

## 東日本大震災における下水道管路施設液状化対策工法の被害状況と今後の課題

### 1. はじめに

液状化現象という言葉が一般的に知られるようになった新潟地震（昭和 39 年）以降、阪神淡路大震災や釧路沖地震、最近では新潟県中越地震や能登半島地震において、下水道管きよのたるみや埋戻し部の沈下、マンホールの浮上など、液状化による下水道管路施設の被害が発生している。

下水道管路施設のこれら被害は、下水の流下阻害による下水道サービスの停止や交通障害等の社会的影響を招くことから、国では積極的な地震対策の推進に取り組むとともに、官民においては効果的な耐震化技術の研究が実施されてきた。

しかしながら、下水道管路施設の地震対策は途についたばかりであり、耐震化率は 14%（平成 9 年指針策定以前に工事発注された重要な幹線の耐震化状況：平成 21 年度末）と未だ低く、また種々の液状化対策工法の効果についても不明な点が多い。

ここでは、管きよの埋め戻し 3 工法及び既存マンホールの液状化対策工法を中心に、東日本大震災による被害状況を整理するとともに、今後の普及に向けた課題を整理する。

### 2. 下水道管路施設における液状化対策工法

下水道管路施設の液状化対策工法は、下水道施設の耐震設計指針と解説—2006 年版—（以下、耐震指針）に記載がある。

管きよの液状化対策工法としては、新潟県中越地震時（平成 16 年度）に設置された下水道地震対策技術検討委員会で緊急提言された、図-1 に示す、埋戻し土の締固め、砕石等による埋戻しによる埋戻し、埋戻し土の固化の 3 工法（以下、「埋戻し 3 工法」）がある。

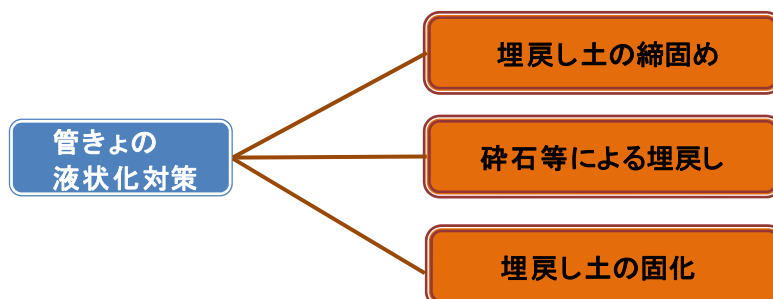


図-1 管きよの液状化対策工法

マンホールの液状化対策工法については、新設時に耐震化する場合と既存施設を耐震化する場合で、採用する工法が区別されており、新設時については、図-2 に示す通り、液状化発生防止対策と被害軽減対策の2つに区分した上で、液状化発生防止対策として2工法、被害軽減対策として5工法が紹介されている。

