手においては施工の品質向上を図る方策の充実とともに、確実な施工に結びつく材料・工法の開発が望まれる。

3) 低密度ポリエチレン管

低密度ポリエチレン管の被害は 283 件あり、すべて地震動による被害である。このうち少なくとも 17 件は新しいタイプの低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）であり、このうち 14 件は管体の破損被害であり、メーカーにおける原因究明が望まれる。

また、古いタイプの低密度ポリエチレン単層管（黒ポリ単層管）の被害が 6 件、残りの 260 件が低密度ポリエチレン管の被害である。なお、低密度ポリエチレン管は外面が同じ黒色であり、新しいタイプの二層管（黒ポリ二層管）と古いタイプの単層管（黒ポリ単層管）の識別ができない状態である。このため新しいタイプの黒ポリ二層管の被害件数が正確に把握できず、また、管体破損の原因が不明であり、耐震性を評価できない状態である。

当財団が平成 28 年 9 月に発刊した「東日本大震災 給水装置被害状況調査報告書」でも指摘していることであるが、新しいタイプの黒ポリ二層管は非常に多くの水道事業者で採用されており、耐震性を評価するためにはメーカーや関係団体における被害原因の究明が望まれる。同時に、新しいタイプと古いタイプを識別できるようにし、被害を分類できるようにすることが耐震性評価のために必要である。

9.2.4. 第一止水栓部

第一止水栓の被害件数が 51 件であり、材料劣化による被害が 37 件、地震動による被害が 14 件である。

材料劣化による被害の内訳は鋼管との接続部被害が 20 件、ハンドルの作動不良が 17 件である。また、地震動による被害の内訳は本体被害（ハンドルの作動不良）が 13 件、ポリエチレン管との接合部被害が 1 件である（表 6.2）。

これまでは水道事業者による給水装置引込み部の管理範囲の問題や宅地開発などにおける舗装先行工事などで第一止水栓を設置してきた経緯がある。

しかし、漏水被害の縮減などの観点から、敷地境界近くに水道メーターを設置し、そこに止水栓を設置するケースが増加している。また、このような止水栓配置を基本形とする事業者も増えてきている。

様々な制約があり、一元的な制度化は困難であるが、第一止水栓を廃止し、敷地境界に水道メーターと止水栓を設置することが、漏水事故縮減と耐震性向上のため望ましい方向と考える。

9.2.5. 水道メーター部

水道メーター部の被害は188件あり、このうち181件が材料劣化によるメーター部止水栓の作動不良である（表 7.1）。耐久性、耐震性の高いメーター部止水栓の導入が望まれる。

9.3. 給水装置の耐震性向上と望ましい維持管理

9.3.1. 給水装置の耐震性の向上

給水装置引込み部は配水管からT字形に分岐されており、また、直管だけでなく給水用具や水平・鉛直方向のエルボなどが多く使われているため応力とひずみが集中し、被害を受けやすい部位であり、実際に配水管に比べ被害が多く発生している。しかし、これまでの地震被害調査も少なく、それぞれの給水管の耐震性評価も明確に定まっていない状況である。

東日本大震災と今回の熊本地震の給水装置引込み部の地震被害調査結果を踏まえ、T字形に分岐されることやエルボなどが多く、応力とひずみが集中する部位の多い給水装置引込み部の耐震性評価に関する研究の進展により耐震設計法の確立とそれぞれの給水管の耐震性評価の確立が必要である。

こうした状況ではあるが、これまでの漏水事故や震災経験を踏まえ、メーカーにおいても様々な構造や材質の改良がなされ、現在多くの事業者で低密度ポリエチレン二層管（黒ポリ二層管）、波状ステンレス鋼管、給水用高密度ポリエチレン管（給水用青ポリ管）、防食改良された鋼管などが給水装置引込み管として採用され、様々な可撓性確保などの構造も提案・採用されている。

今後も、より一層の耐震性と耐久性の向上を目指して、現在主たる給水管として使用されながら被害を受けた管路の被害原因を究明するとともに、より一層の可撓性の向上と金属材料の耐腐食性の向上などの更なる構造・材質の改良が進められるとともに、確実な施工を担保する新たな技術開発と研修システムの構築が期待される。

水道事業者におかれては、先回の東日本大震災の被害調査結果および今回の熊本地震の被害調査結果を踏まえ、長期寿命、高耐震性、施工の確実性、経済性発揮の観点から適切な構造・材質を選択し、また、新たな技術開発を積極的に評価し、耐震性の向上と漏水事故の縮減、有収率の向上を目指していただきたいと考える。

9.3.2. 老朽管更新時の留意点

今回の被害調査でも被害件数 2,085 件のうち材料劣化によるものが 1,118 件（53.6%）に達する。また、昭和 40 年代、50 年代に比べ給水装置引込み部の技術開発は耐久性・耐震性・施工性などの観点からも著しく進歩している。

多くの事業者で給水分岐部から水道メーターまでを漏水修繕範囲に定め実質的な管理範囲にしており、また、震災時の応急復旧では給水装置引込み部も国庫補助対象になる場合も多くある。

こうした現状を踏まえ、老朽管更新に合わせて技術開発の進んだ給水用具・給水管を用いて水道メーターまでの給水装置引込み部と一緒に更新し、漏水事故防止と有収率の向上、耐震性の向上を目指していただきたいと考える。

