

管路の耐震化に関する検討会（平成 25 年度）

## 第 1 回検討会資料

平成 25 年 10 月 9 日

管路の耐震化に関する検討会事務局

## 目 次

1. 検討の概要	1
1.1 目的	1
1.2 検討方針	1
2. 過去の管路の耐震性評価等	2
2.1 管路の耐震化の現状	2
2.2 現行の施設基準と管路が備えるべき耐震性能	3
1) 現行の施設基準	3
2) 管路が備えるべき耐震性能	4
2.3 平成18年度検討会における管路の耐震性評価	4
1) 概要	4
2) 管路の耐震適合性の保留事項	6
3. 東日本大震災による管路被害の状況	7
3.1 被害状況調査の概要	7
3.2 調査結果の概要	9
1) 公的機関等による調査結果	9
2) 管路協会による調査結果	20
3.3 被害状況のまとめ	22
1) 平成18年度検討会における管路の耐震適合性保留事項の状況	22
2) 東日本大震災で新たに得られた管路被害の知見	22
4. 本検討における管路被害状況分析（案）	23
4.1 耐震適合性判定の方法	23
1) 管種・継手別被害率の算出方法	23
2) 管種・継手の区分	23
3) 震度区分	24
4) 地盤区分	24
4.2 対象事業者の選定について	28
5. 今後の予定	30

## 1. 検討の概要

### 1.1 目的

水道は快適な市民生活や都市活動を営む上で欠くことのできない重要なインフラ施設であり、安全で安心できる水の持続的な供給を確保するため、水道施設の耐震化について、早急な取組が必要である。

管路については、耐震化を推進するため、「平成 18 年度 管路の耐震化に関する検討会報告書(平成 19 年 3 月)」(以下、平成 18 年度検討会報告書)において、過去の地震における管路被害実績データ等を踏まえ、管種・継手ごとに耐震性能が検討され評価されている。

本検討は管路の計画的な耐震化に資するため、東日本大震災による被災状況を踏まえて管種・継手ごとの管路の耐震性能の再評価等を行うものである。

### 1.2 検討方針

平成 18 年度検討会報告書における管路の耐震性能評価を基に、同報告書において評価が保留された事項並びに東日本大震災において新たに得られた管路被害の知見等を踏まえ、管路の耐震性能の再評価を行う。

これにあたっては、東日本大震災を対象とした各管路被害状況調査報告書の調査結果を整理し基礎資料とするとともに、本検討においても管路被害状況データを整理・分析する。

## 2. 過去の管路の耐震性評価等

### 2.1 管路の耐震化の現状

管路を含めた水道施設の耐震化の現状を次表に示す。

基幹管路の耐震化率は平成 23 年度において 32.6%であり、浄水施設に比べ高いが、配水池より低くなっている。

また基幹管路の1年あたりの耐震化率の増加は1.2ポイントであり、浄水施設、配水池に比べ低く、基幹管路を中心として管路の計画的な耐震化が求められる状況にある。

表 2.1 水道施設の耐震化率

単位：%

区分	H21	H22	H23	1年あたり増加 (H21～H23)
基幹管路	30.3	31.0	32.6	1.2
浄水施設	16.8	18.7	19.7	1.5
配水池	34.5	38.0	41.3	3.4

※厚生労働省水道対策HPより整理。

※基幹管路の耐震化率(耐震適合率)は良い地盤に布設されたダクタイル  
鋳鉄管K形継手を耐震適合管として算出。

## 2.2 現行の施設基準と管路が備えるべき耐震性能

### 1) 現行の施設基準

水道法第5条（施設基準）第4項の規定に基づき、「水道施設の技術的基準を定める省令」が定められている。

同省令の第1条第7項において、水道施設の耐震性に関する基準が示されているが、同項については平成20年3月に水道施設の備えるべき耐震性能をより明確なものとするため、以下に示すように水道施設を重要度に応じて2つに区分し、それぞれが備えるべき耐震性能の要件を明確にする改正が行われた。

#### 「水道施設の技術的基準を定める省令」第1条第7項

施設の重要度に応じて、地震力に対して次に掲げる要件を備えるものであるとともに、地震により生じる液状化、側方流動等によって生ずる影響に配慮されたものであること。

イ 次に掲げる施設については、レベル1地震動（当該施設の設置地点において発生するものと想定される地震動のうち、当該施設の供用期間中に発生する可能性の高いものをいう。以下同じ。）に対して、当該施設の健全な機能を損なわず、かつ、レベル2地震動（当該施設の設置地点において発生するものと想定される地震動のうち、最大規模の強さを有するものをいう。）に対して、生ずる損傷が軽微であって、当該施設の機能に重大な影響を及ぼさないこと。

(1) 取水施設、貯水施設、導水施設、浄水施設及び送水施設

(2) 配水施設のうち、破損した場合に重大な二次被害を生ずるおそれが高いもの

(3) 配水施設のうち、(2)の施設以外であって、次に掲げるの

(i) 配水本管（配水管のうち、給水管の分岐のないものをいう。以下同じ。）

(ii) 配水本管に接続するポンプ場

(iii) 配水本管に接続する配水池等（配水池及び配水のために容量を調節する設備をいう。以下同じ）

(iv) 配水本管を有しない水道における最大容量を有する配水池等

ロ イに掲げる施設以外の施設は、レベル1地震動に対して、生じる損傷が軽微であって、当該施設の機能に重大な影響を及ぼさないこと。

## 2) 管路が備えるべき耐震性能

管路は機能により導水管、送水管、配水管（本管、支管）に大別される。

これらに対して、先の省令第1条第7項より、イを基幹管路、ロを配水支管とし、重要度との対応付けを行うと次のようになる。

表 2.2 管路の機能と重要度

機能区分	重要度区分
導水管 送水管 配水管(本管)	基幹管路 (省令第1条第7項のイ)
配水管(支管)	配水支管 (省令第1条第7項のロ)

これより、管路の重要度に応じて備えるべき耐震性能を整理すると次表のようになる。

表 2.3 管路の重要度と備えるべき耐震性能

重要度 (機能)	レベル1 地震動	レベル2 地震動
基幹管路 (導水管 送水管 配水本管)	当該管路の健全な機能を損なわない。 (設計能力を損なわない) *1	生ずる損傷が軽微であって、当該管路の機能に重大な影響を及ぼさない。 (一定の機能低下を来したとしても、速やかに機能が回復できる) *1
配水支管	生ずる損傷が軽微であって、当該管路の機能に重大な影響を及ぼさない。 (一定の機能低下を来したとしても、速やかに機能が回復できる) *1	—*2

注) \*1 ( ) は「水道施設の技術的基準を定める省令の一部改正について」(健水発 0408001 号 平成 20 年 4 月 8 日) による。

\*2 耐震性能の規定はないが、上記省令第1条第4項では、水道施設は、「災害その他非常の場合に断水その他の給水への影響ができるだけ少なくなるように配慮されたものであるとともに、速やかに復旧できるように配慮されたものであること」と規定されている。

## 2.3 平成 18 年度検討会における管路の耐震性評価

### 1) 概要

平成 18 年度検討会報告書では表 2.4に示すように、各々の管種・継手について基幹管路、配水支管の区分でレベル1 地震動、レベル2 地震動に対する耐震適合性を示している。

これらの評価に際しては、埋立地を悪い地盤、埋立地以外を良い地盤として、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震を対象に管種・継手別の管路被害率を求めている。

