

7 参考文献

- 1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会：下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書、平成24年3月
- 2) 中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）、2012.8.29
- 3) 内閣府中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）、平成25年3月18日
- 4) 国土交通省水管理国土保全局下水道部ホームページ：
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/seweraage/crd_seweraage_tk_000133.html
- 5) （公社）日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-、平成26年7月
- 6) 山形県企業局：山形県企業局水道施設耐震化計画、平成25年3月
- 7) 中尾信博：高松市における配水管網評価業務について、ダクタイト鉄管、第95号、平成26年10月
- 8) 徳島県企業局：徳島県企業局工業用水道事業の震災対策～南海トラフ巨大地震等に備えて～、平成26年度優良地方公営企業総務大臣表彰事例発表
- 9) 静岡市建設局道路部道路計画課：道路橋維持管理ガイドライン、平成24年3月
- 10) 岐阜県県土整備部河川課：岐阜県河川インフラ長寿命化計画、平成26年3月
- 11) 文部科学省：学校施設耐震化推進指針
- 12) 瑞浪市：瑞浪市公共建築物・構造物耐震化計画、平成21年1月
- 13) 国土交通省水管理国土保全局下水道部ホームページ：
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/seweraage/crd_seweraage_tk_000135.html
- 14) 下水道政策研究委員会：新下水道ビジョン、平成26年7月
- 15) JIS Q 31000:2010 リスクマネジメント-原則及び指針、2010年9月21日
- 16) （公社）日本下水道協会：下水道維持管理指針 総論編-2014年版-、2015.9
- 17) 田中修司・亀田弘行・関口隆司：下水道管路の耐震対策優先対象の決定に関する検討、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、1996年1月
- 18) 東京都水道局：実態調査結果：
<https://www.waterworks.metro.tokyo.jp/kurashi/shiyou/jouzu.html>
- 19) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部、国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-、平成27年11月
- 20) 国土技術政策総合研究所：平成22年度下水道関係調査研究年次報告書集、国総研資料、No.654、平成23年9月
- 21) 茅ヶ崎市：茅ヶ崎市公共下水道管路施設長寿命化基本計画
- 22) 下水道地震・津波対策技術検討委員会：下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言、平成23年4月12日
- 23) （公社）日本下水道協会：下水道の地震対策マニュアル2014年版、平成26年7月

【参考資料－１】

下水道管路の耐震対策工事費用

目 次

1	目的.....	2
2	耐震対策工法の種類.....	3
2.1	マンホール継手部耐震化工法概算事業費.....	13
2.2	マンホール更生工法概算事業費.....	14
2.3	マンホール浮上防止概算事業費.....	14
2.4	下水道管きよ更生工法概算事業費.....	16

1 目的

管路施設の耐震化工事に係る概算費用算出の目安とするために、既設管きょおよびマンホールを対象とした耐震化工法等について、工法技術資料の収集やメーカーヒアリングにより適応範囲(管径・管種, マンホール形状寸法等)、施工上の制約条件(道路状況・交通量、流量・推進等)、管径・埋設深さごとの施工費用・工期について整理した。

2 耐震対策工法の種類

既設管における耐震対策は、施設の部位毎に工法が大きく異なるため、図-1 に示すとおり、マンホール接続部・継手部耐震化(抜けや屈曲の抑制等)、マンホールの浮上対策、下水道管きよの更生(継ぎ手の抜け防止、土砂・地下水の浸入防止等)、マンホール更生工法(目地ズレ抑制、土砂・地下水の浸入防止等)に大別することができる。

なお、埋め戻し土の締固めや砕石埋め戻し、セメント等による埋め戻し土の固化に代表される埋め戻し工法は、一般的には新規整備管に採用されるものであり、その施工単価は通常の開削工法による布設単価と同等と考えられることから、ここでは省略する。

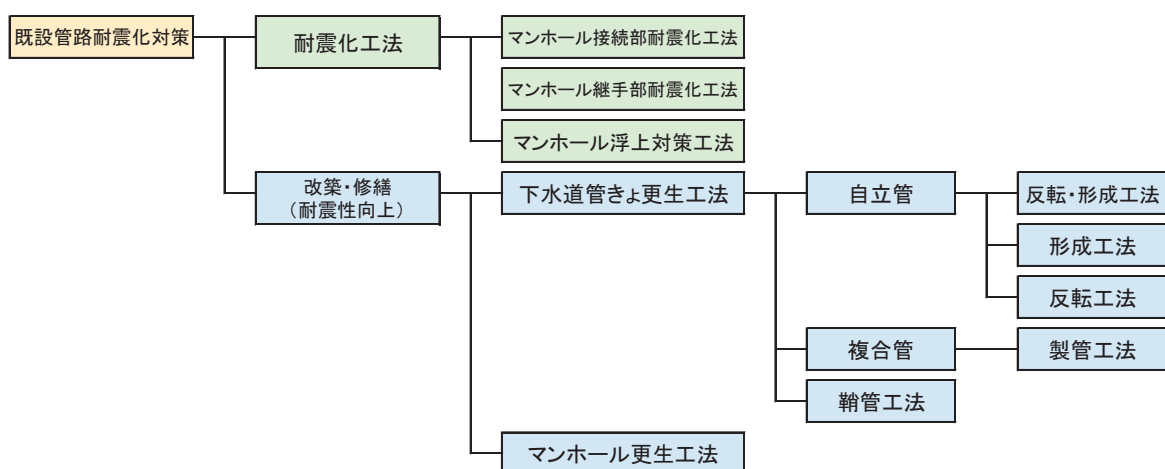


図-1 既設管路施設耐震対策工法大別図

上記の各種工法内には、さらにメーカー毎に開発された多くの工法(図-2)が含まれていることから、インターネットやメーカーカタログ、建設審査証明書等で公開されている情報を収集し、適用範囲や適用可能条件(制約条件)等を整理した(表-1~表-8)。

なお、本報告書に記載した各工法のデータは、平成 26 年度時点の情報に基づく参考資料であり、最新情報は取り扱いメーカー等に確認すること。また、国内に存在する全ての工法が網羅されているとは限らないことにも留意すること。

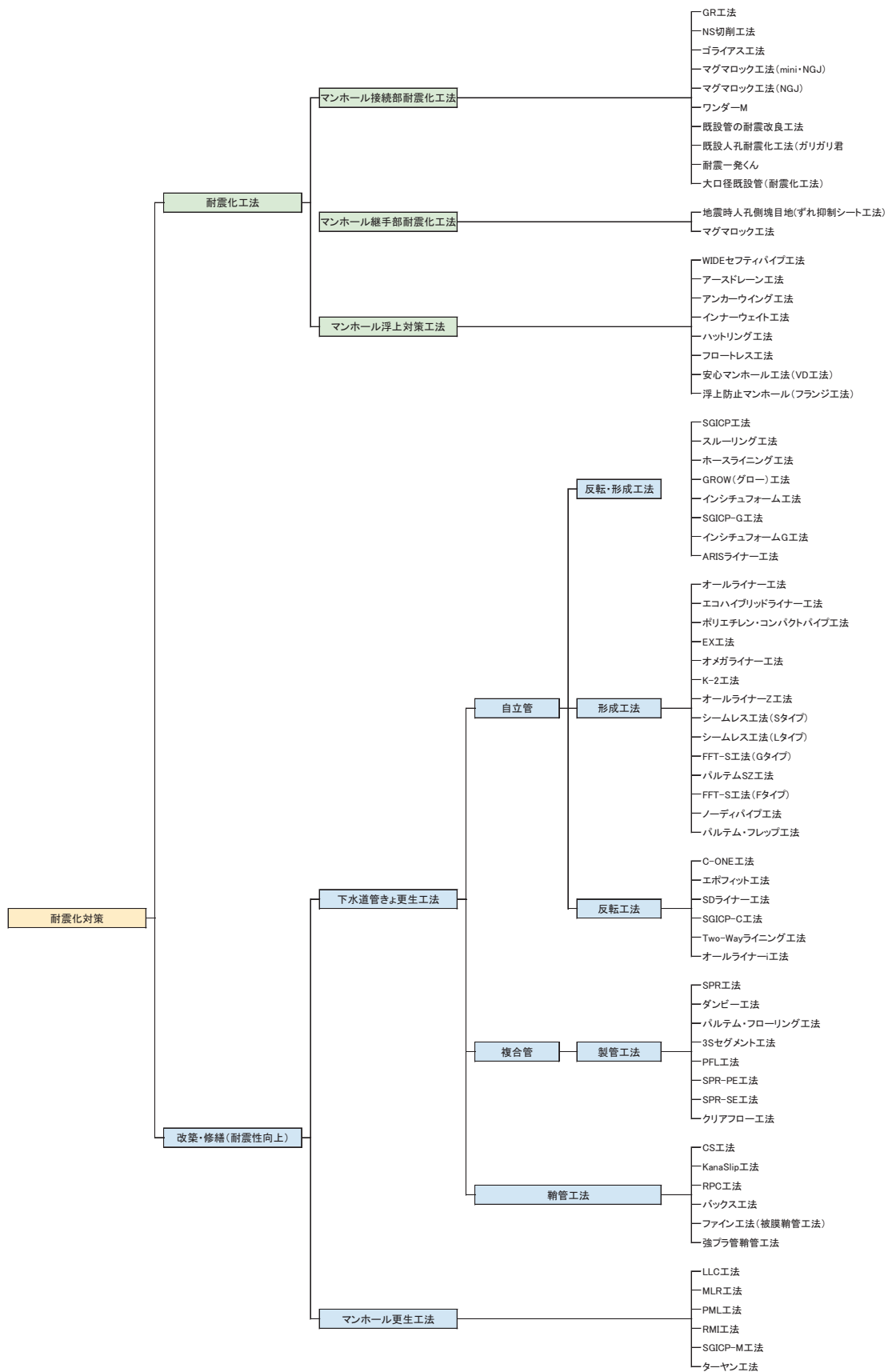


図-2 耐震対策工法の種別

表-1 マンホール接続部耐震化工法一覧表

区分	細目	マンホール接続部耐震化工法									
		GR工法	NS切削工法	ゴライアス工法	マグマロック工法 mini・NGJ	マグマロック工法 NGJ	ワンダーM	既設管の耐震 改良工法	既設人孔耐震化 工法(ガリガリ君)	耐震一発くん	大口既設管 耐震化工法
既設 管きよ仕様	管径(mm)	Min	φ200	自立管: φ200	φ250	φ800	φ200	φ150	φ250	φ250	φ800
		Max	φ300	自立管: φ400	φ700	φ3000	φ400	φ400	φ700	φ800未満	φ1200
既設 マンホール 仕様	管断面形	円形管	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		矩形管	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		馬蹄形	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		卵形管	-	-	-	-	-	-	-	-	-
管材料	コンクリート管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
既設 マンホール 仕様	形状寸法	人孔: 900~1500mm (角形人孔) 壁厚: 70mm以下 蓋径: 600mm以上 人孔深: 10m	人孔: 900×600(楕円) 900~1500mm(円形) 壁厚: 250mm以下 蓋径: 600mm以上 人孔深: 5m	人孔: 900mm以上 壁厚: 75mm以上 蓋径: 600mm以上	人孔: 900mm以上 蓋径: 600mm以上	人孔: 1200mm以下 壁厚: 100mm以下 蓋径: 600mm以上 人孔深: 5m	人孔: 900mm以上 (円形・矩形) 壁厚: 200mm以下 蓋径: 600mm以上 人孔深: 10m	人孔: 900mm以上 壁厚: 300mm以下 蓋径: 600mm以上 人孔深: 5m	人孔: 900mm以上 壁厚: 200mm ~300mm以上 蓋径: 600mm以上 人孔深: 5m(~400) 10m(~800未満)	人孔: 1200mm以上 壁厚: 250mm以上 蓋径: 600mm以上 人孔深: 10m以下	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
既設 管きよ損傷	破損 箇所	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
既設 管きよ損傷	浸入水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
既設 管きよ損傷	カサミ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
周辺環境	排水状況	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
周辺環境	その他	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
耐震性	審査証明	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	
		○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	
		2010年7月	2014年3月	2014年3月	2014年3月	2010年3月	2010年3月	2011年3月	2011年3月	2012年3月	

表-2 マンホール更生工法およびマンホール継手部耐震化工法一覧表

区分	細目	マンホール更生工法							マンホール継手部耐震化工法	
		LLC工法	MLR工法	PML工法	RMI工法	SGICP-M工法	ターヤン工法	地震時人孔崩壊目地 すれ抑制シート工法	マグマロック工法	
既設マンホール 仕様	形状寸法	1号~3号	1号~3号	1号~3号	1号~2号	1号~3号	1号~2号	1号~2号	円形縦立マンホール 円形横置マンホール 内径 φ900~1800mm	
	矩形	-	-	非円形マンホール可能	-	-	-	-	-	
	深度(m)	-	-	-	10	-	-	-	-	
既設マンホール 状況	ズレ(mm)	-	-	-	15	-	-	-	-	
	ひび割れ	劣化箇事前補修	劣化箇事前補修	PLモルタル注入	-	円周・軸方向:5mm未満 縦置タイプ 円周・軸方向:5mm以上 横置タイプ	-	-	-	
	水位(mm)	-	-	-	インバート層程度	インバート層程度	-	-	-	
	既設管きよ(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	
	スラブ	-	-	-	撤去	撤去	-	-	-	
	内副管	-	-	-	撤去	撤去	-	-	-	
	5時間施工での可否	-	1号マンホール深さ5m 2日	-	-	1号マンホール深さ5m 縦置タイプ=1日 横置タイプ=2日	-	-	-	
施工条件	道路幅員	-	-	-	-	-	-	-	-	
	掘削作業	無	無	無	蓋~斜壁の撤去	無	無	無	無	
	流速・水深	-	-	-	-	-	-	-	-	
周辺環境	作業帯(幅m×長さm)	-	3×10(蓋圧洗浄時) 3×15(内一ルド設置時)	2.5×5.0	1号: 2.2×2.2(掘削層) 2号: 2.5×2.5(掘削層)	3.0×20.0	3.0×15.0	-	-	
	最大工事車両台数	-	2台(高圧洗浄時) 1台(内一ルド設置時)	1台	記載なし	3台	3台	-	-	
耐震性	L1、L2への応答性	震度5程度 (最大加速度400gal以下)	O(L1,2)	-	O(L1,2)	-	-	O(L1,2)	O(L1,2)	
	審査証明	2011年3月	2013年3月	2010年3月	2014年3月	2011年3月	2013年3月	2014年3月	2014年3月	

表-3 マンホール浮上対策工法一覧表

区分		マンホール浮上対策工法									
		WIDEセフティパイプ工法	アースドレーン工法	アンカーウイング工法	インナーウェイト工法	ハットリング工法	フロートレス工法	安心マンホール工法 (VD工法)	浮上防止マンホールフランジ工法		
既設マンホール様	形状寸法	1号(900)~5号(2200)	1号(900)~4号(1800)構内マンホールへの対応可能	0号(750)~1号(900)、2号(1200)~5号(2200) : 適詳細設計要)	1号(900)~4号(1800)	1号(900)~3号(1500); 組立1号~2号; 側溝	1号(900)~3号(1500)	組立: 1号(900)~9号(1500) 3号への対応は、協会確認 可(詳細設計要)	0号(750)~2号(1200); 適 3号(1200)~5号(2200) 可(詳細設計要)		
	矩形	-	矩形マンホールへの対応可能	-	-	-	-	-	-		
既設マンホール状況	深度(m)	-	11.0 (地盤~人孔底面下部)	-	-	-	-	-	充填材との釣り合い深さまで		
	傾き(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ズレ(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ひび割れ	-	-	-	-	-	-	-	-		
	滞水深	-	-	-	-	-	-	-	-		
	水位(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-		
	既設管きよ(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-		
ステッピング(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-			
施工条件	内副管	-	-	-	-	-	-	-	外副管上部取付		
	施工時間制限	-	人工ドレーン1本(φ100mm・長さ30m) 40分以内で打設	土質及び管入長ごとに算出	マンホール形状、設置高さより算出	-	-	-	-		
	道路幅員	-	-	-	-	-	-	-	-		
	掘削作業	無	有 (蓋~斜壁の撤去: 無)	有 (蓋~斜壁の撤去: 無)	無	有	無	有	-		
	地下水位(m)	水頭差=5.9m以下	-	-	-	-	-	-	-		
周辺環境	作業帯(幅m×長さm)	作業面あり: 3.5×10.0 作業面なし: 3.5×5.0	人工ドレーン打設時 2.5×5.0	3.2×11.0	1.0×1.0 (インナーブロック設置時)	2.50×15.00	-	2.85×11.50	-		
	最大工事車両台数	作業車両あり: 1台	-1台	1台	1台	ダンプトラック: 1台	-	ダンプトラック: 40: 1台 バックホウ: 1台	-		
耐震性	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)	O(L1,2)		
審査証明	2008年6月 (公募型共同研究)	2012年3月	2008年6月 (公募型共同研究)	2012年6月 (土木学会技術評価)	2009年7月 (土木学会技術評価)	2012年5月	2011年6月 (土木学会技術評価)	2008年6月 (公募型共同研究)			

表-4 下水道管きよ更生工法(自立管①)一覽表

区分	更生管選定条件										自立管					形成工法
	細目	SGIOP工法	スルーリング工法	ホースライニング工法	GROW(グロウ)工法	インジチュフォーラム工法	オールライナー工法	C-ONE工法	エポック工法	SDライナー工法	エコハイブリッドライナー工法	ポリエチレン・コンパウトハイブリッド工法	形成工法			
既設管きよ仕様	管径(mm)	Min	反転工法 (標準・選硬化200 ノンスチレン300 形成工法 (標準・選硬化200 ノンスチレン200)	反転工法 200 形成工法 200	反転工法 150 形成工法 150	反転工法 200 形成工法 200	反転工法 (スタンダード)150 (ガラス強化)150 形成工法 (スタンダード)150 (ガラス強化)150	150	200	150	200	200	200	200		
		Max	反転工法 (標準・選硬化2100 ノンスチレン300 形成工法 (標準・選硬化800 ノンスチレン300)	反転工法 1200 形成工法 800	反転工法 1500 形成工法 800	反転工法 600 形成工法 600	反転工法 (スタンダード)1200 (ガラス強化)700 形成工法 (スタンダード)600 (ガラス強化)480	1500	1100	600	700	350	600			
既設管きよ断面形	管材料	円形管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		矩形管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
既設管きよ仕様	管材料	コンクリート管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		鉄管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
既設管きよ仕様	管材料	鋼管・鉄管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		最大延長	反転工法(1回当り) (標準・選硬化) 200~800 115m 900~1500 100m 1600~2100 20m 形成工法(1回当り) (標準・選硬化) 50m (ノンスチレン) 50m	反転工法 150m 形成工法 150~500 100m 600~800 80m 90m	反転工法 200~800未満 140m 800~1200未満 80m 200~800未満 90m	反転工法 90m 形成工法 50m	反転工法 70m 形成工法 50m	250まで 175m 600まで 120m 1500まで 95m	100	60	112	150~500 100m 600~800 80m 300~350 50m	200~250 100m 350~600 65m			
既設管きよ仕様	管材料	最大延長	30	30	40	20	30	30	30	20	25	30	25	25		
		最大寸法	30	30	30	20	30	30	30	20	25	30	25	25		
既設管きよ仕様	管材料	最大曲がり	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
		最大断面	120	100	100	150	100	100	100	100	100	120	80	30		
既設管きよ仕様	管材料	液漏・顕露部への対応性	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		腐食	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
既設管きよ仕様	管材料	浸入圧(Mpa)	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	標準 透水 0.07 蒸気 0.05	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05		
		浸入量(ℓ/分)	2.0	0.5	2.0	3.0	3.0	標準 透水 3.8 蒸気 2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0.5		
既設管きよ仕様	管材料	内径(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		滞水深(mm)	50以下(反転) 70以下(形成)	70以下(反転) 70以下(形成)	150~250未満 150以下 250~1500 240以下	50	100以下 (部分滞水)	100以下 (部分滞水)	50以下 (部分滞水)	50以下 (部分滞水)	100以下 (部分滞水)	50以下 (部分滞水)	-	50以下		
周辺環境	管材料	排水状況	最大SS(μm) 施工時排水(°C)	2.5×10.0(上流) 2.5×15.0(下流)	2.5×15.0(標準) 2.5×6.0(到達)	2.5×30.0(標準) 2.5×10.0(到達)	3.0×10.0(標準) 2.0×2.0(到達)	3.0×20.0(標準) 2.0×2.0(到達)	2.5×10.0(標準) 2.5×7.0(到達)	2.5×15.0(上流) 2.5×7.0(下流)	3.0×20.0(上流) 2.0×2.0(到達)	2.5×15~25(標準) 2.5×10~20(到達)	2.5×23.0(標準) 2.5×10.0(到達)	3台(標準) 1台(到達)		
		その他	作業帯(幅m×長さm)	1台(上流) 2台(下流)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(上流) 1台(下流)	2台(上流) 1台(下流)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	3台(標準) 1台(到達)	
周辺環境	管材料	最大工事重荷台数	2台(上流) 2台(下流)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)	2台(標準) 1台(到達)		
		耐震性	OL1,2への適合性	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2	OL1,2		
周辺環境	管材料	審査証明	2014年3月	2014年3月	2010年3月	2014年3月	2010年3月	2014年3月	2011年3月	2014年3月	2014年3月	2014年3月	2011年3月			

表-5 下水道管きよ更生工法(自立管②)一覽表

更生管選定条件		自立管											
区分	細目	形成工法		形成工法		形成工法							
		オンガイナイ工法	SGICP-G工法	K-2工法	インジチュフォーラムAG工法	オールライナーZ工法	シームレス工法(Sタイプ)	シームレス工法(Lタイプ)	FFT-S工法(Gタイプ)	FFT-S工法(Fタイプ)	ノーディバイブ工法	バルナム・フレップ工法	
管径(mm)	Min	150	反転工法 200 形成工法 200	200	反転工法 (スタンダード)150 形成工法 (スタンダード)150 形成工法 (スタンダード)150	200	200(値七管以外) 200(値七管)	200	150	150	200	200	200
	Max	400	反転工法 800 形成工法 700	600	反転工法 (スタンダード)800 形成工法 (スタンダード)800 形成工法 (スタンダード)800 形成工法 (スタンダード)450	1000	800(値七管以外) 600(値七管)	800	800	700	700	300	300
既設管きよ仕様	田形管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	矩形管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	卵形管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
管断面形	楕円管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	楕円管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
管材料	鋼管・鍍銀管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	鋼管・鍍銀管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
施工延長(m)	最大延長	150~250 100m 350~380 60m 400	反転工法 200~800 形成工法 70m 200~600 70m 700	200~350 120m 400~600 80m	反転工法 70m 形成工法 50m	200~800 100m 900~1000 70m	100	100	150~450 100m 500~700 90m 800	150~450 100m 500~700 90m 800	150~450 100m 500~700 90m 800	100	100
	最大段差	25	30	30	30	20	20	20	30	25	25	25	200.20 250.25 300.30
既設管きよ状況	ズレ(mm)	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6
	曲がり(°)	50	反転工法 80 形成工法 120	100	反転工法 100 形成工法 50	50	50	50	110	100	100	50	50
既設管きよ損傷	破損	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	腐蝕	0.05	0.08	0.05	反転工法 0.08 形成工法 0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
既設管きよ損傷	浸入水	2.0	2.0	2.0	反転工法 2.0 形成工法 2.0	3.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5
	内径(%)	50以下 (部分漏水)	70以下 (部分漏水)	70以下 (部分漏水)	反転工法 100 (部分漏水) 形成工法 50 (部分漏水)	100以下 (部分漏水)	100以下 (部分漏水)	100以下 (部分漏水)	120以下	100以下 (部分漏水)	100以下 (部分漏水)	100以下 (部分漏水)	50以下 (部分漏水)
周辺環境	排水状況	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	その他	最大SS(ppm) 施工時排水(°C) 作業帯(幅m×長さm) 最大工事車両台数	2.5×15~25(米) 2.5×10~20(米) 1台(到達) 1台(到達)	2.5×8.0(上流) 2.5×12.0(下流) 1台(上流) 2台(下流)	3.0×20.0(到達) 2.0×5.0(到達) 2台(到達) 1台(到達)	2.5×10.0(上流) 2.5×7.0(下流) 2台(上流) 1台(下流)	2.5×3×15~20(米) 2.0×2.0(到達) 2台(到達) 1台(到達)	2.5×3×15~20(米) 2.0×2.0(到達) 2台(到達) 1台(到達)	2~2.5×12(入口) 2.0×5.0(出口) 2台(入口) 1台(出口)	3.0×10.0(入口) 2.0×5.0(出口) 1台(入口) 1台(出口)	2.5×25.0(到達) 2.5×10.0(到達) 2.5×30.0(到達)	2.5×25.0(到達) 2.5×10.0(到達) 2.5×30.0(到達)	
耐震性	L1、L2への適合性	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)	○(L12)
	審査証明	2014年3月	2014年3月	2013年3月	2010年3月	2013年3月	2014年3月	2014年3月	2012年3月	2014年3月	2010年12月	2012年12月	2014年3月

