

平成 1 8 年度

管路の耐震化に関する検討会

報 告 書

平成 1 9 年 3 月

目 次

管路の耐震化に関する検討会の設置について	2
管路の耐震化に関する検討会委員	3
1. はじめに	4
2. 耐震化の現状	4
(1) 管路の耐震化の現状	4
(2) 水道施設における耐震化計画の策定状況	5
3. 現行の施設基準等	6
(1) 施設に係る技術的基準	6
(2) 耐震計画に係る指針	7
(3) 管路更新に係る国庫補助制度	7
4. 水道管路の耐震化の推進	8
(1) 管路が備えるべき耐震性能の考え方	8
(2) 管路が備えるべき耐震性能と管種・継手ごとの耐震レベルの例	17
5. 優先的に更新・布設替えに取り組むべき管路	21
(1) 石綿セメント管を巡る現状	21
(2) 今後の対策について	23
6. 結論	23

(参考資料)

- 参考資料 1 各管種の性能仕様及び過去の地震における被害実績一覧
- 参考資料 2 管路布設の歴史(関係団体作成)
- 参考資料 3 国庫補助制度一覧

管路の耐震化に関する検討会の設置について

1. 趣旨

地震等災害が発生した場合でも、生命の維持や生活に必要な水を安定して供給するため、浄水場、配水池などの基幹施設はもとより導水管、送水管、配水管の耐震化を図る必要がある。東海地震等大地震発生の逼迫性も指摘されている中、水道施設、特に管路の耐震化を図ることは喫緊の課題である。

厚生労働省においても、平成16年6月に公表した「水道ビジョン」において、「災害対策等の充実」を主要施策の一つとし、基幹管路の耐震化の推進などを目標として掲げているが、基幹管路である導水管・送水管・配水本管の耐震化率は約14%であり、決して高いといえる状況ではない。

水道管路については高度成長期時代に布設された管路が更新時期を迎えるなど、今後大量の管路更新事業の発生が見込まれており、これらの管路を更新する際に耐震性の高い管路を採用することは、管路の耐震化を推進する上で非常に重要である。

その一方、管路の新設・布設替えを実施する際に、必ずしも耐震性の高い管路が採用されるとは限らない実態もある。

そこで、管路の耐震化に資するため、厚生労働省健康局水道課長が主催する有識者検討会を設置し、管路の満たすべき基準をより明確なものとするよう、その在り方等について検討を行うこととする。

2. 検討事項

- (1) 耐震性を有する管路の技術的基準に関すること
- (2) 耐震性を有する管路の技術的基準の適用に関すること
- (3) その他、管路の耐震化に関すること

3. 検討会構成員

- (1) 厚生労働省健康局水道課長が委嘱し、委嘱期間は平成19年3月末日までとする。なお、委嘱期間中であっても検討が終了し次第、解散するものとする。
- (2) 座長は第1回検討会において委員中から選出する。
- (3) 委嘱期間内に委員の変更が必要となった場合は、厚生労働省健康局水道課長が他の者に委嘱する。

4. その他

- (1) 検討会の庶務は、厚生労働省健康局水道課が行う。
- (2) 検討会の召集は、座長と協議の上、厚生労働省健康局水道課長が行う。
- (3) 検討会の公開の扱いについては、検討会において決定する。
- (4) その他検討会の運営に関して必要な事項は、座長と協議の上、厚生労働省健康局水道課長が定める。

管路の耐震化に関する検討会委員

委員

	所属	氏名	備考
学識経験者	北海道大学公共政策大学院 特任教授	眞柄 泰基	座長
	神戸大学工学部教授	高田 至郎	
	国立保健医療科学院水道工学部水道計画室長	伊藤 雅喜	
水道事業者	神戸市水道局技術部長	安藤 伸雄	
	さいたま市水道局給水部維持管理課副参事	有吉 寛記	
	社) 埼玉県水道協会事務局長 (全国簡易水道協議会推薦)	関根 光雄	
関係団体等	社) 日本水道協会工務部長	田口 靖	
	財) 水道技術研究センター常務理事	谷口 元	
	社) 日本水道工業団体連合会	坂本 弘道	

オブザーバー

関係業界等	日本ダクタイトイル鉄管協会	篠 武夫	
	日本水道鋼管協会	町田 秀	
	水道用ポリエチレン管・継手連合会	槇 厚	
	塩化ビニル管・継手協会	片桐 信	

