

耐震性管路の開発の方向性 に関する調査研究

1. 調査研究の背景と目的

研究目的

兵庫県南部地震により、ライフラインの一つである下水道施設（管路施設、処理場施設、ポンプ場施設）は多大な被害を受け、一時的に機能停止を余儀なくされた。特に管路施設は、面的に広大な範囲で損傷を受け、被害の把握、復旧に多大な時間と経費を要する結果となった。

このことから、(社)日本下水道協会より「下水道施設の耐震対策指針と解説」（以下「指針と解説」と示す）の改定が、平成9年8月になされ、兵庫県南部地震と同規模のレベル2地震動を考慮した内容となった。

一方、(財)下水道新技術推進機構においては、平成9年度より下水道管路施設の耐震化及び耐震性管路材料の方向性を見出すための固有研究を行ってきた。

今年度は、実際に使用されている小口径の管材、人孔、取付管、可とう性継ぎ手等を対象に耐震性、止水性、施工性、経済性等の評価・検討を行った。その方法はこれらの管路施設に既に布設している自治体を対象に、設置目的、選定理由、設置効果、積算体系等のヒアリング調査及びその結果の分析を行い、コスト縮減を考慮した耐震性管路材の今後の方向性について検討を行った。

2. 調査研究内容

2.1 検討対象管路材の抽出

下水道管路には、管材、人孔、取付管、可とう性継手等の施設がある。このためヒアリング調査に先立ち、小口径管路材を対象に、耐震上最も重要である管材及び可とう性継手を本調査・研究の対象管路材として抽出した。

2.2 ヒアリング調査

可とう性継手を対象に、施工実績のある自治体へ設置目的、選定理由、設置効果等についてヒアリング調査を行った。

2.3 可とう性継手の経済性の検討

止水性により浸入水の低減がもたらす処理費の低減と可とう性継手材の材料費及び設置費の算出から経済性を検討した。

2.4 今後の方向性の検討

ヒアリング調査からの可とう性継手の実態及び経済性の検討から今後の方向性について検討を行った。

3. 調査研究成果

3.1 検討対象管路材の抽出

兵庫県南部地震では、以下に示す被害が多かったが、最も被害を受けやすい個所は接続部であったと言える。可とう性継手材はこの被害を防止するため

に設置するもので、下水道管路施設のうち、耐震上最も重要な施設である。

(被害が多かった場所)

- ・管本体 (主に陶管)
- ・マンホールと本管の接続部, 本管と取付管の接続部
- ・組立マンホールブロックのずれ
- ・液状化による管の蛇行, 浮上
- ・管体と伏越室との接続部
- ・処理場内での管体離脱
- ・護岸構造物の被災に伴う雨水幹線の破損

平成9年度の「耐震性管路材の開発の方向性に関する調査・研究」において、表-1のような耐震性能および必要性能が試算により求められた。可とう性継手については、レベル2地震動に対しても現在の既製品で概ね対応可能となっている。

したがって、本調査・研究では、施工上あるいは維持管理上の問題を探るために、主に施工済みの可とう性継手を対象にヒアリング調査を行った。

表-1 耐震化上の必要性能

管 路 材	レベル2地震動での必要性能	下水道管路材の対応
本 管 (ヒューム管)	レベル2での必要強度	外圧については、概ね2種管で対応可能。
マンホール	レベル2での必要強度	マンホールブロック、現場打ち人孔のレベル2対応が必要。
継手材 (本管とマンホール)	地盤条件にもよるが、最大でも、屈曲角1度、水平変位置35mmである。	既製品でほぼ対応可能。(既製品で許容屈曲角15°~20°、水平許容変位置30~60mm程度)
継手材 (本管と本管)	地盤条件にもよるが、最大でも、屈曲角1度、水平変位置50mmである。	既製品でほぼ対応可能。(既製品で許容屈曲角15°~20°、水平許容変位置75mm程度)
継手材 (本管と取付管)	—	下水道協会の耐震対策解説にて、耐震計算方法が確立されていない。