表一6 下水道管きよ更生工法(自立管③)一覽表

更生管適用条件		自立管			
区分	細目	SGICP-C工法	Two-Wayライニング工法	オールライナー工法	反転・形成工法
既設管きよ仕様	管径(mm)	800	200	200	200
	Max	1350	600	600	800
既設管きよ仕様	管断面形	○	○	○	○
	管断面	-	-	-	-
	管材料	○	○	○	○
	管材料	-	-	-	-
既設管きよ状況	最大延長(m)	50	90	200~250 245m 300~350 170m 400~600 165m	反転工法 200~300未満 150m 300~600未満 100m 600~800以下 80m 形成工法 200~800以下 80m
	最大段差	管径の5%以下	30	20	30
既設管きよ環境	最大曲り	管径の5%以下	-	-	-
	最大曲り(°)	5	10	10 (45°以下の曲率)	10
	隙間(mm)	100	100	200	100
	破損・崩落部への対応性 既設管きよへの対応性	-	-	-	-
既設管きよ損傷	浸入水	-	0.03	0.04	0.03
	浸入量(ℓ/分)	-	0.5	3.8	0.5
	内径(%)	-	-	-	-
周辺環境	滞水深(mm)	管径の5%以下	70以下 (部分滞水)	100以下 (部分滞水)	70以下 (部分滞水)
	排水状況	-	-	-	-
その他	最大SS(μm)	2.5×80(上流)	2.5×150(管道)	2.5×150(管道)	2.5×150(管道)
	作業帯(幅m×長さm)	2.5×150(上流) 2台(上流) 1台(下流)	2.5×150(管道) 2.5×70(管道) 2台(上流) 1台(下流)	2.5×150(管道) 2.5×70(管道) 2台(上流) 1台(下流)	2.5×150(管道) 2.0×0.0(管道) 2台(上流) 1台(下流)
耐震性	最大工事面台数	-	OL(L2)	-	OL(L2)
	耐震性	L1、L2への対応性	-	-	-
審査証明		2013年3月	2012年3月	2014年3月	2012年3月

表一7 下水道管きよ更生工法(複合管)一覽表

更生管運定条件		複合管 製管工法							
区分	細目	SPRI工法	ダンパー工法	ハルテム・ フローリング工法	3Sセグメント工法	PFL工法	SPR-PE工法	SPR-SE工法	クリアロー工法
管径(mm)	Min	円形 250 非円形 短辺800以上	円形 800 非円形 短辺800以上	円形 800 非円形 短辺800以上	円形 800 非円形 短辺1000以上	円形 800 非円形 管きよ内作業が 可能であること	800	450	□1000×1000
	Max	円形 4750 非円形 長辺5750以下	円形 3000 非円形 長辺3000以下	円形 3000 非円形 長辺5000以下	円形 3000 非円形 長辺2000以下	-	1500	700	□3000×3000
管断面形	円形管	○	○	○	○	○	○	○	-
	矩形管	○	○	○	○	○	○	○	-
管材料	鋼管	○	○	○	○	○	○	○	-
	鋼管・鋼鉄管	○	○	○	○	○	○	○	-
施工延長(m)	元挿(円形)	250~400 450~2200 100m	円形 800 非円形 短辺800以上	円形 12~125 非円形 10~128 (管径等により幅は異なる) ※勾配調整を目的とした 20mの長さ調整可能	円形 20~70 (管径等により幅は異なる) 非円形 呼び径の2%以下	制限なし	100	100	制限なし
	最大延長	1850~4750 500m 短辺800以上× 長辺1300以下 200m 短辺1300以下× 長辺2000以下 300m 短辺2000以下× 長辺2750以下 500m	制限なし	100	円形 制限なし 非円形 制限なし	制限なし	100	100	制限なし
段差(mm)	元挿	500以下 20 1200以下 50 1800以下 100 2000以上 130 自走 1350以下 50 1500 1850以上 100	100	円形 12~125 非円形 10~128 (管径等により幅は異なる) ※勾配調整を目的とした 20mの長さ調整可能	円形 20~70 (管径等により幅は異なる) 非円形 呼び径の2%以下	制限なし	100	100	制限なし
	最大スレ	5以下	-	-	同上	-	-	-	-
曲がり(°)	元挿	5以下 自走 曲半径50以上 及び原曲角以下	円形 3 非円形 3	12 内法曲半径3.6m以上	3 内法曲半径3.2m以上	-	5	5	3 曲半径50m以上
	最大曲間	120	150	200	150	200	120	120	150
漏水	既設管きよ損傷	既設管径の30%かつ60cm 以下、流速10m/sec以下	既設管径の30%かつ40cm 以下、流速10m/sec以下	30cm以下(管内水換え) 水深60cm以下及び流速 0.12m/sec以下 (内寸高1500mm以上)	水深 800~1500 管径の30%以下 1650~3000 90cm 流速 水深30cm以内 1.0m/sec以下 水深30cm超 0.2m/sec以下	-	水深 既設管径の30%以下 流速:1.0m/sec以下	水深 既設管径の30%以下 流速:1.0m/sec以下	水深 既設管径の30%以下 流速:1.0m/sec以下
	排水	既設管径の30%かつ60cm 以下、流速10m/sec以下	既設管径の30%かつ40cm 以下、流速10m/sec以下	30cm以下(管内水換え) 水深60cm以下及び流速 0.12m/sec以下 (内寸高1500mm以上)	水深 800~1500 管径の30%以下 1650~3000 90cm 流速 水深30cm以内 1.0m/sec以下 水深30cm超 0.2m/sec以下	-	水深 既設管径の30%以下 流速:1.0m/sec以下	水深 既設管径の30%以下 流速:1.0m/sec以下	水深 既設管径の30%以下 流速:1.0m/sec以下
排水状況	最大SS(ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
	施工時排水(°C)	2.5×10.0(条件) 2.5×20.0(到達)	3.0×20.0(上流) 3.0×12.0(下流) 2台(上流) 1台(下流)	2.5×25.0(条件)・赤濁注入時 2.5×5.0(到達)・赤濁注入時 3台(赤濁) 1台(赤濁・赤濁注入時)	2.5×5.0(上流) 2.5×14.0(赤濁注入) 1台(赤濁) 1台(赤濁・赤濁注入)	2.5×2.5(上流) 2.5×5.0(下流) 1台(上流) 1台(下流)	-	-	-
周辺環境	作業帯(幅m×長さm)	2.5×10.0(条件) 2.5×20.0(到達)	3.0×20.0(上流) 3.0×12.0(下流) 2台(上流) 1台(下流)	2.5×25.0(条件)・赤濁注入時 2.5×5.0(到達)・赤濁注入時 3台(赤濁) 1台(赤濁・赤濁注入)	2.5×5.0(上流) 2.5×14.0(赤濁注入) 1台(赤濁) 1台(赤濁・赤濁注入)	2.5×2.5(上流) 2.5×5.0(下流) 1台(上流) 1台(下流)	-	-	-
	最大工事車両台数	1台(赤濁) 2台(到達)	2台(上流) 1台(下流)	3台(赤濁) 1台(赤濁・赤濁注入)	1台(赤濁) 1台(赤濁・赤濁注入)	3台(赤濁) 3台(赤濁・赤濁注入時) 1台(到達)・赤濁注入時	-	-	-
耐震性	L1, L2への対応性	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	○(L1,2)	-
	審査証明	2014年3月	2012年7月	2014年9月	2014年9月	2014年3月	2010年3月	2018年3月	2018年3月

表-8 下水道管きよ更生工法(鞘管工法)一覽表耐震対策概算費用

更生管選定条件		鞘管工法						
区分	細目	CS工法	KanaSip工法	RPO工法	ハックス工法	ファイブ工法 (複設鞘管工法)	強プラスチック管工法	
	管径(mm)	Min	250	200	内径800×内径900	800	250	コンクリート管 700 ポックスカルバート 700×700
		Max	450	350	内径3000×内径3000	2000	450	特に記載なし (社上り口径:呼び径600~3000)
既設 管きよ仕様	管前形状 管前形状 管前形状	円形	○	○	○	○	○	○
		矩形	-	-	-	-	-	-
		三角形	-	-	-	-	-	-
		その他	-	-	-	-	-	-
管材料	管材料	コンクリート管	○	○	○	○	○	○
		塩ビ管	○	○	○	○	○	○
		陶管	○	○	-	-	-	-
		鋼管・鉄管	○	-	-	-	-	-
施工班長(m)	最大班長	20	50	100~300 (立坑1箇所当り)	100	50	制限なし	
		10	10	-	10	10	-	
既設 管きよ状況	最大段差 最大寸法 最大曲がり	10	10	-	10	10	-	
		-	10	-	-	-	-	
		2.8	10	10	曲率半径20m以上	3	(勾配修正可能)	
既設 管きよ損傷	隙間 別種・崩落部への対応性 鉄筋露出への対応性	-	100	-	-	100	-	
		-	-	-	-	-	-	
		-	0.05	-	-	-	-	
		-	2.0	-	-	-	-	
既設 管きよ設備	浸入水 浸入量(ℓ/分) 内径(%)	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
周辺環境	排水 排水深(mm)	挿入型インバートの水位が、 管径の1/3まで	水深8cm以上かつ流速0.8m/sec以下	水深20cm以上、流速1.0m/sec以下	水深30cm以上、流速0.6m/sec以下	10	10	
		-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
耐震性	排水状況 最大工率車両台数	2.5×5.5(洗浄工) 2.0×2.0(吸引挿入工) 各1台(洗浄工) 一台(吸引挿入工)	φ350 2~2.8×5~7(上流) φ300 2×2~4(下流)	5.0×20.0(フック挿入工) 5.0×20.0(特殊挿入工)	3.5×25.0(普通):普通工 2.5×10.0(普通):普通工 2台(普通):普通工 1台(普通):普通工	3.0×10.0(普通) 2.0×5.0(普通) 1台(普通) 1台(普通)	-	
		-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	
審査証明		2012年9月	2012年9月	2010年9月	2013年9月	2012年9月	2011年9月	

2.で大別した既設管における耐震対策工法別の概算事業費を示す。

- ・マンホール継手部耐震化工法
- ・マンホール更生工法
- ・マンホール浮上対策工法
- ・下水道管きよ更生工法

2.1 マンホール継手部耐震化工法概算事業費

マンホール継手部耐震化工法(地震用可とう継ぎ手)の1箇所当たり施工単価は、公開情報が少ないため、2社分を平均化した上でグラフ上にプロット(図-3)して近似式を求めた。なお、管径やマンホール規格・深さによっては、水替費や仮設足場等が必要になるが、それらの費用は考慮していない。

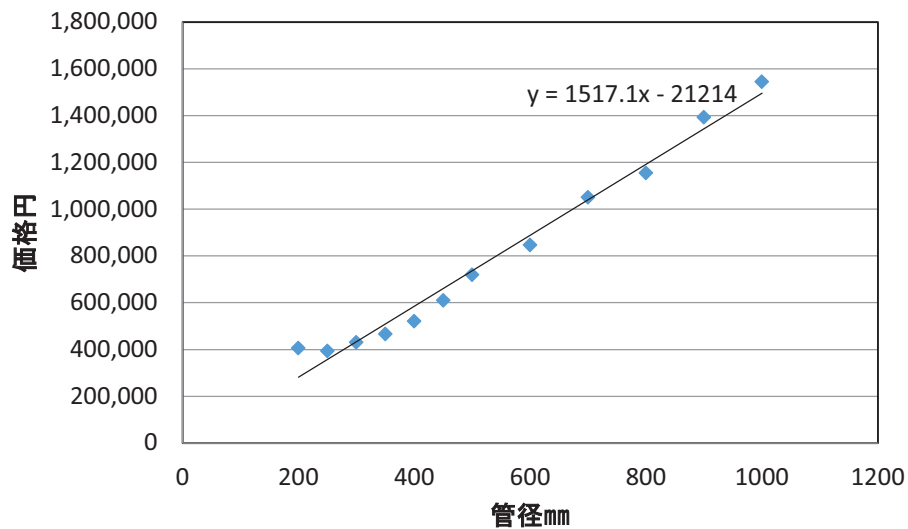


図-3 マンホール継手部耐震化工法の概算事業費

【マンホール継手部耐震化工法概算事業費】

$$Y = 1517.1X - 21214$$

ここに、 X : 管径(mm)

Y : 1箇所当たり施工費(円/箇所)

2.2 マンホール更生工法概算事業費

マンホール更生工法の事業費については、マンホール深さ、腐食の程度(はつり範囲)、水替えの要否、取付管・副管・会合の有無、等の現場条件に大きく左右されることと、公開情報が極めて少ないことから、費用関数として示さないものとする。なお、公開されている事業費を参考にグラフ上にプロットすると図-4の通りとなる。

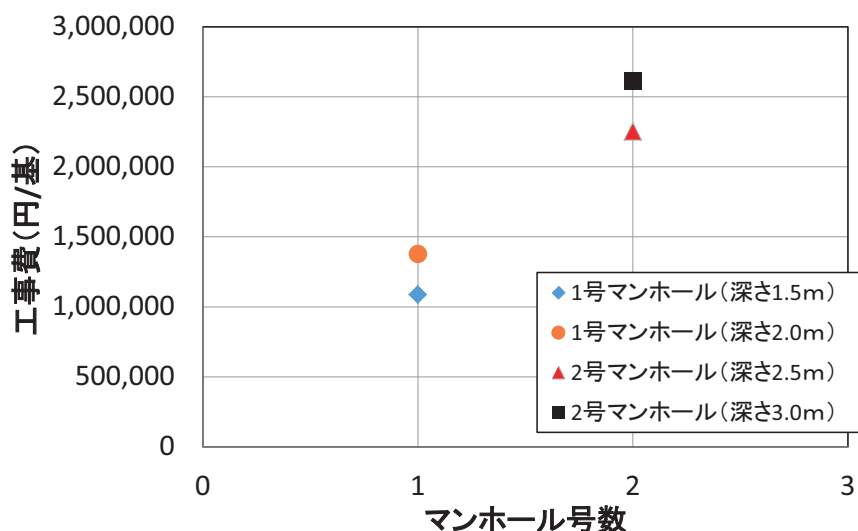


図-4 マンホール更生工法の概算事業費

2.3 マンホール浮上防止概算事業費

(1) マンホール号数別事業費

収集資料を基に浮上防止対策工法別のマンホール号数による施工単価をプロットし(図-5)、全工法の平均値を用いて近似式を求めた。

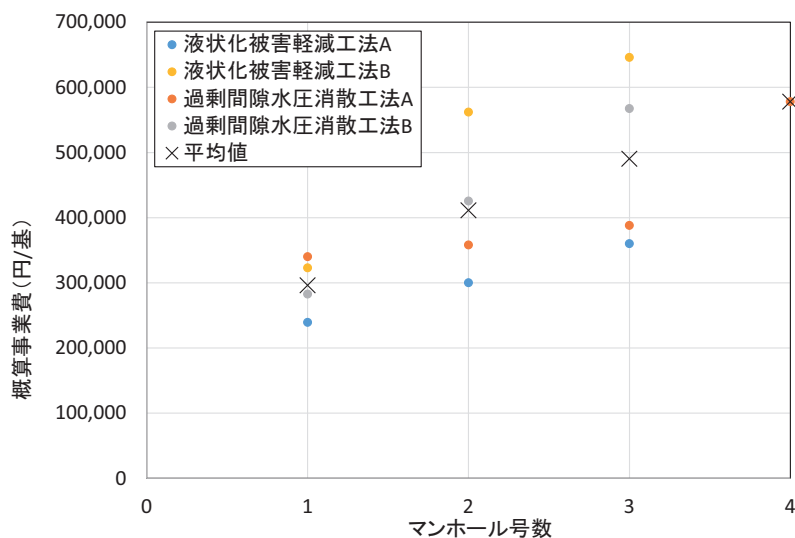


図-5 マンホール浮上防止対策工法の概算事業費(マンホール深 \leq 3.0mに適用)

【マンホール浮上防止対策事業費】

$$Y = -6858.5X^2 + 126727X + 1785869$$

ここに、 X : マンホール号数

Y : 1基当り建設費(円/基)

(2) マンホール深別事業費

(1)ではマンホール号数による費用関数を算出したが、マンホール深により施工単価が大きく異なる。ここでは、マンホール号数毎に、深さ別の施工単価をグラフ上にプロットし(図-6)、複数の工法の平均値により近似式を求めた。

なお、施工単価は、マンホール深さの他、土質条件や土留め方法等により変動することに注意が必要である。

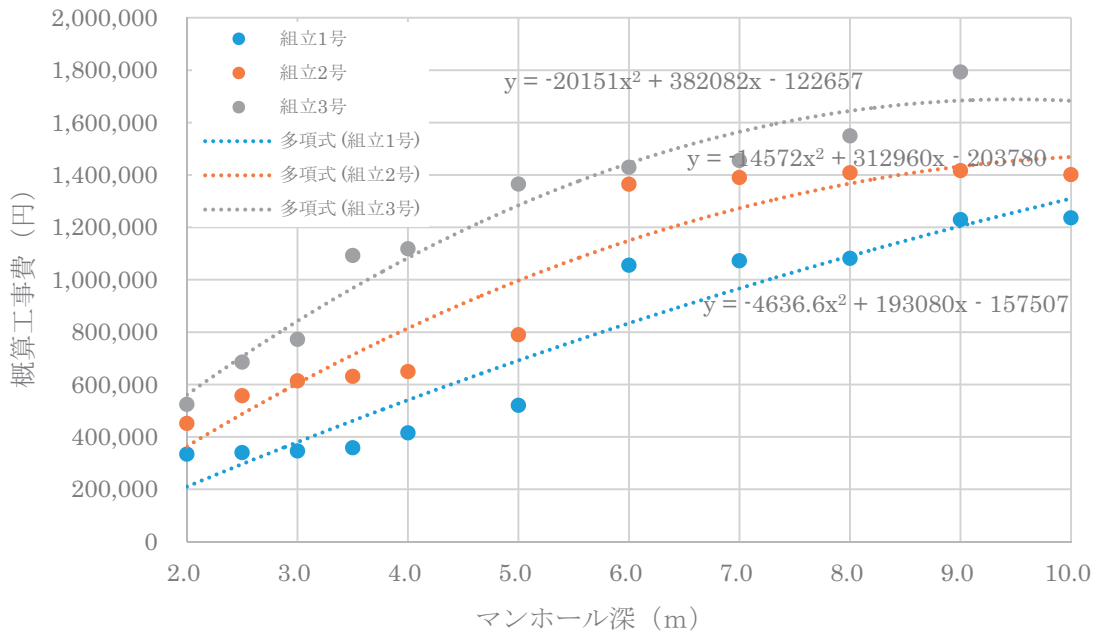


図-6 マンホール深さ別概算事業費(平均値)

2.4 下水道管きょ更生工法概算事業費

管きょ更生工法の事業費については、「下水道用設計積算要領―管路施設(管きょ更生工法)編―」を参照すれば正確な費用の算出が可能である。ここでは、簡易的に概算事業費を算出することを目的として、収集資料をベースに、更生工法別の施工単価をグラフ上にプロットし(図-7)、管径別の概算事業費が算出できるようにした。

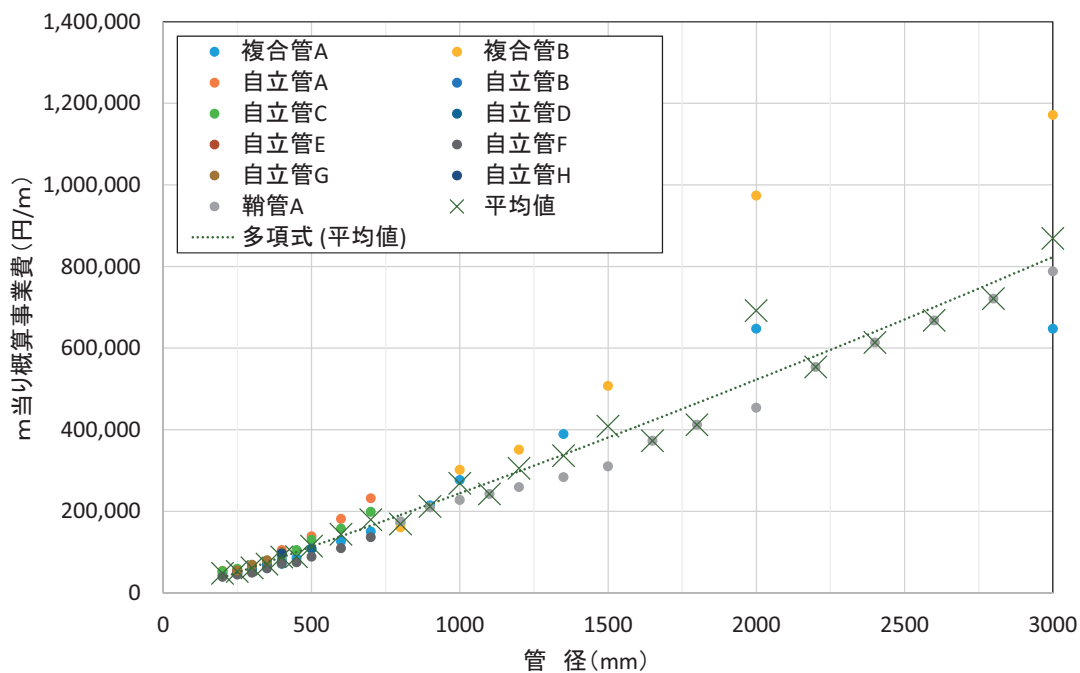


図-7 更生工法の概算事業費

【管きょ更生工法概算事業費】

$$Y = 0.0111X^2 + 245.25X - 12249$$

ここに、 X : 管径(mm)

Y : 1m当り建設費(円/m)

【参考資料－2】

被害発生確率に関する検討資料

目 次

1	被害発生確率	2
2	管路施設の壊れやすさ（管属性）	3
2.1	過去の直下型地震における被害率	3
2.2	被害の定義	6
2.2.1	被害率の設定方針	6
2.2.2	被害率の算出	6
3	地震時の液状化等の地盤変位のしやすさ	26
3.1	地震災害の可能性が高い箇所	26
3.2	液状化の可能性が高い箇所	27
3.3	地盤別の被害傾向分析	34
3.3.1	分析方法	34
3.3.2	分析結果	36
4	被害率設定のまとめ	45