※役職は、平成18年8月現在のもの

1. はじめに

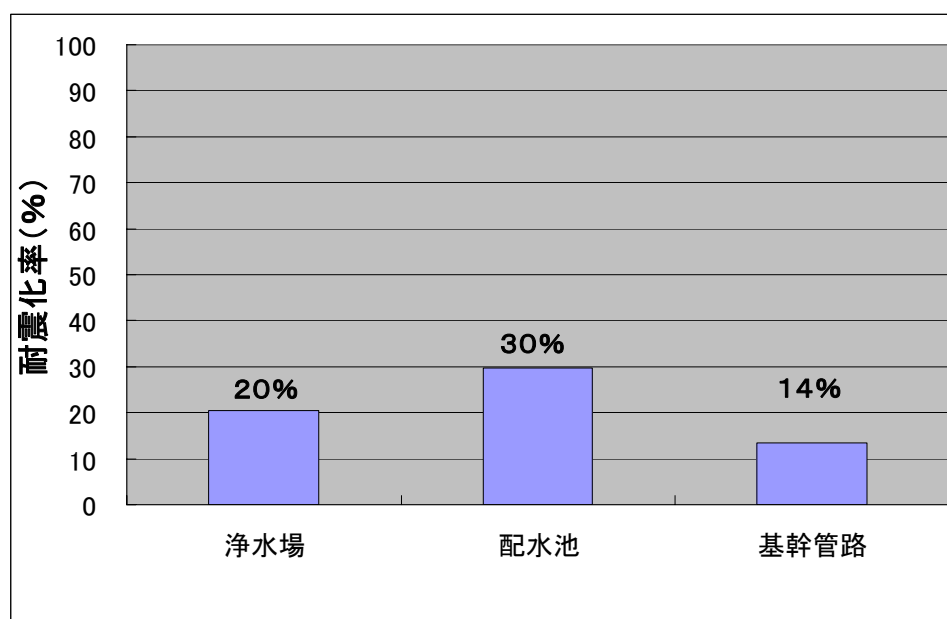
厚生労働省が平成 16 年 6 月に公表した「水道ビジョン」では、「災害対策等の充実」を主要施策の一つとし、基幹施設を中心とした水道施設の耐震化の推進などを挙げている。その中で管路の耐震化についても「基幹管路の耐震化率を 100%とする」との目標を掲げているが、平成 16 年度末現在、基幹管路の耐震化率は約 14%であり、また、特に耐震性が非常に低いとされている石綿セメント管も全国で約 2 万 km（簡易水道を含む）が残存しているなど、十分な耐震化がなされているとはいえない状況にある。

そこで、厚生労働省では管路施設の耐震化を推進するため、検討を開始したところである。

2. 耐震化の現状

(1) 管路の耐震化の現状

- 平成 16 年 6 月に策定・公表した「水道ビジョン」では基幹管路（「水道ビジョン」では導水管、送水管及び配水本管を基幹管路としている）の耐震化率を 100%にするとの目標を掲げているが、平成 16 年度末現在、基幹管路の耐震化率は約 14%であり、耐震化が進んでいるとはいえない。
- 耐震性能が非常に弱いとされている石綿セメント管についても全国で 1 万 6 千 km 以上が使用されている。
- 管路を新設する場合においても必ずしも耐震性の高い管路が採用されるとは限らない状況にある。



(平成 16 年度水道ビジョンフォローアップ調査報告書、平成 16 年度水道統計より)

図 1 水道施設・管路の耐震化率

表 1-1 管種ごとの使用延長

単位：km

	ダクタイル鋳鉄管		鋼管	ステンレス管	ポリエチレン管 ^注	硬質塩化ビニル管	鋳鉄管	石綿ヒモ管	コンクリート管	その他	計
	NS 形等の離脱防止機構付き継手	左記以外									
導水管	531	4,908	1,354	8	111	1,385	982	880	248	171	10,578
送水管	2,500	17,516	4,082	21	313	1,715	1,829	614	94	314	28,997
配水本管	5,067	45,766	3,590	98	1,995	36,199	5,189	3,172	4	354	101,433
配水支管	19,611	224,587	9,883	279	10,236	147,175	18,851	11,970	55	3,873	446,519
計	27,709	292,777	18,910	406	12,655	186,474	26,851	16,635	400	4,712	587,527

(平成 16 年度水道統計より)

注) ポリエチレン管のうち PE100 融着継手は 4,128km (水道用ポリエチレン管・継手連合会調べ)

表 1-2 管種ごとの使用延長 (簡易水道)

単位：km

ダクタイル管	鋼管	塩ビ管	鋳鉄管	石綿管	コンクリート管	その他管	計
19,014	3,909	79,515	1,743	3,255	300	6,310	114,046