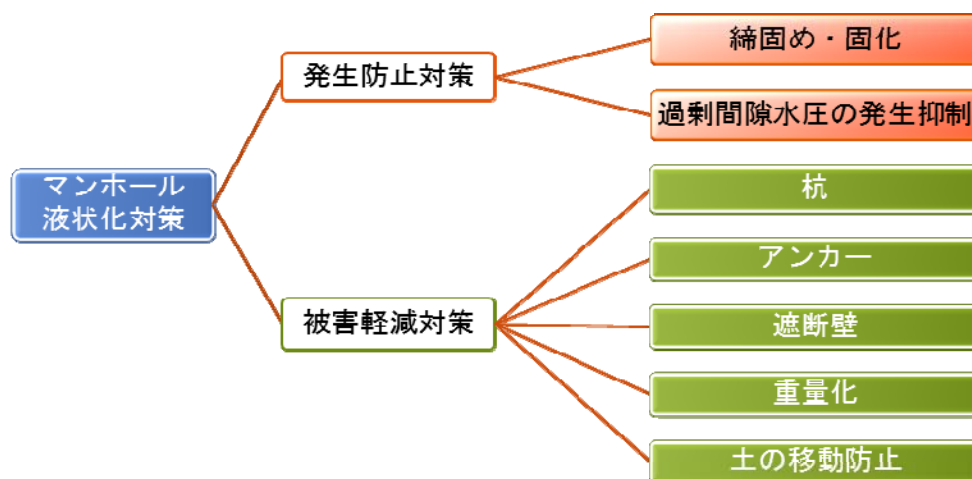


図-2 新設の場合の液状化対策工法

既存施設については、図-3 に示す通り、液状化発生防止対策と被害軽減対策の2つに区分した上で、液状化発生防止対策2工法、被害軽減対策2工法が紹介されている。

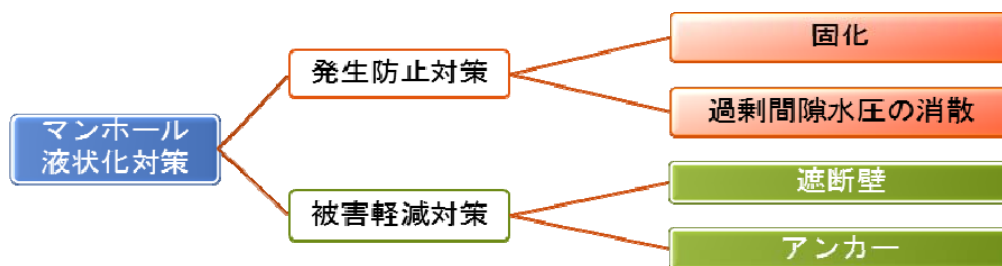


図-3 既存施設の液状化対策工法

### 3. 東日本大震災における埋戻し3工法等の現状と課題

#### 3-1 埋戻し3工法等の施工状況と被害状況

##### (1) 埋戻し土の締め固め

本工法は、管きよの埋め戻し部の締め固め度を90%以上確保することで、地震時の液状化を抑制するものである。通常の下水道埋設方法とほぼ変わらず、また特別な技術も必要なく、安価で高い効果が得られるため、発注者としては選択しやすい工法の1つである。

今回の地震の被災地における本工法の施工状況について、液状化対策としての施工実施例は確認されていないが、宮城県及び福島県の道路土工の施工基準として「路床における締め固め度90%」（以下、道路基準）があることから、道路基準に基づく締め固め度は確保されていたと推定される（図-4）。

	道路土工	液状化対策
舗装		
路盤		
路床	90%以上	90%程度以上
路体	85%以上 (90%以上)	90%程度以上
下水道管	規定なし	90%程度以上

図-4 締め固め基準

しかしながら、道路基準が設定されていた箇所における下水道管きよの一部で、路面異常やたるみ等の被害が確認されている。

これは、道路基準が「路床」及び「路体」に設定されていることから、路体下の管きよ基礎やその埋戻し部に対して、その基準値が遵守されていなかったためと考えられる。よって、下水道管きよの液状化対策を行う際には、より厳しい施工管理が必要と考えられる。

また、一般に管きよの管側部（管きよの側面部）は転圧のための機械が入るスペースがないこと、塩化ビニル管の場合には特に管頂部（管きよの直上部）の施工においてオーバークompaction現象が生ずることがあること、土質によっては締め固め度90%の確保が困難なことがあるなど、締め固め工法の施工に当たっての課題が多く残されている。

##### (2) 砕石等による埋戻し

本工法は、埋戻し部が液状化しないよう、埋戻し材料に砕石を用いる方法であり、小口径管きよでは、多くの場合、砕石に対応可能なリブ付き塩ビ管が用いられる。

リブ付き塩ビ管の施工方法は、管周りのみを砕石に置換する方法が標準（JSWAS K-13）であるが、液状化対策を目的とする工法では、地下水位以深（もしくは埋戻し部全部）を

砕石で埋戻すことが最も重要である（図-5）。

本工法の採用箇所は、東日本大震災の被災地内では極僅かで、震度 7 を記録した栗原市の一部地域（築館）で採用されている程度である。

本地区では、同一路線上に、前出の標準施工箇所と液状化対策施工箇所が存在する。今回の震災では、標準施工箇所でも車両通行が不可能となる大きな路面異常が発生したが（写真-1）、液状化対策施工箇所では、路面が若干沈下した程度の被害であり（写真-2、写真-3）、その効果が確認された。