表 2.4 管種・継手ごとの耐震適合性

管種・継手	配水支管が備えるべき耐震性能	基幹管路が備えるべき耐震性能	
	レベル1地震動に対して、生ずる損害が軽微であって、機能に重大な影響を及ぼさないこと	レベル1地震動に対して、健全な機能を損なわないこと	レベル2地震動に対して、生ずる損害が軽微であって、機能に重大な影響を及ぼさないこと
ダクタイル鋳鉄管（NS形継手等）	○	○	○
ダクタイル鋳鉄管（K形継手等）	○	○	注1
ダクタイル鋳鉄管（A形継手等）	○	△	×
鋳鉄管	×	×	×
鋼管（溶接継手）	○	○	○
水道配水用ポリエチレン管（融着継手）注2	○	○	注3
水道用ポリエチレン二層管（冷間継手）	○	△	×
硬質塩化ビニル管（RRロング継手）注4	○	注5	
硬質塩化ビニル管（RR継手）	○	△	×
硬質塩化ビニル管（TS継手）	×	×	×
石綿セメント管	×	×	×

注) 管種・継手は、厚生労働省「管路の耐震化に関する検討会報告書（平成19年3月）」を参照した。

注1) ダクタイル鋳鉄管（K形継手等）は、埋立地など悪い地盤において一部被害は見られたが、岩盤・洪積層などにおいて、低い被害率を示していることから、よい地盤においては、基幹管路が備えるべきレベル2地震動に対する耐震性能を満たすものと整理することができる。

注2) 水道配水用ポリエチレン管（融着継手）の使用期間が短く、被災経験が十分でないことから、十分に耐震性能が検証されるには、なお時間を要すると考えられる。

注3) 水道配水用ポリエチレン管（融着継手）は良い地盤におけるレベル2地震（新潟県中越地震）で被害がなかった（フランジ継手部においては被害があった）が、布設延長が十分に長いとは言えないこと、悪い地盤における被災経験がないことから、耐震性能が検証されるには、なお時間を要すると考えられる。

注4) 硬質塩化ビニル管（RRロング継手）は、RR継手よりも継手伸縮性能が優れているが、使用期間が短く、被災経験もほとんどないことから、十分に耐震性能が検証されるには、なお時間を要すると考えられる。

注5) 硬質塩化ビニル管（RRロング継手）の基幹管路が備えるべき耐震性能を判断する被災経験はない。※注を付してあるものも、各水道事業者の判断により採用することは可能である。

備考)

○：耐震適合性あり

×：耐震適合性なし

△：被害率が比較的に低いが、明確に耐震適合性ありとし難いもの

※出典：水道施設耐震化の課題と方策 平成20年12月16日 日本水道協会 震災対応等特別調査委員会

## 2) 管路の耐震適合性の保留事項

平成 18 年度検討会においては、布設延長が十分に長いとは言えない、悪い地盤における被災経験がない等の理由から以下の管種・継手について耐震適合性の判断が保留されている。

### ○配水用ポリエチレン管（融着継手）

（基幹管路・レベル2地震動に対して）良い地盤におけるレベル2地震（新潟県中越地震）で被害がなかった（フランジ継手部においては被害があった）が、布設延長が十分に長いと言えないこと、悪い地盤における被災経験がないことから、耐震性能が検証されるにはなお時間を要すると考えられる。

### ○硬質塩化ビニル管（RR ロング継手）

（基幹管路に対して）基幹管路が備えるべき耐震性能を判断する被災経験はない。



### 3. 東日本大震災による管路被害の状況

管路の耐震適合性評価並びに「4. 本検討における管路被害状況分析（案）」のための基礎資料とするため、東日本大震災を対象とした各管路被害状況調査を整理する。

#### 3.1 被害状況調査の概要

東日本大震災を対象として多くの管路被害状況調査が行われている。

管路被害状況について、厚生労働省健康局水道課や日本水道協会、水道技術研究センター、日本工業用水協会の公的機関等が調査を行っており、それらによる調査対象の水道事業体、調査内容を整理したものを表 3.1に示す。また、各管路協会により行われた調査を表 3.2に示す。

表 3.1 管路被害に関する調査報告書（公的機関等による）

NO.	報告書名／発行年月／調査機関	調査対象事業体	調査内容
1	「東日本大震災水道施設被害状況調査最終報告書」 平成25年3月 厚生労働省健康局水道課	管路被害により災害査定を申請した116事業体	○管種・継手別被害件数の算出 ○管種別被害率の算出等 ○液状化と管路被害の分析 ○地盤と管路被害の分析 ○震度と管路被害の分析 ○その他（管路被害の特徴など）
2	「平成23年（2011年）東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書」 平成23年9月 厚生労働省健康局水道課 公益社団法人 日本水道協会	①岩手県一関市 ②宮城県 ③宮城県仙台市 ④ " 石巻地方広域水道(企) ⑤福島県郡山市 ⑥ " いわき市	○口径別、管種・継手別被害件数の算出 ○口径別、管種別（一部継手別）被害率の算出 ○地盤と管路被害の分析
3	「平成23年（2011年）東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書」 平成24年9月 公益社団法人 日本水道協会	①宮城県 ②宮城県仙台市 ③ " 石巻地方広域水道(企) ④ " 栗原市 ⑤ " 大崎市 ⑥ " 登米市 ⑦ " 涌谷町 ⑧茨城県水戸市 ⑨千葉県	○口径別、管種・継手別被害件数の算出 ○口径別、管種・継手別被害率の算出 ○地盤と管路被害の分析 ○震度と管路被害の分析 ○その他（管種別被害の特徴など）
4	「地震による管路被害予測の確立に向けた研究報告書」 平成25年3月 公益財団法人 水道技術研究センター	①宮城県仙台市 ② " 石巻地方広域水道(企) ③ " 登米市 ④千葉県 ⑤千葉県旭市	○管路被害予測式の開発
5	「2011年東北地方太平洋沖地震に係る工業用水道施設の被災状況調査」 平成24年3月 一般社団法人 日本工業用水協会	①青森県 ②岩手県 ③宮城県 ④福島県 ⑤双葉地方広域水道(企) ⑥茨城県 ⑦高萩・北茨城広域工業用水道(企) ⑧茨城県北茨木市 ⑨埼玉県 ⑩千葉県 ⑪東京都 ⑫神奈川県川崎市 他10事業体(管路被害はなし)	○口径別、管種別被害件数の算出 ○事業体別被害率の算出 ○地盤と管路被害の分析

表 3.2 管路被害に関する調査報告書（管路協会による）

NO.	報告書名／発行年月／調査機関	調査対象事業体	調査内容
6	「東日本大震災における管路被害（速報）」 日本ダクタイル鉄管協会	被災地域全体	○被害状況の分析
7	「東日本大震災における水道鋼管の被害分析 ならびに復旧・復興に向けた提言」 平成23年8月 日本水道鋼管協会	宮城県内、福島県内、茨城県内、 神奈川県内の主要な被害	○主要な被害を対象に被害状況の分析
8	「2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災） 被害調査（1次、2次、3次、4次）報告書」 平成23年6月、平成24年2月、3月平成25年3月 配水用ポリエチレンパイプシステム協会	①岩手県釜石市 ② " 大槌町 ③ " 奥州市 ③ " 矢巾町 ④ " 滝沢村 ⑤宮城県栗原市 ⑥ " 登米市 ⑦ " 大崎市 ⑧ " 南三陸町 ⑨ " 七ヶ浜町 ⑩ " 岩沼市 ⑪ " 気仙沼市 ⑫ " 涌谷町 ⑬茨城県常陸太田市 ⑭ " 那珂市 ⑮ " 小美玉市	○口径別、管種・継手別被害件数の算出 ○管種・継手別被害率の算出 ○地盤区分の分析 ○震度による分析
9	「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震 （東日本大震災）水道管路被害調査報告書」 平成24年1月 塩化ビニル管・継手協会	①宮城県岩沼市 ② " 登米市 ③ " 栗原市 ④宮城県名取市 ⑤茨城県須賀川市 ⑥ " 鹿嶋市 ⑦ " 神栖市 ⑧ " 小美玉市 ⑨ " 湖北水道事業団	○口径別、管種・継手別被害件数の算出 ○口径別、管種・継手別被害率の算出 ○地盤区分の分析 ○震度による分析