※平成9年度の調査研究から引用

3.2 ヒアリング調査

(1) ヒアリング項目の抽出

本ヒアリング調査は、耐震性を有する可とう性継手材を中心に、下水道管路施設についての各自治体の耐震化方針、耐震設計の考え方について、次に示すような調査項目を対象に行った。

- 下水道事業概要 (行政区域内人口・面積, 計画処理人口・面積, 現在の処理面積, 下水道普及率)
- 代表的な土質状況
- 下水道管路施設の耐震化について
- 下水道管路施設の耐震化上の検討路線
- 耐震性を有する下水道管路材の利用状況
- 耐震性を有する可とう性継手材について (設置目的, 採用時期及び実績, 着目性能, 施工性, 設置後の効果, 積算方法, 設計計算)
- 可とう性継手材に対する要望, 意見

(2) 調査対象自治体の選定

調査は、可とう性継手材の施工実績のある、7つの自治体 (5市2町) を対象に実施した。

(3) ヒアリング結果

1) 下水道管路材の利用状況

表-2に、下水道管路材の利用状況を示す。塩ビ管は、どの自治体においても、可とう性・伸縮性・施工性に優れているため、多く利用されている。またKB市においては、耐震対策上から、強化プラスチック管、高密度ポリエチレン管、可とう性セグメント (シールド管きよ) を使用している。KB市の埋立部では液状化対策として緊結縦締人孔が用いられ、兵庫県南部地震でも被害を受けなかった。

また、小口径管路施設においては、マンホールと本管及び本管と取付管の接続部に、可とう性継手材が利用されている区域が多くあり、このような区域においては概ね地震に対応できる構造となっていると言える。

2) 耐震設計の取り組み状況

下水道管路施設の耐震設計は、KB市・OM市・KZ市で行われていた。表-3にそれぞれの耐震設計を示すが、耐震化検討路線は、KB市は汚水管φ400mm以上はレベル2、φ400以下はレベル1の検討をしている。また、OM及びKZ市が推進工法による汚水幹線としている。

KB市においては、基本的には「指針と解説」に準拠して耐震設計指針を作成しており、地盤モデル

表-2 下水道管路材の利用状況

自治体名	管きよ	マンホール	可とう性継手材		
			マンホールと本管	本管と取付管	本管と本管
KZ市	可とう性管 (立坑部と 地山の境)	—	サンタックキャップFD ブーツ, スパーサージョイント	サンタック支管 メカロック ゴム製可とう支管 (SVF)	利用なし
	塩ビ管				
HO町	塩ビ管	—	NCラバーコーン スパーサージョイント	利用なし	利用なし
CB市	塩ビ管	—	サンタックキャップ スパーサージョイント	サンタック支管	利用なし
OM市	ジャバラ型可とう管 (推進工法路線)	—	サンタックキャップ スパーサージョイント	利用なし	利用なし
	塩ビ管				
KB市	強化プラスチック管 高密度ポリエチレン管 可とう性セグメント	緊結縦締人孔 外側緊結人孔	S型継手 サンタックキャップFD	S型継手 サドルジョイント	利用なし
	塩ビ管				
SK市	塩ビ管	—	サンタックキャップFD ブーツ, SFジョイント	サンタック支管	利用なし
KS町	塩ビ管	—	サンタックキャップFD	サンタック支管	利用なし

※□で囲っている箇所：耐震対策上から使用されているものを示す。

図を作成したことにより容易に耐震計算を行えるようになってきている。

OM市では、被災時のトイレについてはマンホールを利用した仮設トイレで対応することも考えている。

また、OM市・KZ市においては、KB市・OM市のように、「指針と解説」に準拠した耐震設計は行っていないものの、耐震対策として推進工法による管路の場合に、図-1に示すように、地盤条件の悪い箇所では、地震時における挙動の違いに対応するため、地山と埋め戻し砂の境に可とう性ヒューム管を用いている。

3) 可とう性継手材

可とう性継手材の主な採用理由は、「漏水対策」「不等沈下対策」「施工性の良さ」であったが、可とう性・止水性も優れているため、各自治体とも「耐震対策」になると考えている。