9.3.3. 漏水修繕工事の望ましい姿

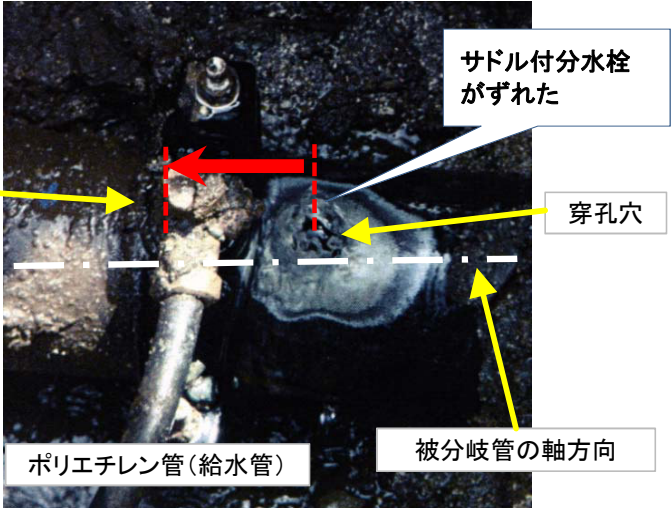
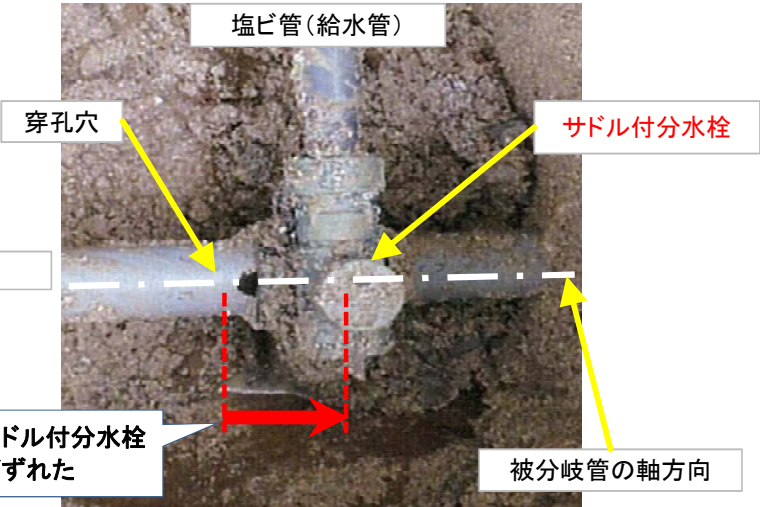
鉛管の被害が 125 件報告されている。水質のより高い安全性の確保、漏水事故の縮減、耐震性向上の観点から鉛管更新には積極的に取り組んできたはずであるが、写真からは部分的に残存していたものが被害を受けたと判断される。また、部分的な残存は事業者も十分に把握できないようである。

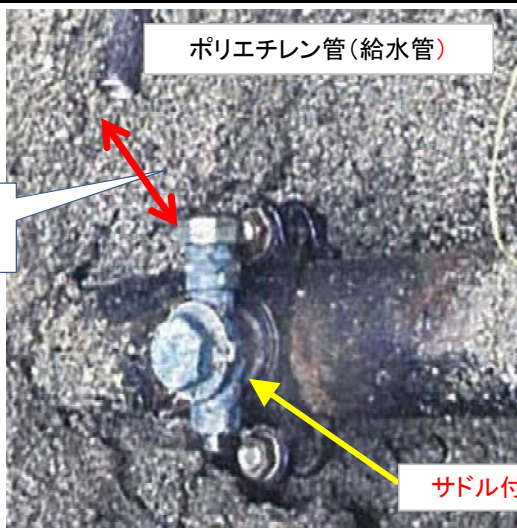
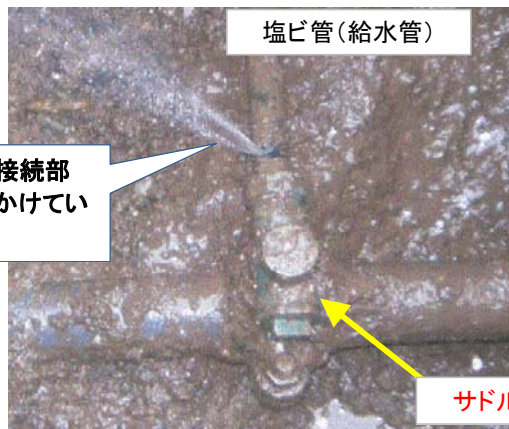
鉛管の部分的な残存の原因は漏水修繕の際に漏水箇所だけを部分的に修繕してきたことが原因の一つと考えられる。また、給水装置引込み管は基本的には同じ管材料が使われており、1 か所漏水すれば同じ給水引込み管での再漏水が容易に推察され、漏水事故などにおいて部分修繕を止め給水装置引込み部を一括修繕する必要があると考える。

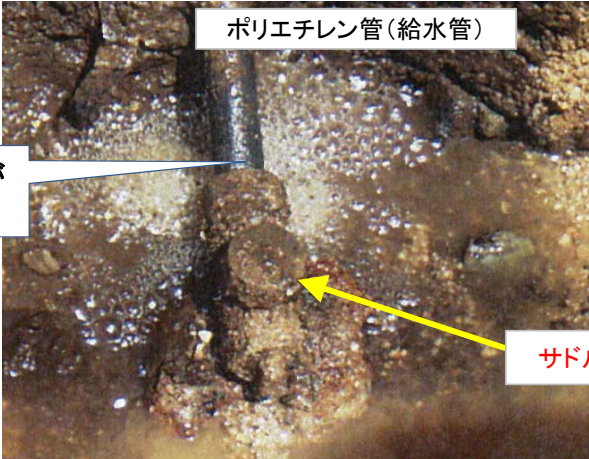
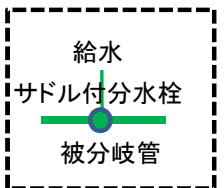
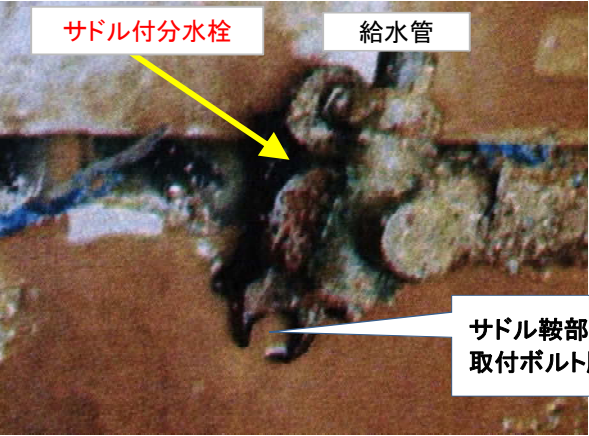
漏水の 9 割近くは給水装置引込み部で発生していると言われている。「部分修繕から一括修繕」に転換し、漏水事故の縮減と有収率の向上、耐震性の向上を目指していただきたいと考える。

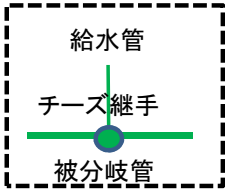
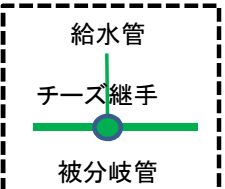
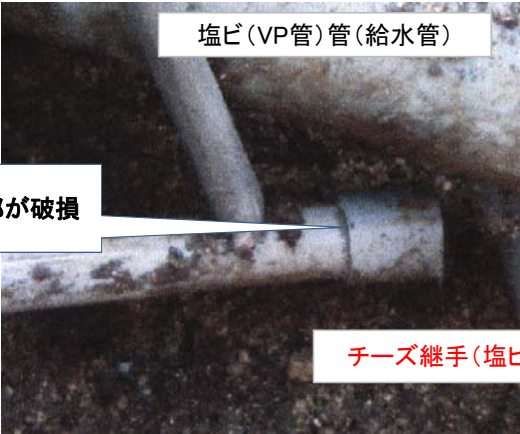
被害写真集