## 3.2 調査結果の概要

### 1) 公的機関等による調査結果

#### ①「東日本大震災水道施設被害状況調査最終報告書」 平成 25 年 3 月

##### 厚生労働省健康局水道課

東日本大震災により平成 23 年度に災害査定を申請したすべての事業体における導送配水管の管種・継手別口径区分被害箇所数を表 3.3に示す。また管種別被害率を震度別に整理したものを表 3.4、図 3.1に示す。

管種・継手別の管延長は集計されていない事業体が多く、算出が困難であったため、被害率は管種別に求められている。なお、震度は各水道事業体の行政区域における最大震度を用いている。

##### (管路被害率)

東日本大震災は、過去の阪神・淡路大震災、新潟県中越沖地震などの大地震と比較すると、管路の被害率は低い。

また、導送配水管の震度別の管種別被害率を算出した結果、震度 6 弱以上で増加する傾向にある。

##### (管種別被害)

導送配水管で最も被害が多いのはダクタイル鋳鉄管（耐震継手以外）、硬質塩化ビニル管（TS 継手）である。これは、両者の施工実績が多く、布設されている延長が長いためと考えられる。

ダクタイル鋳鉄管（耐震継手）、鋼管（溶接継手、φ800 以上の大口径）、硬質塩化ビニル管（RR ロング継手）、ポリエチレン管（融着継手）は、被害箇所数が数箇所程度と少ないことが確認されている。

##### (地盤・液状化と管路被害)

ダクタイル鋳鉄管（K 形継手等）の耐震適合性がないとされる、低地・扇状地では管路被害が多く発生している。一方、ダクタイル鋳鉄管（K 形継手等）の耐震適合性があるとされる山地・丘陵地、台地においても盛土部や切盛境界部では管路被害が多く発生している。

液状化発生地域は、同震度（5 強、6 弱）の地域に対して被害率が 5～32 倍増加しており、液状化による管路被害は非常に大きい。

##### (津波と管路被害)

津波被災地区では水管橋・橋梁添架管、海底送水管とともに、埋設管路も大きな被害を受けている。沿岸部や河川周辺部などの道路や護岸が津波により流出することにより

埋設管路が露出し被害を受けている。特に歩道は車道に比べ舗装厚が薄いこと、さらに盛土形状の道路では盛土の端部に歩道が配置されていることから、津波の影響を受けやすく、管路被害が多くなっている。

表 3.3 導送配水管の管種・継手別口径区分別被害箇所数

単位:箇所

	50	75	100	125-150	200-250	300-500	600-	口径不明	計	備考
ダクタイル鋳鉄管 (耐震継手)					1				1	*1
ダクタイル鋳鉄管 (耐震継手以外)		332	372	405	331	261	47		1,748	
鋳鉄管		52	62	97	51	39	3		304	
鋼管 (区分不明)	67	61	33	56	25	32	37		311	*2
硬質塩化ビニル管 (RRロング継手)		8	2						10	*3
硬質塩化ビニル管 (RR継手)	157	320	240	110	12	2			841	
硬質塩化ビニル管 (TS継手)	861	436	327	115	5			7	1,751	
硬質塩化ビニル管 (区分不明)	126	91	44	24	4			1	290	
石綿セメント管	27	121	85	85	28	6			352	
ポリエチレン管 (融着継手)	1	2							3	*4
ポリエチレン管 (冷間継手)	13	1							14	
異種管接合部、漏水修繕部	49	23	19	15	3				109	
管種不明	4	3	5	3	1		1		17	
設備部 (空気弁、仕切弁等の付属設備)	93	206	156	111	54	78	66	169	933	
計	1,398	1,656	1,345	1,021	515	418	154	177	6,684	

注) ※資料: 災害査定資料 ※硬質塩化ビニル管は、耐衝撃性のものの被害箇所数を含む。

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

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

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

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

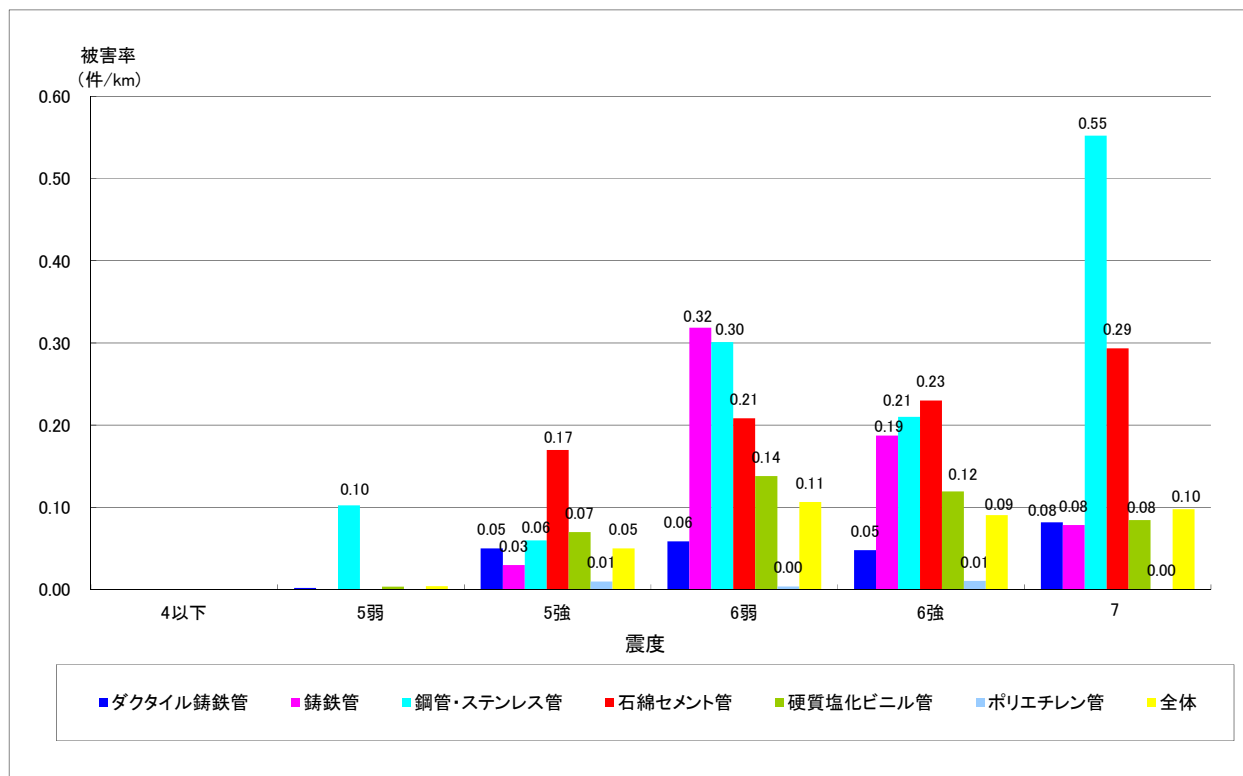
\*4 ポリエチレン管(融着継手)の被害(3箇所)のうち1箇所は、津波による被害と確認。