ただし液状化対策を施工した一部の管きょ（約 20m）で、被害程度は小さいものの、管きょのたわみ及び路面異常が発生しており、その原因究明のための調査を行った。

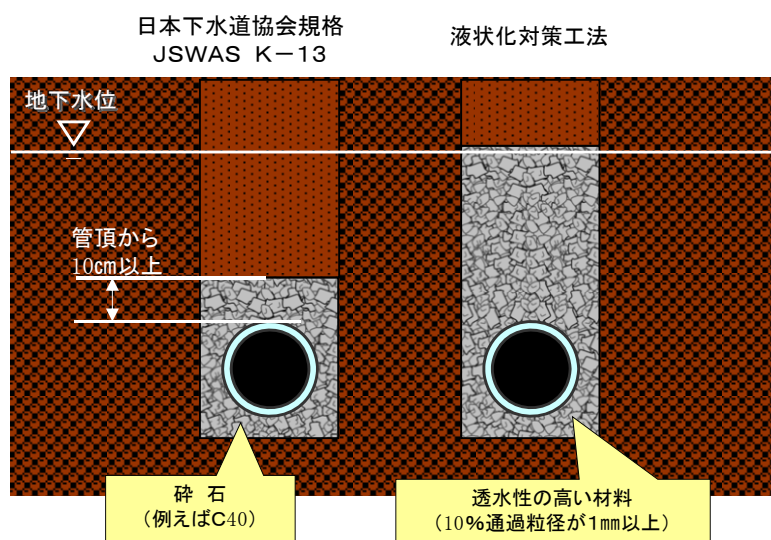


図-5 砕石による埋め戻し方法



写真-1  
標準施工（未対策）



写真-2  
液状化対策施工（被害なし）



写真-3  
液状化対策施工（被害有り）

調査にあたっては、対策済みながら若干の被害が確認された管きよについて、施工時の工事書類確認と当時の工事担当者へのヒアリングを実施した。この結果、使用した砕石の種類と、施工時の矢板引き抜きに関して問題があると推察された。

使用する砕石については、耐震指針において透水性の高い材料として 10%通過粒径  $D_{10} \geq 1 \text{ mm}$  の材料を推奨しているが、現場で使用されていたのは  $D_{10} \geq 600 \mu \text{ m}$  であり、細粒分が多く含まれていた。このため、液状化時の過剰間隙水圧の消散効果が低下し、被害につながったものと推察された。

矢板の引き抜きについては、引き抜きに伴い地山と埋戻し部に空隙が生じ、埋め戻し部の締め固めが緩んだ可能性が、当時の施工担当者により示唆されている。

### (3) 埋戻し土の固化

本工法は、埋戻し土に石灰やセメント系の固化剤を添加することで、埋戻し土の液状化を抑制しようとするものである。

今回被災地の中では、栗原市と東松島市で施工実績がある。両市の施工延長及び今回震災における被害延長を表-1 に示すとともに、両市における被災原因について調査した結果下記に示す。

表-1 栗原市と東松島市の被災状況

自治体名	整備延長 (m)	被災延長 (m)	固化対策延長(m)		被災率① (%)	被災率② (%)
				うち被災延長		
	①	②	③	④	②/①	④/③
栗原市	315,000	12,200	2,500	54	3.87	2.16
東松島市	142,000	13,410	19,662	336	9.44	1.71

市全域の被害率と固化工法を採用した路線の被害率を比較すると両市とも固化した箇所の被害率の方が低い。また、被害程度を見ても固化した箇所は、若干の路面異常が見られる程度であり、一定の液状化対策の効果があったものと考えられる。

以下に、固化工法施工箇所において被災した箇所の被害の発生原因について検討する。

#### ① 栗原市における被災原因分析

栗原市におけるセメント固化施工箇所と被災箇所を図-6 に示す。セメント固化対策延長 2500m に対して 54m が被災した。

被災箇所は、岩手宮城内陸地震時に被災し、本復旧時にセメント系固化剤による改良土を使用した鶯沢地区である。被害の程度について、固化施工済みの管きよでは、たるみ及び継ぎ手ズレが発生したが流下阻害にはなっていない。ただし、マンホールについては、固化施工済みの一部のマンホールで 4~11 cm の浮上が確認された。液状化未対策の浮上が 5~10 cm であり、ほぼ同程度の被害を受けている (写真-4、写真-5)。