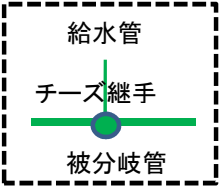
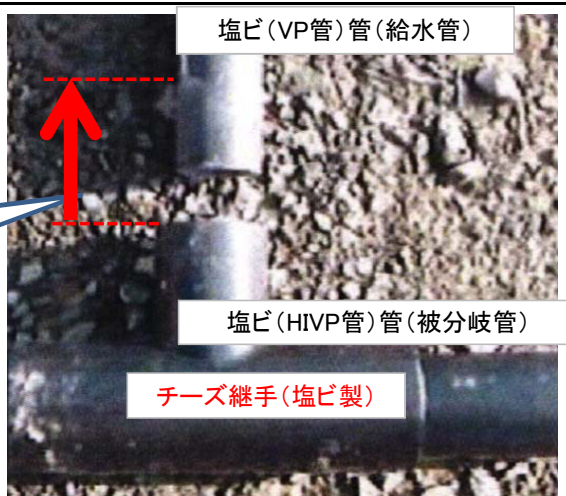
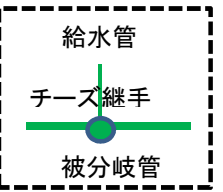
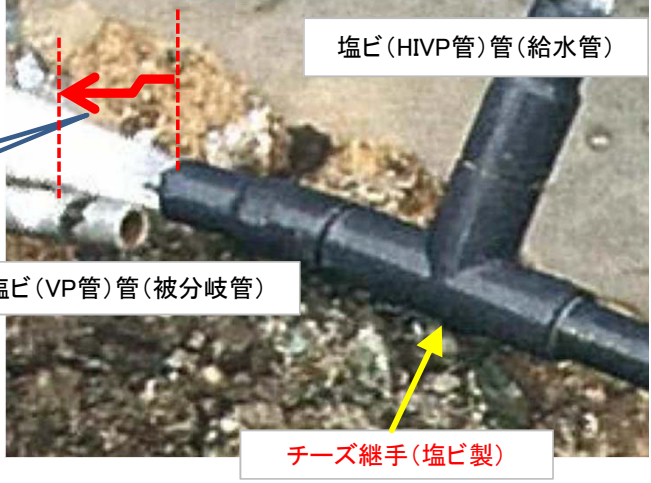
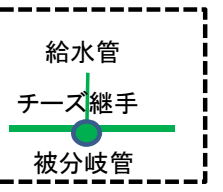
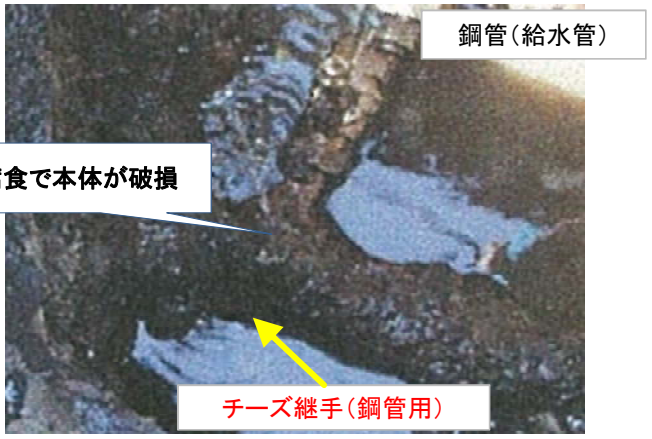
1. 給水分岐部の被害

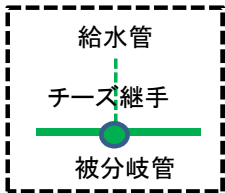
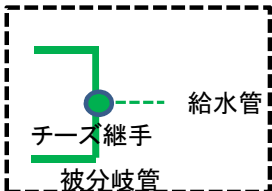
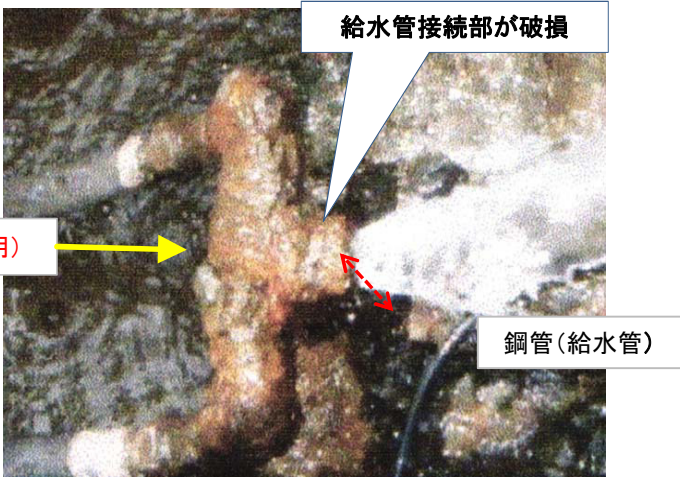
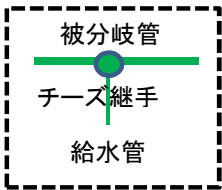
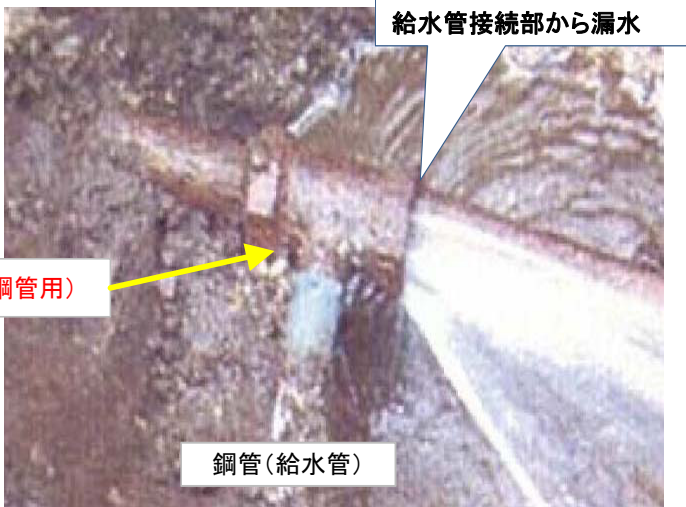
分岐形態	①サドル付分水栓 (1/3)		
被害の原因	地震動による	写真No	①-1 ~ ①-3
被害の分類	「サドルずれ」: サドル付分水栓が管軸方向或いは円周方向に移動してずれた被害		
①-1	サドル付分水栓が地震動で被分岐管の管軸方向に大きくずれて漏水した 		
①-2	サドル付分水栓が地震動で被分岐管の円周方向にずれて漏水した 		
①-3	サドル付分水栓が地震動で被分岐管の管軸方向にずれて漏水した 		