表 3.4 震度別の管種別被害率

震度	管種	被害箇所数 (箇所)	管延長 (km)	被害率 (箇所/km)
4以下	ダクタイル鋳鉄管	0	155	0.00
	鋳鉄管	0	5	0.00
	鋼管	0	9	0.00
	石綿セメント管	0	36	0.00
	硬質塩化ビニル管	0	216	0.00
	ポリエチレン管	0	1	0.00
	その他	0	25	—
	全体	0	447	0.00
5弱	ダクタイル鋳鉄管	2	1,042	0.00
	鋳鉄管	0	133	0.00
	鋼管	4	39	0.10
	石綿セメント管	0	24	0.00
	硬質塩化ビニル管	2	560	0.00
	ポリエチレン管	0	58	0.00
	その他	0	16	—
	全体	8	1,873	0.00
5強	ダクタイル鋳鉄管	607	12,804	0.05
	鋳鉄管	7	280	0.03
	鋼管	19	328	0.06
	石綿セメント管	84	487	0.17
	硬質塩化ビニル管	322	4,882	0.07
	ポリエチレン管	2	352	0.01
	その他	15	246	—
	全体	1,056	19,379	0.05
6弱	ダクタイル鋳鉄管	748	12,726	0.06
	鋳鉄管	156	487	0.32
	鋼管	189	624	0.30
	石綿セメント管	154	734	0.21
	硬質塩化ビニル管	1,570	11,278	0.14
	ポリエチレン管	4	991	0.00
	その他	92	390	—
	全体	2,913	27,230	0.11
6強	ダクタイル鋳鉄管	373	7,639	0.05
	鋳鉄管	140	748	0.19
	鋼管	87	417	0.21
	石綿セメント管	93	402	0.23
	硬質塩化ビニル管	927	7,864	0.12
	ポリエチレン管	11	1,039	0.01
	その他	17	135	—
	全体	1,648	18,243	0.09
7	ダクタイル鋳鉄管	19	232	0.08
	鋳鉄管	1	13	0.08
	鋼管	12	22	0.55
	石綿セメント管	21	72	0.29
	硬質塩化ビニル管	71	838	0.08
	ポリエチレン管	0	56	0.00
	その他	2	55	—
	全体	126	1,288	0.10

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

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



注) ※資料：災害査定資料、平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報

※各管種とも平成21年度の水道統計および簡易水道事業年報より全ての継手形式を合計した延長である。

※震度7は栗原市のみ。

※ステンレス管は鋼管に含む。

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

図 3.1 震度別の管種別被害率

## ②「平成 23 年（2011 年）東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書」

平成 23 年 9 月 厚生労働省健康局水道課／公益社団法人 日本水道協会

### （管路被害率）

東日本大震災による仙台市の平均被害率は、過去の大地震と比較して小さく、管路被害は小さかったと言える。これは、管路被害が多く発生するとされている人工改変地盤が少なく、かつ、1978 年に発生した宮城県沖地震以降、道路の地盤改良による補強等が進んでいたことにより、埋設地盤への影響が小さく、地盤変状の範囲も限定的であったためであると考えられる。

### （管種別被害）

ダクタイル鉄管の耐震継手管路は、約 1,017km 布設されており、被害はなかった。

鋼管の溶接継手管路については、約 244km 布設され、今回、現地溶接部からの漏水被害が 1 件報告された。

昭和 40 年代以前に布設された口径 700mm 以下の鋼管については、現地溶接部の内面塗装が十分に施されていない場合があり、老朽化に伴って耐震安全性が低下している可能性がある。

### （地盤と管路被害）

地盤変状は、市街地においては開発の過程で造成盛土され地下水位が浅いところ、郊外においては道路盛土で、旧谷地形を埋めて道路を作ったところなどに集中していた。また、管路周辺では、管路を布設した際の埋戻し土の締固めが不十分であったところでは、埋戻し部に沿って地盤沈下が発生しているところもあった。

管路の被害はそのような地点で発生しており、地盤変状の無い地点では管路被害は発生していない。また、造成盛土、埋戻し部のすべてで地盤変状が発生しているわけではなく、そのうちの条件の悪かったところのみで地盤変状が発生していた。

表 3.5 調査結果

事業体名	対象管路	調査結果												
		対象管路の 全管種延長	被害件数 (件)					被害率 (件/km)						
			DIP	SP	VP	CIP	計	備考	DIP	SP	VP	CIP	備考	
①岩手県 一関市	・導水管 ・送水管	53.475km	2	—	—	2	4	・DIP(耐震)被害なし (布設延長16km)	0.05	—	—	—	・DIP-耐震以外 ・SP(溶接)-布設なし ・VP(RRリング)-布設なし ・PE(融着)-不明	
②宮城県	・導水管 ・送水管	332.970km	23	4	—	—	27	・DIP(耐震)被害なし (布設延長56km) ・SP(溶接)被害なし (布設延長77km)	0.09	0.05	—	—	・DIP-耐震以外 ・PE(融着)-布設なし ・VP(RRリング)-布設なし	
③宮城県 仙台市	・導水管 ・送水管 ・配水本管	472.775km	9	1	—	—	10	・DIP(耐震)被害なし (布設延長130km) ・SP(溶接)継手漏水1件 (布設延長111km)	0.03	0.01	—	—	・DIP-耐震以外 ・PE(融着)-布設なし ・VP(RRリング)-布設なし	
④石巻地方 広域水道 (企)	・導水管 ・送水管 ・配水本管	222.390km	21	5	2	20	48	・DIP(耐震)被害なし (布設延長33km) ・SP(溶接)被害なし (布設延長12km)	0.12	0.37	0.14	—	・DIP-耐震以外 ・VP(RRリング)-布設なし ・PE(融着)-不明	
⑤福島県 郡山市	・導水管	20.211km		1	—	—	1	・DIP(耐震)被害なし (布設延長0.1km) ・SP(溶接)被害なし (布設延長15km)	—	0.07	—	—	・DIP-耐震以外 ・VP(RRリング)-布設なし ・PE(融着)-不明	
⑥福島県 いわき市	・導水管 ・送水管 ・配水本管	221.090km	33	1	—	—	34	・DIP(耐震)被害なし (布設延長69km) ・SP(溶接)被害なし (布設延長6km)	0.16	0.17	—	—	・DIP-耐震以外 ・VP(RRリング)-布設なし ・PE(融着)-不明	