1 被害発生確率

被害発生確率は、施設の壊れやすさおよび地震時の液状化等の地盤変位のしやすさを表す指標であり、総延長に対する被害延長の割合(以下、「被害率」)で代替できる。被害率は、地震動や地盤の状況、管路の埋設条件、管種等の様々な条件により異なることから、ここでは、東日本大震災における被害情報を収集した上で、管路施設の壊れやすさを表す**管属性**と、地震時の液状化等の地盤変位のしやすさを表す**地盤属性**について分析を行い、耐震化優先度評価に活用できる発生確率を算出する。

2 管路施設の壊れやすさ（管属性）

管属性は、管路施設の壊れやすさを表す指標であり、過去の地震時の被害データを基に、管種、管径、土被り、スパン長等の下水道台帳にある基本的な管属性を活用し、被害率算出について検討を行う。

2.1 過去の直下型地震における被害率

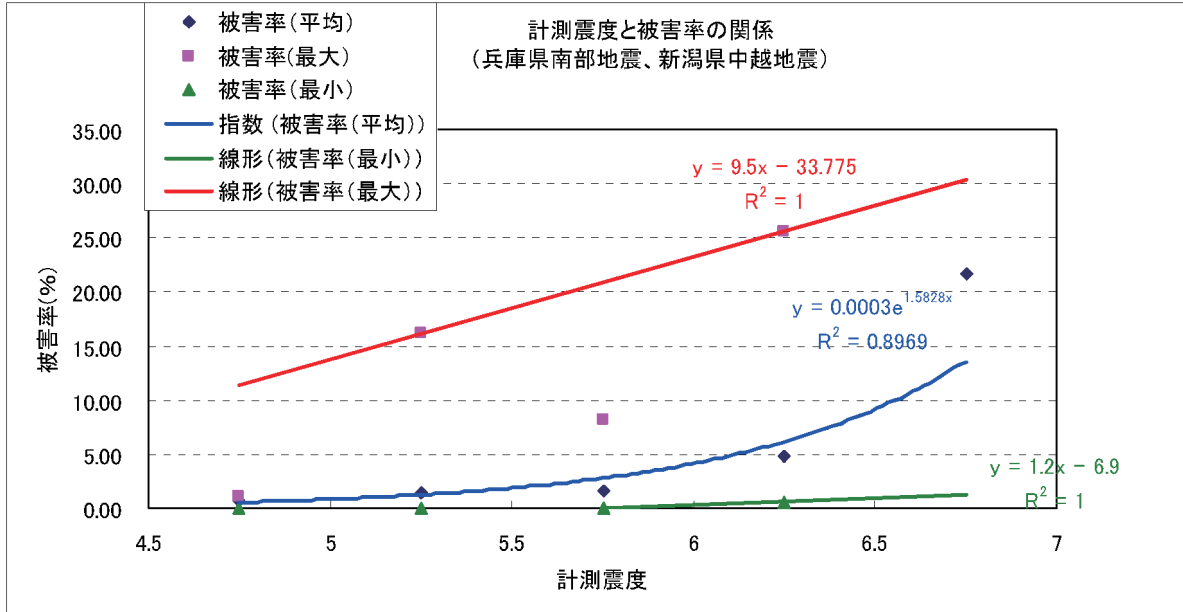
兵庫県南部地震や新潟県中越地震のような過去の直下型地震における管路施設被害率は、「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」（平成 18 年 3 月、大規模地震による下水道被害想定検討委員会）により、表-2.1 及び図-2.1～2.4 のとおり設定されており、首都直下地震や南海トラフ地震の被害想定で活用されている。

表-2.1 液状化危険度別、震度階級別、管種別平均被害率

単位：%

管種	液状化危険度	PL値	震度階級				
		計測震度	5-	5+	6-	6+	7
		基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管 陶管	A～D	ALL	1.0	2.3	5.1	11.3	24.8
鉄筋コンク リート管他	A	$15 < PL$	0.6	1.3	3.0	6.5	14.5
	B	$5 < PL \leq 15$	0.5	1.0	2.2	4.8	10.7
	C	$0 < PL \leq 5$	0.4	0.9	2.0	4.5	9.8
	D	$PL = 0$	0.4	0.9	1.9	4.2	9.2

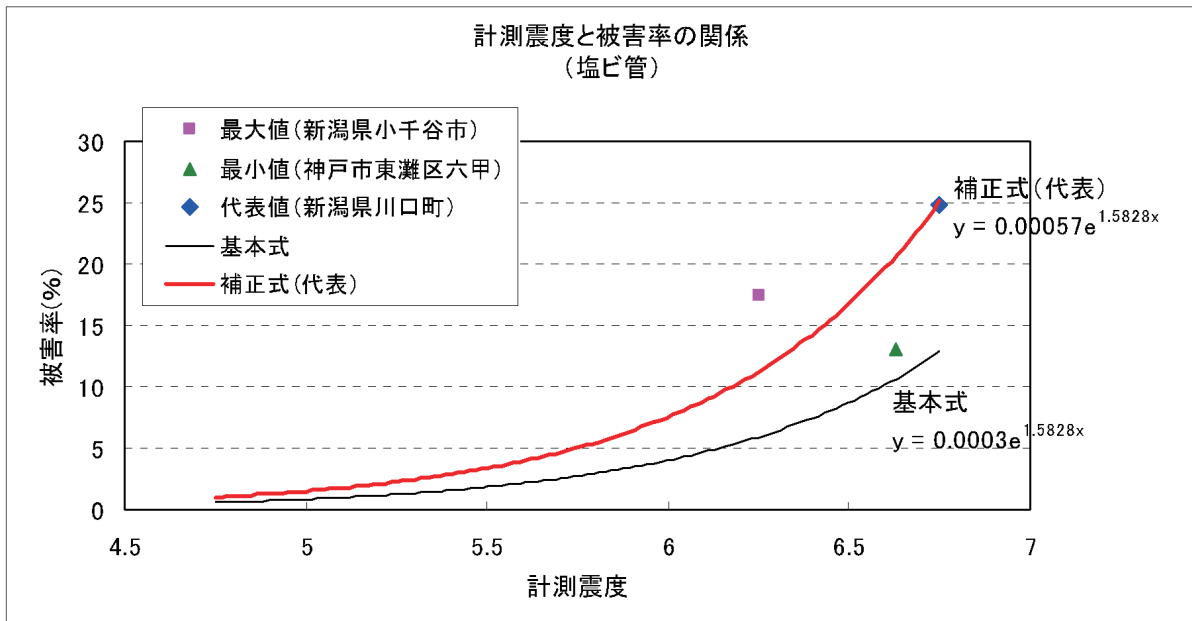
出典：「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」（平成 18 年 3 月、大規模地震による下水道被害想定検討委員会）



注) 各震度階級の間中値により計測震度に変換した

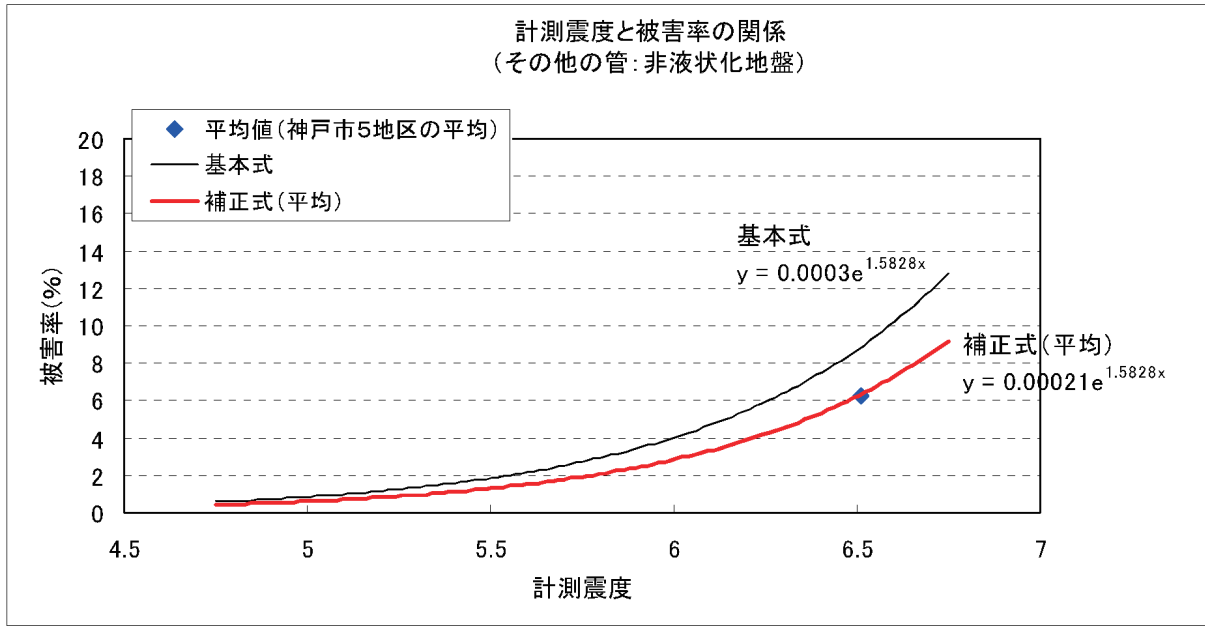
出典: 「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」(平成18年3月, 大規模地震による下水道被害想定検討委員会)

図-2.1 計測震度と被害率(兵庫県南部地震、新潟県中越地震)



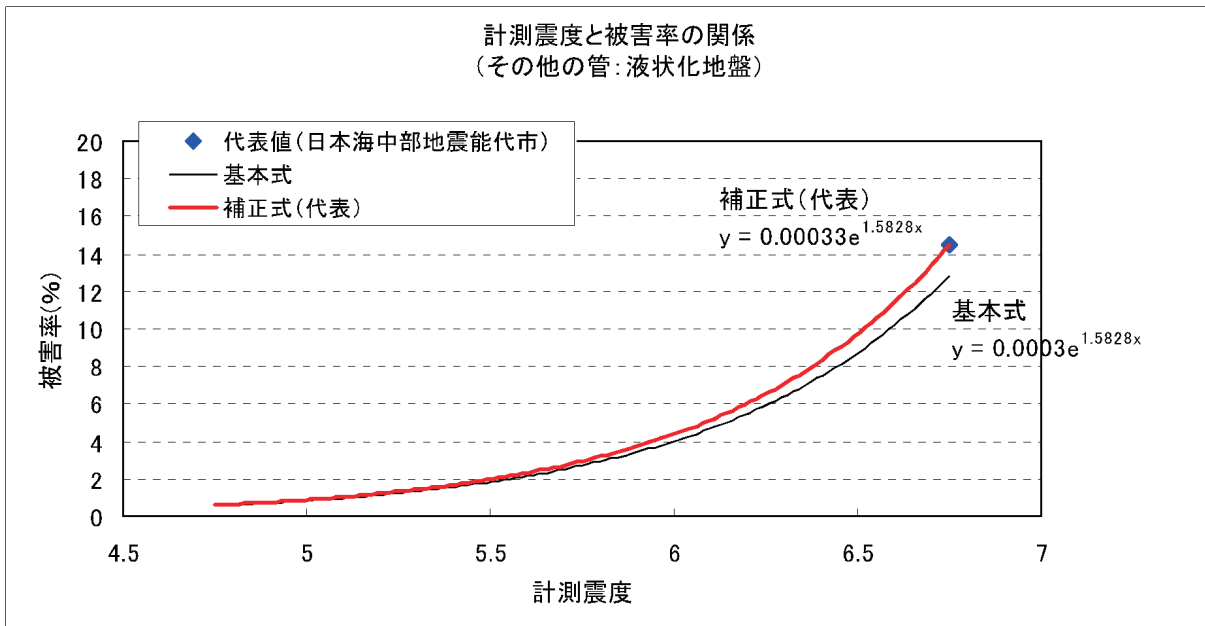
出典: 「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」(平成18年3月, 大規模地震による下水道被害想定検討委員会)

図-2.2 塩ビ管の計測震度と被害率の関係(兵庫県南部地震、新潟県中越地震)



出典：「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」（平成 18 年 3 月，大規模地震による下水道被害想定検討委員会）

図-2.3 非液状化地盤のその他の管の計測震度と被害率の関係(兵庫県南部地震、新潟県中越地震)



出典：「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」（平成 18 年 3 月，大規模地震による下水道被害想定検討委員会）

図-2.4 液状化地盤のその他の管の計測震度と被害率の関係(兵庫県南部地震、新潟県中越地震)

2.2 被害の定義

本検討における地震による下水道管路被害は、地震により生じた下記の①～⑤に示す構造上の不具合により、流下機能に支障が生じたものと定義し、東日本大震災における災害査定の対象となった管路施設の TV カメラ調査結果を用いて検討する。

- ① スパン全体 : 管路のたるみおよび管路の蛇行
- ② 管本体 : 鉄筋コンクリート管・ボックスカルバートの亀裂・破損、塩ビ管の変形および破損
- ③ 継手部 : 継ぎ手ズレおよび亀裂・破損
- ④ ふた・受枠 : 破損
- ⑤ マンホール本体 : 斜壁・直壁のずれ、亀裂および破損、底版・インバートの亀裂・破損、本管接続部の破損、突出および抜け

2.2.1 被害率の設定方針

本検討では、管路の布設条件や地盤条件等のパラメータと被害率の関係を明らかにするため、東日本大震災の被害管路のデータを用いて検討を行う。

被害率算出のための被害管路データは、東日本大震災後に、国総研が被災地の協力を得て収集したもので、東日本大震災以前の大規模地震のデータと合わせてデータベース化している。一部のデータは、「下水道管路地震被害データベース」として、当研究室のホームページ上で公開している。データベースの詳細は【参考資料-3】を参照されたい。

被害率の設定にあたっては、計測震度と被害率の関係式(基本となる式)を設定した後、管種、管径、土被りの3つの要因に着目し、それぞれの被害率を設定する。

2.2.2 被害率の算出

東日本大震災の地震動および管路被害データ等を基に被害率を算出する。

2.2.2.1 市町村ごとの代表震度と被害率の関係整理

東日本大震災で被害のあった市町村の被害率と代表震度をもとに、震度と被害率の関係式(基本となる式)を算出する。

① 被害率

東日本大震災で被害のあった市町村から収集した災害査定資料及び下水道統計を用いて、市町村毎の被害率(被害のあった管路延長÷管路総延長)を算出する。

② 震度

東日本大震災における市町村単位の最大震度を、気象庁報道発表資料を基に整理する。

東日本大震災における市町村ごとの代表震度と管きょ被害率の関係を表-2.2 に、震度階級別に集計したものを表-2.3 に示す。

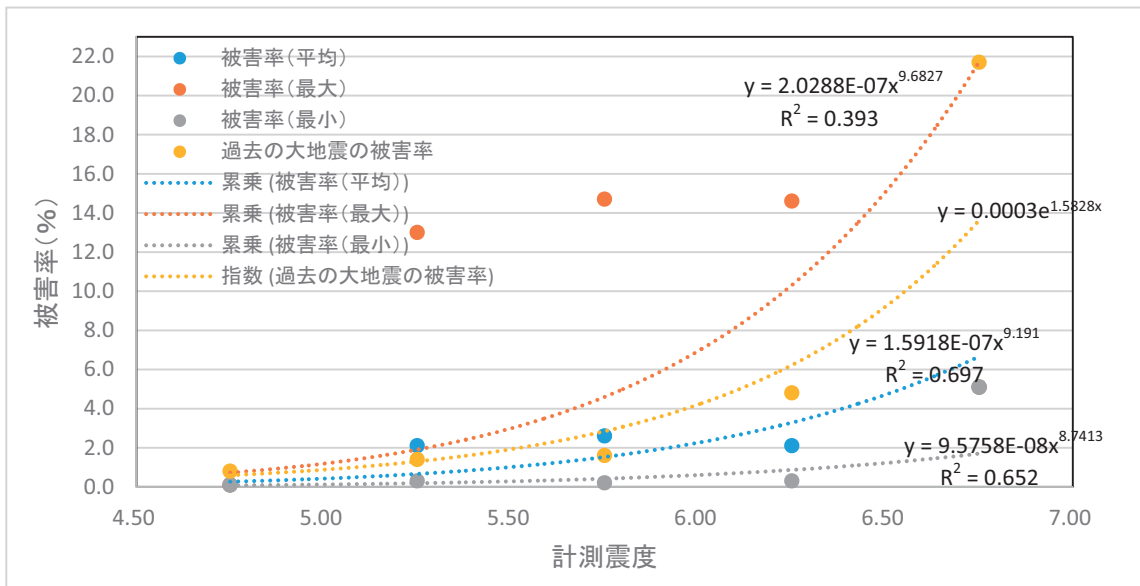
表-2.2 東日本大震災での市町村別被害率

市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	計測震度 ^{※2} (最大)	震度階級 ^{※3} (最大)
一関市	295.3	5.6	1.9	5.96	6-
遠野市	106.4	0.7	0.7	5.39	5+
花巻市	574.5	1.4	0.2	5.68	6-
盛岡市	981.3	0.1	0.1	5.07	5-
加美町	161.1	0.4	0.3	5.92	5+
栗原市	325.0	16.4	5.1	5.95	7
七ヶ浜町	104.2	0.3	0.3	5.96	5+
仙台市	2838.7	38.0	1.3	6.26	6+
川崎町	82.0	3.8	4.6	5.43	6+
大衡村	54.6	1.5	2.8	6.04	6+
大崎市	309.9	4.1	1.3	6.32	6+
登米市	403.8	17.3	4.3	6.23	6+
白石市	162.7	7.9	4.9	5.77	6-
気仙沼市	93.2	0.6	0.7	5.78	6-
石巻市	558.5	37.6	6.8	6.13	6-
名取市	391.7	16.5	4.3	6.18	6+
岩沼市	181.1	1.8	1.0	6.16	6-
蔵王町	68.3	3.2	4.8	5.65	6+
大河原町	126.9	18.6	14.7	5.65	6-
村田町	60.2	5.8	9.7	5.60	5+
松島町	53.3	1.0	2.0	6.10	6-
伊達市	117.2	5.6	4.8	5.89	6-
会津若松市	378.4	2.0	0.5	5.69	5+
新地町	42.4	6.2	14.6	6.24	6+
西郷村	96.8	1.5	1.5	6.09	6-
福島市	744.2	15.2	2.0	5.98	5+
いわき市	742.0	21.5	2.9	6.13	6-
かすみがうら市	191.4	0.3	0.2	5.62	6-
ひたちなか市	466.8	1.9	0.4	6.19	6-
茨城町	54.9	1.1	1.9	6.21	6-
取手地方広域 下水道組合	376.6	0.7	0.2	5.62	6-
神栖市	244.6	4.5	1.8	5.79	5+
北茨城市	27.8	0.4	1.5	5.65	6-
大田原市	242.7	0.6	0.3	5.54	6+
那須町	32.7	0.2	0.7	5.66	6-
浦安市	294.1	30.3	10.3	5.23	5+
香取市	108.4	14.1	13.0	5.63	5+
習志野市	212.0	8.8	4.2	5.32	5+
千葉市	2602.2	23.3	0.9	5.43	5+
船橋市	560.3	0.1	0.1	5.30	5-

表-2.3 各震度階級における被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管路延長(km)	被害延長(km)	被害スパン	被害率(%)		
					平均	最大	最小
5-	2	1541.6	0.2	7	0.1	0.1	0.1
5+	11	5015.8	105.5	3070	2.1	13.0	0.3
6-	17	4151.7	107.7	3137	2.6	14.7	0.2
6+	9	4434.0	91.2	2411	2.1	14.6	0.3
7	1	325.0	16.4	425	5.1	5.1	5.1

表-2.3 を基に、計測震度と被害率の関係をグラフ化すると図-2.5 に示すとおりであり、過去の大震災における被害率より東日本大震災の平均被害率は低い傾向となる。



※ 各震度階級の間中値により計測震度に変換

図-2.5 計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

基本となる式は、震度別の平均値から最も相関の高い累乗近似式を採用し、下記のとおりとした。

$$y = ax^b$$

y : 被害率

x : 計測震度

a, b : 補正係数(管種、管径、土被りによって定まる係数)

また、最大値および最小値についても関係式を算出すると以下のとおりとなる。

- 最大値の関係式 : $y = 2.0288E-07x^{9.6827}$

- 最小値の関係式 : $y = 9.5758E-08x^{8.7413}$

最大値および最小値の関係式に、各震度階級における基準計測震度(各震度階級を表す計測震度の中間値)を代入し、平均被害率に対する最大および最小の倍率を算出すると表-2.4 となる。

表-2.4 震度階級別の平均被害率と最大・最小の倍率(東日本大震災)

震度階級	基準計測震度	実績被害率(%)			関係式による被害率(%)			平均被害率(関係式)に対する倍率	
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	最大	最小
5-	4.75	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7	0.1	2.3	0.3
5+	5.25	2.1	13.0	0.3	0.7	1.9	0.2	2.7	0.3
6-	5.75	2.6	14.7	0.2	1.5	4.6	0.4	3.1	0.3
6+	6.25	2.1	14.6	0.3	3.3	10.3	0.9	3.1	0.3
7	6.75	5.1	5.1	5.1	6.7	21.7	1.7	3.2	0.3

2.2.2.2 管属性別の震度と被害率の関係整理

前述にて算出した市町村ごとの代表震度と被害率の関係(基本となる式)をもとに、管種、管径、土被りごとの被害率を算出する。

設定する条件は、下水道統計や本業務での東日本大震災被災都市に対する情報収集結果から被害率が算出できるように管種、管径、土被りの区分をそれぞれ以下のとおりとする。

- 管種 : 塩ビ管、その他管(鉄筋コンクリート管、陶管など)
- 管径 : 200mm 以下、200mm 超え 300mm 以下、300mm 超え 400mm 以下、400mm 超え 600mm 未満、600mm 以上
- 土被り : 2m 未満、2m 以上 3m 未満、3m 以上 4m 未満、4m 以上

(1) 使用データ

データベース化した東日本大震災の被害情報を基に、震度、微地形分類等の属性毎の下水道管路被害率の算出を行うが、属性毎の被害率を算定するには分母となる属性毎の管路延長が必要となる。ここで、管種及び大まかな管径(600 mm未満、600 mm以上)については、下水道統計(平成 22 年度版)より整理できるが、管種と細かな管径区分、土被りの相互関係については公開されているデータがない。このため、震度、被害率、微地形分類による液状化発生可能性等を考慮して、表-2.5 に示す都市に対して詳細な管路データの提供を依頼し、平成 22 年度末時点の下水道管きよ(污水管)に関する管種、管径(600mm 未満)、土被り別の管理延長を入手した。

表-2.5 調査対象都市一覧表

自治体	被害率(%)	震度階級(最大)	液状化発生可能性		
			大	中	小
村田町	9.3	5+			○
浦安市	9.7	5+	○		
香取市	14.1	5+			○
伊達市	4.8	6-		○	○
大河原町	14.4	6-			○
茨城町	1.8	6-			○
登米市	4.5	6+	○	○	○
新地町	14.6	6+			○
栗原市	5.0	7	○	○	○