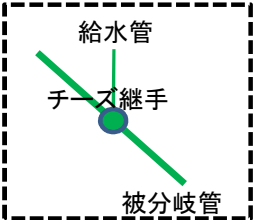
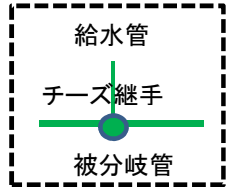
分岐形態	①サドル付分水栓 (2/3)		
被害の原因	地震動による	写真No	①-4～6
被害の分類	「サドル鞍部破損」: サドル鞍部が破損した被害		
①-4	サドル付分水栓のサドル鞍部に地震動で応力とひずみが集中して破損した		
被害の分類	「給水管接続部抜け」: 給水管との接続部が抜けた被害		
①-5	サドル付分水栓の給水管との接続部が地震動で抜けた 給水管 サドル付分水栓 被分岐管 給水管接続部が抜けた		
①-6	サドル付分水栓の給水管との接続部が地震動で抜け掛けた 給水管 サドル付分水栓 被分岐管 給水管接続部が抜けかけている		

分岐形態	①サドル付分水栓 (3/3)		
被害の原因	地震動による	写真No	①-7
被害の分類	「給水管接続部破損」: 給水管との接続部が破損した被害		
①-7	サドル付分水栓の給水管との接続部が地震動で破損して漏水した 給水管接続部が破損した 		
被害の原因	材料劣化による	写真No	①-8 ~ ①-9
被害の分類	「サドルボルト破損」: サドルを固定するボルトが破損した被害		
①-8	サドル付分水栓の取付ボルトの腐食が進行して地震動に耐えられず、サドルが外れた		
被害の分類	「サドル鞍部破損」: サドル鞍部が破損した被害		
①-9	サドル付分水栓のサドル鞍部の腐食が進行して地震動に耐えられず、取付ボルトが脱落して外れた 		

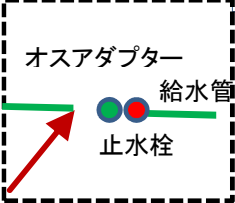
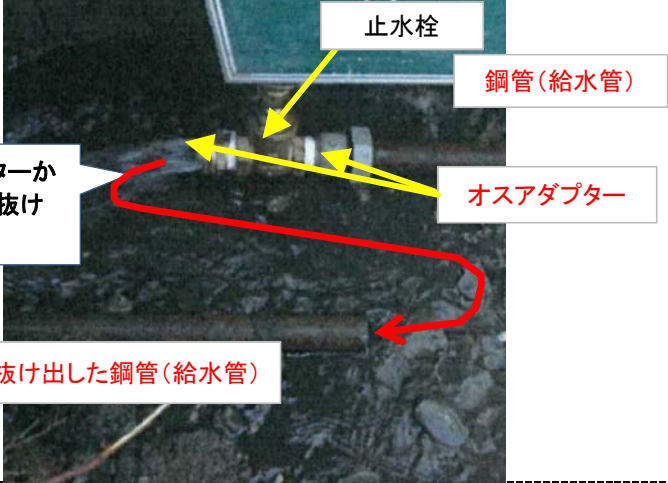
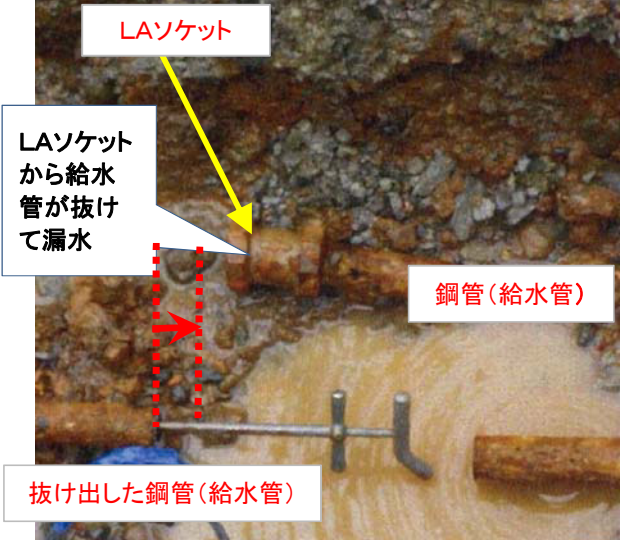
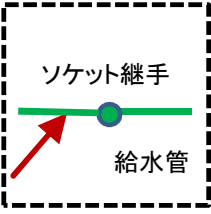
分岐形態	②チーズ継手 (1/4)		
被害の原因	地震動による	写真No	②-1 ~ ②-3
被害の分類	「本体破損」:塩ビ製のチーズ継手本体が破損した被害		
②-1	塩ビ製のチーズ継手の本体が地震動で破損した 		
被害の分類	「給水管接続部破損」:塩ビ製のチーズ継手が給水管との接続部で破損した被害		
②-2	塩ビ製のチーズ継手の塩ビ(VP管)管との接続部が地震動で破損した 		
②-3	塩ビ製のチーズ継手の給水管接続部が地震動で破損した		