(平成 16 年度全国簡易水道統計より)

表 2 管種ごとの新設・布設替管路延長 (平成 16 年度 1 年間)

単位：km

	ダクタイル鋳鉄管 ^注	鋼管	ステンレス管	ポリエチレン管	硬質塩化ビニル管	コンクリート管	その他	計
導・送水管	578	25	2	27	86	0	14	732
配水管	7,255	106	26	833	3,588	2	455	12,265
計	7,833	131	28	860	3,674	2	469	12,997

(平成 16 年度水道統計より)

注) ダクタイル鋳鉄管のうち NS 形等の離脱防止機構付き継手の出荷割合は、34.4%、(日本ダクタイル鉄管協会調べ)

(2) 水道施設における耐震化計画の策定状況

- 厚生労働省水道課が実施した平成 17 年度水道事業者からの報告徴収において、大臣認可の 506 水道事業者 (水道事業者 420、用水供給 86 事業者) のうち、水道施設の耐震化事業を事業計画に位置づけて計画している事業者は 202 事業者である。(全体の 4 割)
- 下表 3 にあるとおり、給水人口が多いほど事業計画に反映している率が高く、給水人口 50 万人以上では約 8 割が反映しているのに対し、10 万人未満では 3 割弱に留まっている。

表 3 水道施設の耐震化計画策定状況

給水人口	事業計画に反映	反映なし	反映比率
50 万人以上	17	5	77.2%
20 万人以上	33	39	45.8%
10 万人以上	45	63	41.7%
10 万人未満	63	155	28.9%
用水供給	44	42	51.2%
合計	202	304	39.9%

3. 現行の施設基準等

(1) 施設に係る技術的基準

- ・ 水道法第5条第4項に基づく水道施設に関する技術的基準（施設基準）においては、一般事項として、地形、地質など地域ごとに自然的条件を勘案して、また、施設ごとの重要度に応じて、対象とする地震規模を想定した上で施設の設計を行うこと等の規定を設けている。
- ・ 個別の施設が具備すべき要件として、埋設管路に関しては、配水管について、軟弱地盤では伸縮継手を使用する等の規定がある。
- ・ 現に設置されている施設については、水道施設の構造に係る基準であって基準に適合させるためには大規模な改造を必要とするものについては、水道水の安全性の確保に関わるものを除き、その施設の大規模の改造の時までは、規定を適用しない旨等の経過措置が設けられている。

○ 施設基準（「水道施設の技術的基準を定める省令」平成12年厚生省令）

（一般事項）

第1条第4号

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。

第1条第6号

地形、地質その他の自然的条件を勘案して、自重、積載荷重、水圧、土圧、揚圧力、浮力、地震力、積雪荷重、氷圧、温度荷重等の予想される荷重に対して安全な構造であること。

第1条第7号

施設の重要度に応じて、地震力に対して安全な構造であるとともに、地震により生ずる液状化、側方流動等によって生じる影響に配慮されたものであること。

（配水施設）

第7条第7号

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必要な措置が講じられていること。

第7条第12号ロ

配水管を埋設する場合にあつては、埋設場所の諸条件に応じて、適切な管の種類及び伸縮継手が使用されていること。

※以上の項については、全て「その施設の大規模な改造のときまでは、これらの規定を適用しない。」とされている。

(2) 耐震計画に係る指針

- ・ 阪神・淡路大震災による水道被害の経験を踏まえ、水道事業者等において、それぞれの水道の特性に応じた耐震化目標を設定し、耐震化施策を計画的に推進する上の指針として水道の耐震化計画策定指針(案)を平成9年に策定している。

- 「水道の耐震化計画策定指針(案)」(平成9年1月31日課長通知)
(現在、更新作業中)

3.1.2 管路施設の耐震化

- 1) 石綿セメント管、普通・高級铸铁管(印ろう継手)、硬質塩化ビニル管(TS継手)等、耐震性の低い管路は、早期に布設替えを完了することを目標に更新計画を作成する。その際、特に、導・送水管、配水幹線等の重要管路については、耐震性の高い管・継手の採用に努める。

- 配水管路の維持管理等について(平成5年8月10日課長通知)

「老朽化した配水管については、老朽度を把握した上で、計画的な布設替えをおこなうこと。特に、石綿セメント製の配水管については、布設場所及び布設時期を詳細に把握した上で、早急に布設替えの計画を策定し、実施すること。」