(2) 管種別の被害率

東日本大震災における市町村ごとの塩ビ管および鉄筋コンクリート管等その他管の震度階級別の被害率を整理する。

① 塩ビ管の被害率

東日本大震災における被災市町村ごとに、塩ビ管の被害率を整理した結果を表-2.6に、その結果を震度階級別に集計したものを表-2.7に示す。

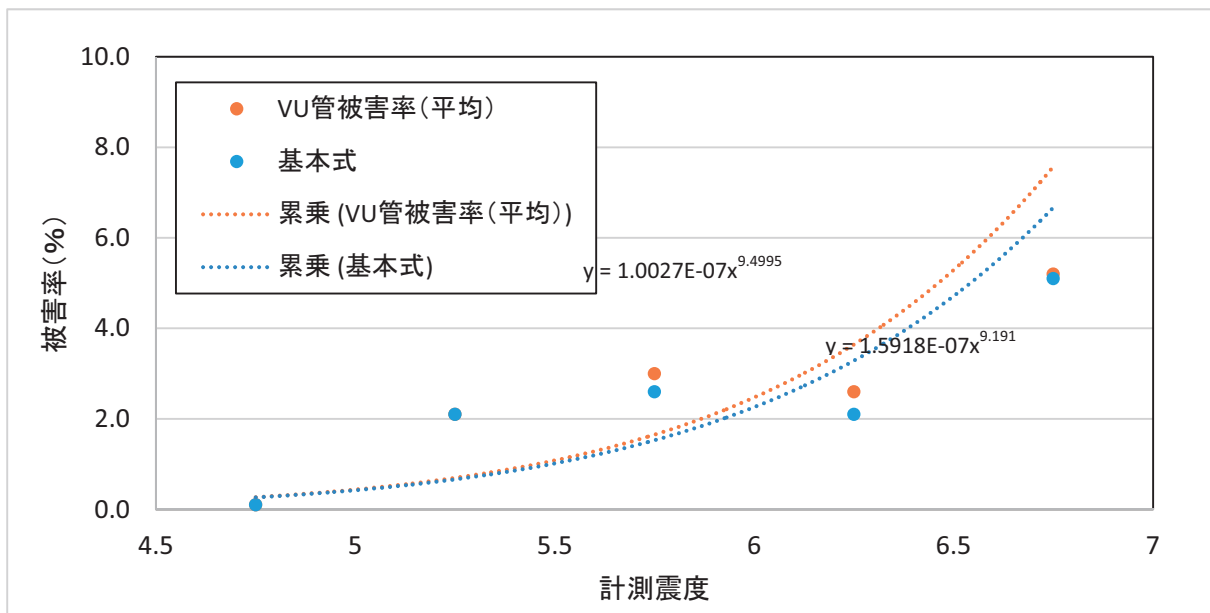
表-2.6 塩ビ管の市町村別被害率(東日本大震災)

市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
一関市	247.9	5.6	2.2	6-
遠野市	83.9	0.7	0.8	5+
花巻市	432.7	1.4	0.3	6-
盛岡市	404.9	0.1	0.1	5-
加美町	155.8	0.4	0.3	5+
栗原市	307.6	16.0	5.2	7
七ヶ浜町	54.1	0.3	0.6	5+
仙台市	1102.6	13.2	1.2	6+
川崎町	37.2	1.6	4.4	6+
大衡村	49.2	1.1	2.3	6+
大崎市	250.1	3.2	1.3	6+
登米市	261.5	17.3	6.6	6+
白石市	153.1	7.9	5.1	6-
気仙沼市	82.0	0.6	0.7	6-
石巻市	473.6	36.7	7.8	6-
名取市	276.7	10.6	3.9	6+
岩沼市	151.0	1.6	1.1	6-
蔵王町	58.3	3.1	5.3	6+
大河原町	104.4	18.2	17.5	6-
村田町	21.7	5.4	24.8	5+
松島町	42.1	0.9	2.2	6-
伊達市	267.5	5.2	1.9	6-
会津若松市	321.7	2.0	0.6	5+
新地町	41.6	5.8	14.0	6+
西郷村	80.0	1.5	1.8	6-
福島市	454.6	9.8	2.2	5+
いわき市	590.4	15.8	2.7	6-
かすみがうら市	153.7	0.3	0.2	6-
ひたちなか市	223.8	1.9	0.8	6-
茨城町	38.4	1.1	2.8	6-
取手地方広域 下水道組合	175.0	0.4	0.2	6-
神栖市	128.1	4.1	3.2	5+
北茨城市	19.9	0	0	6-
大田原市	131.1	0.6	0.5	6+
那須町	17.2	0.2	1.4	6-
浦安市	143.4	20.5	14.3	5+
香取市	82.4	12.1	14.7	5+
習志野市	197.7	1.9	1.0	5+
千葉市	1655.4	11.5	0.7	5+
船橋市	388.1	0.01	0.1	5-

表-2.7 各震度階級における塩ビ管の被害率整理結果(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率 (%)		
				平均	最大	最小
5-	2	793.0	0.1	0.1	0.1	0.1
5+	11	3298.8	68.7	2.1	24.8	0.3
6-	17	3252.4	99.1	3.0	17.5	0
6+	9	2208.5	56.7	2.6	14.0	0.5
7	1	307.6	16.0	5.2	5.2	5.2

表-2.7 の塩ビ管の震度階級と平均被害率をグラフ上にプロットすると図-2.6 に示すとなり、震度 6 弱～7 に関しては基本式よりやや被害率が高い傾向となる。また、表-2.7 に基づく近似式より、塩ビ管の震度階級ごとの被害率を整理すると表-2.8 に示すとおりとなる。



※ 各震度階級の間中値により計測震度に変換した。

図-2.6 塩ビ管の計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

表-2.8 塩ビ管の震度階級別の被害率(関係式により算出)

震度階級	5-	5+	6-	6+	7	補正式※
計測震度基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	
被害率	0.3%	0.7%	1.7%	3.6%	7.6%	$y=1.0027E-07x^{9.4995}$

※ x : 計測震度、y : 被害率(%)

② その他管の被害率

東日本大震災における被災市町村ごとに、その他の管の被害率を整理した結果を表-2.9 に、その結果を震度階級別に集計したものを表-2.10 に示す。

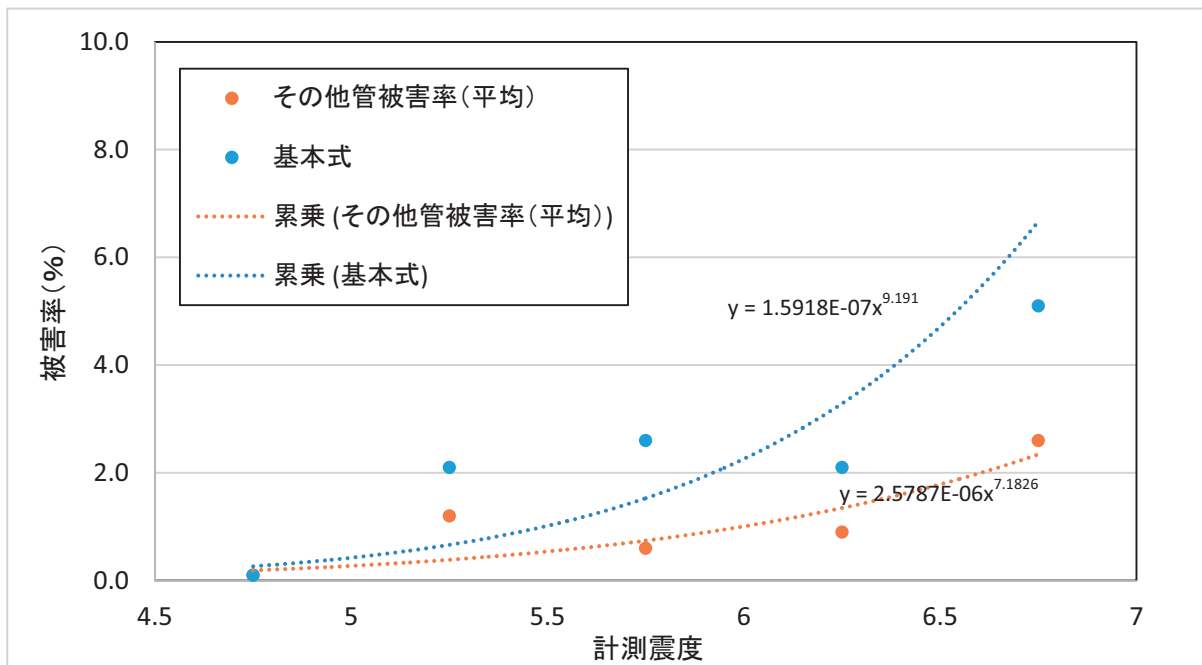
表-2.9 その他管の市町村別被害率(東日本大震災)

市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
一関市	46.9	0	0	6-
遠野市	4.3	0	0	5+
花巻市	62.2	0	0	6-
盛岡市	1412.4	0.02	0.1	5-
加美町	1.7	0	0	5+
栗原市	15.6	0.4	2.6	7
七ヶ浜町	61.9	0	0	5+
仙台市	3374.3	24.8	0.7	6+
川崎町	48.4	2.1	4.4	6+
大衡村	13.5	0.4	3.0	6+
大崎市	49.7	0.8	1.7	6+
登米市	31.2	0	0	6+
白石市	16.4	0	0.3	6-
気仙沼市	17.0	0.1	0.5	6-
石巻市	128.0	1.0	0.8	6-
名取市	187.2	5.9	3.2	6+
岩沼市	39.4	0.1	0.4	6-
蔵王町	10.6	0.2	1.8	6+
大河原町	25.2	0.4	1.7	6-
村田町	37.9	0.4	1.2	5+
松島町	8.2	0.1	1.6	6-
伊達市	59.3	0.4	0.6	6-
会津若松市	58.6	0.1	0.1	5+
新地町	0.8	0.3	43.2	6+
西郷村	15.4	0	0	6-
福島市	455.3	5.4	1.2	5+
いわき市	384.9	5.8	1.5	6-
かすみがうら市	32.6	0	0	6-
ひたちなか市	295.5	0	0	6-
茨城町	18.5	0	0	6-
取手地方広域 下水道組合	209.5	0.3	0.1	6-
神栖市	110.3	0.4	0.4	5+
北茨城市	12.2	0.4	3.4	6-
大田原市	112.6	0	0	6+
那須町	17.4	0	0	6-
浦安市	152.1	9.8	6.4	5+
香取市	75.7	2.0	2.6	5+
習志野市	171.3	6.9	4.0	5+
千葉市	1952.1	11.8	0.6	5+
船橋市	576.0	0.05	0.1	5-

表-2.10 各震度階級におけるその他の管の被害率整理結果(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管路延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)		
				平均	最大	最小
5-	2	1988.4	0.1	0.1	0.1	0.1
5+	11	3081.2	36.7	1.2	6.4	0
6-	17	1388.4	8.6	0.6	3.4	0
6+	9	3828.3	34.5	0.9	43.2	0
7	1	15.6	0.4	2.6	2.6	2.6

表-2.10 のその他の管の震度階級と平均被害率をグラフ上にプロットすると図-2.7 に示すとおり、震度 5 弱を除いて全般的に基本式より被害率が低い傾向となる。また、表-2.10 に基づく近似式より、その他の管の震度階級ごとの被害率を整理すると表-2.11 に示すとおりとなる。



※ 各震度階級の間値により計測震度に変換

図-2.7 その他の管の計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

表-2.11 その他の管の震度階級別の被害率(関係式により算出)

震度階級	5-	5+	6-	6+	7	補正式※
計測震度基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	
被害率	0.2%	0.4%	0.7%	1.3%	2.3%	$y=2.587E-06x^{7.1826}$

※ x : 計測震度、y : 被害率(%)

(3) 管径別の被害率

東日本大震災における被災市町村ごとの管径別被害率(φ600未満、φ600以上)を、震度階級別に整理する。

① φ600未満の被害率

東日本大震災の被災市町村ごとに、φ600未満の管きよ(塩ビ管、その他管)の被害率を表-2.12に、その結果を震度階級別に集計したものを表-2.13に示す。

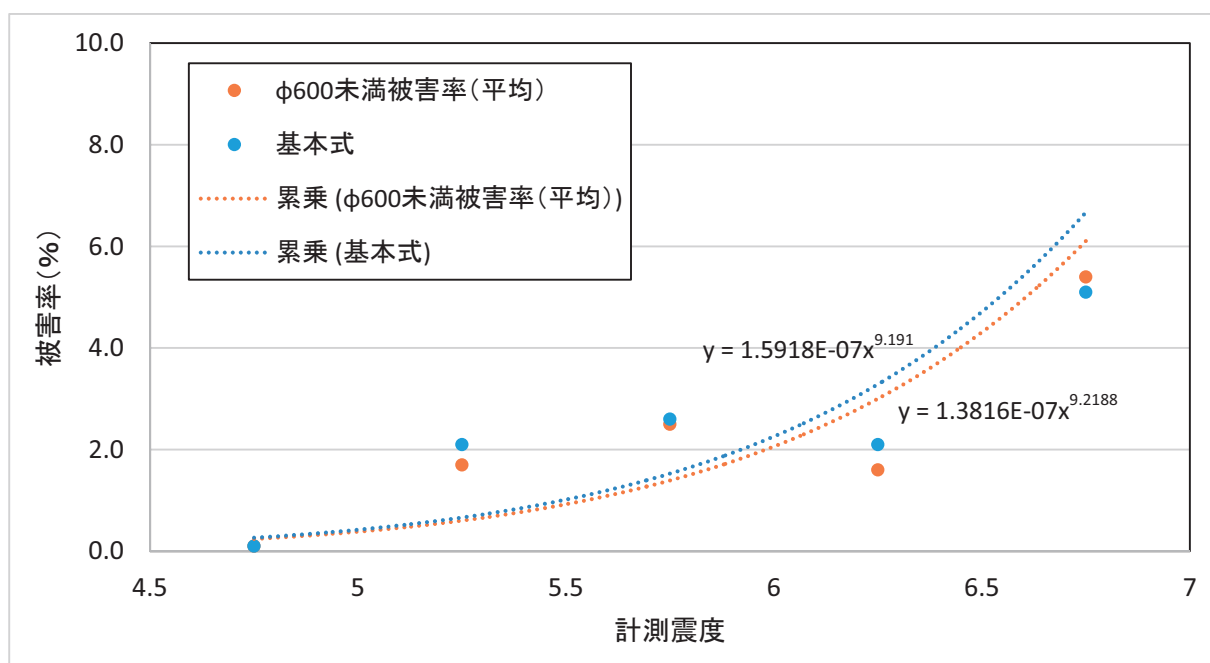
表-2.12 φ600未満の管きよの市町村別被害率(東日本大震災)

市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
一関市	274.4	5.6	2.0	6-
遠野市	103.4	0.7	0.7	5+
花巻市	558.6	1.4	0.2	6-
盛岡市	1488.3	0.1	0.1	5-
加美町	156.5	0.4	0.3	5+
栗原市	302.9	16.4	5.4	7
七ヶ浜町	104.3	0.3	0.3	5+
仙台市	3516.4	30.3	0.9	6+
川崎町	70.7	3.0	4.2	6+
大衡村	50.7	1.5	3.0	6+
大崎市	293.1	4.1	1.4	6+
登米市	309.1	17.3	5.6	6+
白石市	153.4	7.9	5.1	6-
気仙沼市	85.4	0.6	0.8	6-
石巻市	541.2	37.6	7.0	6-
名取市	405.5	16.0	4.0	6+
岩沼市	178.3	1.8	1.0	6-
蔵王町	65.2	3.2	5.0	6+
大河原町	125.8	18.6	14.8	6-
村田町	55.5	5.6	10.1	5+
松島町	50.4	1.0	2.0	6-
伊達市	115.3	5.6	4.8	6-
会津若松市	350.5	2.0	0.6	5+
新地町	40.1	6.2	15.4	6+
西郷村	95.8	1.5	1.5	6-
福島市	804.4	13.6	1.7	5+
いわき市	854.9	17.7	2.1	6-
かすみがうら市	159.5	0.3	0.2	6-
ひたちなか市	477.5	1.9	0.4	6-
茨城町	49.0	1.1	2.2	6-
取手地方広域 下水道組合	336.4	0.7	0.2	6-
神栖市	228.3	4.5	2.0	5+
北茨城市	22.1	0.4	1.9	6-
大田原市	233.7	0.6	0.3	6+
那須町	30.8	0.2	0.8	6-
浦安市	287.6	26.4	9.2	5+
香取市	129.2	13.4	10.4	5+
習志野市	286.7	8.4	2.9	5+
千葉市	3098.9	20.7	0.7	5+
船橋市	825.4	0.06	0.1	5-

表-2.13 各震度階級におけるφ600未満の管きよの被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管路延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)		
				平均	最大	最小
5-	2	793.0	0.1	0.1	0.1	
5+	11	3298.8	68.7	2.1	24.8	0.3
6-	17	3252.4	99.1	3.0	17.5	0
6+	9	2208.5	56.7	2.6	14.0	0.5
7	1	307.6	16.0	5.2	5.2	5.2

表-2.13のφ600未満の管きよの震度階級と平均被害率から、をグラフ上にプロットすると図-2.8に示すとおり、震度5弱を除いて一般的に基本式より被害率が低い傾向にある。また、表-2.13に基づく近似式より、φ600未満の管きよの震度階級ごとの被害率を整理すると表-2.14に示すとおりとなる。



※ 各震度階級の間中値により計測震度に変換。

図-2.8 φ600未満の管きよの計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

表-2.14 φ600未満の管きよの震度階級別の被害率(関係式により算出)

震度階級	5-	5+	6-	6+	7	補正式※
計測震度基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	
被害率	0.2%	0.6%	1.4%	3.0%	6.1%	$y=1.3816E-07x^{9.2188}$

※ x : 計測震度、y : 被害率(%)

② φ600以上の被害率

東日本大震災の被災市町村ごとに、φ600以上の管きよ(その他管)の被害率を表-2.15に、その結果を震度階級別に集計したものを表-2.16に示す。

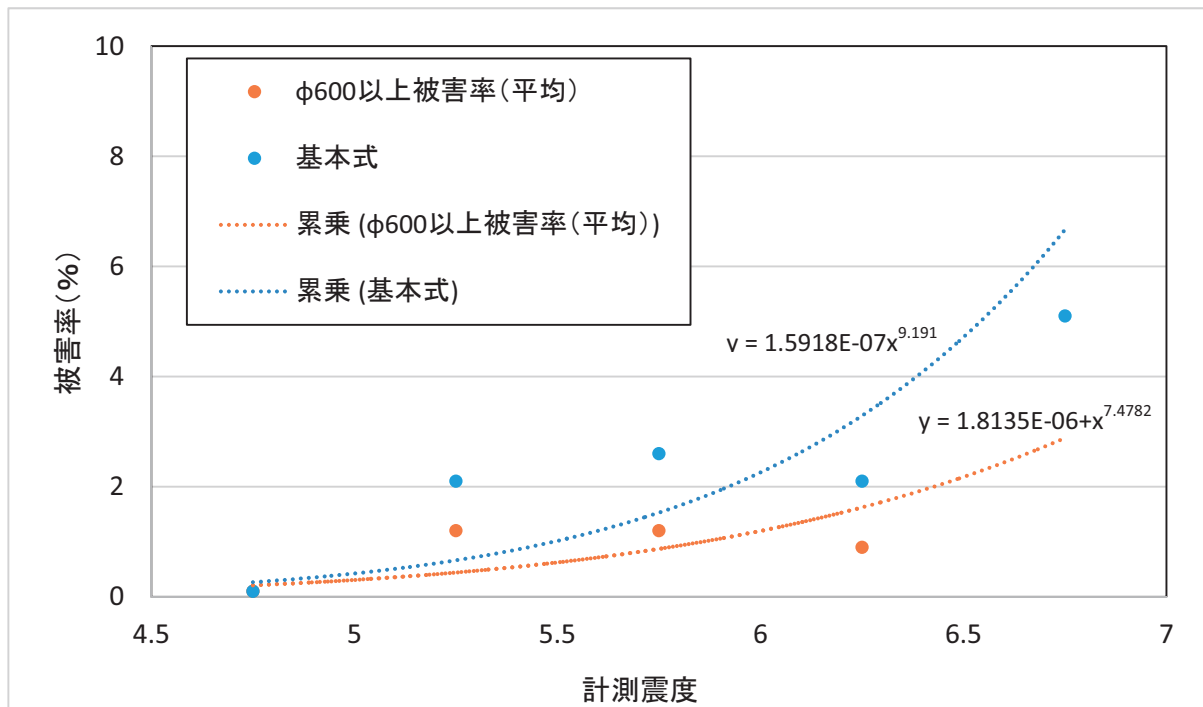
表-2.15 φ600以上の管きよの市町村別被害率(東日本大震災)

市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
一関市	4.9	0	0	6-
遠野市	0.4	0	0	5+
花巻市	0.7	0	0	6-
盛岡市	314.6	0	0	5-
加美町	0.7	0	0	5+
栗原市	0	0	0	7
七ヶ浜町	4.6	0	0	5+
仙台市	901.6	7.8	0.9	6+
川崎町	6.4	0.8	12.2	6+
大衡村	4.9	0	0	6+
大崎市	22.8	0	0	6+
登米市	2.4	0	0	6+
白石市	11.4	0.1	0.4	6-
気仙沼市	8.9	0	0	6-
石巻市	40.9	0	0	6-
名取市	93.5	0.5	0.6	6+
岩沼市	14.6	0	0	6-
蔵王町	1.9	0	0	6+
大河原町	3.1	0	0	6-
村田町	5.0	0.2	4.5	5+
松島町	3.4	0.1	2.1	6-
伊達市	4.3	0	0	6-
会津若松市	32.8	0	0	5+
新地町	0	0	0	6+
西郷村	0.1	0	0	6-
福島市	91.8	1.7	1.8	5+
いわき市	120.6	3.8	3.2	6-
かすみがうら市	16.0	0	0	6-
ひたちなか市	39.9	0	0	6-
茨城町	10.2	0	0	6-
取手地方広域 下水道組合	36.3	0	0	6-
神栖市	3.5	0	0	5+
北茨城市	5.1	0	0	6-
大田原市	2.3	0	0	6+
那須町	1.3	0	0	6-
浦安市	23.1	3.9	16.7	5+
香取市	24.5	0.7	2.7	5+
習志野市	66.0	0.4	0.5	5+
千葉市	508.6	2.5	0.5	5+
船橋市	128.1	0	0	5-

表-2.16 各震度階級におけるφ600以上の管きよの被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管路延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)		
				平均	最大	最小
5-	2	442.8	0	0	—	—
5+	11	761.1	9.3	1.2	16.7	0
6-	17	321.8	3.9	1.2	3.2	0
6+	9	1035.8	9.1	0.9	12.2	0
7	1	0	0	—	—	—

表-2.16のφ600以上の管きよの震度階級と平均被害率から、をグラフ上にプロットすると図-2.9に示すとおり、震度5弱を除いて全般的に基本式より被害率が低い傾向にある。また、表-2.16に基づく近似式より、φ600以上の管きよの震度階級ごとの被害率を整理すると表-2.17に示すとおりとなる。



※ 各震度階級の間中値により計測震度に変換した。

図-2.9 φ600以上の管きよの計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

表-2.17 φ600以上の管きよの震度階級別の被害率(関係式により算出)

震度階級	5-	5+	6-	6+	7	補正式 [※]
計測震度基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	
被害率	0.2%	0.4%	0.9%	1.6%	2.9%	$y = 1.8135E-06x^{7.4782}$

※ x : 計測震度、y : 被害率(%)

③ φ600mm 管きよの管径別被害率の算出

φ600未満の管きよについては、管径区分をφ200以下、φ200を超えφ300以下、φ300を超えφ400以下、φ400を超えφ600未満に区分して、塩ビ管、その他管それぞれについて震度階級別の被害率を整理する。

a. 塩ビ管の被害率

塩ビ管のφ600未満管径区分別の被害率を整理すると表-2.18となり、その結果を震度階級別に集計すると表-2.19となる。被害率のばらつきが大きく、震度が大きくなるにつれて被害率が小さくなる傾向もあることから、明確な傾向が得られなかった。

表-2.18 塩ビ管φ600未満の管径区分別被害率(東日本大震災)