### ③「平成 23 年（2011 年）東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書」 平成 24 年 9 月 公益社団法人 日本水道協会

#### （管路被害率）

調査対象（調査Ⅰ）の仙台市、宮城県企業局、石巻地方広域水道企業団、水戸市、千葉県（全域）における管路被害率は 0.05～0.15 件/km である。

一方、強震地区調査の調査対象（調査Ⅱ）の栗原市、大崎市、登米市、涌谷町の管路被害率は、0.15～0.36 件/km であり、調査Ⅰの地区よりやや高い値を示した。

管路被害は、地盤別の構成割合や事業体ごとの耐震化率の違いなどによるが、震度 6 弱を超えると、被害件数が多くなる傾向が見られた。

#### （管種別被害）

- ・ CIP や ACP、VP（その他）などの管種では被害率が高く、地盤変状が小さくても被害が生じていた。
- ・ DIP（その他）や SP（溶接）では、継手の抜けや腐食による被害が多数認められた。
- ・ SP 管路に用いられた可撓管において、設計を超える変位により離脱する被害が発生した。
- ・ DIP（耐震）の被害はなかった。

#### （地盤・液状化と管路被害）

- ・ 軟弱地盤や人工改変地盤は、自然の強固な地盤より揺れが大きくなりやすく、液状化現象などと合わせるとより被害が拡大する傾向にある。管路被害は今までと同様に、下記に示すような箇所が発生していたこと、また、震度 6 弱以上になると被害率が高くなる傾向にあることにも留意して、下記の地盤・部位については優先的に耐震化を図ることが望ましい。

- ①埋立地や自然堤防などの液状化地域
- ②谷底低地や後背湿地などの軟弱地盤
- ③宅地造成地の盛土（人工改変地）及び切盛境界部、傾斜地
- ④道路盛土などの人工改変地
- ⑤旧水部などに該当する部位

- ・ なお、③の宅地造成地や④の道路盛土、⑤の旧水部などは、250m メッシュ上の表層地分類では、良い地盤とされる「丘陵」や「台地」等に含まれる場合がある。

耐震化の優先順位計画を策定する場合は、人工改変の履歴を示す切土盛土図や古地図などを用いて、地歴を含んだ地盤情報を考慮する必要がある。

- ・ 液状化地域については、震源から遠く地震動が大きい千葉県などの地域におい

ても、液状化により甚大な被害生じたことを勘案して、液状化が予測される場所では液状化に耐えうる管への更新による対策などの重要性が再認識された。

表 3.6 調査結果

事業体名	対象管路	調査結果										
		対象管路の 全管種延長	被害件数 (件)						被害率 (件/km)			
			DIP	SP	VP	その他	計	備考	DIP	SP	VP	備考
①宮城県	大崎、仙南・仙塩 広域水道事務所 の ・導水管 ・送水管	333.002km	27	5	—	—	32	・DIP-耐震以外の被害 ・SP(溶接)の被害5件は 伸縮可とう管の離脱	(大崎) 0.19 (仙南・ 仙塩) 0.08	(仙南・ 仙塩) 0.09	—	・DIP-耐震以外 ・SP-溶接継手 ・PE(融着)-布設なし ・VP(RRロング)-布設なし
②宮城県 仙台市	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	3,732.633km	—	—	—	—	0	・SP(溶接)8件は、 いずれも腐食による もの	0.06	0.07	(RR) 0.06 (その他) 0.27	・DIP-耐震以外 ・SP-溶接継手 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
③石巻地方 広域水道 (企)	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	1,561.367km	55	5	(RR) 8 (その他)	46	212	・DIP-耐震以外の被害 ・SP-溶接継手の被害	0.07	0.2	0.21	・DIP-耐震以外 ・SP-溶接継手 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
④宮城県 栗原市	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	697.792km	28	11	(RR) 11 (その他)	39	164	・DIP-耐震以外、CIP含む ・SP-溶接継手の被害	0.23	1.17	(RR) 0.20 (その他) 0.21	・DIP-耐震以外 ・SP-溶接継手 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
⑤宮城県 大崎市	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	1,076.776km	53	21	93	55	222	・DIP-耐震以外の被害	0.15	1.61	0.18	・DIP-耐震以外 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
⑥宮城県 登米市	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	1,370.324km	30	10	150	21	211	・DIP-耐震以外の被害	0.14	1.39	0.19	・DIP-耐震以外 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
⑦宮城県 涌谷町	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	195.715km	1	—	22	47	70	・DIP-耐震以外の被害 ・SP(溶接)布設延長0m	0.13	—	0.18	・DIP-耐震以外 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
⑧茨城県 水戸市	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	1,716.648km	36	3	61	30	130	・DIP-耐震以外の被害 ・SP-溶接継手の被害	0.03	0.11	(その他) 0.13	・DIP-耐震以外 ・SP-溶接継手 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明
⑨千葉県	・導水管 ・送水管 ・配水本管 ・配水支管	8,755.061km	448	1	(RR) 7	5	454	・DIP-耐震以外の被害 ・SP-溶接継手の被害 ・浦安市(埋立地区) のみ被害件数321件	0.06 (1.94)	0.01 (0.33)	0.03	・DIP-耐震以外 ・SP-溶接継手 ・PE(融着)-不明 ・VP(RRロング)-不明 ・()の値は浦安市のみ の被害率 ・浦安市でHIVP(436m) の被害なし

④「地震による管路被害予測の確立に向けた研究報告書」 平成 25 年 3 月  
公益財団法人 水道技術研究センター

(既往の被害予測式の検証結果)

液状化地域における地震動の最大速度が、兵庫県南部地震や新潟県中越沖地震のそれと比べ相対的に小さいにも関わらず、液状化の発生により被害が多発している。また、人工改変地においては、最大速度が必ずしも大きくなくても、斜面崩壊などの地盤変状が起きることによって管路被害が多発している。

したがって、以下の 2 つの地盤は、既往の被害予測式では予測精度が低く、予測被害数を実被害数よりも小さいという危険側に評価してしまうことが多いことがわかった。

○液状化が発生した地域

○人工改変地などの 250m メッシュの微地形分類には反映されていないローカルな地盤条件

そのため、液状化地域や地盤変状が発生する人工改変地においては、地震動の最大速度によらずに被害率を推定する方法に改善することが示唆された。

(被害予測式の改訂)

液状化の情報を有しており、かつ液状化の可能性がある場合には、微地形分類によらない被害予測式に改訂した。

一方、人工改変地における地盤変状は液状化ほど十分に研究されていないので、人工改変地の地域の特定ができないのが現状である。また、その地域は、本研究で用いている 250m メッシュの大きさよりもよりローカルな現象であるので、別途検討が必要となる事象であるといえる。

表 3.7 調査結果

事業体名	調査結果											
	対象管路の 全管種延長	被害件数					被害率 (件/km)					
		DIP	SP	VP	その他	計	備考	DIP	SP	VP	全体	
①宮城県 仙台市	4,355.44km (耐震適合性あり 地盤におけるK形 管延長367.12km)	(K) 19	—	—	—	19	・DIP(K)被害のうち 耐震適合性 あり地盤14件 耐震適合性 無し地盤5件	(K) 0.038	—	—		・PE(融着)-不明 ・VP(RRロッキング)-不明
②石巻地方 広域水道 (企)	※旧石巻市 665.61km	85	15	—	178	278	・DIP-耐震以外 の被害	(A) 0.28 (K) 0.12 (T) 0.09	2.14	—	0.42	・PE(融着)-不明 ・VP(RRロッキング)-不明
③宮城県 登米市	1,038.46km	19	10	116	19	164	・DIP-耐震以外 の被害	(A) 0.12 (K) 0.10	1.26	0.18	0.16	・PE(融着)-不明 ・VP(RRロッキング)-不明
④千葉県	※浦安市(埋立地) 200.72km	(A) 117 (K) 10 (T) 193	1	—	—	321		(A) 2.28 (K) 0.65 (T) 1.89	0.3	—	1.6	・PE(融着)-不明 ・VP(RRロッキング)-不明
⑤千葉県 旭市	557.84km	(A) 4	—	(HI) 12 (VP) 44	—	60	・VPの被害のうち、 HIVP 12件 VP 44件	(A) 0.02	—	(HI) 0.14 (VP) 0.18	0.11	・PE(融着)-不明 ・VP(RRロッキング)-不明