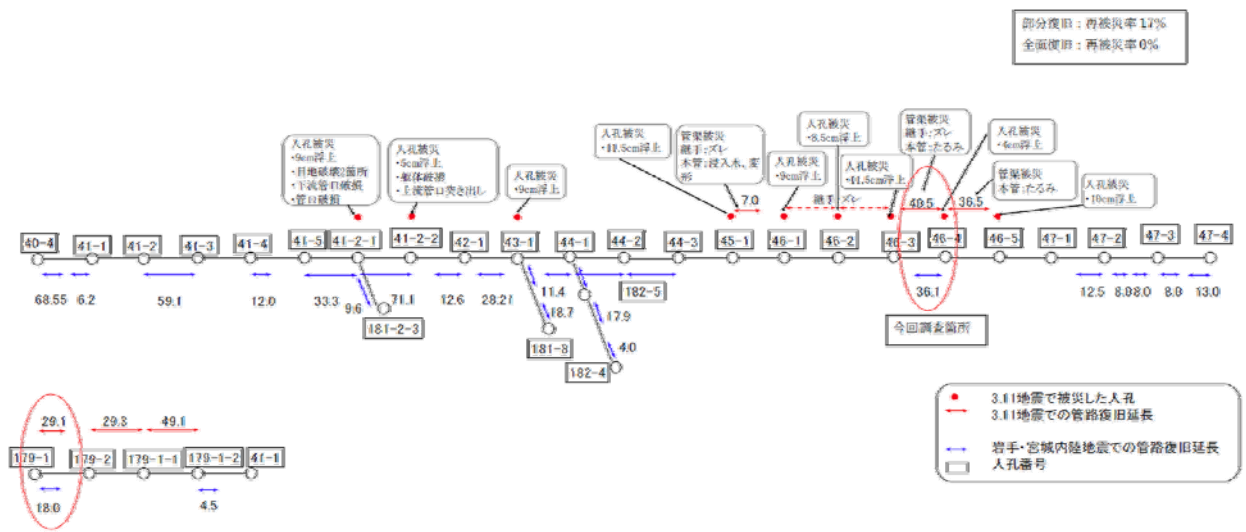


図-6 栗原市（鶯沢地区：固化工法施工箇所）における被災状況



写真-4 標準施工（未対策）



写真-5 液状化対策施工箇所（被災箇所）

被災原因を明らかにするために実施した、被災箇所における現地の土質調査及び被災状況の分析結果を述べる。

土質調査は、被災有り と 被害なし の 2 カ所について、標準貫入試験、一軸圧縮強度試験を行ったほか、セメント添加量を推定するための酸化カルシウム分析を実施した。

この結果、一軸圧縮強度については、表-2 に示す通り、1 断面当たりの平均一軸圧縮強度は 2 カ所とも基準値(50~100kPa)を下回る結果となったほか、調査深度が深い位置の土は特に強度が発現していなかった。N 値については、2 カ所とも同程度の値を示しているほか、セメント添加量は事前配合(50kg/m<sup>3</sup>)に近い混入率が確認された(表-3)。

表-2 栗原市における一軸圧縮強度試験結果

調査深度	被害有り		調査深度	被害なし		深度別 平均値
	孔-No1	孔-No2		孔-No3	孔-No4	
1.8～2.75m	76kpa	68kpa	1.5～2.3m	42.5kpa	18.4kpa	51.2kpa
2.75～3.35m	12.6kpa	12.2kpa	2.6～3.54m	12.6kpa	11.4kpa	12.2kpa
1断面当たり 平均値	44.3kpa	40.1kpa	1断面当たり 平均値	27.6kpa	14.9kpa	31.7kpa

表-3 栗原市土質調査結果一覧

調査項目	被害有り		被害なし	
	孔-No1	孔-No2	孔-No3	孔-No4
貫入試験 (JGS1443)	上部：5	上部：4	上部：6	上部：7
	下部：5	下部：13	下部：8	下部：8
酸化カルシウム (JISR5202)	—	上部： 推定セメント量=38.7kg/m <sup>3</sup>	—	上部： 推定セメント量=69.4kg/m <sup>3</sup>
	—	下部： 推定セメント量=43.9kg/m <sup>3</sup>	—	下部： 推定セメント量=34.5kg/m <sup>3</sup>

※上部：「被害あり」の孔はGL-1.8～2.75m、「被害なし」の孔はGL-1.5～2.3mの調査位置。

※下部：「被害あり」の孔はGL-2.75～3.35m、「被害なし」の孔はGL-2.6～3.54mの調査位置。

※酸化カルシウム分析結果は、分析で得られた乾燥ベースにおけるセメント量(%)と土質調査から得られた土の乾燥密度に基づき推定したセメント含有量を示した。

また、施工当時の状況についてヒアリングしたところ、セメント混合は現地攪拌（バックホウによる3回攪拌）であったこと、攪拌後の仮置きが1日程度あったことが分かった。また、管きよ及びマンホールのセメント固化範囲について、不具合のあった部分のみの布設替え（図-7、表-4、表-5）であったことから、スパン全体もしくはマンホール全周の固化が実施されておらず、今回の被害はこの場所に集中していることが分かった。