市町村	管径	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
栗原市	D ≤ 200	350.2	13.9	4.0	7
	200 < D ≤ 300	10.2	0.9	8.9	
	300 < D ≤ 400	5.6	0.8	15.1	
	400 < D < 600	1.1	0.3	30.2	
登米市	D ≤ 200	309.3	16.8	5.4	6+
	200 < D ≤ 300	8.5	0.5	6.3	
	300 < D ≤ 400	1.5	0	—	
	400 < D < 600	0.5	0	—	
大河原町	D ≤ 200	80.7	16.2	20.1	6-
	200 < D ≤ 300	23.6	2.0	8.5	
	300 < D ≤ 400	0.01	0	—	
	400 < D < 600	—	—	—	
村田町	D ≤ 200	46.8	4.7	10.1	5+
	200 < D ≤ 300	6.5	0.7	10.1	
	300 < D ≤ 400	—	—	—	
	400 < D < 600	—	—	—	
伊達市	D ≤ 200	99.6	5.0	5.1	6-
	200 < D ≤ 300	4.0	0.2	4.3	
	300 < D ≤ 400	—	—	—	
	400 < D < 600	—	—	—	
新地町	D ≤ 200	55.4	4.4	7.9	6+
	200 < D ≤ 300	2.1	0.5	24.4	
	300 < D ≤ 400	1.5	0.9	60.6	
	400 < D < 600	—	—	—	
茨城町	D ≤ 200	33.5	1.0	3.1	6-
	200 < D ≤ 300	2.1	0.03	1.4	
	300 < D ≤ 400	0.3	0	—	
	400 < D < 600	—	—	—	
浦安市	D ≤ 200	14.2	0.6	4.0	5+
	200 < D ≤ 300	97.8	19.7	20.1	
	300 < D ≤ 400	1.8	0.3	15.2	
	400 < D < 600	1.5	0	—	
香取市	D ≤ 200	72.6	8.4	11.5	5+
	200 < D ≤ 300	16.5	2.7	16.5	
	300 < D ≤ 400	2.5	1.0	40.7	
	400 < D < 600	0.1	0	—	

表-2.19 各震度階級における塩ビ管φ600未満管径区別の被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管径	管路延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)		
					平均	最大	最小
5-	0	D ≤ 200					
		200 < D ≤ 300					
		300 < D ≤ 400					
		400 < D < 600					
5+	3	D ≤ 200	133.6	13.6	10.2	11.5	4.0
		200 < D ≤ 300	120.8	23.0	19.1	20.1	10.1
		300 < D ≤ 400	4.3	1.3	30.2	40.7	15.2
		400 < D < 600	1.5	0	0	—	—
6-	3	D ≤ 200	213.9	22.3	10.4	20.1	3.1
		200 < D ≤ 300	29.8	2.2	7.4	8.5	1.4
		300 < D ≤ 400	0.3	0	—	—	—
		400 < D < 600	—	—	—	—	—
6+	2	D ≤ 200	364.7	21.2	5.8	7.9	5.4
		200 < D ≤ 300	10.6	1.0	9.9	24.4	6.3
		300 < D ≤ 400	3.1	0.9	30.1	60.6	0
		400 < D < 600	—	—	—	—	—
7	1	D ≤ 200	350.2	13.9	4.0	4.0	4.0
		200 < D ≤ 300	10.2	0.9	8.9	8.9	8.9
		300 < D ≤ 400	5.6	0.8	15.1	15.1	15.1
		400 < D < 600	1.1	0.3	30.2	30.2	30.2

b. その他管の被害率

その他管のφ600未満管径区分別の被害率を整理すると表-2.20となり、その結果を震度階級別に集計すると表-2.21となる。塩ビ管のφ600未満と同様に、被害率のばらつきが大きく、またサンプル数も少ないことから明確な傾向は見られなかった。

表-2.20 その他管φ600未満の管径区分別被害率(東日本大震災)

市町村	管径	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
栗原市	D ≤ 200	7.4	0	—	7
	200 < D ≤ 300	3.2	0	—	
	300 < D ≤ 400	5.7	0.4	7.0	
	400 < D < 600	1.1	0	—	
登米市	D ≤ 200	11.1	0	—	6+
	200 < D ≤ 300	6.6	0	—	
	300 < D ≤ 400	3.7	0	—	
	400 < D < 600	9.3	0	—	
大河原町	D ≤ 200	3.2	0.05	1.6	6-
	200 < D ≤ 300	13.7	0.1	0.5	
	300 < D ≤ 400	1.1	0.04	3.6	
	400 < D < 600	3.7	0.2	6.6	
村田町	D ≤ 200	2.3	0	—	5+
	200 < D ≤ 300	4.6	0.03	0.7	
	300 < D ≤ 400	1.2	0.2	15.1	
	400 < D < 600	0.3	0	—	
伊達市	D ≤ 200	5.3	0	—	6-
	200 < D ≤ 300	3.7	0	—	
	300 < D ≤ 400	2.0	0.2	11.7	
	400 < D < 600	2.5	0.1	5.2	
新地町	D ≤ 200	4.3	0	—	6+
	200 < D ≤ 300	0.3	0	—	
	300 < D ≤ 400	0.9	0.3	36.7	
	400 < D < 600	—	—	—	
茨城町	D ≤ 200	1.8	0	—	6-
	200 < D ≤ 300	5.2	0	—	
	300 < D ≤ 400	1.6	0	—	
	400 < D < 600	3.6	0	—	
浦安市	D ≤ 200	16.1	0.3	1.7	5+
	200 < D ≤ 300	65.7	1.4	2.1	
	300 < D ≤ 400	5.3	2.1	39.1	
	400 < D < 600	5.7	2.2	38.8	
香取市	D ≤ 200	5.9	0	—	5+
	200 < D ≤ 300	20.8	0.1	0.3	
	300 < D ≤ 400	11.3	0.1	0.7	
	400 < D < 600	6.9	1.1	16.6	

表-2.21 各震度階級におけるその他管φ600未満管径区別の被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管径	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率(%)		
					平均	最大	最小
5-	0	D ≤ 200					
		200 < D ≤ 300					
		300 < D ≤ 400					
		400 < D < 600					
5+	3	D ≤ 200	24.3	0.3	1.1	1.7	0
		200 < D ≤ 300	91.0	1.5	1.6	2.1	0.3
		300 < D ≤ 400	17.9	2.3	13.0	39.1	0.7
		400 < D < 600	12.9	3.4	26.0	38.8	16.6
6-	3	D ≤ 200	10.4	0.0	0.5	1.6	0
		200 < D ≤ 300	22.5	0.1	0.3	0.5	0
		300 < D ≤ 400	4.7	0.3	5.8	11.7	3.6
		400 < D < 600	9.8	0.4	3.8	6.6	5.2
6+	2	D ≤ 200	15.4	0	—	—	—
		200 < D ≤ 300	6.9	0	—	—	—
		300 < D ≤ 400	4.7	0.3	7.4	36.7	0
		400 < D < 600	9.3	0	—	—	—
7	1	D ≤ 200	7.4	0	—	—	—
		200 < D ≤ 300	3.2	0	—	—	—
		300 < D ≤ 400	5.7	0.4	7.0	7.0	7.0
		400 < D < 600	1.1	0	—	—	—

(4) 土被り別の被害率

東日本大震災の被災市町村ごとの管種別(塩ビ管、その他管)土被り別被害率について、震度階級別に整理する。

① 塩ビ管の土被り別被害率

塩ビ管の土被り別との被害率を整理すると表-2.22 となり、その結果を震度階級別に集計すると表-2.23 となる。被害率のばらつきが大きく、明確な傾向は見られない。

表-2.22 塩ビ管の土被り別被害率(東日本大震災)

市町村	土被り	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
栗原市	2m未満	33.1	3.6	10.8	7
	2m以上3m未満	19.9	6.0	30.2	
	3m以上4m未満	6.3	1.6	25.1	
	4m以上	2.1	0.5	25.0	
登米市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
大河原町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
村田町	2m未満	38.8	2.9	7.5	5+
	2m以上3m未満	12.1	2.1	17.3	
	3m以上4m未満	1.9	0.3	17.7	
	4m以上	0.5	0	—	
伊達市	2m未満	82.9	1.7	2.1	6-
	2m以上3m未満	20.7	3.5	16.8	
	3m以上4m未満	—	—	—	
	4m以上	—	—	—	
新地町	2m未満	41.3	2.0	4.9	6+
	2m以上3m未満	13.9	3.1	22.2	
	3m以上4m未満	2.8	0.5	18.9	
	4m以上	0.9	0.2	21.0	
茨城町	2m未満	21.9	0.9	4.0	6-
	2m以上3m未満	10.1	0.2	1.5	
	3m以上4m未満	2.4	0.03	1.2	
	4m以上	1.5	0	—	
浦安市	2m未満	53.9	11.1	20.5	5+
	2m以上3m未満	39.3	5.0	12.7	
	3m以上4m未満	13.0	3.6	27.9	
	4m以上	9.0	0.8	8.8	
香取市	2m未満	68.1	8.9	13.1	5+
	2m以上3m未満	17.0	1.5	8.9	
	3m以上4m未満	3.3	0.1	2.4	
	4m以上	2.1	0	—	

表-2.23 各震度階級における塩ビ管土被り別の被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	土被り	管路延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)		
					平均	最大	最小
5-	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
5+	3	2m未満	160.9	22.9	14.2	20.5	7.5
		2m以上3m未満	68.4	8.6	12.6	17.3	8.9
		3m以上4m未満	18.3	4.0	22.2	27.9	2.4
		4m以上	11.6	0.8	6.8	8.8	0
6-	2	2m未満	104.8	2.6	2.5	4.0	2.1
		2m以上3m未満	30.8	3.6	11.8	16.8	1.5
		3m以上4m未満	2.4	0.03	1.2	1.2	0
		4m以上	1.5	0	—	—	—
6+	1	2m未満	41.3	2.0	4.9	4.9	4.9
		2m以上3m未満	13.9	3.1	22.2	22.2	22.2
		3m以上4m未満	2.8	0.5	18.9	18.9	18.9
		4m以上	0.9	0.2	21.0	21.0	21.0
7	1	2m未満	33.1	3.6	10.8	10.8	10.8
		2m以上3m未満	19.9	6.0	30.2	30.2	30.2
		3m以上4m未満	6.3	1.6	25.1	25.1	25.1
		4m以上	2.1	0.5	25.0	25.0	25.0

② その他管の土被り別被害率

その他の管の土被り別との被害率を整理すると表-2.24 となり、その結果を震度階級別に集計すると表-2.25 となる。被害率のばらつきが大きく、明確な傾向は見られない。

表-2.24 その他管の土被り別被害率(東日本大震災)

市町村	土被り	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
栗原市	2m未満	1.1	0	—	7
	2m以上3m未満	0.6	0	—	
	3m以上4m未満	1.0	0.3	27.2	
	4m以上	1.7	0.1	7.6	
登米市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
大河原町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
村田町	2m未満	4.4	0.1	1.3	5+
	2m以上3m未満	1.9	0.2	9.0	
	3m以上4m未満	1.3	0.2	12.7	
	4m以上	0.8	0	—	
伊達市	2m未満	5.3	0.1	1.3	6-
	2m以上3m未満	—	—	—	
	3m以上4m未満	8.2	0.3	3.5	
	4m以上	—		—	
新地町	2m未満	4.3	0	—	6+
	2m以上3m未満	0.3	0	—	
	3m以上4m未満	0.6	0.3	45.0	
	4m以上	0.4	0.1	19.5	
茨城町	2m未満	4.9	0	—	6-
	2m以上3m未満	1.5	0	—	
	3m以上4m未満	3.9	0	—	
	4m以上	1.8	0	—	
浦安市	2m未満	31.4	0.7	2.3	5+
	2m以上3m未満	29.5	1.1	3.8	
	3m以上4m未満	13.3	0.9	7.1	
	4m以上	18.5	7.0	37.7	
香取市	2m未満	30.3	1.9	6.2	5+
	2m以上3m未満	3.9	0	—	
	3m以上4m未満	2.8	0.01	0.4	
	4m以上	4.6	0.02	0.4	

表-2.25 各震度階級におけるその他管土被り別の被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	土被り	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率(%)		
					平均	最大	最小
5-	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
5+	3	2m未満	66.0	2.7	4.0	6.2	1.3
		2m以上3m未満	35.2	1.3	3.6	9.0	3.8
		3m以上4m未満	17.5	1.1	6.4	12.7	0.4
		4m以上	24.0	7.0	29.2	37.7	0.4
6-	2	2m未満	10.2	0.1	0.7	1.3	0
		2m以上3m未満	1.5	0	—	—	—
		3m以上4m未満	12.1	0.3	2.4	3.5	0
		4m以上	1.8	0	—	—	—
6+	1	2m未満	4.3	0	—	—	—
		2m以上3m未満	0.3	0	—	—	—
		3m以上4m未満	0.6	0.3	45.0	45.0	45.0
		4m以上	0.4	0.1	19.5	19.5	19.5
7	1	2m未満	1.1	0	—	—	—
		2m以上3m未満	0.6	0	—	—	—
		3m以上4m未満	1.0	0.3	27.2	27.2	27.2
		4m以上	1.7	0.1	7.6	7.6	7.6

3 地震時の液状化等の地盤変位のしやすさ

地盤属性は、地震時における液状化等の地盤変位の起こりやすさを表す指標であり、耐震診断による液状化の判定結果や微地形分類などを活用し、定量化について検討を行う。

3.1 地震災害の可能性が高い箇所

一般的な地震災害による被害箇所は、地形条件や地盤条件の影響を大きく受けると考えられる。被害が集中する地域とその判定手法については次のような方法で把握することができる。

(1) 軟弱粘性土地盤

主に粘性土からなる極めて軟弱な地盤や平常時から地盤沈下が発生している地域は、地震時にも被害が発生しやすい。また、軟弱地盤で地下水位が高く、埋戻し土の液状化の可能性が高い地域に布設されている管路施設については被害を受ける可能性が高いと言える。「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」(平成24年3月、公益社団法人日本道路協会)による地盤種別(簡略法)に示される「Ⅲ種地盤(軟弱地盤)」と判定される箇所は被害を受ける可能性が相対的に高いといえる。

(2) 宅造地等の盛土地

切盛りで造成された宅地造成地では、主に盛土部の沈下等の変位により、切土・盛土の境界部において被害が発生しやすい。また、斜面を造成した宅地では盛土のすべりの発生や地盤の変形により管路施設に被害が発生する可能性がある。

(3) 急傾斜地

急傾斜地においては、地震動に起因して地すべり等を起こすことにより、下水道施設にも被害が生じる可能性がある。

(4) 地形、地盤条件が急激に変化する部分

洪積地盤と沖積地盤の境界部、あるいは沖積層の厚さが急激に変化する箇所等、地盤急変部を横切るように管路施設が埋設されている箇所では、地盤のひずみが大きく被害が生じる可能性がある。

(5) 活断層地域

活断層が予想される地域は、大規模な地震動が生じるとともに断層変位により多くの被害が発生する可能性がある。

3.2 液状化の可能性が高い箇所

(1) 液状化地盤

過去の地震による管路施設の大規模な被害は、原地盤あるいは埋戻し土の液状化に起因するものが多い。よって、地震により液状化の発生しやすい地域に布設されている管路施設については、被害を受ける可能性が高い。また、広域的な液状化が発生した場合は、周辺の全体的な地盤沈下を伴う可能性がある。なお、液状化の要因となる地震動については、加速度の大きさ以外にも周期特性や継続時間等により液状化の起こりやすさが異なる可能性にも留意する必要がある。

液状化しやすい箇所を概略的に把握するための方法としては、次のようなものがある。

1) 土質的な条件で把握する方法

「道路橋示方書・同解説[V耐震設計編]」(平成 24 年 3 月、公益社団法人日本道路協会)では、次のすべての条件にあてはまる土質の場合は液状化しやすいことが示されている。

- 地下水位が現地盤面から 10m 以内、かつ現地盤面から 20m 以内の深さに堆積する飽和した土層
- 細粒分含有率 F_c が 35% 以下の土層、または FC が 35% を超えても塑性指数 I_p が 15 以下の土層
- 50% 通過粒径 D_{50} が 10mm 以下で、かつ 10% 粒径 D_{10} が 1mm 以下である土層

2) 地形的な条件で把握する方法

表-3.1 に示すように「液状化地域ゾーニングマニュアル 平成 10 年度版」(平成 11 年 1 月、国土庁防災局震災対策課)ではより詳細な微地形区分による液状化可能性の判定基準が示されている。

表-3.1 微地形分類指針

微地形分類		判読の際の分類基準		
分類	細分類	地形的位置、特徴	形態	主な土地利用
谷底平野	扇状地型谷底平野	古期岩盤の山地、砂礫層の丘陵地	縦断勾配のやや急な谷底	畑、水田
	デルタ型谷底平野	未固結岩石の丘陵地、台地	縦断勾配の緩やかな谷底	水田
扇状地	扇状地(沖積錘を含む)	河川の谷底、山麓部	扇状～円錐状、平均縦断勾配1/100(0.57°)程度以上	果樹園、桑畑、畑
	緩扇状地	同上、または扇状地の末端部	扇状～円錐状、平均縦断勾配1/100(0.57°)程度以下	畑、水田
自然堤防	自然堤防	現・旧河川の流路沿い	帯状またはハッチ状の微高地	畑、桑畑、集落
	自然堤防堰堤部	低地一般面と自然堤防の境界部	同上、微高地のうち比高1m以下の部分	畑
	比高の小さい自然堤防 蛇行州(ポイントバー)	蛇行河道の凸岸側にできる堆積地形	河道に沿って湾曲した帯状または半円状の微高地	水田
後背低地		自然堤防・砂州・砂丘の背後	沼沢性起源の低地	水田
旧河道	新しい(明瞭な)旧河道	低地域の全般、過去河川流路の跡	帯状凹地、一般面より比高0.5～1.0m	水田、荒地
	古い(不明瞭な)旧河道	同上	帯状凹地、比高0.5m以内で不明瞭	水田
旧池沼		過去の池沼の跡	凹地または平坦地	水田、荒地
湿地		低地域のうち排水不良地、湧水地点付近、旧河道	同上	同上
河原	砂礫質の河原	扇状地型平野・扇状地における現河道の流動沿い	平坦、流水に覆われることのある複地中流部	荒地、果樹園
	砂泥質の河原	デルタ型谷底平野・低地一般面における現河川の流動沿い	同上、下流部	荒地、畑、水田
三角洲(デルタ)		河川の河口部	起伏に乏しい	水田
砂州(浜堤砂礫含む)	砂州	海岸、湖岸沿い	汀線に平行な微高地	針葉樹林、畑、荒地、集落
	砂礫州	同上	同上	同上
砂丘	砂丘	海岸、河岸	小丘の集合体、一般面との比高3m～4m以上	針葉樹林
	砂丘末端緩斜面	同上、砂丘の縁辺部	比高3m～4m以下	畑、集落
海浜	海浜	海岸地域の堤外地	海岸の波打ち際の砂地	海浜
	人工海浜	同上	同上、人工的なもの	同上
砂丘間低地・堤間低地		砂丘間、砂州間	比較的平坦	畑、水田
干拓地		沿岸地域、湖水地形や水面を干して陸地化した土地	平坦地、規則正しい地割	水田
埋立地		海域などの水面を一般面と同じ高さまで埋め立てたもの	平坦地	工場地、宅地
湧水地点(帯)		扇状地末端部、砂丘縁辺部、断崖部、旧河道、湿地、天井川に沿った堤内地		湿地、水田
盛土地			低地において1m以上の盛土	宅地

砂州、砂礫州 : 空中写真だけでは判定困難。

盛土地 : ここでいう盛土地とは、崖・斜面に隣接した盛土地、低湿地・干拓地・谷底平野上の盛土地を指す(すなわち、地下水位が高いと推定されるもの)。これ以上の盛土地は、盛土前の地形の区分と同等に扱う。

段丘 : 本表は沖積地の微地形分類のため、段丘層は記載していないが、斜面に隣接し地下水位が高いと想定される段丘については液状化の可能性があるので、段丘も分類するものとする。

出典 : 「液状化地域ゾーニングマニュアル 平成10年度版」(平成11年1月、国土庁防災局震災対策課)

3) 砂の粒度分布（粒径加積曲線）の形状で把握する方法

「港湾施設の技術上の基準・同解説(上・下)」(平成19年、日本港湾協会)(平成24年一部改定)では、砂の粒径加積曲線を図-3.1のグラフと照合し、該当する範囲に入っている場合は液状化しやすいと記されている。

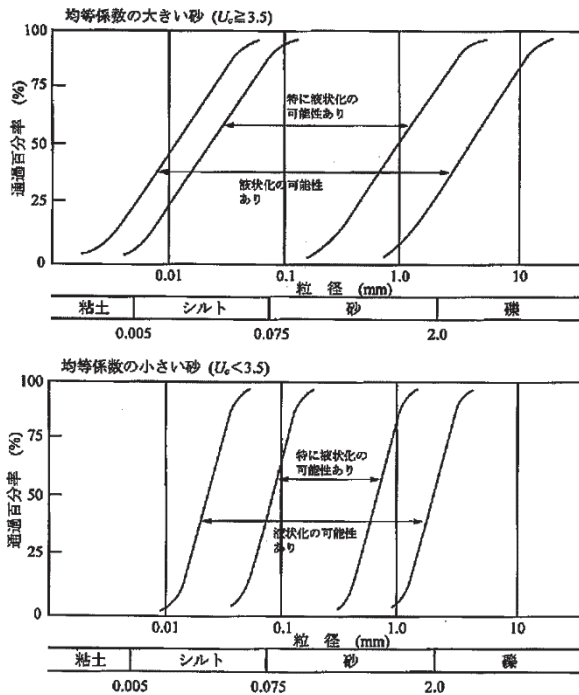


図-3.1 液状化の可能性がある範囲

【参考】

図-1.10は、均等係数の大小に応じて使い分ける。均等係数の大小は $U_c = D_{60} / D_{10} = 3.5$ が目安となる。ここに、 U_c : 均等係数、 D_{60} : 60%径、 D_{10} : 有効径(10%径)である。

粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲以外に含まれる土は液状化しないと判定する。

粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲にまたがった場合など分類が困難である場合には、粘土分側については繰返し三軸試験による予測・判定法を用いる等の適切な対応が必要である。礫分側については、透水係数が 3cm/s 以上であることを確認した場合に液状化しないと判定することができる。ただし、この場合、対象土層の上に粘土やシルトのような透水性の悪い土層がある場合には、「液状化の可能性あり」の範囲の土として扱う。また、 3cm/s という大きな透水係数を求めるための透水試験は特殊な方法となる。透水係数の測定が困難な場合には粒径から間接的に推定する方法があるが、適用にあたっては対象土が細粒分を含むか等の土質性状に留意する必要がある。

(2) 埋戻し土の液状化

液状化による被害は、周辺地盤の液状化のみならず埋戻し土の液状化によっても生じる。平成16年の新潟県中越地震や平成23年の東日本大震災では、液状化によると推察されるマンホールの路面への突出による被害が発生している。また、路盤下の埋戻し部の液状化による沈下、管路破損部への土砂の流入や浮き上がったマンホール底版の下側への土砂の回り込みが原因となって、道路路盤下が空洞化することで道路陥没が発生したことにより、交通遮断等の交通障害が発生している。

こうした液状化による被害は、周辺地盤が液状化のおそれのある地盤だけではなく、周辺地盤が液状化のおそれのない地盤であっても、軟弱粘性土地盤や泥炭地盤等において埋戻し部の地下水位が常時あるいは雨天時に一時的に高くなることが予想される場合には、埋戻し部の液状化が生じるおそれがある。一方、周辺地盤が礫質土地盤や密な砂質土地盤、埋設深さが浅い場合あるいは地下水位が低い場合には、このような埋戻し土の液状化による被害が生じる可能性は低い。そのため、液状化による被害を防止するためには、埋戻し土の液状化の可能性についても判定する必要がある、これは既存管路施設の耐震対策において重要である。

埋戻し土の液状化による被害の可能性の判定手法としては確立したものがないが、これまでの被害事例から以下の条件すべてに該当する場合に、埋戻し土の液状化による被害の可能性がある。

- ① 地下水位が高い場合 (G.L.-3m 以浅)
- ② 埋設深度が深い場合 (管きよの土被りが G.L.-2m 以深、かつ地下水位以下)
- ③ 周辺地盤が軟弱な場合
(緩い砂地盤 (概ね N 値 15 以下)、軟弱粘性土地盤 (概ね N 値 7 以下) 等)