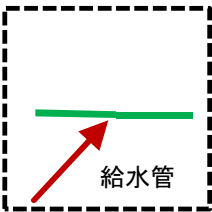
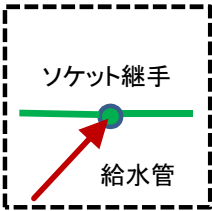
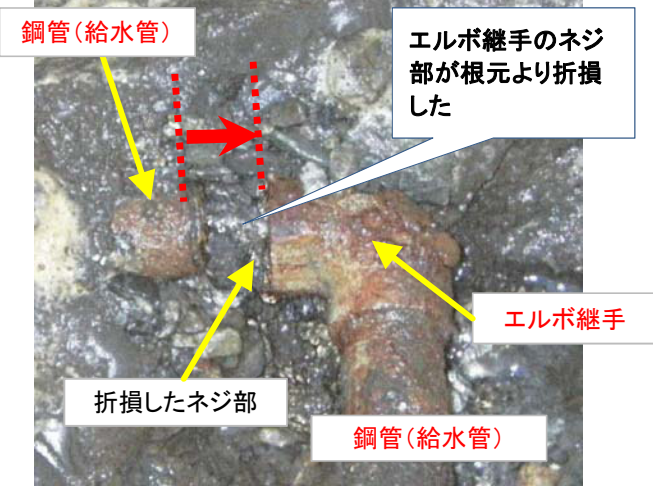
分岐形態	②チーズ継手 (2/4)		
被害の原因	地震動による	写真No	②-4 ~ ②-5
被害の分類	「給水管接続部抜け」: 塩ビ製のチーズ継手で給水管との接続部が抜けた被害		
②-4	塩ビ製のチーズ継手の被分岐管及び給水管(塩ビ管:VP管)との接続部が地震動で抜けた 給水管接続部が抜けた 		
②-5	塩ビ製のチーズ継手の被分岐管及び給水管(塩ビ管:VP管)との接続部が地震動で抜けた 給水管との接続部が抜けた 		
被害の原因	材料の劣化による	写真No	②-6
被害の分類	「本体破損」: 鋼管用のチーズ継手本体が破損した被害		
②-6	チーズ継手(鋼管用)本体の腐食が進行して地震動に耐えられず、破損した 腐食で本体が破損 		

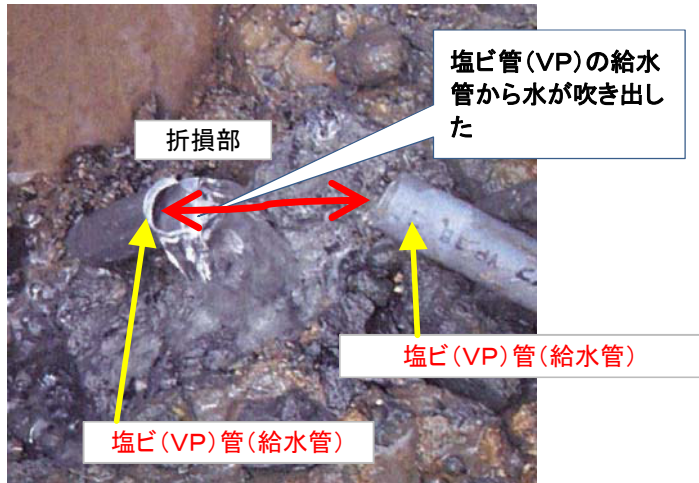
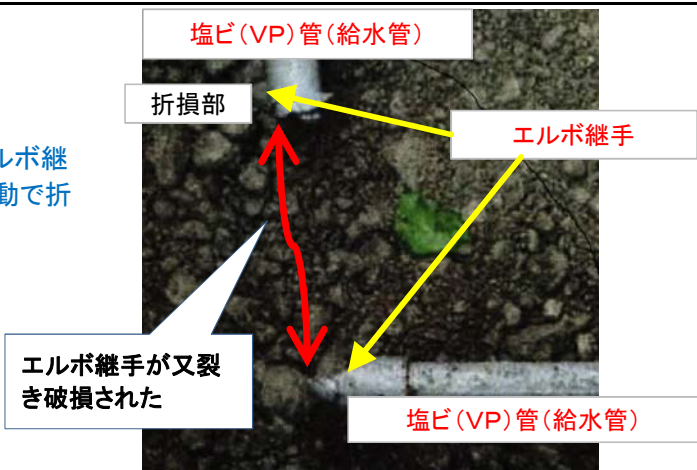
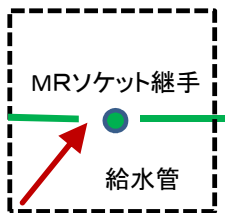
分岐形態	②チーズ継手 (3/4)		
被害の原因	材料の劣化による	写真No	②-7 ~ ②-9
被害の分類	「給水管接続破損」: 鋼管用のチーズ継手で給水管のネジ部が破損した被害(その1)		
②-7	鋼管用のチーズ継手と給水管との接続部(ネジ部)で腐食が進行して地震動に耐えられず、破損した 		
②-8	鋼管用のチーズ継手と給水管との接続部(ネジ部)で腐食が進行して地震動に耐えられず、破損した 		
②-9	鋼管用のチーズ継手と給水管との接続部(ネジ部)で腐食が進行して地震動に耐えられず、破損した 		

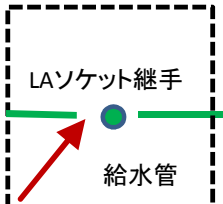
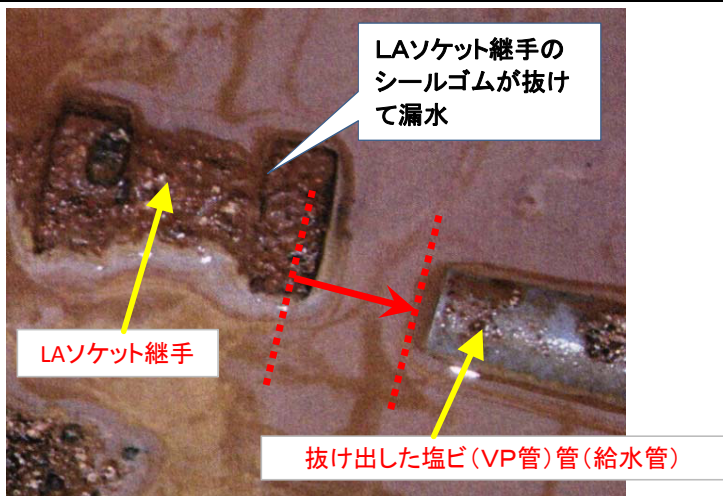
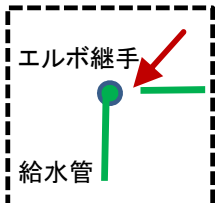
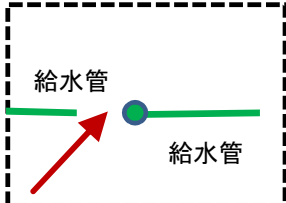
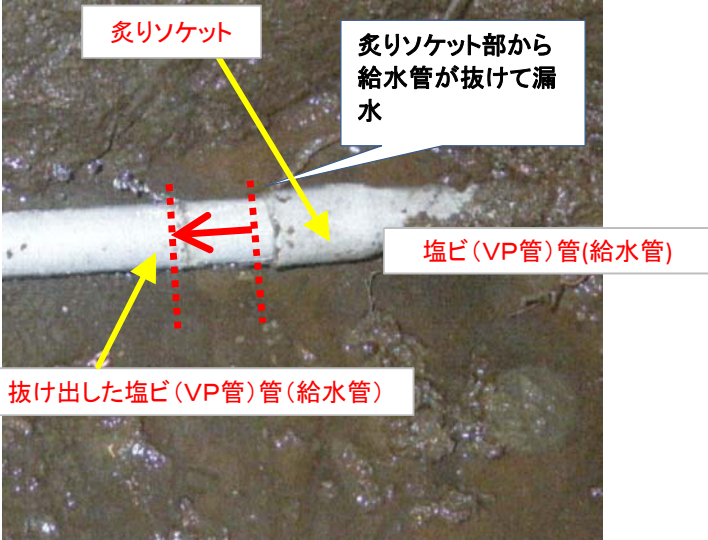
分岐形態	②チーズ継手 (4/4)		
被害の原因	材料の劣化による	写真No	②-10 ~ ②-11
被害の分類	「給水管接続破損」: 鋼管用のチーズ継手で給水管のネジ部が破損した被害(その2)		
②-10	鋼管用のチーズ継手と給水管との接続部(ネジ部)で腐食が進行して地震動に耐えられず、破損した 給水管接続部から漏水  チーズ継手(鋼管)		
②-11	鋼管用のチーズ継手と給水管との接続部(ネジ部)で腐食が進行して地震動に耐えられず、破損した 給水管接続部が破損  チーズ継手(鋼管用)		