以上の結果を整理すると、セメントの必要添加量は満たしているものの、埋戻し時の施工上の問題により適正な強度が得られなかったことが推察される。

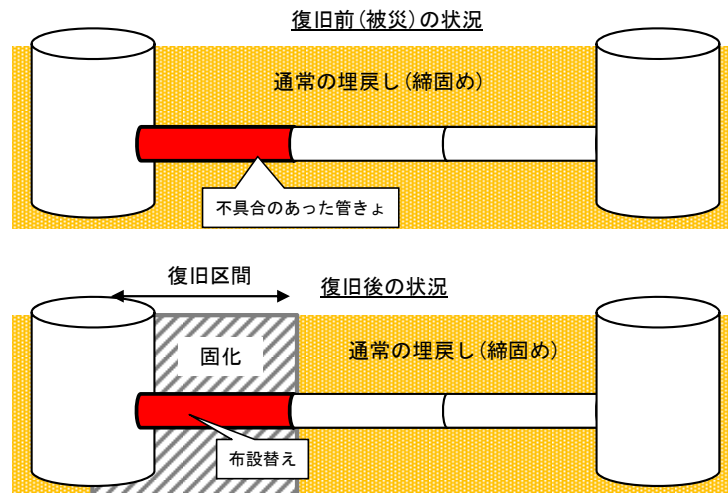




図-7 岩手宮城内陸地震時の復旧方法概念図

表-4 栗原市鶯沢地区（管きょ）における液状化対策施工延長と被害状況

管きょ	未対策	固化対策延長		計
		スパン全体対策	部分対策	
管きょ延長	47,662m	918m	1,218m	49798m
うち被災延長	423m	0m	54m	477m

表-5 栗原市鶯沢地区（マンホール）における液状化対策施工延長と被害状況

マンホール	未対策	固化対策延長		計
		全周対策	部分対策	
マンホール基数	8基	0基	92基	943基
うち被災基数	29基	0基	7基	36基

新潟県中越沖地震の際に設置された下水道地震対策技術検討委員会では、セメント系固化による埋戻し時の施工上の留意点が提言されており、この提言と現地土質試験結果及び現地の施工状況を照らし合わせると、主な原因として下記が考えられた。

- ・部分的な固化対策を実施したことから、十分な効果が得られなかった。
- ・セメント混合は現地攪拌（バックホウによるで3回攪拌）であったが、攪拌不足のため、1断面中の強度にばらつきが生じた。
- ・セメント攪拌後に仮置き（1日程度）したために、十分な強度が発現しなかった。
- ・深い位置の強度が低いことから、管周りの転圧が十分でなかった可能性がある。

（参考）

国総研の過年度研究によれば、セメント固化の強度発現に影響を与える因子として、地下水位、締め固め度、仮置き期間の3つが示され、各因子の影響度を評価した強度発現推定式が示されている。本被災箇所の現地状況（地下水位の影響有り、深い位置の締め固め度低い、仮置き1日）を加味し、強度発現率を推定すると、上部の強度（1.0）に対し、下部の推定強発現率度は20%となり、今回の土質試験結果とほぼ一致する。

## ②東松島市における被害状況

東松島市では、平成17年度から液状化対策として、主に2地区を対象に、セメント系固化による耐震化を進めている。

今回の震災における2地区の被災状況を整理すると、表-6の通りである。



表-6 施工年度別の整備延長と災害復旧延長

処理分区	大曲南処理分区			大曲北処理分区			合 計		
	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)
平成16年度	0	-	-	2,742	8	0.29	2,742	8	0.29
平成17年度	3,238	243	7.49	2,453	52	2.12	5,690	294	5.18
平成18年度	3,104	0	0.00	2,096	0	0.00	5,201	0	0.00
平成19年度	3,769	41	1.10	2,114	0	0.00	5,883	41	0.71
平成20年度	2,256	0	0.00	0	-	-	2,256	0	0.00
平成21年度	632	0	0.00	0	-	-	632	0	0.00
合計	12,999	284	2.18	9,405	60	0.64	22,404	344	1.54
固化対策延長 (平成17年度以降)	12,999	284	2.18	6,663	52	0.78	19,662	336	1.71