微地形分類に基づき周辺地盤および埋戻し土の液状化の可能性をまとめると表-3.2 のとおりとなり、液状化による被害の可能性を概略的に調べるができる。

表-3.2 微地形分類に基づく埋戻し土の液状化の可能性

微地形		液状化被害の可能性
区分	細区分	
谷底平野	扇状地型谷底平野	小
	デルタ型谷底平野	中
扇状地	急勾配扇状地・沖積錘	小
	緩勾配扇状地*	中～大
自然堤防	自然堤防	中
	比高の小さい自然堤防・自然堤防周辺部	大
ポイントバー(蛇行州)	—	大
後背湿地*	—	大
旧河道	新しい(明瞭な)旧河道	大
	古い(不明瞭な)旧河道	中～大
旧池沼	—	大
湿地*	—	大
河原	砂礫質の河原	小
	砂泥質の河原	大
デルタ(三角州)	—	中
砂州	砂州	中
	砂礫州	小
砂丘	砂丘	小
	砂丘末端緩斜面	大
海浜	海浜	小
	人工海浜	大
砂丘間低地・堤間低地	—	大
干拓地	—	中
埋立地	—	大
湧水地点(帯)	—	大
盛土地	砂丘と低地の境界付近の盛土地	大
	崖・急斜面に隣接した盛土地	大
	谷底平野上の盛土地	大
	低湿地上の盛土地	大
	干拓地上の盛土地	大
	その他の盛土地	元の地形に準ずる
台地・段丘	上位面	小
	中位面	小
	下位面	小
	低位面*	中～大

注) 「微地形から見た液状化可能性の判定基準」に埋戻し土の液状化による被害が想定される地形を加筆

*印は周辺地盤の液状化の可能性は小～中であるが、埋戻し土の液状化による被害の可能性が大きい地形である。

出典 : 若松加寿江「詳細な微地形分類による地盤表層の液状化被害可能性の評価」

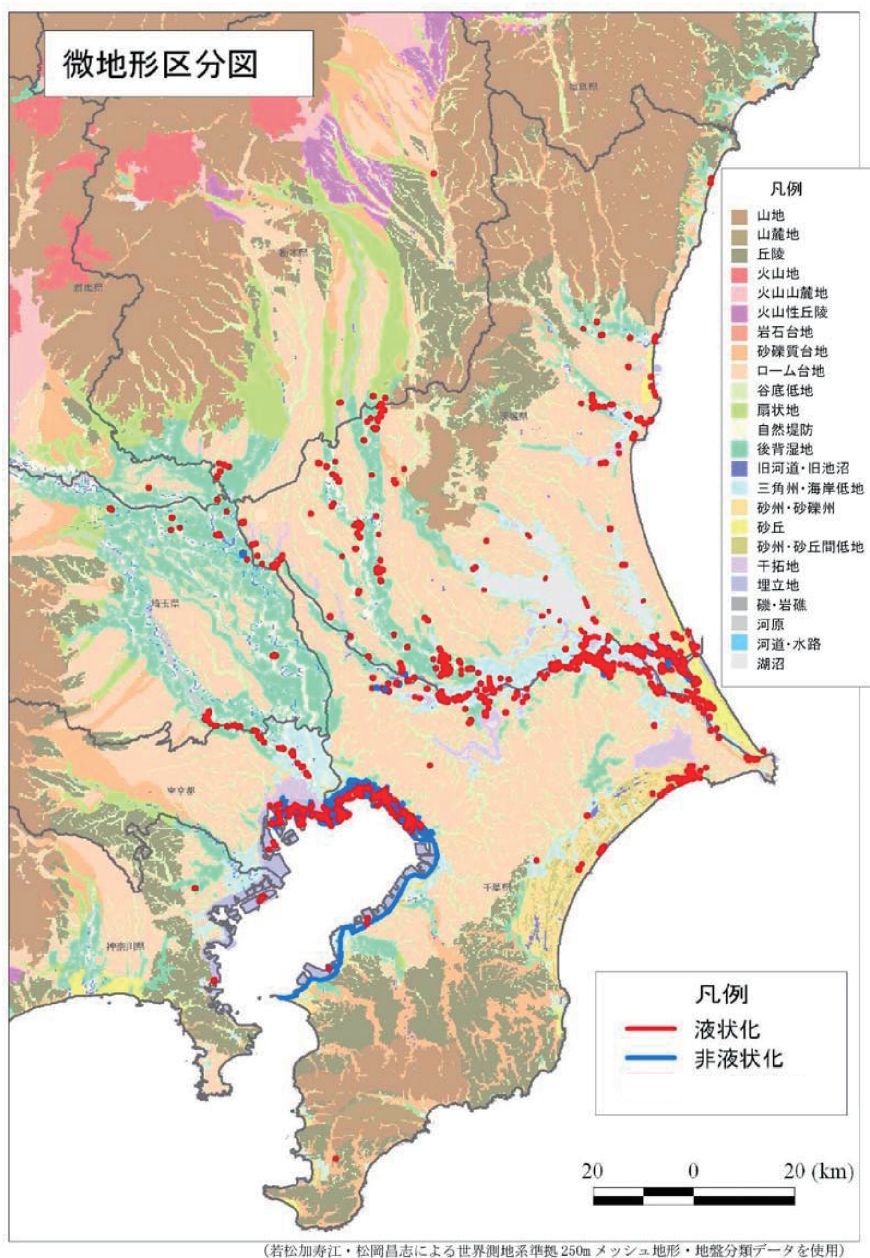
(1992年、日本建築学会大会学術講演梗概集 B 分冊構造 I)

(3) 東日本大震災における液状化の発生状況

1) 関東地方の発生状況

関東地方における東日本大震災での微地形分類と液状化発生箇所の関係については、「東北地方太平洋沖地震における関東地方の地盤液状化現象の実態解明」(平成 23 年 8 月、国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会)において報告されている。

図-3.2 の関東地方の微地形区分図と液状化発生地点のプロット図に示すとおり、液状化発生地点は河川・湖沼周辺の低地部、沿岸部の埋立地に多く分布する傾向がある。



出典：「東北地方太平洋沖地震における関東地方の地盤液状化現象の実態解明」(平成 23 年 8 月、国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会)

図-3.2 関東地方の微地形分類図と液状化発生地点

また、関東地方整備局・地盤工学会の報告では、関東地方1都6県(総メッシュ数約49.7万、約3.1万km²)の微地形分類毎の液状化発生メッシュの比率は表-3.3に示すとおりであり、微地形分類では埋立地が20.2%と最も多く、次いで旧河道・旧湖沼が10.4%と多いとされている。

表-3.3 微地形分類毎の液状化発生メッシュ比率(関東地方)

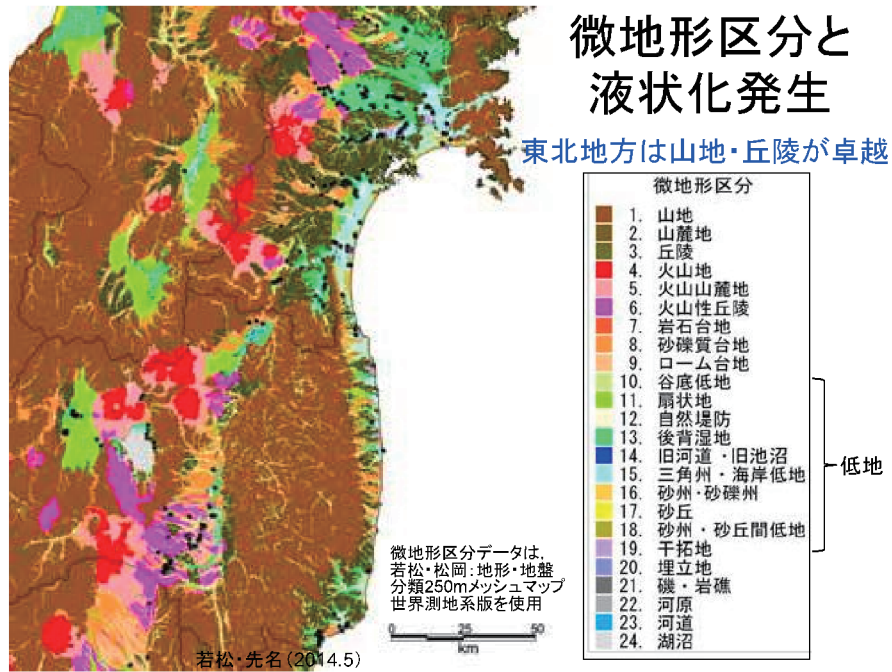
No	微地形区分	定義・特徴	液状化発生メッシュ数	非液状化メッシュ数	関東地方メッシュ数	液状化発生メッシュ%	液状化順位
20	埋立地	水面下の部分を盛土により陸地させたもの。標高は水面よりも高い	1,171	4,635	5,806	20.169%	1
14	旧河道・旧湖沼	過去の河川の流路や池沼で、低地一般面より0.5~1m低い帯状の凹地、またはこれらを埋め立てた土地	244	2,094	2,338	10.436%	2
19	干拓地	浅海底や湖底部分を沖合の築堤と排水により陸地させたもの。標高は水面よりも低い	257	3,175	3,432	7.488%	3
15	三角州・海岸低地	三角州は河川河口部の沖積低地で、低平で主として砂ないし粘性土よりなるもの。海岸低地は汀線付近の堆積物よりなる浅海底が陸化した部分で、砂州や砂丘などの微高地以外の低平なもの。海岸・海岸の小規模低地を含む	538	11,330	11,868	4.533%	4
17	砂丘	風により運搬され堆積した細砂ないし中砂が表層に約5m以上堆積する波状の地形。一般に砂州上に形成されるが、台地上に形成されたものを含む	104	2,660	2,764	3.763%	5
16	砂州・砂礫州	波や潮流の作用により汀線沿いに形成された中密ないし密な砂または砂礫よりなる微高地。過去の海岸沿いに形成され、現在は内陸部に存在するものを含む	254	8,053	8,307	3.058%	6
22	河原	雨や雪などの表流水の流路となる細長い凹地のうち、常時は水流がない溢水していない部分	107	3,991	4,098	2.611%	7
12	自然堤防	河川により運搬された土砂のうち粗粒土(主に砂質土)が河道沿いに細長く堆積して形成された微高地	222	10,077	10,299	2.156%	8
23	河道・水路	雨や雪などの表流水の流路となる細長い凹地で、常時に水流がある部分	4	203	207	1.932%	9
13	後背湿地	扇状地の下流側または三角州の上流側に分布する沖積低地で自然堤防以外の低湿な平坦地。軟弱な粘性土、泥炭、腐植質土からなる。砂丘・砂州の内陸側や山地・丘陵地・台地等に囲まれたポケット状の低地で粘性土、泥炭、腐植質土が堆積する部分を含む	282	27,195	27,477	1.026%	10
18	砂州・砂丘間低地	砂州や砂丘の間の低地。一般に堤間低地と呼ばれるものも含む。表層は風成砂よりなるが、その下位は腐植土や粘性土で構成されることが多い	15	1,733	1,748	0.858%	11
10	谷底低地	山地・火山地・丘陵地・台地に分布する川沿いの幅の狭い沖積低地。表層堆積物は山間地の場合に砂礫が多く、台地・丘陵地・海岸付近では粘性土や泥炭質土のこともある	39	25,083	25,122	0.155%	12
9	ローム台地	河岸段丘または海岸段丘で表層が約5m以上のローム層(火山灰質粘性土)からなるもの	92	104,558	104,650	0.088%	13
11	扇状地	河川が山地から沖積低地に出る所に形成される砂礫よりなる半円錐状の堆積地。勾配は概ね1/1000以上	2	17,063	17,065	0.012%	14
3	丘陵	標高が比較的小さく、1kmメッシュにおける起伏量が概ね200m以下の斜面からなる土地	1	40,093	40,094	0.002%	15
1	山地	1kmメッシュにおける起伏量(最高点と最低点の標高差)が概ね200m以上で、先第四系(第三紀以前の岩石)からなる標高の高い土地	0	146,454	146,454	0.000%	
2	山麓地	先第四系山地に接し、土石流堆積物・崖堆積物など山地から供給された堆積物等よりなる比較的平滑な傾斜地	0	4,271	4,271	0.000%	
4	火山地	第四系火山噴出物よりなり、標高・起伏量の大きなもの	0	17,804	17,804	0.000%	
5	火山山麓地	火山地の周縁に分布する緩傾斜地で、火砕流堆積地や溶岩流堆積地、火山体の開折により形成される火山麓扇状地・泥流堆積地などを含む	0	18,804	18,804	0.000%	
6	火山性丘陵	火砕流堆積地のうち侵食が進み平坦面が残っていないもの、または小面積で孤立するもの	0	8,024	8,024	0.000%	
7	岩石台地	河岸段丘または海岸段丘で表層の堆積物が約5m以下のもの、隆起サンゴ礁の石灰岩台地を含む	0	75	75	0.000%	
8	砂礫質台地	河岸段丘または海岸段丘で表層に約5m以上の段丘堆積物(砂礫層、砂質土層)をもつもの	0	32,654	32,654	0.000%	
21	礫・岩礁	基盤の岩が露出、または岩塊が多い海岸	0	205	205	0.000%	
24	湖沼	四方陸地に囲まれて、海とは直接連絡のない静止した水域	0	3,219	3,219	0.000%	
	合計		3,332	493,453	496,785	0.671%	

出典：「東北地方太平洋沖地震における関東地方の地盤液状化現象の実態解明」
(平成23年8月、国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会)

2) 東北地方の発生状況

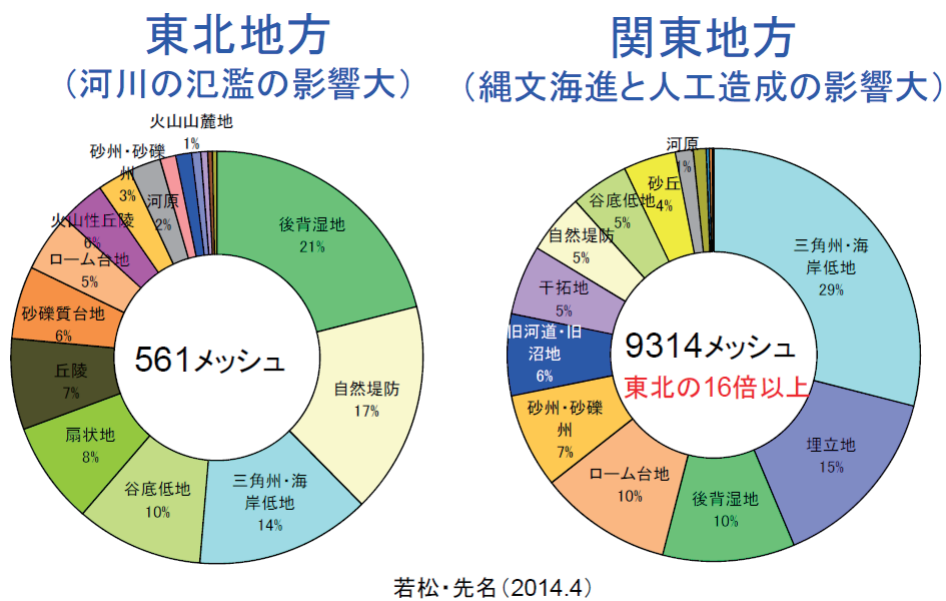
東北地方における東日本大震災での微地形分類と液状化発生箇所の関係については、地盤工学会等による東日本大震災合同調査において報告されている。

第129回水道技術懇話会資料(東日本大震災における液状化—水道施設の耐震化にむけて—)(H26.4.24、公益財団法人水道技術センター)では、若松らの調査により、東北地方の微地形区分図と液状化発生地点が整理され、図-3.3に示すとおり、液状化の発生地点は河川沿い及び海岸沿岸部に多く分布する傾向がみられる。また、東北地方の微地形分類毎の液状化発生メッシュの比率については、図-3.4に示すとおり、微地形分類では後背湿地が21%と最も多く、次いで自然堤防が17%と多いとされている。なお、東北地方の液状化発生割合は関東地方の1/16程度であった。



出典：「第129回水道技術懇話会資料」(H26.4.24、公益財団法人水道技術センター)

図-3.3 東北地方の微地形分類図と液状化発生地点



出典：「第129回水道技術懇話会資料」(H26.4.24、公益財団法人水道技術センター)

図-3.4 微地形分類毎の液状化発生割合

3.3 地盤別の被害傾向分析

前述までのとおり、過去の地震による管路施設の大規模な被害は、原地盤あるいは埋戻し土の液状化に起因するものが多く、地震動増幅が大きい地盤であるほど下水道管路施設が被害を受ける可能性が高くなる。

このことから、東日本大震災の被害管路を対象にその傾向を把握するために、地盤別の管路被害率を分析する。

3.3.1 分析方法

被害率算出における被害管路データは、東日本大震災の管路被害データベースを用いることとする。地盤区分については、国立研究開発法人 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(J-SHIS)の地震ハザードカルテ[※]にて公開されている微地形分類を参考に以下のとおりとし、震度階級別に地盤区分(微地形分類)別の管路被害率を求めることとする。

なお、地盤別管路被害率設定における液状化による被害可能性の程度は、表-3.2の微地形分類に基づく埋戻し土の液状化の可能性と、表-3.3の東日本大震災における微地形分類毎液状化発生メッシュ比率を参考に過去の大規模地震における被害実績を考慮して液状化危険度A~Cに分類を行い、各々の被害率を算出する。

表-3.4に本業務における液状化危険度ランクと微地形分類の関係、表-3.5に微地形分類による液状化被害の可能性判定結果を示す。

※地震ハザードカルテ：防災科学研究所が「地震ハザードステーション」のHP (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/karte/>)で公開している任意の箇所(250mメッシュ)の地震情報。

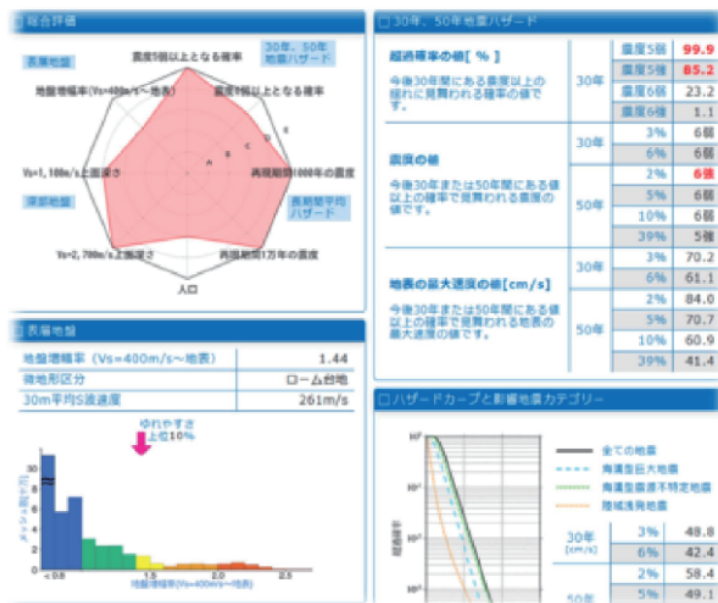


図-3.5 ハザードカルテのサンプル

表-3.4 液状化危険度ランクと微地形分類の関係

液状化危険度ランク		微地形分類
液状化危険度 A	液状化の可能性高い (可能性大)	埋立地、旧河道・旧池沼、自然堤防、後背湿地、砂州・砂丘間低地、湿地
液状化危険度 B	液状化の可能性あり (可能性中)	干拓地、三角州・海岸低地、砂丘、砂州・砂礫州、河原、河道・水路、扇状地
液状化危険度 C	液状化の可能性低い (可能性小)	谷底低地、ローム台地、丘陵、山地、火山地 等

表-3.5 微地形分類による液状化被害の可能性判定

微地形	液状化被害の可能性	被害地震
谷底低地	小	新潟県中越地震、東日本大震災
扇状地	中	新潟県中越地震、東日本大震災
自然堤防	大	新潟地震、新潟県中越地震、東日本大震災
後背湿地	大	釧路沖地震、北海道東方沖地震、新潟県中越地震、東日本大震災
旧河道	大	釧路沖地震、北海道東方沖地震、十勝沖地震、東日本大震災
旧池沼	大	日本海中部地震、鳥取県西部地震
湿地	大	釧路沖地震、北海道東方沖地震、十勝沖地震
河原	中	東日本大震災
デルタ(三角州)	中	東日本大震災
砂州・砂礫州	中	東日本大震災
砂丘	中	新潟地震、日本海中部地震、東日本大震災
砂州・砂丘間低地	大	日本海中部地震、東日本大震災
干拓地	中	日本海中部地震、東日本大震災
埋立地	大	兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、東日本大震災
河道・水路	中	東日本大震災
ローム台地	小	東日本大震災
丘陵	小	東日本大震災
山地・火山地	なし(小)	

3.3.2 分析結果

東日本大震災の地震動および管路被害データを基に地盤別被害率を算出する。

1) 管種別被害率

① 塩ビ管の液状化危険度 A ランク被害率

塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの東日本大震災における市町村ごとの被害率を整理すると表-3.6 となり、これを震度階級別に集計すると表-3.7 となる

表-3.6 塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの市町村別被害率(東日本大震災)

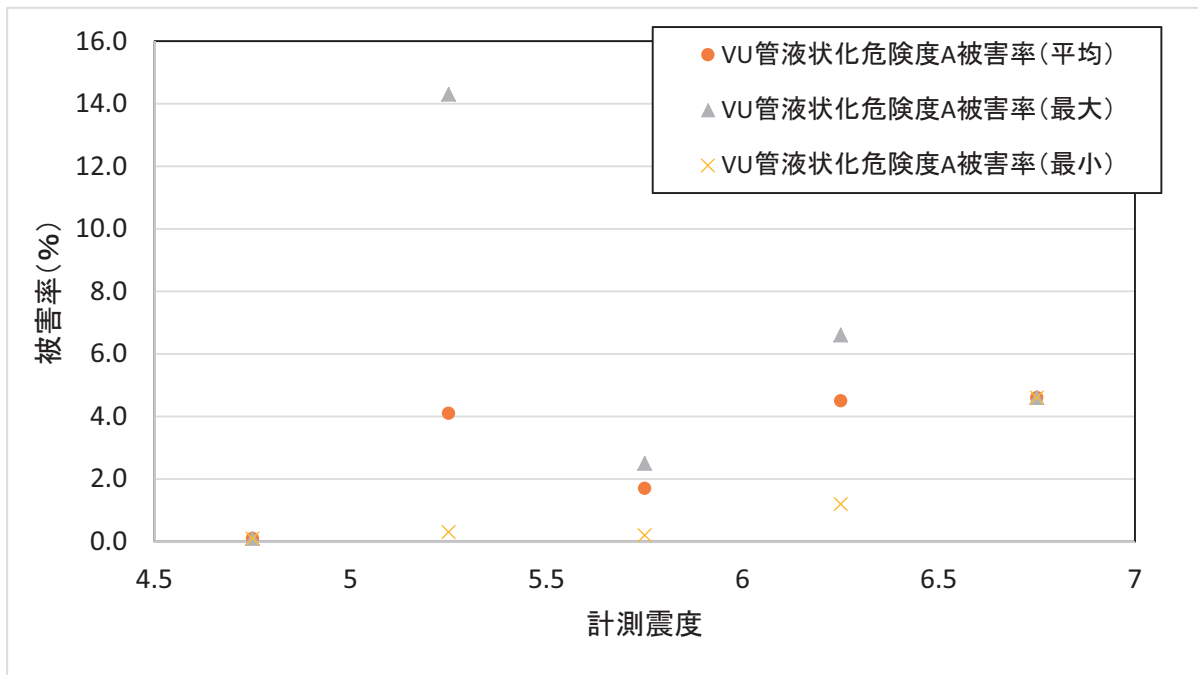
市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
遠野市	83.9	0.7	0.8	5+
加美町	155.8	0.4	0.3	5+
栗原市	77.1	3.5	4.6	7
大崎市	149.5	1.7	1.2	6+
登米市	237.8	15.7	6.6	6+
伊達市	81.7	1.7	2.0	6-
いわき市	261.2	6.4	2.5	6-
取手地方広域 下水道組合	140.0	0.3	0.2	6-
浦安市	143.4	20.5	14.3	5+
習志野市	197.7	1.9	1.0	5+
船橋市	388.1	0.01	0.1	5-