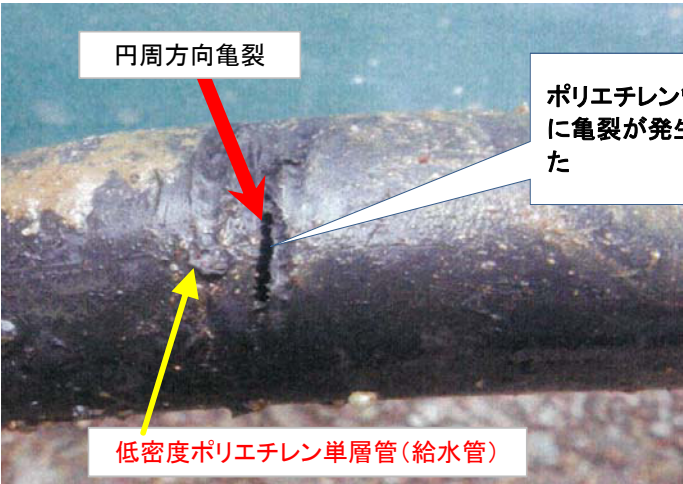
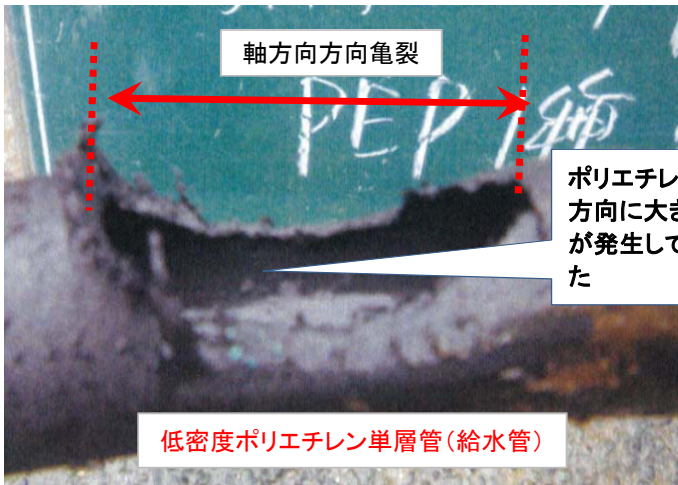
2. 給水管部の被害

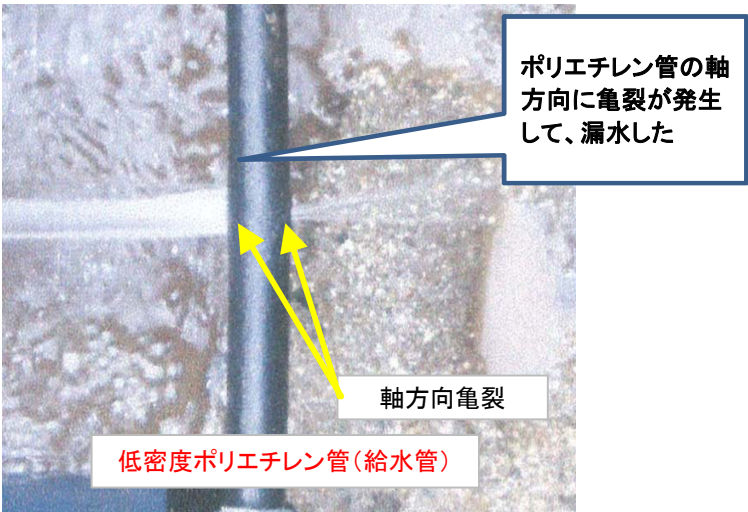
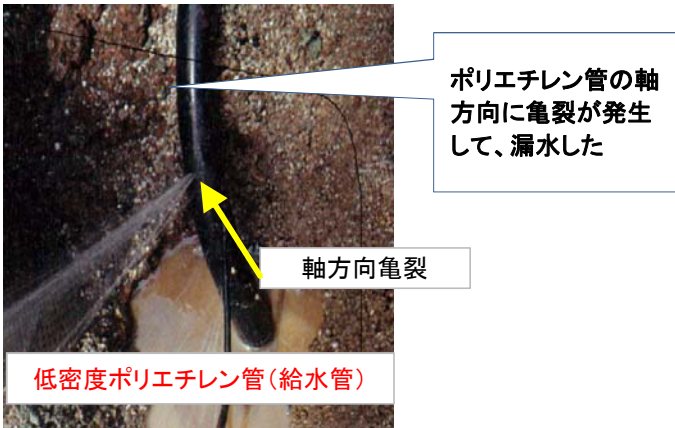
管種	①鋼管 (1/2)		
被害の原因	地震動による	写真No	①-1 ~ ①-2
被害の分類	「給水管接続部抜け」: 鋼管用のシールゴムを用いた継手から給水管が抜けた被害		
①-1	鋼管用のオスアダプターはシールゴムで給水管を接続しているが、地震動で給水管が抜けて、漏水した 		
①-2	鋼管用のLAソケットはシールゴムで給水管を接続しているが、給水管が地震動で抜けて、漏水した 		
被害の原因	材料の劣化による	写真No	①-3
被害の分類	「管体破損」: 鋼管の外表面腐食が進行して地震動に耐えられず破損した被害(その1)		
①-3	鋼管の外表面の腐食が進行して地震動に耐えられず、亀裂が発生して破損した 		