KB市で昭和60年頃から採用されている「S型継手」は、兵庫県南部地震においても被害を受けなかった事例がある。

採用時期は、他の自治体については兵庫県南部地震以降であった。

また、KZ市においては、可とう性継手採用の際に、表-4に示す独自の基準を設置している。

4) 可とう性継手材に対する要望・意見

可とう性継手材に対しては、次に示す要望・意見が挙げられた。

- ・使用目的(耐震,漏水,不等沈下)ごとの製品の開発
- ・各メーカーの製品での仕様(削孔径等)の共通化,及び低コスト化。
- ・埋め戻し時の沈下防止。

3.3 可とう性継ぎ手材の経済効果の検討

ヒアリング調査により、可とう性継手材の設置目的は、「漏水対策」「不等沈下対策」「施工性の良さ」であることが明らかとなった。本項ではまず「止水性」がもたらす経済効果について定量的な評価を行い、次に可とう性継手の「施工性の良さ」について設置費に換算して経済性の検討を行った。

表-3 KB, OM, KZ市の耐震設計の内容

自治体	KB市	OM市	KZ市
耐震対策の基本的な考え方	基本的には、污水管全てを対象。 ○400mm以上は、レベル2, ○400以下はレベル1で、検討している。 雨水管については、行わない。	污水幹線を対象としている。 現在では耐震対策は行っていない。	污水幹線を対象としている。
耐震設計内容	「指針と解説」に準拠し、KB市の下水道耐震設計指針を作成した。 (地盤モデルも作成している。)	OM市の下水道耐震設計指針を作成中である。	現在耐震計算は行っていないものの、耐震設計指針作成について、検討中である。
使用する耐震性管路材	管きよ 耐震性管材として、塩ビ管、強化プラスチック管及び高密度ポリエチレン管を使用。 シールド管きよにおいては可とう性セグメントを検討後、使用する。 マンホール 緊結縦締人孔 外側緊結人孔	管きよ ジャバラ型可とう管 (一部区間で施工済) 継手材 開削工法におけるマンホールと本管の継手部に、可とう性ヒューム管を用いている。 (一部区間で施工済)	管きよ 推進工法における地山と立坑の境部に可とう性管きよを用いている。 (一部区間で施工済)

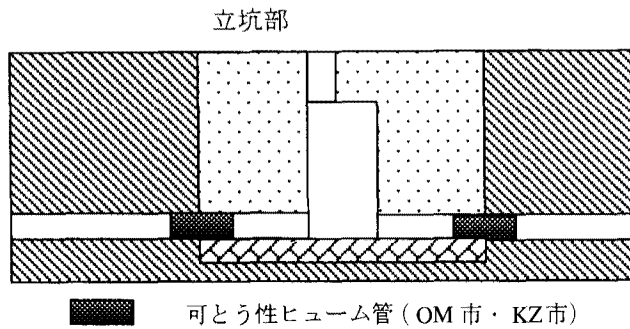


図-1 推進工法における耐震対策

表-4 KZ市の可とう性継手の性能項目

継手部	性能を示す項目
マンホールと本管の継手材	引抜き量 外水圧 屈曲角 垂直変位量
本管と取付管の継手材	外水圧, 内水圧 突出量 屈曲変位

(1) 「止水性」がもたらす経済効果

1) 算出条件

- ① 対象排水区域：ある大都市の54ha
- ② 浸入水量の低減効果

可とう性継手の採用による浸入水の低減量を以下のように想定する。

浸入水低減量

$$= 100(\text{人}/\text{ha}) \times 54(\text{ha}) \times 0.50(\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{日}) \times 0.10 \times 0.50 \times 365 \text{日}$$

$$= 49,275 (\text{m}^3/54\text{ha} \cdot \text{年})$$

(ただし、汚水量に対する浸入水の割合を10%,

可とう性継手材の浸入水の低減率を50%とした)

- ③ 汚水処理単価：71.6(円/m³)(下水道統計要覧 H7年, 起債元利償還費は除く)