表-3.7 各震度階級における塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの被害率(東日本大震災)

震度階級	該当 自治体数	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率(%)		
				平均	最大	最小
5-	1	388.1	0.01	0.1	0.1	0.1
5+	4	580.8	23.6	4.1	14.3	0.3
6-	3	483.0	8.4	1.7	2.5	0.2
6+	2	387.4	17.5	4.5	6.6	1.2
7	1	77.1	3.5	4.6	4.6	4.6

表-3.7 の塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの震度階級と平均被害率より、震度と被害率の関係は図-3.6 に示すとおりであり、被害率にばらつきがあり相関がとれない。

塩ビ管全体の被害率と比較すると、震度 5 強、6 強は液状化による被害率が高い傾向にあり、震度 5 強の被害が突出している。低い震度の被害は関東地方の地震被害が大きく関与しており、関東地方の液状化発生割合が東北地方の約 16 倍であったことに加え、地震の継続時間が長く、大きな余震が関東近辺で頻発したことから、液状化が助長されたこと等が原因と推察される。



※ 各震度階級の間値により計測震度に変換

図-3.6 塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

③ その他管の液状化危険度 A ランク被害率

その他管液状化危険度 A ランク管きよの東日本大震災における市町村ごとの被害率を整理すると表-3.8 となり、震度階級別に集計すると表-3.9 となる。

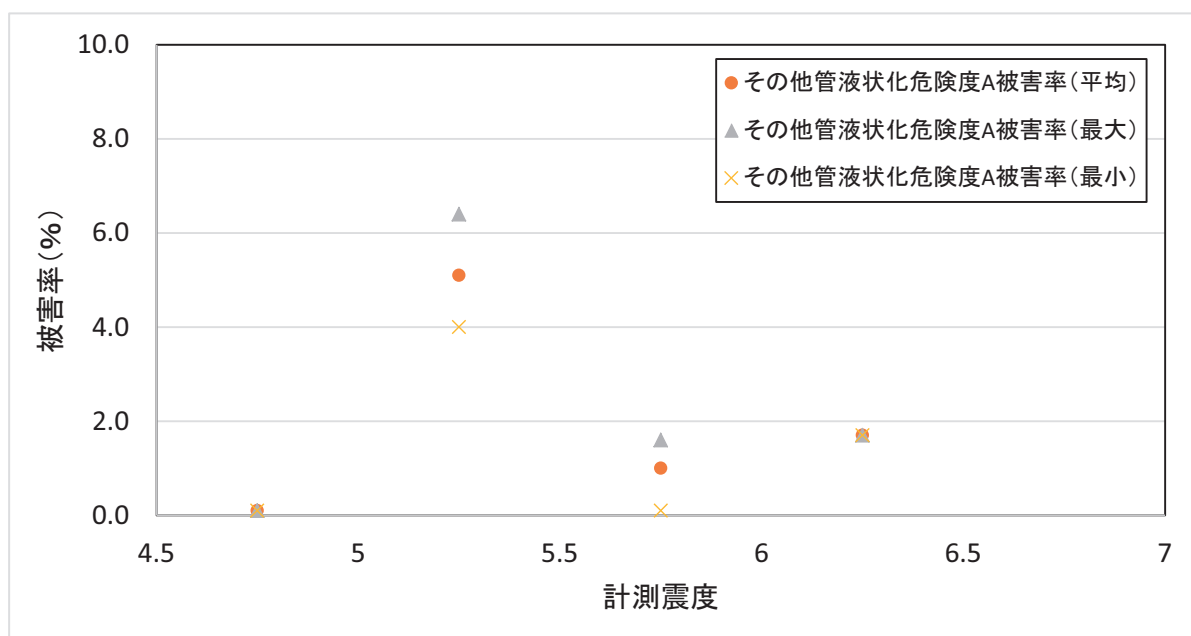
表-3.8 その他管液状化危険度 A ランク管きよの市町村別被害率(東日本大震災)

市町村	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
大崎市	37.2	0.6	1.7	6+
伊達市	11.9	0.1	1.1	6-
いわき市	280.7	4.4	1.6	6-
取手地方広域 下水道組合	190.4	0.3	0.1	6-
浦安市	152.1	9.8	6.4	5+
習志野市	171.3	6.9	4.0	5+
船橋市	576.0	0.1	0.1	5-

表-3.9 各震度階級におけるその他管液状化危険度 A ランク管きよの被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	管路延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)		
				平均	最大	最小
5-	1	576.0	0.1	0.1	0.1	
5+	2	323.4	16.6	5.1	6.4	4.0
6-	3	483.0	4.8	1.0	1.6	0.1
6+	1	37.2	0.6	1.7	1.7	1.7
7	0					

表-3.9 のその他管液状化危険度 A ランク管きよの震度階級と平均被害率より、震度と被害率の関係は図-3.7 に示すとおりとなり、被害率にばらつきがあり相関がとれない。その他管全体の被害率と比較すると、全般的に液状化による被害率は高い傾向にあり、塩ビ管と同様に震度 5 強の被害が突出している。



※ 各震度階級の間中値により計測震度に変換

図-3.7 その他管液状化危険度 A ランク管きよの計測震度と被害率の関係(東日本大震災)

2) 土被り別被害率

次に、管種・土被りと液状化危険度の関係に着目して被害率の算出を行う。

① 塩ビ管の土被り別液状化危険度 A ランク被害率

塩ビ管の土被り別液状化危険度 A ランク管きよの被害率を整理すると表-3.10 となり、震度階級別に集計すると表-3.11 となる。

表-3.10 塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの土被り別被害率(東日本大震災)

市町村	土被り	管路延長 (km) ^{※1}	被害延長 (km) ^{※2}	被害率 (%)	震度階級 (最大) ^{※3}
栗原市	2m未満	14.1	1.5	10.6	7
	2m以上3m未満	4.5	1.1	24.7	
	3m以上4m未満	1.0	0.2	20.1	
	4m以上	—	—	—	
登米市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
大河原町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
村田町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
伊達市	2m未満	25.7	0.6	2.2	6-
	2m以上3m未満	6.3	1.1	17.6	
	3m以上4m未満	—	—	—	
	4m以上	—	—	—	
新地町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
茨城町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
浦安市	2m未満	53.9	11.1	20.5	5+
	2m以上3m未満	39.3	5.0	12.7	
	3m以上4m未満	13.0	3.6	27.9	
	4m以上	9.0	0.8	8.8	
香取市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				

表-3.11 各震度階級における塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの土被り別被害率
(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	土被り	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率 (%)		
					平均	最大	最小
5-	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
5+	1	2m未満	53.9	11.1	20.5	20.5	20.5
		2m以上3m未満	39.3	5.0	12.7	12.7	12.7
		3m以上4m未満	13.0	3.6	27.9	27.9	27.9
		4m以上	9.0	0.8	8.8	8.8	8.8
6-	1	2m未満	25.7	0.6	2.2	2.2	2.2
		2m以上3m未満	6.3	1.1	17.6	17.6	17.6
		3m以上4m未満	0	0	-	-	-
		4m以上	0	0	-	-	-
6+	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
7	1	2m未満	14.1	1.5	10.6	10.6	10.6
		2m以上3m未満	4.5	1.1	24.7	24.7	24.7
		3m以上4m未満	1.0	0.2	20.1	20.1	20.1
		4m以上	0	0	-	-	-

表-3.11 の塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよ土被り別の震度階級と平均被害率より、震度別の被害率はばらつきが大きく、相関がとれない。

なお、今回設定する塩ビ管液状化危険度 A ランク管きよの土被り別被害率については、表-2.23 の塩ビ管土被り別被害率の最大値が表-3.11 の最大値と概ね一致する傾向にあることから、表-2.23 の最大値を採用する。

【再掲】表-2.23 各震度階級における塩ビ管土被り別の被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	土被り	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率 (%)		
					平均	最大	最小
5-	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
5+	3	2m未満	160.9	22.9	14.2	20.5	7.5
		2m以上3m未満	68.4	8.6	12.6	17.3	8.9
		3m以上4m未満	18.3	4.0	22.2	27.9	2.4
		4m以上	11.6	0.8	6.8	8.8	0
6-	2	2m未満	104.8	2.6	2.5	4.0	2.1
		2m以上3m未満	30.8	3.6	11.8	16.8	1.5
		3m以上4m未満	2.4	0.03	1.2	1.2	0
		4m以上	1.5	0	-	-	-
6+	1	2m未満	41.3	2.0	4.9	4.9	4.9
		2m以上3m未満	13.9	3.1	22.2	22.2	22.2
		3m以上4m未満	2.8	0.5	18.9	18.9	18.9
		4m以上	0.9	0.2	21.0	21.0	21.0
7	1	2m未満	33.1	3.6	10.8	10.8	10.8
		2m以上3m未満	19.9	6.0	30.2	30.2	30.2
		3m以上4m未満	6.3	1.6	25.1	25.1	25.1
		4m以上	2.1	0.5	25.0	25.0	25.0

② その他管の土被り別液状化危険度 A ランク被害率

その他管の土被り別液状化危険度 A ランク管きよの被害率を整理すると表-3.12 となり、その結果を震度階級別に集計すると表-3.13 となる。

表-3.12 その他管液状化危険度 A ランク管きよの土被り別被害率(東日本大震災)

市町村	土被り	管路延長 ^{※1} (km)	被害延長 ^{※2} (km)	被害率 (%)	震度階級 ^{※3} (最大)
栗原市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
登米市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
大河原町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
村田町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
伊達市	2m未満	—	—	—	6-
	2m以上3m未満	—	—	—	
	3m以上4m未満	2.3	0.1	5.4	
	4m以上	—	—	—	
新地町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
茨城町	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				
浦安市	2m未満	31.4	0.7	2.3	5+
	2m以上3m未満	29.5	1.1	3.8	
	3m以上4m未満	13.3	0.9	7.1	
	4m以上	18.5	7.0	37.7	
香取市	2m未満				
	2m以上3m未満				
	3m以上4m未満				
	4m以上				

表-3.13 各震度階級におけるその他管液状化危険度 A ランク管きよの土被り別被害率
(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	土被り	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率 (%)		
					平均	最大	最小
5-	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
5+	1	2m未満	31.4	0.7	2.3	2.3	2.3
		2m以上3m未満	29.5	1.1	3.8	3.8	3.8
		3m以上4m未満	13.3	0.9	7.1	7.1	7.1
		4m以上	18.5	7.0	37.7	37.7	37.7
6-	1	2m未満	0	0	—	—	—
		2m以上3m未満	0	0	—	—	—
		3m以上4m未満	2.3	0.1	5.4	5.4	5.4
		4m以上	0	0	—	—	—
6+	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
7	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					

表-3.13 のその他管液状化危険度 A ランク管きよ土被り別の震度階級と平均被害率の関係は、サンプル数が少なく、震度別の被害率のばらつきも大きいことから、相関がとれない。

なお、今回設定するその他管液状化危険度 A ランク管きよの土被り別被害率については、表-2.25 のその他管土被り別被害率の最大値が、表-3.13 の最大値に近いことから、塩ビ管と同様に表-2.25 の最大値を採用する。

【再掲】表-2.25 各震度階級におけるその他管土被り別の被害率(東日本大震災)

震度階級	該当自治体数	土被り	管路延長 (km)	被害延長 (km)	被害率 (%)		
					平均	最大	最小
5-	0	2m未満					
		2m以上3m未満					
		3m以上4m未満					
		4m以上					
5+	3	2m未満	66.0	2.7	4.0	6.2	1.3
		2m以上3m未満	35.2	1.3	3.6	9.0	3.8
		3m以上4m未満	17.5	1.1	6.4	12.7	0.4
		4m以上	24.0	7.0	29.2	37.7	0.4
6-	2	2m未満	10.2	0.1	0.7	1.3	0
		2m以上3m未満	1.5	0	—	—	—
		3m以上4m未満	12.1	0.3	2.4	3.5	0
		4m以上	1.8	0	—	—	—
6+	1	2m未満	4.3	0	—	—	—
		2m以上3m未満	0.3	0	—	—	—
		3m以上4m未満	0.6	0.3	45.0	45.0	45.0
		4m以上	0.4	0.1	19.5	19.5	19.5
7	1	2m未満	1.1	0	—	—	—
		2m以上3m未満	0.6	0	—	—	—
		3m以上4m未満	1.0	0.3	27.2	27.2	27.2
		4m以上	1.7	0.1	7.6	7.6	7.6

3) 液状化危険度による補正

塩ビ管および鉄筋コンクリート管等のその他管の液状化地盤における被害の程度は、地盤の液状化危険度(微地形分類に応じて区分)によって異なるため、液状化危険度による被害率の補正を行う必要がある。

表-3.14 は、東日本大震災における関東地方の液状化発生メッシュ数を示したものである。この表より、液状化危険度別の液状化発生比率が把握できることから、これらを整理すると表-3.15 の通りとなり、表に示す比率を補正值として用いた。

液状化危険度による補正を行った土被り別被害率を表-3.16 に示す。

表-3.14 液状化面積率(東日本大震災関東地方液状化発生メッシュ比率)

ランク	微地形分類	液状化発生メッシュ数	関東地方メッシュ数
液状化危険度A	埋立地	1171	5806
	旧河道・旧池沼	244	2338
	自然堤防	222	10299
	後背湿地	282	27477
	砂州・砂丘間低地	15	1748
	計	1934	47668
液状化危険度B	干拓地	257	3432
	三角州・海岸低地	538	11868
	砂丘	104	2764
	砂州・砂礫州	254	8307
	河原	107	4098
	河道・水路	4	207
	扇状地	2	17065
	計	1266	47741
液状化危険度C	谷底低地	39	25122
	ローム台地	92	104650
	丘陵	1	40094
	計	132	169866

出典：「東北地方太平洋沖地震における関東地方の地盤液状化現象の実態解明」

(平成23年8月、国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会)

表-3.15 液状化危険度と液状化面積率

液状化危険度ランク		液状化面積率	比率
液状化危険度A	液状化の可能性高い	4.1%	1.00
液状化危険度B	液状化の可能性あり	2.7%	0.66
液状化危険度C	液状化の可能性低い	0.1%	0.02

表-3.16 液状化危険度別、震度階級別、管種別、土被り別の平均被害率

管種	土被り	液状化危険度	震度階級				
			5-	5+	6-	6+	7
			4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管	2m未満	A		20.5%	4.0%	4.9%	10.8%
		B		13.5%	2.6%	3.2%	7.1%
		C		0.5%	0.1%	0.1%	0.3%
	2m以上3m未満	A		17.3%	16.8%	22.2%	30.2%
		B		11.4%	11.1%	14.7%	19.9%
		C		0.4%	0.4%	0.5%	0.7%
	3m以上4m未満	A		27.9%	1.2%	18.9%	25.1%
		B		18.4%	0.8%	12.5%	16.6%
		C		0.6%	0.1%	0.4%	0.6%
	4m以上	A		8.8%		21.0%	25.0%
		B		5.8%		13.9%	16.5%
		C		0.2%		0.5%	0.5%
その他管	2m未満	A		6.2%	1.3%		
		B		4.1%	0.9%		
		C		0.2%	0.1%		
	2m以上3m未満	A		9.0%			
		B		5.9%			
		C		0.2%			
	3m以上4m未満	A		12.7%	3.5%	45.0%	27.2%
		B		8.4%	2.3%	29.7%	18.0%
		C		0.3%	0.1%	0.9%	0.6%
	4m以上	A		37.7%		19.5%	7.6%
		B		24.9%		12.9%	5.0%
		C		0.8%		0.4%	0.2%

4 被害率設定のまとめ

システム信頼度の算出等に用いる被害確率について、施設の壊れやすさおよび地震時の液状化等の地盤変位のしやすさの視点から、東日本大震災における管種・管径別被害率、管種・土被り・液状化危険度別の被害率を用いて表すと、下記のとおりとなる。

表-4.1 震度階級別・管種別・管径区分別の被害率

管種	管径	震度階級			
		5強以下	6弱	6強	7
		5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管	$D \leq 200$	4.0% ~ 11.5%	3.1% ~ 20.1%	5.4% ~ 7.9%	4.0%
	$200 < D \leq 300$	10.1% ~ 20.1%	1.4% ~ 8.5%	6.3% ~ 24.4%	8.9%
	$300 < D \leq 400$	15.2% ~ 40.7%	3.1% ~ 20.1%	0.0% ~ 60.6%	15.1%
	$400 < D < 600$	15.2% ~ 40.7%	3.1% ~ 20.1%	0.0% ~ 60.6%	30.2%
	$D \geq 600$	0.4%	0.9%	1.6%	2.9%
その他管	$D \leq 200$	0.0% ~ 1.7%	0.0% ~ 1.6%	0.0% ~ 36.7%	7.0%
	$200 < D \leq 300$	0.3% ~ 2.1%	0.0% ~ 0.5%	0.0% ~ 36.7%	7.0%
	$300 < D \leq 400$	0.7% ~ 39.1%	3.6% ~ 11.7%	0.0% ~ 36.7%	7.0%
	$400 < D < 600$	16.6% ~ 38.8%	5.2% ~ 6.6%	0.0% ~ 36.7%	7.0%
	$D \geq 600$	0.4%	0.9%	1.6%	2.9%

※1 $\phi 600$ 未満の被害率は、表-2.19、表-2.21 より設定。着色部はデータがないため、震度階級の最大値を採用。

※2 $\phi 600$ 以上の被害率は、表-2.16 より設定

表-4.2 液状化危険度別・震度階級別・管種別・土被り別の被害率

管種	土被り	液状化危険度	震度階級			
			5強以下	6弱	6強	7
			5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管	2m未満	A	20.5%	4.0%	4.9%	10.8%
		B	13.5%	2.6%	3.2%	7.1%
		C	0.5%	0.1%	0.1%	0.3%
	2m以上3m未満	A	17.3%	16.8%	22.2%	30.2%
		B	11.4%	11.1%	14.7%	19.9%
		C	0.4%	0.4%	0.5%	0.7%
	3m以上4m未満	A	27.9%	1.2%	18.9%	25.1%
		B	18.4%	0.8%	12.5%	16.6%
		C	0.6%	0.1%	0.4%	0.6%
	4m以上	A	8.8%	16.8%	21.0%	25.0%
		B	5.8%	11.1%	13.9%	16.5%
		C	0.2%	0.4%	0.5%	0.5%
その他管	2m未満	A	6.2%	1.3%	45.0%	27.2%
		B	4.1%	0.9%	29.7%	18.0%
		C	0.2%	0.1%	0.9%	0.6%
	2m以上3m未満	A	9.0%	3.5%	45.0%	27.2%
		B	5.9%	2.3%	29.7%	18.0%
		C	0.2%	0.1%	0.9%	0.6%
	3m以上4m未満	A	12.7%	3.5%	45.0%	27.2%
		B	8.4%	2.3%	29.7%	18.0%
		C	0.3%	0.1%	0.9%	0.6%
	4m以上	A	37.7%	3.5%	19.5%	7.6%
		B	24.9%	2.3%	12.9%	5.0%
		C	0.8%	0.1%	0.4%	0.2%

※1 着色部はデータがないため、震度階級の最大値を採用した。

以上の結果から、兵庫県南部地震、新潟県中越地震のような直下型地震による被害を受けた地域や、東日本大震災の東北地方のように埋戻し土による局所的な液状化にて被害を受けた地域では、震度 6 強や 7 での被害が多く、東日本大震災の関東地方のように広域的な液状化被害を受けた地域では、震度 5 弱や 5 強での被害が大きくなり、被害率にばらつきが生じたと考えられる。

そのため、被害率の採用にあたっては、近い将来発生が予想される地震の特性や、各自治体の所有する下水道管路に関する諸情報に応じた使い分けが必要である。

【参考資料－3】

下水道管路地震被害データベース

目 次

1	下水道管路施設地震被害データベース	2
1.1	データベース構築の目的	2
2	被害データベース	3
2.1	収集データ及び収録情報	3
2.2	基本情報	5
2.3	管路諸元データ	5
2.4	管路被害データ	6
2.5	地震動関連データ	7
3	データベースのダウンロード並びに利用規約	10

1 下水道管路施設地震被害データベース

1.1 データベース構築の目的

我が国はこれまでに幾度となく大地震に見舞われてきた。地震の都度、被災都市や国等により被害状況の把握や原因究明が行われてきたが、得られた情報等は十分に整理・蓄積、さらには活用されてきたとは言い難く、資料が散逸している状況にある。

耐震化優先度評価においては、リスク評価の視点を組み込むことを提案しており、これには施設被害の起きやすさに関する情報の収集と傾向分析が必要となってくる。このため、本研究において、過去の大地震時の下水道管路施設被害データを再収集し、データベース化した。

2 被害データベース

2.1 収集データ及び収録情報

過去の地震時に整理された下水道管路の被害データを収集し、被災した下水道管路施設の路線(スパン)を対象として、管種や人孔種別、施工方法などの管路施設情報に加えて、地形条件や地震動、舗装(交通)条件等の地震関連情報をデータベース化した。

収集したデータは、ある程度整理された成果品等が存在するものを対象とし、(表-2.1)に示す震度6以上を観測した、釧路地震(平成5年)以降、熊本地震(平成28年)の15地震時の下水道管路施設被害データとし、(独)土木研究所土質・振動チームの協力を得て情報を収集した。

表-2.1 データベース構築のために収集した資料

項目	収集先	収集資料
1993年釧路沖地震 1994年北海道東方沖地震 2000年鳥取県西部地震 2001年芸予地震 2003年三陸南地震 2003年宮城県北部地震 2003年北海道十勝沖地震	(独)土木研究所	内部報告書
1995年兵庫県南部地震	建設省土木研究所下水道研究室	内部報告書
2004年新潟県中越地震	(独)土木研究所	内部報告書
2007年能登半島地震	(独)土木研究所	内部報告書
2007年新潟県中越沖地震	(独)土木研究所	内部報告書
2011年東日本大震災	国総研下水道研究室	内部報告書
2011年長野県北部地震	国総研下水道研究室	内部報告書
2017年熊本地震	国総研下水道研究室	災害査定資料等

収集資料を基に、データベースへの登録情報を整理した結果、約5万スパンのデータが収集できたが、多くのデータは管種、形状、人孔種別などの表記が未統一で、被害程度の判断方法も異なり、施設情報等のデータ欠損も多くあった(表-2.2)。このため、実質的な利用に耐えうるデータとして、能登半島地震、新潟県中越沖地震、東北地方太平洋沖地震、長野県北部地震、熊本地震の情報約7千スパンを「下水道管路地震被害データベース」として構築(EXCEL形式)し、平成25年3月にVer.1を公開し、平成29年5月に、平成28年に発生した熊本地震の被害データ約2千スパンを追加したVer.2を公開した。

収録情報は、上流人孔と下流人孔の間を1スパンとし、スパン単位で、基本情報、管路諸元データ、管路被害データ、地震関連データの各データを整理した(表-2.3)。収録に当たっては、管種、形状、人孔種別などの名称の統一化や、被害の判断基準の横並び等に注意した。

公開しているデータベースの収録情報の詳細は下記の通り。

表-2.2 データベース構築のために収集した資料

項目	管径・管種・延長・形状	人孔種類	土被り	被害項目	被害程度	滞水深さ	人孔浮上量	ボーリングデータ	土質	微地形	計測震度	SI
1993年釧路沖地震	△	×	○	○	×	×	○	○	○	○	×	×
1994年北海道東方沖地震	△	×	○	○	×	×	○	○	○	×	×	×
1995年兵庫県南部地震	○	×	×	×	△	×	×	×	×	○	○	○
2000年鳥取県西部地震	△	×	△	○	×	×	○	○	○	○	×	×
2001年芸予地震	△	×	○	×	×	×	×	○	○	×	×	×
2003年三陸南地震	△	×	○	○	×	×	△	○	○	×	×	×
2003年宮城県北部地震	△	×	○	×	×	×	△	○	○	○	×	×
2003年北海道十勝沖地震	△	×	○	○	×	×	○	○	○	×	×	×
2004年新潟県中越地震	△	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○
2005年宮城県沖地震	△	×	○	×	×	×	×	○	○	△	×	×
2007年能登半島地震	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2007年新潟県中越沖地震	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2011年東日本大震災	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
2011年長野県北部地震	○	○	○	△	×	○	×	×	○	○	○	○
2017年熊本地震	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○

○:データ有り、△:一部欠損、×:データなし

表-2.3 下水道管路地震被害データベース(EXCEL形式)のイメージ

基本情報			管路諸元データ											管路被害データ						地震関連データ								
地震名	地震発生年月日	市町名(地区名)	ID	上流人孔番号	下流人孔番号	管径	管種	形状	延長	上流人孔種類	下流人孔種類	上流人孔深	下流人孔深	上流管きよ土被り	下流管きよ土被り	管きよ被害データ						人孔被害量		微地形分類	計測震度	SI		
																破損	変形	たるみ・蛇行	継手ずれ	クラック	浸入水	取付管突出・接合不良	人孔滞水深(上流側)				人孔滞水深(下流側)	上流人孔浮上量
...	
...
...