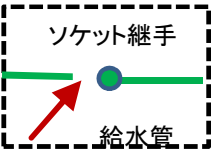
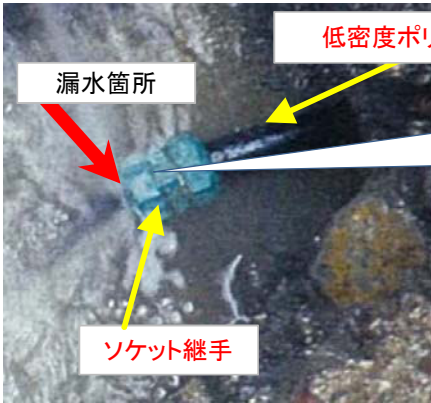
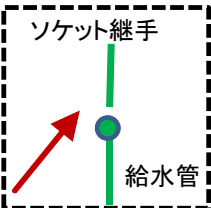
管種	①鋼管 (2/2)		
被害の原因	材料の劣化による	写真No	①-4 ~ ①-6
被害の分類	「管体破損」:鋼管の外表面腐食が進行して地震動に耐えられず破損した被害(その2)		
①-4	鋼管の外表面の腐食が進行して地震動に耐えられず、亀裂が発生して破損した 		
被害の分類	「継手破損」:継手のネジ部が腐食が進行して地震動に耐えられず破損した被害		
①-5	鋼管用のソケット継手のネジ部が腐食して地震動に耐えられず、破損して漏水した 		
①-6	エルボ継手のネジ部が腐食して地震動に耐えられず、折損して漏水した 		

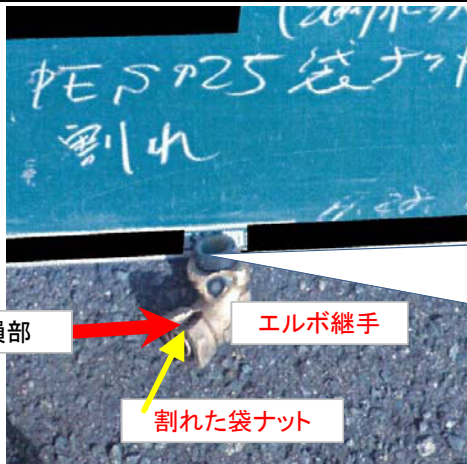
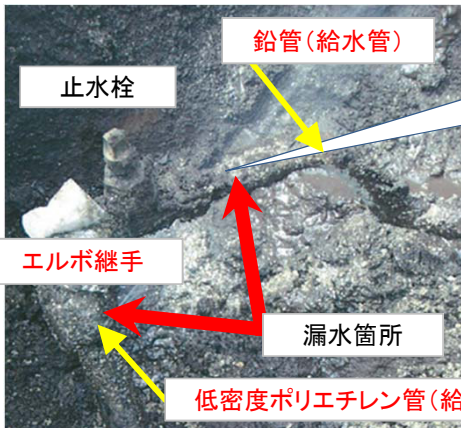
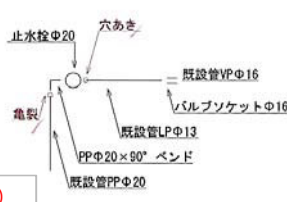
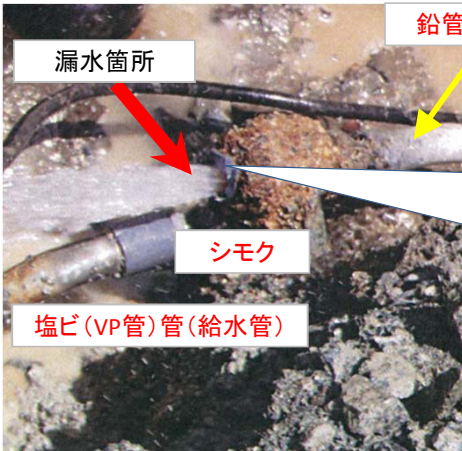
管種	塩ビ管 (1/2)		
被害の原因	地震動による	写真No	②-1 ~ ②-3
被害の分類	「管体破損」:塩ビ管が地震動により破損した被害		
②-1	塩ビ(VP)管が地震動で折損して、漏水した		
被害の分類	「継手破損」:継手部が地震動により破損した被害		
②-2	塩ビ(VP)管用のエルボ継手(TS継手)が地震動で折損して、漏水した		
被害の分類	「継手抜け」:シーリングゴムの継手部が地震動により抜けた被害(その1)		
②-3	シーリングゴムの継手部(RR継手)のMRソケット継手が地震動で塩ビ(VP)管部が抜けて漏水した	  MRソケット継手 給水管	

管種	②塩ビ管 (2/2)		
被害の原因	地震動による	写真No	②-4
被害の分類	「継手抜け」: シールゴムの継手部が地震動により抜けた被害(その2)		
②-4	LAソケットのシールゴムが地震動で塩ビ(VP管)管部が抜けて漏水した 		
被害の原因	施行の確実性による	写真No	②-5 ~ ②-6
被害の分類	「継手抜け」: 施工の確実性が確認できない(塗布不足や保持時間不足等)のために抜けた被害		
②-5	塩ビ(HIVP管)管のTS継手部が、施工の確実性が確認できない(塗布不足や保持時間不足等)のために、エルボ継手から抜けて漏水した 		
②-6	管端を加工した炙りソケット部から、塩ビ(VP管)管が施工の確実性が確認できない(塗布不足や保持時間不足等)のために、抜けて漏水した 		