(3) 管路更新に係る国庫補助制度

- ・ 上水道事業については、石綿セメント管更新事業(老朽度の高い石綿セメント管の更新事業)、老朽管更新事業(敷設後20年以上経過した铸铁管及びコンクリート管の更新事業)に対して補助を行っている。(別紙資料3)平成17年度は約280件、約62億円の補助を行っており、その対象距離は500~600kmである。
- ・ 簡易水道事業については、生活基盤近代化事業の基幹改良において石綿セメント管及び布設後20年以上経過した管の更新事業を補助対象としている。(別紙資料3)
- ・ 国庫補助の活用による管路更新事業においては、補助要件を満たさないがゆえに、管路更新にかかる補助の活用が十分になされていない、更新にあたっては費用負担が小さい管が選択されるため、必ずしも耐震性の高い管路が採用されるとは限らない等の問題もある。

4. 水道管路の耐震化の推進

管路の耐震化は、新たな布設や布設替えにおいて耐震性の高い管が使用されること、また耐震性が特に劣る管路を中心に更新・布設替えが進められることによって促進されるものである。このため、管路が備えるべき耐震性能を明確化し、代表的な管種・継手の耐震レベルの評価・整理を行い、さらに、優先的に更新・布設替えに取り組むべき管を明らかにすることが有効である。

また、水道ビジョンにも示されているように、数十年に一度の機会である管路の整備・更新において費用対効果を高めるためには資機材の長寿命化が効果的である。

以上のことから、管路が備えるべき耐震性能、及び各管種・継手の耐震レベルについて検討した。

(1) 管路が備えるべき耐震性能の考え方

管路が備えるべき耐震性能を評価する視点としては、以下 a) ~ c) に示す 3 つの視点が考えられる。

- a) 管路が破損した場合の影響などを考慮し、基幹となる管路にはより高い安全性を確保すべきである。なお、基幹となる管路としては、水道ビジョンと同様に導水管、送水管及び配水本管（直接給水装置を分岐しない配水管）とすることが望ましい（表 4）。この場合、全国の管路のうち延長ベースで 2 割強が基幹管路となる（図 2）。

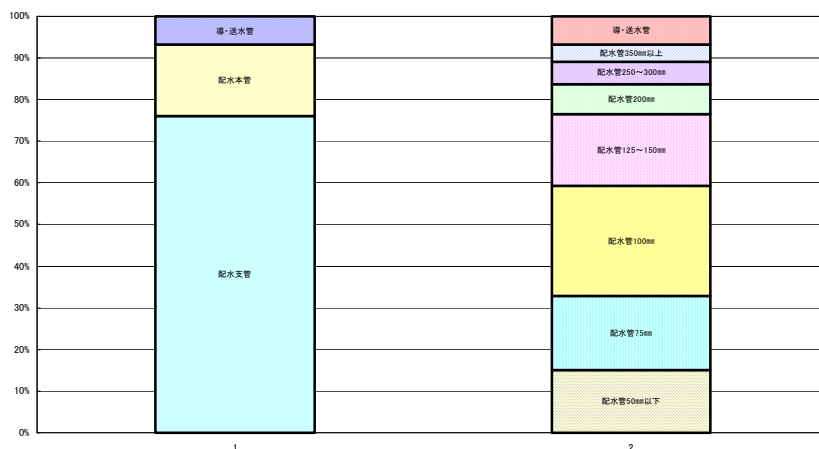
表 4 基幹となる管路の定義

基幹となる管路	導水管 送水管 配水本管
それ以外の管路	配水支管

※ 表 4 に示す基幹となる管路の定義は最低限の例示として示したものであり、各水道事業者の事情により、配水本管に準ずる管路や拠点医療施設等へ至るルートなど、基幹管路の解釈を拡大することを妨げるものではない。

(参考：各指針等における基幹管路の位置づけについて)

- ① 水道ビジョン
基幹管路の定義： 導水管、送水管、配水本管
- ② 水道の耐震化計画策定指針(案)
重要管路の例示： 導・送水管、配水幹線



(出典：平成 16 年度水道統計より)

図 2 導・送・配水管別延長割合

- b) 基幹管路及び配水支管（直接給水装置を分岐する配水管）が備えるべき耐震性能は、施設基準における包括的な規定を基礎としつつ、水道施設耐震工法指針・解説に記された耐震設計の考え方を参考として、下表5のとおりと明確化できる。

表5 管の重要度と備えるべき耐震性能

	対レベル1地震動	対レベル2地震動
基幹管路が備えるべき耐震性能	原則として無被害であること。	個々に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。
基幹管路以外が備えるべき耐震性能	個々に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。	個々には構造的損傷があっても、システムとしての機能保持が可能であること。また、早期の復旧が可能であること。