⑤「2011年東北地方太平洋沖地震に係る工業用水道施設の被災状況調査」

平成24年3月 一般社団法人 日本工業用水協会

(管路被害率)

東日本大震災は、既往地震と比べて管路被害率は小さく、管路被害は少なかったと言える。

なお、福島県企業局の小名浜工業用水道事業で3件/km以上の高い平均被害率が算定されている。同事業における配水管は溶接鋼管であるが、多数の伸縮管が設置されており、同箇所において抜け出し被害が多数生じたことで、被害率が高くなっている。

(管種別被害等)

宮城県の管路被害は、ダクタイト鉄管の継手部からの漏水、鋼管のフランジ継手部からの漏水であった。被害が生じたダクタイト鉄管の継手は、非耐震継手またはフランジ継手であり、耐震継手の被害はなかった。

福島県の管路被害は、ダクタイト鉄管や鋼管の腐食孔からの漏水がほとんどであり、ダクタイト鉄管では継手の抜け出しも生じていた。被害が生じたダクタイト鉄管の継手は、非耐震継手またはフランジ継手であり、耐震継手の被害はなかった。

管路の被害は、丘陵地や砂礫質台地などの「良い地盤」に比べ、後背湿地や三角州・海岸低地などの「悪い地盤」において、被害が多く発生していた。

茨城県の管路被害は、ダクタイト鉄管の継手部からの漏水等であった。

表 3.8 調査結果

事業体名	調査結果		
	対象管路の 全管種延長	被害件数(件)	被害率 (件/km)
①青森県 ②岩手県 ③宮城県 ④福島県 ⑤双葉地方広域水道(企) ⑥茨城県 ⑦高萩・北茨城 広域工業用水道(企) ⑧茨城県北茨木市 ⑨埼玉県 ⑩千葉県 ⑪東京都 ⑫神奈川県川崎市 他10事業体(管路被害なし)	2,165.719km	DIP 74件 SP 54件 その他 7件 計 135件  ・鋼管の被害では 溶接継手で被害多数。 ・福島県(磐城)の被害 SP24件のうち、 ○布設年度：S37年 1件 S47年 23件 ○口径：φ800以上 9件 φ700以下 15件 ・福島県(小名浜)では SP14件のうち、 ○布設年度：S44年 14件 ○口径：φ800以上 10件 φ700 4件	・事業体別被害率の上位2件 福島県(小名浜) 3.25件/km 福島県(磐城) 0.80件/km

## 2) 管路協会による調査結果

### ⑥「東日本大震災における管路被害（速報）」 日本ダクティル鉄管協会

日本ダクティル鉄管協会による調査結果は次表のとおりである。

表 3.9 調査結果

事業体名	調査結果
被災地域全体	※被災地域全域について被害状況の分析 ○耐震管の被害はなかった。 ○悪い地盤を中心としてK形継手部の離脱による漏水被害がみられた。 ○耐震管は、津波により洗掘されて露出していた箇所もあったが、離脱はなかった。

### ⑦「東日本大震災における水道鋼管の被害分析ならびに復旧・復興に向けた提言」

平成 23 年 8 月 日本水道鋼管協会

日本水道鋼管協会による調査結果は次表のとおりである。

表 3.10 調査結果

事業体名	調査結果
宮城県内、福島県内、茨城県内、神奈川県内の主要な被害	※主要な被害を対象に被害状況の分析 ○伸縮可とう管の脱管による漏水被害が多くみられた。この原因は、許容伸縮量もしくは偏芯量を超えたためであるが、近接したコンクリート構造物との取り付け部で離脱防止機構を持たない旧構造のもので発生している。 ○口径700A以下の管路で現地溶接部からの漏水被害があった。これらは、昭和40年代以前に建設されたもので、当時の溶接技術が低かったことがあるが、老朽化による腐食の進行も影響していると考えられる。

⑧「2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）被害調査（1次、2次、3次、4次）報告書」 平成23年6月,平成24年2月,3月平成25年3月  
配水用ポリエチレンパイプシステム協会

配水用ポリエチレンパイプシステム協会による調査結果は次表のとおりである。

表 3.11 調査結果

事業体名	調査結果		
	最大震度	PE(融着) 布設延長	被害件数
①岩手県釜石市	6強	2.175km	被害なし
② " 大槌町	6強	4.192km	被害なし
③ " 奥州市	6弱	81.477km	被害なし
④ " 矢巾町	6弱	5.892km	被害なし
⑤ " 滝沢村	6弱	5.892km	被害なし
⑥宮城県栗原市	7	4.930km	被害なし
⑦ " 登米市	6強	11.216km	被害なし
⑧ " 大崎市	6強	42.390km	被害なし
⑨ " 南三陸町	6弱	13.572km	津波による被害 5箇所
⑩ " 七ヶ浜町	6強	13.011km	被害なし
⑪ " 岩沼市	6弱	9.313km	津波による被害 1箇所
⑫ " 気仙沼市	6弱	1.284km	津波による被害 1箇所
⑬ " 涌谷町	6強	19,950km	1箇所(PVジョイントSUS管破損)
⑭茨城県常陸太田市	6強	2.419km	被害なし
⑮ " 那珂市	6弱	37.060km	被害なし
⑯ " 小美玉市	6弱	5.998km	被害なし
計		275.8km	被害8件 (うち7件は津波被害、1件はPE管とSUS管の接続継手の被害)

⑨「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）水道管路被害調査報告書」 平成24年1月 塩化ビニル管・継手協会

塩化ビニル管・継手協会による調査結果は次表のとおりである。

表 3.12 調査結果

事業体名	調査結果								
	RRロング継手			RR継手			TS継手		
	布設延長 (km)	被害件数	被害率 (件/km)	布設延長 (km)	被害件数	被害率 (件/km)	布設延長 (km)	被害件数	被害率 (件/km)
①宮城県岩沼市	1.5	被害なし	0.00	—	—	—	134.6	25件	0.186
② " 登米市	12.4	被害なし	0.00	—	—	—	1236.4	198件	0.160
③ " 栗原市	2.2	被害なし	0.00	—	—	—	409.7	65件	0.159
④茨城県須賀川市	25.6	被害なし	0.00	224.7	34件	0.151	16.1	19件	1.181
⑤ " 鹿嶋市	177.7	12件	0.068	—	—	—	65.8	23件	0.349
⑧ " 小美玉市	8.0	被害なし	0.00	—	—	—	—	—	—
⑨ " 湖北水道事業団	4.0	被害なし	0.00	—	—	—	—	—	—
計	231.4	12件	0.05	224.7	34件	0.151	1862.6	330件	0.177

### 3.3 被害状況のまとめ

#### 1) 平成 18 年度検討会における管路の耐震適合性保留事項の状況

○配水用ポリエチレン管(融着継手)

被害件数は、報告書①では 3 件(うち 1 件は津波被害)、報告書⑧では 8 件(うち 7 件は津波被害、1 件はポリエチレン管とステンレス管の接続継手の被害)である。

○硬質塩化ビニル管(RR ロング継手)