2) 浸入水量の低減がもたらす経済効果

可とう性継手を採用すると以下の経済効果が得られることとなる。

浸入水低減による処理コストの低減

$$= 49,275 (\text{m}^3/54\text{ha} \cdot \text{年}) \times 71.6(\text{円}/\text{m}^3)$$

=3,528,000 (円/54ha・年) となる。

3) 可とう性継手の材料費

図-2のモデル地域で、小口径の可とう性継ぎ手材(マンホールと本管、本管と取付管の接続部)を、全てに設置(新設)した場合の、継手材の材料費を求めた。表-5に示すように54ha内で、14,774,000(円)となる。

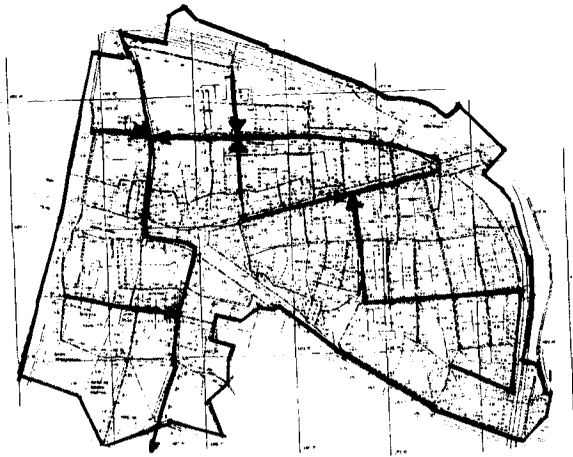


図-2 経済効果のモデル地域

4) 費用比較

試算結果から、可とう性継手の材料費は、浸入水量の低減をもたらす経済効果の約4年分に相当する。したがって、可とう性継手の耐用年数がこれ以上であれば、新たな費用をかけずに「止水性」による経済効果が得られることとなる。

(2) 「施工性の良さ」による設置費の検討

マンホール用可とう性継手は、工場でマンホールに接続することから現地での作業時間が少なく済み、また、取付管用についても、現地での作業時間が従来工法(接合材、番線による取付)より少ない。したがって、可とう性継手の設置費の低減を検証す

るために、本管径250mmの場合で、マンホールと本管及び本管と取付管の接続部に可とう性継手を用いる場合と用いない場合の設置費を算出した。

1) マンホールと本管の接続部

① 可とう性継手の設置費(継手1個当り)

マンホール継手工場取付費(可とう性継手技術資料より)

普通作業員(工場作業) :

$$0.07 \text{ (人/個所)} \times 15,200 \text{ (円/人)} = 1,064 \text{ 円}$$

普通作業員(現地作業) :

$$0.03 \text{ (人/個所)} \times 15,200 \text{ (円/人)} = 456 \text{ 円}$$

$$\text{合計} \quad 1,520 \text{ (円/個所)}$$

② 可とう性継手を用いない場合の設置費(継手1個当り)

マンホールと本管の取付の設置費用については、建設省下水道工事積算基準(H10)開削工法編の支管取付(鉄筋コンクリート管をマンホールと想定)の歩掛を代用し算出した。なお、マンホールと塩ビ管は、特殊接合材で取付けることとし、また、特殊接合材の乾燥時間は1時間とした。

特殊接合材: 0.5(kg/個所) × 2,076(円/kg)

$$\text{(メーカーカタログより)} \quad = 1,038 \text{ 円}$$

普通作業員: 0.16 (人/個所) × 15,200 (円/人)

$$\text{(積算歩掛より)} \quad = 2,432 \text{ 円}$$

特殊作業員: 0.05 (人/個所) × 19,100 (円/人)

$$\text{(積算歩掛より)} \quad = 955 \text{ 円}$$

乾燥時間のロス: 15,200 (円/人) × 1(h) / 8(h)

$$\text{(普通作業員にて換算)} \quad = 1,900 \text{ 円}$$

$$\text{合計} \quad 6,325 \text{ (円/個所)}$$

2) 本管と取付管の接続部

① 可とう性継手の設置費(継手1個所当り)