※ 表5に示す管路が備えるべき耐震性能は最低限の例示として示したものであり、各水道事業者の判断でより高い耐震性能を求めることを妨げるものではない。

(用語の定義)

レベル1地震動： 供用期間中に1～2回程度発生する確率を持つ地震動

レベル2地震動： 供用期間中に発生する確率は低いが、直下型地震又は海溝型巨大地震に起因する高いレベルの地震動

(参考1：各指針等における耐震管路の定義)

① 水道ビジョン

耐震継手付ダクタイル鋳鉄管、鋼管、ポリエチレン管

② 水道事業ガイドライン (JWWA Q 100:2005)

離脱防止機構付継手を有するダクタイル鋳鉄管、鋼管（溶接継手）、水道配水用ポリエチレン管（高密度、融着継手）*

*水道配水用ポリエチレン管の使用実績は少なく、十分に耐震性能が検証されるには未だ時間を要すると考えられるので、これを耐震管に含めた場合は業務指標に*をつけることとされている。

(参考2：指針における耐震性の低い管路の例示)

① 水道の耐震化計画策定指針（案）

石綿セメント管、普通・高級鋳鉄管（印ろう継手）、硬質塩化ビニル管（TS継手）

(参考3：指針における各管種の耐震性強度の補正係数)

① 水道施設更新指針

本指針では、管路の耐震性強度を100点満点で定量評価するものであり、管路の耐震性強度（ R_s ）を次式で表現している。

$$R_s = C_{p-max} \times C_{d-max} - [\sum (C_p \cdot L_p) / \sum L_p] \times [\sum (C_d \cdot L_d) / \sum L_d]$$

C_p ：管種に関する補正係数

C_d ：管径に関する補正係数

C_{p-max} ：管種に関する補正係数の最大値

C_{d-max} ：管径に関する補正係数の最大値

L_p ：管種別管路延長

L_d ：管径別管路延長

管種に関する補正係数 (C_p) を次表のように定めている。

管種に関する補正係数	
管種	補正係数
ダクタイル鉄管 (K形、T形等の一般継手)	0.3
ダクタイル鉄管 (S形、NS形等の離脱防止機構付き継手)	0
铸铁管	1.0
硬質塩化ビニル管	1.0 ^{注1}
鋼管	0.3 ^{注2}
石綿セメント管	1.2
その他	1.2

注1) 硬質塩化ビニル管の補正係数は、主にTS継手のデータから算出。

注2) 溶接鋼管については延長が短いため、参考程度とする。また、大口径の溶接鋼管については当てはまらない。

- c) 過去の地震(阪神淡路大震災・新潟県中越地震)における管種・継手と被害率との関係は、図3のとおりである。また、管路が地震によりどの程度の被害を受けるかは地盤の条件によっても大きく異なる。

阪神・淡路大震災における水道管路被害は、日本水道協会において分析されており、特に神戸市、芦屋市、西宮市については4つに区分された表層地質(基盤岩・洪積層等、沖積層、自然堤防・砂州、埋立地)ごとに集計されている¹⁾。

日本水道協会の「地震による水道管路の被害予測」(平成10年11月)²⁾では阪神淡路大震災等の実績データを基に、水道管路の被害予測式が下式のように提案されている。管路の被害率は、標準被害率に「管種」「管径」「地形・地盤」「液状化の程度」の補正係数を乗じて求められる。このように、管路の被害率は地形・地盤の影響を受けることが分かり、特に「谷・旧水部」での被害が大きいことが分かる。この地形・地盤区分を、日本水道協会で行った水道管路被害での表層地質区分¹⁾に対応させると、表6のようになり、この「谷・旧水部」は埋立地に該当する。そこで「埋立地」を「悪い地盤」、それ以外を「良い地盤」として被害率を集計すると、図4及び図5-1,2のようになる。なお、新潟県中越地震の実績データは、埋立地以外の地域として集計した。

$$R_m(\alpha) = C_p \cdot C_d \cdot C_g \cdot C_l \cdot R(\alpha) \quad (\text{最大加速度を用いる場合})$$

$$R(\alpha) = 2.88 \times 10^{-6} \times (\alpha - 100)$$

$R_m(\alpha)$: 想定される被害率(件/km)

C_p : 管種に関する補正係数

C_d : 管径に関する補正係数

C_g : 地形・地盤に関する補正係数

C_l : 液状化に関する補正係数

$R(\alpha)$: 標準被害率

α : 地震動の最大加速度(gal)