被災した箇所について詳細に分析すると、被災した管きょは平成17年度に施工されたものに集中していることが分かった。また、施工担当者へのヒアリングによれば、平成17年度は、耐震化事業に着手した初年度であり、施工管理において十分な指導ができていなかったとして、翌年度から事前配合の立ち会いや指示等の適正化を図ったとのことである。この結果、平成18年度以降の施工箇所については、ほとんど被害がない。

施工管理の適正化において留意した事項は下記の通り。

- ・現地でのセメント混合時の立会い（全数量に対して実施）
- ・現場発生土毎（1工事あたり3箇所）に一軸圧縮強度試験を行い、セメント配合量を決めた。

#### （4）その他の埋め戻し工法

近年、上記の埋め戻し3工法に加え、液状化対策工法として流動化処理土や自硬性安定液等の施工実績が増えつつある。

流動化処理土や自硬性安定液は、水及びセメント系固化材と、発生土もしくはベントナイト等を混合攪拌することで高い流動性を持たせるとともに、高い施工性（転圧不要）と高い強度を有する材料である。転圧が困難な狭小な空間や液状化対策として広く公共事業で採用されており、これらを用いた埋め戻しは「埋め戻し部の固化」に分類される。

流動化処理土は、国土交通省下水道部で実施中の下水道クイックプロジェクトの新技术として平成20年度に技術評価が終了し、平成23年度末までに22自治体が採用している。また、自硬性安定液は、約400自治体60km以上の下水道での実績がある（メーカー等ヒアリング）ことから、下水道における液状化対策の新材料として今後の活用が期待される。

### 3-2 埋戻し3工法等における今後の課題

今回震災の被災地における埋戻し3工法の実施箇所は、極限られた箇所でのみであった。被害状況を確認したところ、交通障害や流下阻害等の大きな被害がなかったことから、一定の効果があったものとする。しかし、一部の管きよでは、施工上及び施工管理上の問題から液状化を防止するために必要な一定の基準を満たしていない箇所が確認された。また、工法の理解が不足しており、誤った施工をしている例も散見された。

今後の埋め戻し3工法の採用においては、平成20年に設置された下水道地震対策技術検討委員会で、埋戻し3工法に関する施工上の留意点（下水道地震対策技術検討委員会報告書、平成20年10月）をとりまとめており、引き続きこの提言の徹底を図るほか、前出の実態を踏まえ、下記について再検討する必要がある。

- ① 施工管理上の問題と解決策を検討する。
- ② 現場の施工条件等により、求める基準の確保が困難な場合の、工法の選択方法を検討する。特に、締め固め工法については、確実に90%以上の締め固め度を得ることが困難な場合があるため、採用に当たっては十分に注意が必要である。
- ③ 工法の技術的な理解度を向上させるためのマニュアル等充実化を行う。

また、従来の埋め戻し3工法以外にも液状化対策としての効果が期待できる、流動化処理土や自硬性安定液の採用についても検討が必要である。

## 4. 東日本大震災におけるマンホール液状化対策工法の現状と課題

### 4-1 マンホール液状化対策技術の実績

マンホール液状化対策工法における施工実績について、業者ヒアリング及びインターネットで調べた結果を表7に整理する。表中の施工実績については、各工法区分に分類される主な各社工法（施工実績の多い工法）毎の施工実績の総数を計上した。

なお、埋め戻し土の締め固め及び固化、遮水壁、土の移動防止については、施工実績に関する統計データや取り扱い業者が見つからなかったため、ここでは省略する。なお、遮水壁及び土の移動防止については、その実績は極めて少ないものと推察される。

表7 マンホール液状化対策工法の施工実績

工法区分	過剰間隙水圧消散	重量化	杭・アンカー	遮水壁	土の移動防止
主たる工法数	4工法	3工法	2工法	—	—
施工実績	約9000基	約1000基	2基	—	—
うち東北3県	約40基	約200基	0基	—	—
うち関東3都県	約8700基	約500基	0基	—	—
採用自治体数	約20	約30	2		