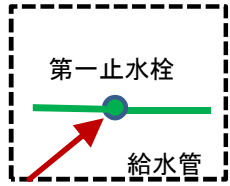
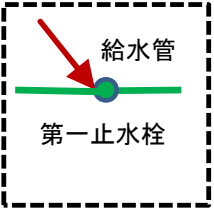
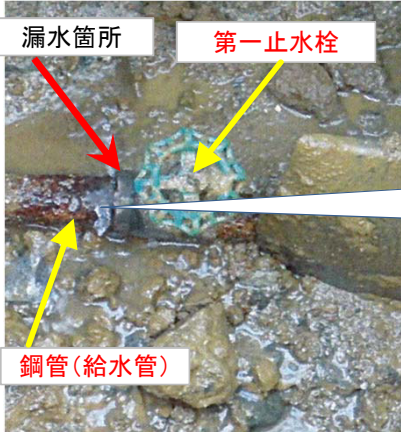
管種	③ポリエチレン管 (1/4)		
被害の原因	地震動による	写真No	③-1 ~ ③-3
被害の分類	「管体破損」:ポリエチレン管が地震動により破損した被害(その1)		
③-1	低密度ポリエチレン二層管の直線部が、地震動で、管側部に5箇所(5箇所)の亀裂が発生して、漏水した	 左図の配管図 PE 25(2層管) ※PE25穴あき(5箇所)による漏水	
③-2	低密度ポリエチレン単層管が地震動で円周方向の亀裂が発生して、漏水した		
③-3	低密度ポリエチレン単層管が、地震動で軸方向に大きな亀裂が発生して、漏水した		

管種	③ポリエチレン管 (2/4)		
被害の原因	地震動による	写真No	③-4 ~ ③-6
被害の分類	「管体破損」:ポリエチレン管が地震動により破損した被害(その2)		
③-4	低密度ポリエチレン管の曲り部で、地震動で管側部の軸方向に亀裂が発生して、漏水した	 軸方向亀裂 ポリエチレン管の軸方向に亀裂が発生して、漏水した 低密度ポリエチレン管(給水管)	
③-5	低密度ポリエチレン管の直管部で、地震動で管側部の軸方向に亀裂が発生して、漏水した	 ポリエチレン管の軸方向に亀裂が発生して、漏水した 軸方向亀裂 低密度ポリエチレン管(給水管)	
③-6	低密度ポリエチレン管の曲り部で、地震動で軸方向に亀裂が発生して、漏水した	 ポリエチレン管の軸方向に亀裂が発生して、漏水した 軸方向亀裂 低密度ポリエチレン管(給水管)	

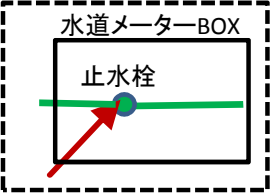
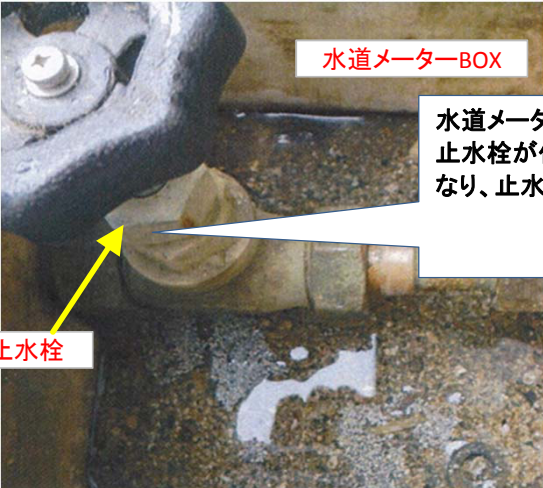
管種	③ポリエチレン管 (3/4)		
被害の原因	地震動による	写真No	③-7 ~ ③-9
被害の分類	「継手抜け」: ポリエチレン管の継手が地震動のために抜けた被害		
③-7	低密度ポリエチレン二層管が、地震動で砲金製エルボ継手から抜けて漏水した 	 エルボ継手 ポリエチレン管が継手から抜け出した。継手の削れた部分は、サンドブラストによる 抜け出した低密度ポリエチレン二層管(給水管)	
③-8	低密度ポリエチレン管が、地震動で砲金製ソケット継手から抜け出して、漏水した 	 低密度ポリエチレン管(給水管) 漏水箇所 ソケット継手 ポリエチレン管が継手から抜け出して、漏水が発生した	
③-9	低密度ポリエチレン管が、地震動で砲金製ソケット継手から抜け出して、漏水した 	 ソケット継手 ポリエチレン管が継手から抜けた。継手の削れた部分は、サンドブラストによる 低密度ポリエチレン管(給水管)	

管種	③ポリエチレン管 (4/4)		
被害の原因	地震動による	写真No	③-10
被害の分類	「継手破損」:ポリエチレン管の継手が地震動のために破損した被害		
③-10	砲金製エルボ継手の袋ナット部が、地震動で破損して、低密度ポリエチレン管が抜けて漏水した		エルボ継手の袋ナット部が破損して、ポリエチレン管が抜けた。継手の割れた部分は、サンドブラストによる
管種	④鉛管		
被害の原因	材料劣化による	写真No	①-1 ~ ①-2
被害の分類	「管体破損」:鉛管の腐食が進行して地震動に耐えられず破損した被害		
①-1	鉛管の腐食が進行して地震動に耐えられず、破損して漏水した		鉛管の腐食が進行して地震動に耐えられず、漏水した 左図の配管図 
①-2	塩ビ(VP管)管と繋ぐシモクとの鉛管の接続部が、腐食が進行して地震動に耐えられず、破損して漏水した		塩ビ(VP管)管と繋ぐシモクとの鉛管の接続部が、腐食が進行して地震動に耐えられず、破損して漏水した

3. 第一止水栓部の被害

部位	第一止水栓		
被害の原因	材料劣化による	写真No	①-1 ~ ①-2
被害の分類	「作動不良」: 止水栓の作動不良で締めきっても止水出来ない被害		
①-1	第一止水栓の老朽化の進行と地震動により、ハンドルを締めきっても止水出来ない 	 第一止水栓 鉛管(給水管)	
被害の分類	「継手破損」: 止水栓の継手部の腐食が進行して地震動に耐えられず破損した被害		
①-2	鋼管と接続する第一止水栓の継手部の腐食が進行して地震動に耐えられず、破損して漏水した 	 漏水箇所 第一止水栓 鋼管(給水管)	

4. 水道メーター一部の被害

部位	水道メーター		
被害の原因	材料劣化による	写真No	①-1
被害の分類	「止水栓作動不良」: BOX内の止水栓の作動不良で締めきれず、止水出来ない被害		
①-1	水道メーターBOX内の止水栓がパッキンの老朽化の進行と地震動により、ハンドルを締めきれず、止水出来ないという作動不良が発生した。 	 水道メーターBOX 止水栓	

熊本地震給水装置被害状況調査報告書

制 作	平成30年 7月 31日
発 行 所	公益財団法人 給水工事技術振興財団 〒163-0712 東京都新宿区西新宿二丁目 7 番 1 号 小田急第一生命ビル 12 階 TEL (03)6911-2711 FAX (03)6911-2716