表6 表層地質区分と地形・地盤区分の相関

表層地質区分 ¹⁾	地形・地盤区分 ²⁾	補正係数 ²⁾
基盤岩・洪積層等	良質地盤	0.4
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

図3より、石綿セメント管の被害率が最も高く、硬質塩化ビニル管、鋳鉄管の順に小さくなっていることが分かる。

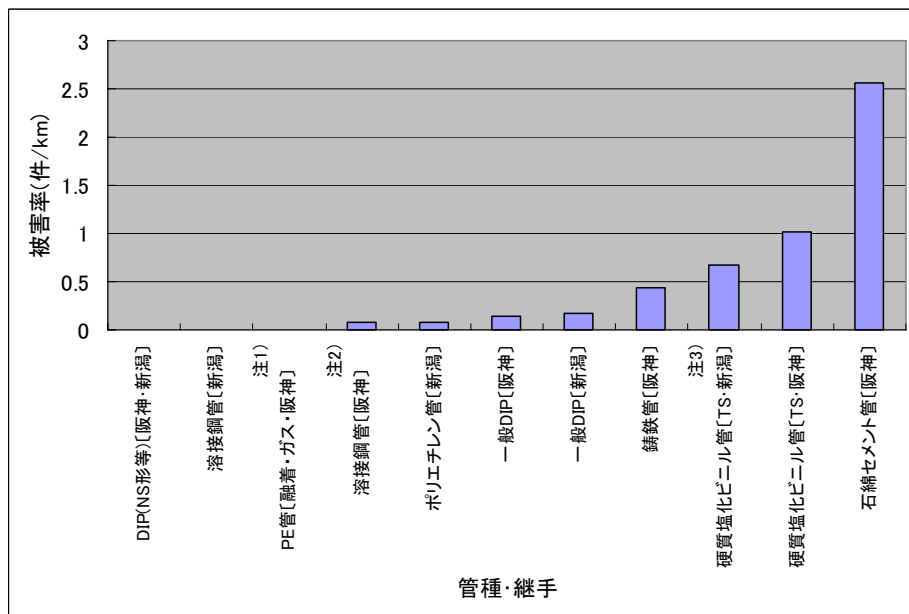


図3 管種・継手と被害率との関係（阪神・淡路大震災、新潟県中越地震）^{1）、3）}
（阪神・淡路大震災は、神戸市等7市町の値）

注1) 配水用ポリエチレン管は耐震性能を判断する被災事例が少ないため、ここでは参考にガス管の事例を記載した。また、ガス用のポリエチレン管は、水道配水用ポリエチレン管とは材質が異なる中密度のポリエチレン管であり、高密度である水道配水用ポリエチレン管に比べると伸びが大きい⁴⁾。また、ガス用としては、阪神・淡路大震災当時は低圧用(0.1MPa未満)として用いられており(2003年以降でも0.3MPa以下に限定)、一般的な水道用の内圧(0.75MPa)に比べるとかなり小さい。したがって、ガス用と水道配水用ポリエチレン管は材質、使用条件に差があることに注意を要する。

注2) 溶接鋼管(阪神)のデータについては、溶接鋼管が地盤変状の大きい場所に設置された水管橋を中心に使用されていたため、結果として被害率が高くなっている。一般埋設部に布設された他の管種との比較には注意を要する。

注3) 新潟中越地震の被害率は、小千谷市におけるデータである。

「悪い地盤（埋立地）」におけるデータを集計した図 4 では、DIP(NS 形等継手)が相対的に最も被害の少ない管種・継手であるといえる。一方、DIP（主に A 形）、硬質塩化ビニル管（主に TS 継手）、鋳鉄管が比較的被害の多い管種・継手であるといえる。さらに、溶接鋼管（阪神 配水管）には水管橋被害が多く含まれていること、一方で埋設管路だけのデータではないこと、また図 5-1 の「良い地盤」の例では、埋設管路の被害率は同じ溶接鋼管の水管橋被害率よりも圧倒的に少ないことから、埋立地においても被害の少ない管種・継手として扱うこととした。

なお、図 4 および図 5-1 の DIP（神戸市 K 形）の被害率は A 形と唯一区別して分析されている神戸市でのデータを採用した。また、図 5-2 の配水用ポリエチレン管の被害率は、ポリエチレン管が採用されていた小千谷市のみのデータである。図 4 および図 5-2 ではいずれも石綿セメント管の布設延長（1.0km、5.6km）はごくわずかであるため割愛した。