※主たる工法数：当該工法に分類される施工実績の多い主たる各社の工法数

※施工実績：下水道事業における平成20～22年度の全国施工実績（試験施工除く）

※東北3県：岩手県、宮城県、福島県

※関東3県：茨城県、千葉県、東京都

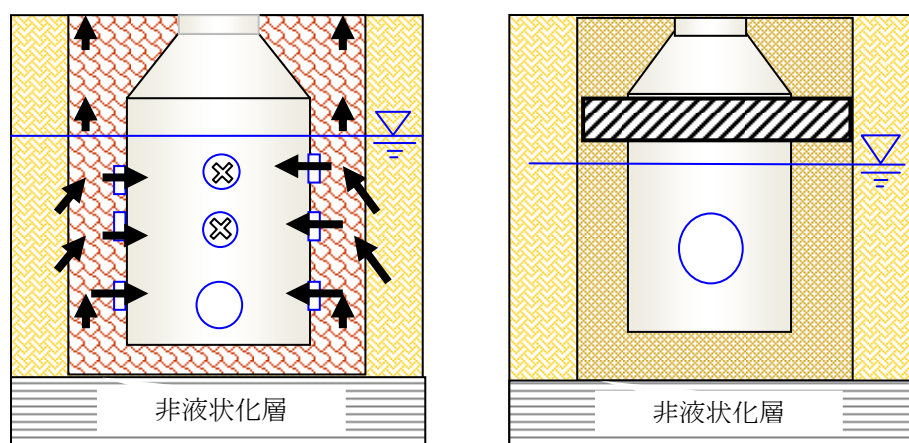


図-8 過剰間隙水圧消散工法と重量化工法の概念図

表-5 に示す通り、近年の施工実績では、過剰間隙水圧消散工法と重量化工法（図-8）が大半を住めており、その他の工法については実績が極めて少ない。

過剰間隙水圧消散工法は、東京都での採用が全体の9割以上を占めているほか、約20の自治体においても広く採用され、施工実績も増加傾向にある。主に、既存マンホールの耐震化に採用されている。

重量化工法は、施工実績こそ過剰間隙水圧消散工法に及ばないが、1000基を超える実績を有している。採用自治体数は、過剰間隙水圧消散工法より多い約30自治体と広く採用され、着実に施工実績も増えている。なお、マンホール底版を重量化する新設適用タイプと、マンホール上部（斜壁付近）やマンホール内部に重量ブロックを設置する既設適用タイプがあり、施工実績としては既設適用タイプが大半を占める。しかしながら、耐震指針において、既存施設の液状化対策として扱われていない。

なお、新設マンホールの耐震化については、詳細な公表データがないものの、経済性や施工性の面でメリットがあるとともに確実な耐震効果が期待できる、埋め戻し材の締固めや固化、碎石埋め戻しを採用するケースが多いものと推察される。

## 4-2 東日本大震災におけるマンホール被害状況

### (1) 東日本大震災におけるマンホール被害総数

東日本大震災では、東北から関東（沿岸部の埋立地）にかけての広い範囲で液状化現象が発生し、多くのマンホールに被害が生じた（写真-6、写真-7）。

国土技術政策総合研究所が実施した被災自治体に対する被害状況調査では、58自治体で液状化現象によるマンホール躯体ズレや突出、沈下が発生しており、被害総基数は6000基（重複あり）を超えている（表-8）。



写真-6 浦安市のマンホール突出



写真-7 栗原市のマンホール突出

表-8 東日本大震災における被害マンホール基数

被害項目	躯体ズレ	突出	沈下	計
被害基数	2109	2908	1682	6699

※被害基数の合計は、各被害項目の単純合計（重複計上）。

※国土技術政策総合研究所調査結果に基づく。

## （2）東日本大震災における耐震化済みマンホールの被害

施工実績の多い過剰間隙水圧消散工法と重量化工法の2工法については、東日本大震災の被災地域内にも施工されている。

震災後、被災自治体に設置された耐震化済みマンホールについては、各工法の関係団体（工法協会、メーカー等）が、被害の有無について独自に調査を実施している。ここでは、関係団体が実施した調査結果や国土技術政策総合研究所が実施した調査結果を整理する。

### 1) 過剰間隙水圧消散工法

過剰間隙水圧消散工法は、主に東京都での採用が多い。東日本大震災では、江東区や江戸川区などの東京湾沿岸部の埋め立て地で大規模な液状化が発生しており、これら液状化が確認された地区に設置済みの耐震化済みマンホール48基について、路面の異常やマンホール内の下水流下状況、過剰間隙水圧の消散効果を確認するための調査が関係団体①（表-9）により行われている。