可とう性継手取付費(可とう性継手技術資料より)

普通作業員(現地作業) :

$$0.06 \text{ (人/個所)} \times 15,200 \text{ (円/人)} = 912 \text{ 円}$$

$$\text{合計} \quad 912 \text{ (円/個所)}$$

表-5 可とう性継手材材料費

管径	スパン数	マンホールと本管の接続部			本管と取付管の接続部			合計 (①+②)
		継ぎ手材 必要個数	単価(円)	小計①(円)	継ぎ手材 必要個数	単価(円)	小計②(円)	
φ 250mm	85	170	10,900	1,853,000	340	5,170	1,757,800	14,744,480 (円)
φ 300mm	122	244	13,500	3,294,000	488	5,170	2,522,960	
φ 350mm	23	46	15,100	694,600	92	5,170	475,640	
φ 400mm	66	132	21,300	2,811,600	264	5,170	1,364,880	
計		592		8,653,200 (円)	1,184		6,121,280 (円)	

※マンホールと本管と継手材の単価は建設物価の平均値、本管と取付管(取付管径φ100mm)は塩ビ製自在支管の単価
 ※本管と本管の継手材については、塩ビ管と仮定したため、計上していない。

② 可とう性継手を用いない場合の設置費（継手1個所当り）

特殊接合材：0.25 (kg/個所)×2,076 (円/kg) (メーカーカタログより)	=519円
普通作業員：0.1 (人/個所)×15,200 (円/人) (積算歩掛より)	=1,520円
特殊作業員：0.04 (人/個所)×19,100 (円/人) (積算歩掛より)	=764円
乾燥時間のロス：15,200 (円/人)×1(h)/8 (h) (普通作業員にて換算)	=1,900円
合計	4,641 (円/個所)

3) 費用比較

可とう性継手を採用した場合「施工性の良さ」より、マンホール用可とう性継手で約1/4、取付管用で約1/5の設置費で済むが、材料費がマンホール用で10,900円、取付管用で5,170円（1個所当り）かかることとなる。

したがって、可とう性継手採用により工期が短縮され、また水替工等の仮設費材料が低減される。この費用（低減分）が材料費より大きい場合には経済性を有することとなる。

(3) 経済性の効果

上記試算結果より、「止水性」がもたらす経済効果は明白であるが、「施工性の良さ」の面では、材料費を加えると割高になるが、限られた条件下においては経済性を有することが検証できた。

3.4 耐震性管路材（継手材）の方向性の検討

本調査・研究のまとめとして、可とう性継手材の方向性を次のように提案する。

1) 問題点の改善

現在の可とう性継手は、以下の問題点を改善する必要がある。

- ・仕様（削孔径等）の統一
- ・埋め戻し時に沈下しやすい点（可とう性の見直し）

2) コスト縮減を踏まえた使用目的別の製品

現在、可とう性継手は各自治体から、「コスト高」との認識がある。しかし、実際は可とう性継手の設置は経済効果がある。かつ、既製品は表-1に示されるように、可とう性能は「耐震対策上」の要求性能を大きく上回っており、漏水対策上も十分な止水性を有している。したがって、今後は「止水対策」を目的とした製品とすることで、さらに経済的な製品とすることができる。

4. 今後の課題

今後の耐震性管路の方向性を検討していくための課題を次に挙げる。

4.1 最適な可とう性継手材の開発

地盤条件・環境条件及び利用目的に応じて、可とう性継手材に求められる性能を設定し、最適かつ経済的な継手材を開発することが必要である。

4.2 設置効果のPR

可とう性継手材を利用することは、「地震対策」に効果があり、なおかつ「漏水対策」「不等沈下対策」についても十分な効果がある。このため下水道システム全体のコスト縮減に対しても効果的であることをPRすることが重要である。

●この調査研究に関する問い合わせは

技術部長	石田 貴
技術部技術課長	本重 信宏
技術部主任研究員	畔柳 郁夫