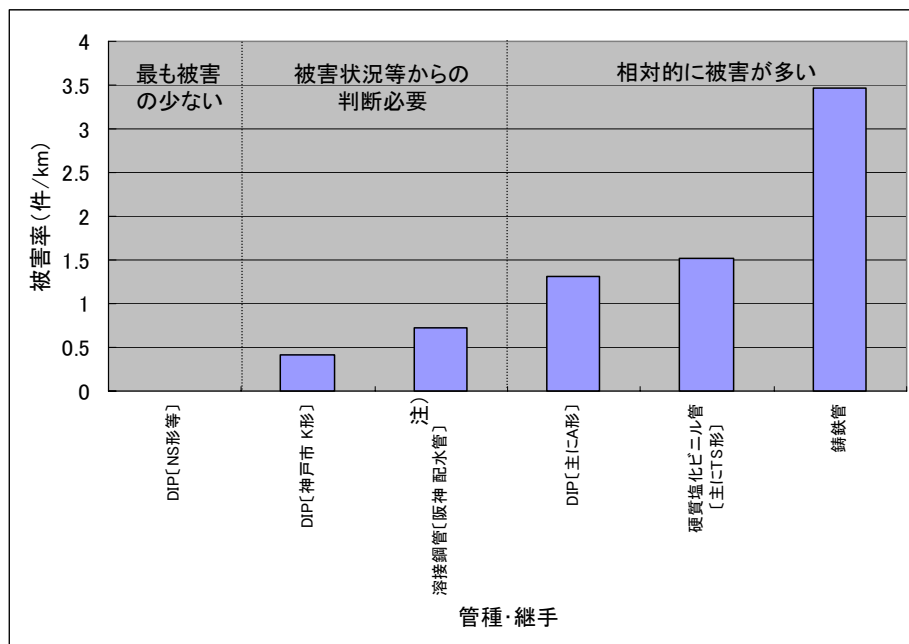


図 4 悪い地盤（埋立地）での管種・継手と被害率との関係（阪神・淡路大震災）^{1)、2)}

注)：溶接鋼管（阪神 配水管）のデータについては、溶接鋼管が地盤変状の大きい場所に設置された水管橋を中心に使用されていたため被害率が高くなっている。一般埋設部に布設されている他の管種との比較には注意を要する。

「良い地盤（埋立地以外）」で集計された図 5-1 および図 5-2 より、DIP（NS形等継手）、配水用ポリエチレン管、DIP（K形継手）、が相対的に被害の少ない管種・継手となっている。一方、硬質塩化ビニル管（主にTS継手）、鋳鉄管が比較的被害の多い管種・継手で、さらに石綿セメント管が最も被害率の高い管種である。さらに、図 5-1 中の溶接鋼管の被害状況^注および神戸市導送水管を合わせて考察すると、溶接鋼管は相対的に被害の少ない管種・継手と判断したが、DIP（A形）は被害の少ない管種・継手とは言い切れないと判断した。

また、前記の（参考 3）の指針に示されているように、管路の耐震性強度の算出に用いる管種別補正係数は DIP（K形継手等）、鋼管（溶接）ともに 0.3 と同一の値となっている。