被害件数は、報告書①では被害件数は 10 件、報告書⑨では 12 件である。

#### 2) 東日本大震災で新たに得られた管路被害の知見

報告書①、②、③、④、⑤、⑥、⑦等では東日本大震災において管路の耐震性能に関する新たな知見が得られており、それらは以下のとおりである。

○ダクタイル鋳鉄管(K 形)について、岩盤、洪積層などの「良い地盤」において盛土道路等の人工改変地区に被害が発生

○小中口径の鋼管(溶接継手)における片面(外面)溶接管に被害が発生



## 4. 本検討における管路被害状況分析（案）

### 4.1 耐震適合性判定の方法

東日本大震災の被災水道事業者の中から対象とする水道事業者（レベル2地震動相当の震度6弱以上等の地震動※が生じた事業者を基本）を選定し、各事業者について地盤区分別に管路の布設状況（管種・継手、延長等）、被害位置を整理して管種・継手別被害率を算出し管路の耐震性能を評価する。

※液状化による被害が顕著であった被災事業者については震度5強等のものを含む。

#### 1) 管種・継手別被害率の算出方法

管路被害率は、レベル2地震動相当の区域を対象に、管種・継手別に各地盤区分における被害件数と布設延長をそれぞれ集計して、次式により算出する。

なお、管路被害は、管体部、継手部の破損、抜け等の被害を対象とし、付属設備（仕切弁、空気弁等、フランジ部）や可とう管等の被害は管路の材質・継手構造等に起因しないため対象外とする。また、津波被害、法面崩壊等の甚大な影響を受けた被害についてもできる限り調査し区分する。

$$\text{管路被害率 (管種継手別・地盤区分別)} = \frac{\text{管種継手別・地盤区分別の被害件数}}{\text{管種継手別・地盤区分別の布設延長}}$$

#### 2) 管種・継手の区分

調査対象の管種・継手の区分は以下のとおりとする。

- ① ダクタイル鋳鉄管（NS形継手等）
- ②         "                 (K形継手等）
- ③         "                 (A形継手等）
- ④ 鋳鉄管
- ⑤ 鋼管（溶接継手） ※口径、布設年度等で区分
- ⑥ 水道配水用ポリエチレン管（融着継手）
- ⑦ 水道用ポリエチレン二層管（冷間継手）
- ⑧ 硬質塩化ビニル管（RRロング継手）
- ⑨         "                 (RR継手）
- ⑩         "                 (TS継手）
- ⑪ 石綿セメント管

※鋼管（溶接継手）の被害は、口径、布設年度により状況が異なる傾向が認められること、また塗装の影響も考えられることから、できる限りこれらの項目を調査し、区分して評価する。

### 3) 震度区分

気象庁による震度分布データを用いて、平成 23 年東北地方太平洋沖地震における震度 6 弱以上の地震動が生じた範囲を確認し区分する。

### 4) 地盤区分

管路の耐震性能評価にあたり、地盤区分としてはこれまでの検討では以下が用いられている。これらは液状化等による地盤変状や地震による管路被害実績を考慮して定められたものである。

(A) 平成 18 年度検討会による埋立地の「悪い地盤」と埋立地以外の「良い地盤」

(B) ダクタイル鋳鉄管（K形継手）の耐震適合性の判定に用いられる「耐震適合性あり地盤」と「耐震適合性なし地盤」

注) (A)、(B)の詳細はP25を参照。

(A) 「良い地盤」、「悪い地盤」の区分について

平成 18 年度検討会では、次表のように、埋立地を「悪い地盤」、それ以外を「良い地盤」と設定している。

表 4.1 表層地質区分

表層地質区分 <sup>1)</sup>	地形・地盤区分 <sup>2)</sup>	補正係数 <sup>2)</sup>	
基盤岩・洪積層等	良質地盤	0.4	} 良い地盤
沖積層	沖積平地	1.0	
自然堤防・砂州	沖積平地	1.0	
埋立地	谷・旧水部	3.2	→ 悪い地盤

1) 阪神・淡路大震災における水道管路被害の概要

2) 「地震による水道管路の被害予測（平成 10 年 11 月）日本水道協会」

出典：平成 18 年度 管路の耐震化に関する検討会報告書（厚生労働省）※一部加筆

(B) 「耐震適合性あり地盤」、「耐震適合性無し地盤」の区分について

「K 形継手等を有するダクタイル鋳鉄管の耐震適合地盤判定支援ハンドブック（平成 22 年 12 月）水道技術研究センター」による耐震適合性の有・無の地盤は次表のとおりである。

表 4.2 K 形継手等の耐震適合地盤の判定分類

分類 (判定)	K 形継手等の耐震適合地盤 (国土数値情報 土地分類メッシュ <sup>注1)</sup> )	参考とした既存の知見		
		平成 19 年度水道統計 調査票 (厚生労働省)	地震による水道管 路の被害予測 <sup>注2)</sup> (日本水道協会)	液状化地域 ゾーニング マニュアル <sup>注3)</sup> (国土庁防災局)
耐震 適合性 有り	大起伏山地、中起伏山地、小起伏山地 山麓地、大起伏火山地、中起伏火山地 小起伏火山地、火山山麓地、大起伏丘 陵地、小起伏丘陵地、火山性丘陵地 火山性扇状地、火山灰砂台地、ローム 台地、シラス台地、砂礫台地・段丘 岩石台地・段丘、溶岩台地、石灰岩台 地	良い地盤 下記に示す悪い地盤以 外	良い地盤 良質地盤、 沖積平地、 (改變山地、 改變丘陵地)	液状化なし 台地、丘陵地、 山地
耐震 適合性 無し	自然堤防・砂州、扇状地性低地・崩積 性低地、氾濫原性低地、三角州性低地 砂丘低地、湖沼、河川、旧湖盆地性積 低地、人工改變地、埋立地・干拓地・ 干潟、火山灰砂分布、溶岩原、地滑り 地形、崩壊地形	悪い地盤 ①埋立地や盛土地盤 ②液状化及び側方流動 の可能性がある地域 ③地すべり地帯、 ④軟弱地盤 ⑤活断層地帯	悪い地盤 谷・旧水部(埋立地)	液状化の可能性 あり 上記以外の地盤

備考) 「盛土地盤」「活断層地帯」等については別途考慮が必要である。

注 1 数値地図ユーザーズガイドを基に、分類コードの異なる地域については整理を行った。

注 2 管路の被害予測式における地盤係数を参考とし、表中のように地盤ごとの良し悪しを分類した。

注 3 「平成 10 年度版 液状化ゾーニングマニュアル（国土庁防災局）」に示される、レベル 2 地震動における地盤表層の液状化可能性の程度を参考とした。

一方、地盤表層(微地形区分)の液状化の可能性を示すものとして、表 4.3に示す「液状化ゾーニングマニュアル」による地盤表層の液状化の可能性の程度がある。

また、地盤表層(微地形区分)の管路の被害度合を示すものとして、表 4.4に示す管路被害予測式の微地形補正係数があり、これについては東日本大震災の管路被害を対象として検証が行われている。

表 4.3 地盤表層の液状化の可能性の程度

程度		微地形区分
極大	液状化の可能性は非常に大きい。	埋立地、盛土地、旧河道、旧沼地、蛇行洲、砂泥質の河原、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、湧水地点
大	液状化の可能性は大きい。	自然堤防、湿地、砂州、後背湿地、三角州、干拓地、緩扇状地、デルタ型谷底平野
小	液状化の可能性は小さい	扇状地、砂礫質の河原、砂礫洲、砂丘、海浜、扇状地型谷底平野
無	可能性無し	台地、丘陵地、山地