この調査結果によると、調査した48基の全マンホールで被害が発生していなかったことを確認したと報告されている。また調査した48基の内、過剰間隙水圧の消散が確認されたマンホールが36基あり、消散機能が適正に発揮され、マンホールの浮上抑制効果があったと推察された。この他、石巻市や東松島市においても同様の調査が実施されており、24基のマンホールを調査し被害はなし、内16基で過剰間隙水圧の消散跡が確認できている。

また、同一工法区分であるが、別工法を開発している関係団体②も、自社工法施工箇所について路面異常有無の調査（計24基）を実施しており、被害がないことを確認している。

## 2) 重量化工法

重量化工法は、東北3県の他、関東3県においても施工実績を有する。東日本大震災で特に被害の大きかった宮城県（栗原市、石巻市、東松島市など）や浦安市にも多くの施工実績があり、国土技術政策総合研究所の指導の下、関係団体が被害調査を実施した。

耐震化済みマンホールの内、①本震の震度が6強以上、②調査対象マンホール周辺で液状化被害が確認されている、③調査対象マンホールに近接または同一路線上に未対策マンホールがある、の条件を満たす場所として、栗原市内3地区、東松島市1地区の4地区における21基のマンホールを抽出し、①マンホールの周辺地盤変位を含めた隆起測定、②同一路線におけるマンホール高さの測定、③マンホール内および管口の破損状況、④流下観察、⑤マンホール周辺の家屋・道路構造物等の損傷状況の詳細調査を実施した。

この結果、周辺地盤の液状化により、正確な突出及び沈下の判断が困難な箇所があったが、流下阻害や交通障害を招くような被害は認められなかった。

表-9 東日本大震災における耐震化済みマンホールの被害調査結果一覧

工法区分	調査者	調査対象	被害有無	備考
過剰間隙 水圧消散	関係団体①	詳細調査：72基	なし	東京湾沿岸, 石巻市, 東松島市
	関係団体②	一次調査：24基	なし	栗原市, 登米市, 石巻市, 女川町
重量化	関係団体③・国総研	一次調査：309基	なし	宮城県, 浦安市
		詳細調査：21基	なし	浦安市, 栗原市, 東松島市

※関係団体の公表資料に基づく。

### 4-3 今後の普及に向けた考え方

東日本大震災では、東北から関東にかけての広い範囲で発生した液状化により、多くの管きょ及びマンホールが被害を受けた。

管路施設の耐震化率は14%と低く、今回の地震において被害を受けた管きょやマンホールのほとんどは未耐震であったと考えられる。

今後想定される東海・東南海・南海等の巨大地震に備え、既設マンホールを中心とした地震対策（耐震化）をより積極的に進める必要があり、これには下水道管理者たる自治体が耐震対策により取り組みやすいマニュアル整備が必要である。

これまで耐震指針においては、マンホール液状化対策の記述があるものの、下水道での実績がないものが含まれるなど、一部実態と乖離している部分がある。また、具体的な対策事例やその設計手法については不足している部分が多い。

よって今後の耐震指針等の改訂にあたっては、下記の事項に留意した記述が求められる。

### ① マンホール液状化対策工法の事例再整理

現行耐震指針においては、各種の工法が参考として紹介されているが、下水道での実績や信頼度においては工法間で大きな差がある。前述の通り、マンホールの液状化対策として、重量化工法及び過剰間隙水圧消散工法は施工実績も多く、今回震災での効果確認も進んでいることから、他工法との差別化を図ることも考慮すべきである。

また、既存施設のマンホール液状化対策工法について、施工実績の多い重量化工法が記載されていないため、工法事例の追加を図る必要がある。

### ② マンホール液状化対策工法の設計手法の確立

マンホール液状化対策工法の設計については、共同溝設計指針や下水道耐震設計計算例を参考にするとの記述があるのみで、具体的な設計照査方法の解説がない。計算例だけでなく、適切な設計手法の確立を行い耐震指針に反映させるべきである。

### ③ 液状化対策工法の施工管理手法

液状化対策を施工する場所は、交通量の多い重要路線、高い地下水位、軟弱な地盤等の施工上の問題を抱える場合が多い。液状化対策の効果を確実に発揮するには、施工場所毎の施工条件に応じた採用工法及び施工方法を選択する他、適切な施工管理が求められる。よって、施工時の施工管理方法及び品質管理方法を明確にし、指針等に反映させるべきである。