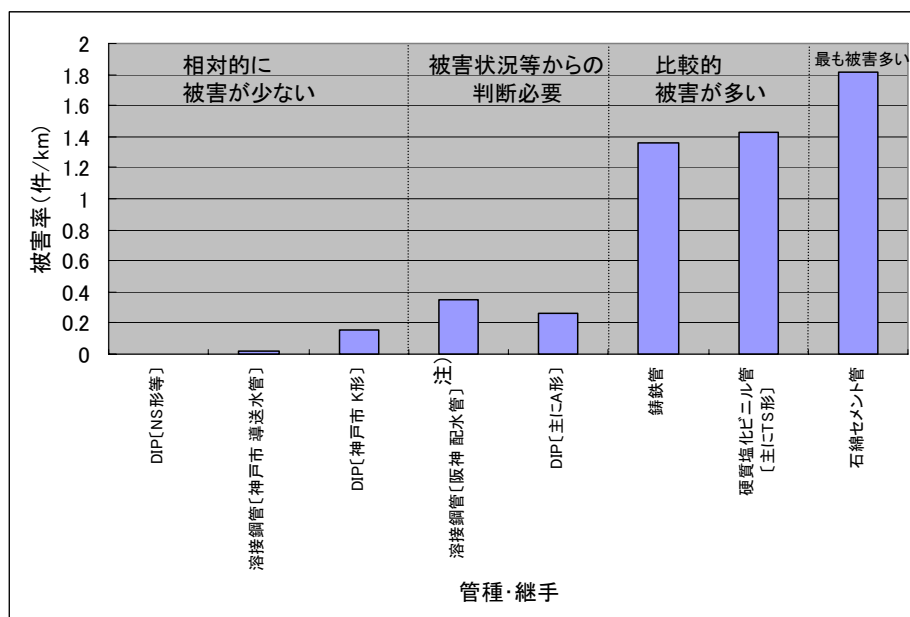


図 5-1 良い地盤（埋立地以外）での管種・継手と被害率との関係（阪神・淡路大震災）^{1）、2）}

注)：溶接鋼管（阪神 配水管）の被害には水管橋、特に橋台部に発生した被害が多く含まれている。一方、大部分が道路下に埋設されている神戸市の溶接鋼管（導送水管）に対する阪神淡路大震災でのデータを見ると、埋設距離 105km に対して被害が 2 件であるため、0.02 件/km の低い被害率となっている。このことから、溶接鋼管は水管橋部を除いて他の管種と同じ条件であれば、被害率は低いと推測される。

また、ダクタイル鋳鉄管（K 形継手）では、岩盤・洪積層において、被害率 0.07 件/km とさらに明確な被害率の低下を示すデータもある。

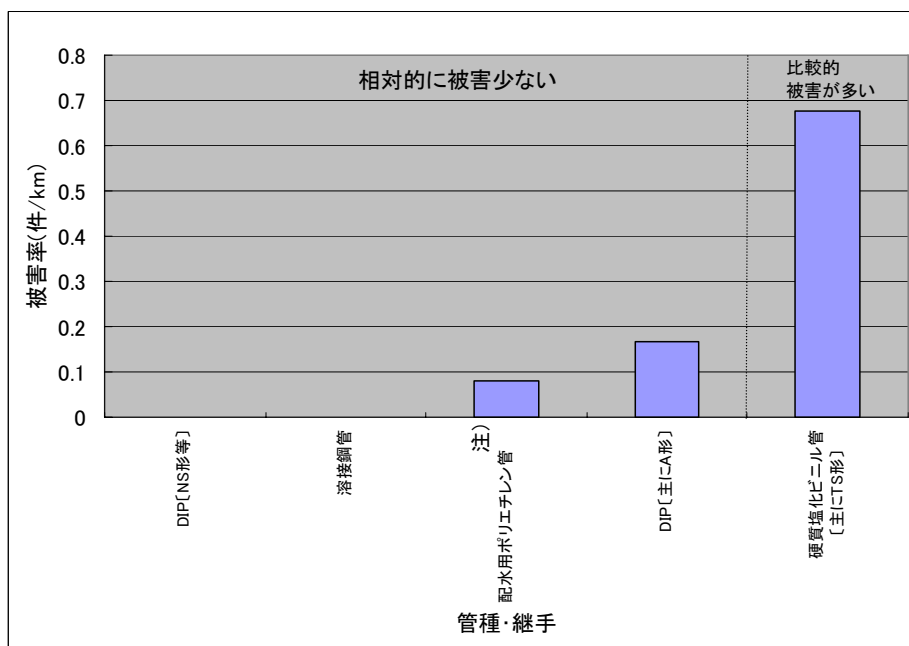


図 5-2 良い地盤（埋立地以外）での管種・継手と被害率との関係（新潟県中越地震）³⁾

注) 配水用ポリエチレン管の被害はフランジ継手部の被害であり、融着継手部の被害は無かった。

文献 2) では、ダクタイル鋳鉄管の A 形、K 形継手別に被害分析がなされており、これらの継手の被害比率を図 6 に示す。K 形の被害率は A 形の約 1/3 であることが分かる。

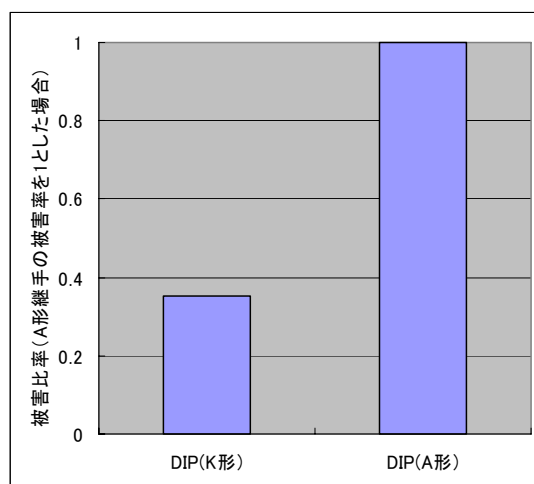


図 6 ダクタイル鋳鉄管のK形、A形継手の被害比率(神戸市)²⁾