参考)「平成10年度版 液状化ゾーニングマニュアル(国土庁防災局)」に示される、レベル2地震動における地盤表層の液状化可能性の程度

表 4.4 管路被害予測式と各補正係数(改訂版)

地震による管路被害予測式					
液状化の情報を有していない場合、 又は 液状化の可能性がない場合の被害予測式			液状化の情報を有しており、 かつ 液状化の可能性ありの場合の被害予測式		
$R_m = C_p \times C_d \times C_g \times R(v)$ $R_m$ : 推定被害率 [件/km] $C_p$ : 管種・継手補正係数 $C_d$ : 口径補正係数 $C_g$ : 微地形補正係数 $R(v)$ : 標準被害率 [件/km] $R(v) = 9.92 \times 10^{-3} \times (v - 15)^{1.14}$ $v$ : 地震動の地表面最大速度(cm/s) (ただし、 $15 \leq v < 120$ )			$R_m = C_p \times C_d \times R_L$ $R_m$ : 推定被害率 [件/km] $C_p$ : 管種・継手補正係数 $C_d$ : 口径補正係数 $R_L$ : 標準液状化被害率 [件/km] $R_L = 5.5$		
補正係数					
管種・継手	$C_p$	口径	$C_d$	管が布設されている微地形	$C_g$ 注1
DIP(A)	1.0	φ 50-80	2.0	山地 山麓地 丘陵 火山地	0.4
DIP(K)	0.5	φ 100-150	1.0	火山山麓地 火山性丘陵	
DIP(T)	0.8 注2	φ 200-250	0.4	砂礫質台地 ローム台地	0.8
DIP(離脱防止)	0	φ 300-450	0.2	谷底低地 扇状地 後背湿地 三角州・海岸低地	1.0
CIP	2.5	φ 500-900	0.1		
VP(TS)	2.5			自然堤防 旧河道 砂州・砂礫洲	2.5
VP(RR)	0.8 注3			砂丘	
SP(溶接)	0.5/0 注4			埋立地 干拓地 湖沼	5.0
SP(溶接以外)	2.5 注5				
ACP	7.5 注6				
PE(融着)	— 注7				

出典：地震による管路被害予測の確立に向けた研究報告書 平成25年3月  
(公益財団法人 水道技術研究センター)

本検討における地盤区分は、表 4.3および表 4.4を参考にするとともに、東日本大震災における地盤区分毎の管路被害状況を踏まえて、J-SHIS ※による微地形区分より表 4.5のように設定する。これは（B）の地盤区分と基本的に同様の区分である。

※J-SHIS：独立行政法人防災科学技術研究所が Web 上で運営する地震ハザードステーション。  
1 辺 250m のメッシュで構成される表層地盤の微地形区分データを整備。

表 4.5 本検討における地盤区分

地盤区分	表層地盤の微地形区分(J-SHIS による)*1
地盤変状(液状化)の可能性のあるもの	埋立地、砂州・砂丘間低地、旧河道、湖沼、干拓地、三角州・海岸低地、後背湿地、自然堤防、扇状地、谷底低地、砂丘、砂州・砂礫州
地盤変状(液状化)の可能性がないもの	山地、山麓地、丘陵、火山地、火山山麓地、火山性丘陵、砂礫質台地、ローム台地

注) \*1 一般に管路が布設されない微地形区分(河道、河原、磯・岩礁、岩石台地)を除く。

また、以下に示す液状化地区および人工改変地区についても区分して管路被害率を求める。

(液状化地区)

(A)の「悪い地盤」を参考に、東日本大震災により著しい地盤変状(液状化)が生じた地区を国土交通省等の資料を用いて特定して区分する。

(人工改変地区)

東日本大震災では(B)の「耐震適合性あり地盤」における人工改変地区においてダクタイル鋳鉄管(K形継手)に多くの被害が生じていることから、人工改変地区等の地盤情報を可能な範囲で入手・整理し、これらの地区を特定して区分する。

## 4.2 対象事業体の選定について

対象事業体の選定にあたり、管種・継手の耐震性能の再評価検討事項を以下に示す。

- |  |
|--|
| <p>1) 平成 18 年度検討会における管路の耐震適合性保留事項</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○配水用ポリエチレン管(融着継手)の管路被害</li><li>○硬質塩化ビニル管(RR ロング継手)の管路被害</li></ul> <p>2) 東日本大震災で新たに得られた管路被害の知見</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ダクタイトル鋳鉄管(K形)について、岩盤、洪積層などの「良い地盤」において盛土道路等の人工改変地区の管路被害</li><li>○小中口径の鋼管(溶接継手)における片面(外面)溶接管の管路被害</li></ul> |
|--|

図 4.1 管種・継手の耐震性能の再評価検討事項

平成 23 年度災害査定資料より管路被害数が多い事業体(上位 25 事業体)等を抽出した結果を表 4.6 に示す。なお、これらの事業体はいずれも最大震度 6 弱以上の地震動あるいは液状化が発生した地域である。

これらの事業体の中から、以下の条件に基づき、対象事業体を 10 事業体程度選定する。

### (対象事業体の選定条件)

- ①ポリエチレン管(融着継手)、硬質塩化ビニル管(RR ロング継手)、鋼管(溶接継手)等の布設延長が比較的長い
  - ②最大震度 6 弱以上 ※
  - ③液状化発生地域 ※
  - ④東日本大震災における管路の被害件数が多い
  - ⑤マッピングシステムにより管路情報を整備(管種・継手、口径、布設年度、延長等)
  - ⑥東日本大震災における被害情報(管種・継手、位置)を整理
- (※上記の上位 25 事業体の候補抽出の段階で②③のいずれかの条件は確保)

上記の条件から、特に①を重視するとともに、③④を考慮して対象事業体候補を抽出した結果を表 4.6 の右欄に示す。

なお、これらの事業体に対して今後調査依頼を行い、⑤⑥の条件が確保されるかを確認した上で対象事業体を最終的に決定する。



## 5. 今後の予定

検討作業スケジュールを表 5.1に示す。

表 5.1 検討作業スケジュール (案)

項 目	工 程						
	平成25年 9月	10月	11月	12月	平成26年 1月	2月	3月
管路の耐震性能の評価							
(1) 既往の管路被害状況調査結果の整理		■					
(2) 管路被害状況調査							
・対象事業体の選定		■					
・データの依頼と収集		■					
・地盤区分／管路データ／被害状況の整理			■				
・管種・継手別被害率の算出				■			
(3) 管路の耐震性能の評価					■ (実施)		■ (修正)
検討会		■				■	■

検討会は3回の開催を予定しており、各検討会における審議内容および作業工程を踏まえた開催時期は表 5.2のとおりである。

表 5.2 検討会の審議内容と開催時期(案)

区分	審議内容 (目的)	開催時期
第1回	○既往の管路被害状況調査報告書に基づき、東日本大震災の管路被害状況を報告 ○管路の耐震性能の評価方法の説明とそれに対する意見確認	10/9
第2回	○第1回で示した評価方法に基づき、管路の耐震性能評価を行った結果の説明とそれに対する意見確認	1月下旬を予定
第3回	○第2回で確認した意見に基づき修正した管路の耐震性能評価結果の説明	3月上旬を予定