2.2 基本情報

管路施設被害の原因となった地震に関連する基礎情報として、地震名、発生年月日、被害を受けた管路施設の管理者(自治体)を記載する。各データの定義については下記の通りである。

① 地震名

被害の発生原因となった地震名。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

② 地震発生年月日

被害の発生原因となった地震の発生年月日。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

③ 市町村名

管路被害のあった市町村名を記載。能登半島地震では合併前の地区名を括弧で記載。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

2.3 管路諸元データ

各地震で収集した資料は、管種、形状、人孔種別などの名称が統一されていないため、データベースにおいては統一した名称や記号で簡略化して表示した。各データの定義、仕様については下記の通りである。また、データベース項目に該当する情報がない場合はデータベース上は空欄、「不明」の場合は「-」とした。

各データの定義については下記の通りである。

① ID

自治体ごとの整理番号。データベース固有の整理番号であり、実際の路線番号とは異なる。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(整数)

② 上流側(下流側)人孔番号

市町村毎に設定したアルファベットに、人孔整理番号を組み合わせたコードを記載。データベース固有の整理番号であり、実際の路線番号とは異なる。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

③ 管径

スパン単位の呼び径(内径)。単位はmm。不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(整数)

④ 管種

「塩ビ管」、「コンクリート管」、「陶管」、「その他」に区分し記載。不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報



⑤ 形状

管きよの断面形状は、「円形管」、「卵形管」、「矩形管」、「開渠」の中から選択し記載。不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

⑥ 延長

スパン長。単位はm。調査結果(テレビカメラ調査記録票)もしくは下水道台帳に基づき記載。不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(小数第2位)

⑦ 上流側(下流側)人孔の種類

下水道設計指針等を参考に、人孔の種類を記載。

例)0号、1号、2号、レジン製、塩ビ、円形、小型、矩形、特殊、特1号、汚水樹型、楕円 など

不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

⑧ 上流側(下流側)人孔深

人孔インバート底部の深さを記載。単位はmm。不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(小数第2位)

⑨ 上流側(下流側)管きよ土被り

管きよの土被り厚。単位はm。不明なデータは「-」で表示。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(小数第2位)

2.4 管路被害データ

被害データ整理における対処工法(本復旧)、被災パターン(管の破損やたるみ・蛇行など)および人孔滞水深・浮き上がり量は災害査定資料やテレビカメラ調査・人孔目視調査結果から整理した。また、被害程度の設定においては、基本的に本復旧のための対処工法等を基にテレビカメラ調査の結果等を記載する。

① 管きよ被害・人孔被害

表-2.4 に示す地震による管路被害の有無を記載。対象スパンに、被害が1箇所であれば「1」、被

害がなければ空欄、不明な場合は「-」で表示する。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(整数)

表-2.4 地震による管路施設被害の種類

施設	被害の種類
管きよ	破損
	変形
	たるみ・蛇行
	継手ずれ
	クラック
	浸入水
	取付管突出・接合不良
人孔	滞水
	浮上

② 上流側(下流側) 人孔滞水深

対象スパンの人孔の滞水深を記載。単位はcm。不明なデータは「-」で表示する。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(整数)

③ 人孔浮き上がり量(上流側、下流側)

対象スパンの人孔の浮き上がり量を記載。単位はcm。不明なデータは「-」で表示する。

なお、人孔周辺のみが沈下し、人孔高さが変わっていない場合、見かけ上、浮上しているように見えることから、浮上量として記載している場合がある。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報(整数)

2.5 地震動関連データ

管路被害の大きさ等に影響を及ぼすと考えられる、地震動及び地盤に関する情報を記載する。

① 微地形分類

地形分類については、独立行政法人防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(<http://www.j-shis.bosai.go.jp/download>)より、表層地盤のCSVおよびSHAPEデータを入手し、処理区の代表的な微地形分類を記載する。微地形分類の表記は、(表-2.5)を参考とする。

なお、東北地方太平洋沖地震及び長野県北部地震、熊本地震では、該当する処理区を250mメッシュ単位の微地形分類で区切り処理区内のもっと多い微地形を代表的な微地形とした。

能登半島地震及び新潟県中越沖地震の微地形分類は250mメッシュ単位の微地形分類で区切り、スパン中央が位置するメッシュの微地形分類とした。

◆ データ形式(表示形式) : 文字情報

◆ 表記の整理

表-2.5 微地形分類

微地形		液状化被害の可能性
区分	細区分	
谷底平野	扇状地型谷底平野	小
	デルタ型谷底平野	中
扇状地	急勾配扇状地・沖積錘	小
	緩勾配扇状地*	中～大
自然堤防	自然堤防	中
	比高の小さい自然堤防・自然堤防周辺部	大
ポイントバー(蛇行州)	—	大
後背湿地*	—	大
旧河道	新しい(明瞭な)旧河道	大
	古い(不明瞭な)旧河道	中～大
旧池沼	—	大
湿地*	—	大
河原	砂礫質の河原	小
	砂泥質の河原	大
デルタ(三角州)	—	中
砂州	砂州	中
	砂礫州	小
砂丘	砂丘	小
	砂丘末端緩斜面	大
海浜	海浜	小
	人工海浜	大
砂丘間低地・堤間低地	—	大
干拓地	—	中
埋立地	—	大
湧水地点(帯)	—	大
盛土地	砂丘と低地の境界付近の盛土地	大
	崖・急斜面に隣接した盛土地	大
	谷底平野上の盛土地	大
	低湿地上の盛土地	大
	干拓地上の盛土地	大
	その他の盛土地	元の地形に準ずる
台地・段丘	上位面	小
	中位面	小
	下位面	小
	低位面*	中～大

注) 「微地形から見た液状化可能性の判定基準」⁷⁾に埋戻し土の液状化による被害が想定される地形を加筆。

*印は、周辺地盤の液状化の可能性は小～中であるが、埋戻し土の液状化による被害の可能性が大きい地形である。

出典 : 『下水道の地震対策マニュアル 2006年版』(公益社団法人 日本下水道協会)

② 計測震度/SI

気象庁の公表データまたは国総研地震防災研究室の地震動分布デジタル値を基に処理区の代表的な計測震度、SI値(単位:kine)を記載。不明なデータは「-」で表示。

東北地方太平洋沖地震及び長野県北部地震では、計測震度及びSI値を国総研国土防災研究

室ホームページに公開されている 250mメッシュデータを用いて処理区内の代表値を記載した。

能登半島沖地震及び、新潟県中越沖地震の計測震度、SI 値は「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の公開プログラムを用いて、観測値と地形・地盤情報を用いた補間推定を行い 250mメッシュ単位で算出し、管路スパンの中央点が位置するメッシュの値を当該スパンの指標値として設定した。

熊本地震の計測震度は、防災科学研究所強震観測網 K-NET、KiK-NET を基に、対象処理区の最大値を記載した。SI 値は、国総研道路地震防災研究室の試算した 250mメッシュデータを用い処理区域内の最大値を記載した。

◆ データ形式(表示形式) : 数値情報

3 データベースのダウンロード並びに利用規約

本データベースは、国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究室のホームページ (http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/zishin_db.html) において、平成 25 年 3 月に東日本大震災以前のデータを収録した Ver. 1 が公開され、平成 29 年 5 月には熊本地震のデータを追加して Ver. 2 として公開した。

本データベースは無償でダウンロードが可能となっており、利用規約等は下記の通りである。

(1) データベース利用上の注意事項（利用規約）

データベース(DB)の利用に当たっては、下記の注意事項に同意いただいた上でご利用いただきたい。同意いただけない場合はご利用できません。

- ✓ DBに掲載されているデータは無償で 사용할 ことができますが、著作権は国土技術政策総合研究所に帰属します。
- ✓ DB利用にあたっての連絡は不要ですが、本データを使用して得られた成果を、学会や雑誌等で公表する場合には、国土技術政策総合研究所の DB を使用した旨を明記してください。
- ✓ DBのデータ(データから得られる成果)は、自治体を実施する下水道事業の基礎資料及び学術研究にのみ使用できるものとし、営利目的(会社や製品の PR, など)での使用を禁じます。
- ✓ DBのデータを使用して得られた成果に関し、公共の利害を損ねたり、特定の団体等の利益を損なわせるものの公表を禁じます。
- ✓ DBのデータを許可なく変更、第三者への販売、貸与、譲渡及び複写配布を行うことを禁じます。
- ✓ DBのデータから抽出される値や分析結果等は、国土技術政策総合研究所が公表する各種報告(論文等)と一致しない場合があります。
- ✓ ダウンロードされたデータに対する内容変更の連絡は一切行いませんのでご了承願います。
- ✓ DBのデータ使用中のトラブルやその欠陥による障害、データの編集・加工によって生ずる結果に対して、国土技術政策総合研究所は一切責任を負いません。
- ✓ DBのデータは、今後予告なく変更することがあります。

(2) データベースに関する補足情報

DBの掲載データに関する補足情報を下記に記す。

- ダウンロードファイルは、EXCEL2010(拡張子:XLSX)で作成しています。データ量が多いため、バージョンダウン時にはうまく読み込めないことがある。
- 地震で被災した都市の承諾があったデータのみ公表している。
- DBのデータは、被災直後より行われた災害査定資料や過去の調査資料に基づく資料であり、被害実態と異なる場合がある。
- 各データの路線名等は、非公表(お問い合わせいただいてもお答えできません)。

【参考資料－４】

下水道即時地震被害推定システム

目 次

1	下水道即時地震被害推定システムの概要	2
2	システム構成	3
3	計算シート	4
3.1	計算シートの目的（OUTPUT）	4
3.2	計算の流れと方法	5
3.3	計算で使用する諸データ	6
4	地震情報取得プログラム	8
4.1	プログラムの目的	8
4.2	プログラム内容	8
5	マッピングシステム（GIS）	10
5.1	マッピング化の目的	10
5.2	GISによるマッピング	10
6	ケーススタディ	12
6.1	新潟県中越地震（実績）	12
6.2	熊本地震（実績）	13
6.3	南海トラフ地震（想定）	14
6.3.1	南海トラフ地震での下水道管路施設被害の推定	14
6.3.2	下水道管路施設の復旧支援	15
7	今後の課題	17

1 下水道即時地震被害推定システムの概要

震災直後、被災自治体の初動の他に、関係機関も支援に向けて動き始める。しかし被災現場では、人命救助が最優先であり、現場対応や住民対応、さらに被災自治体職員自身が自宅被害を受けて参集体制が整わない場合もあり、下水道施設の被災状況の把握が難しい状況が続く可能性がある。このため、支援者側が初動体制を構築するために必要な被災現場の情報が届かない時間帯（情報の空白期）が発生する。

地震被害予測システムは、情報の空白期において支援の目安となる概算被害量を算定する（被害の相場観を把握する）ことで、支援者側の初動体制をサポートするものである。

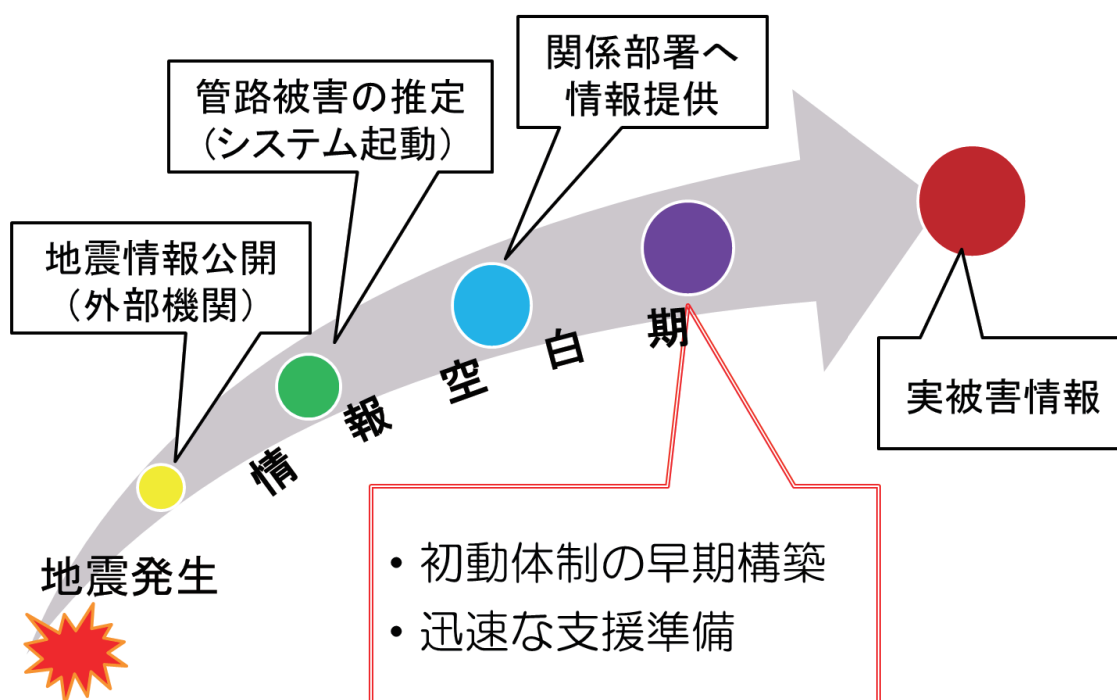


図-1 下水道即時地震被害推定システムの活用イメージ

2 システム構成

地震被害予測システムは、以下の3つの要素により構成される。

- ①下水道管路施設被害を算出する「計算シート」
- ②地震情報を取得するための「地震情報取得プログラム」
- ③算結果を地図上に表示する「マッピングシステム」

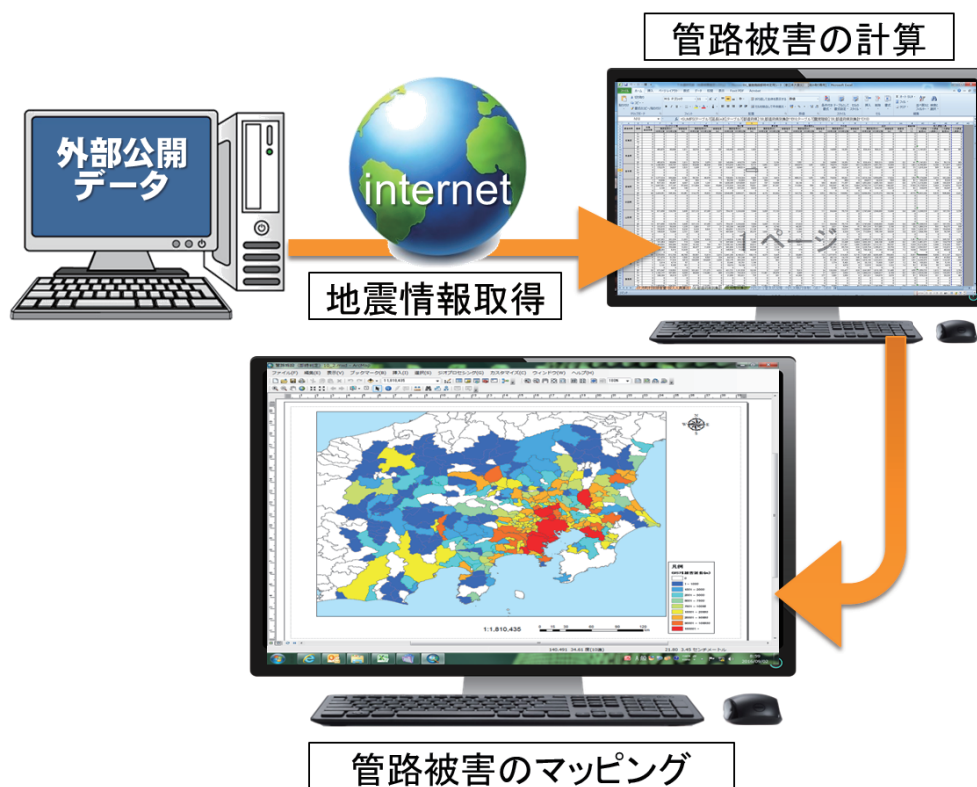


図-2 下水道即時地震被害推定システムの構成イメージ

①下水道管路施設被害を算出する計算シート

下水道管路施設被害延長、下水道管路の1次調査・2次調査の要支援人数を推定する計算シートであり、地震の規模（震度階）、液化化し易さ（PL値）、管の属性（管種、布設年度）、被害率、単位被害延長あたりの要支援人数により算出する。

②地震情報を取得するための地震情報取得プログラム

計算シートに必要な地震情報を、防災科学研究所HP上の強震観測網(K-NET, KiK-net)から取得するプログラムである。なお、地震情報を自動的に取得する機能があり、取得したい震度規模や取得頻度を任意に設定することが可能である。

③計算結果を地図上に表示するマッピングシステム

計算シートにより算出した被害延長・要支援人数を、ArcGISを用いて地図上に表示するシステムである。地方整備局、県、市単位で表示切替が可能であり、被害延長等の被害規模に応じた色分けを行うことができる。

3 計算シート

3.1 計算シートの目的（OUTPUT）

震災直後の情報空白期における初動体制構築の参考情報として、下水道管路施設被害の相場観を把握するため、計算ソフト（EXCEL形式）を用いて下水道管路施設に及ぼす被害量（被害延長）を算出する。計算できる項目（OUTPUT）は、自治体毎の下水道管路施設の被害延長・被害率、1次調査・2次調査の要支援人数であり、実際の震度階（計測震度）、管の属性、地盤条件等から計算する。

なお、本システムの開発目的（相場観の把握）や自治体のデータ保有状況等を踏まえ、管路施設（スパン毎）の位置情報（地番、座標など）は登録していない。

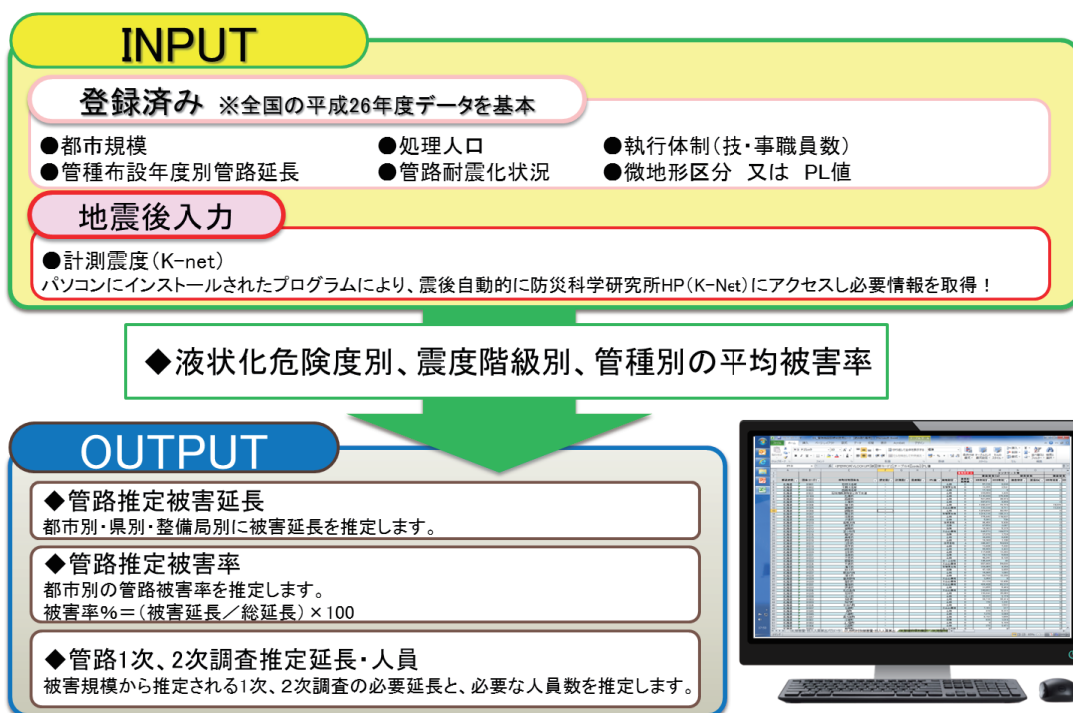


図-3 計算シートの入出力データイメージ

3.2 計算の流れと方法

(1) 推定被害延長・推定被害率の算定

任意の自治体における下水道管路の推定被害延長は、平成9年度以前に施工された管路が耐震化されていないものと仮定し、式(1)で算出する。

$$L_d = \sum (L_n \times d_c) \dots \text{式(1)}$$

ここに、 L_d ：推定被害延長 (m)、 L_n ：平成9年度以前施工の管路延長 (m)、 d_c ：条件別被害率 (表-1)

表-1 液状化危険度別、震度階級別、管種別平均被害率

単位：%

管種	液状化危険度	PL値	震度階級				
		計測震度	5-	5+	6-	6+	7
		基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管 陶管	A~D	ALL	1.0	2.3	5.1	11.3	24.8
鉄筋コンクリート管他	A	15 < PL	0.6	1.3	3.0	6.5	14.5
	B	5 < PL ≤ 15	0.5	1.0	2.2	4.8	10.7
	C	0 < PL ≤ 5	0.4	0.9	2.0	4.5	9.8
	D	PL=0	0.4	0.9	1.9	4.2	9.2

出典：「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル」(平成18年3月、大規模地震による下水道被害想定検討委員会)

計算に必要なデータは、①平成9年度以前施工の管路延長、②自治体毎のPL値、③震度階級であり、①②については事前の入手が可能であることから、計算シートに予め登録済みである。

推定被害率は、式(1)より算出した推定被害延長を、任意の自治体の管路延長で除したものであり、式(2)より求める。自治体の管路延長は、事前に登録済みである。

$$d_e = L_d \div L_{all} \times 100 \dots \text{式(2)}$$

ここに、 d_e ：推定被害率 (%)、 L_d ：推定被害延長 (m)、 L_{all} ：総管路延長 (m)、

(2) 要支援人数

1) 1次調査必要人員

1次調査は、住民の安全確保及びTVカメラ調査の要否を判断するために実施するもので、全ての下水道管路が対象となる。本システムでは、東日本大震災時の調査日進量(表-2)及び1班当たり編成人員(表-2)を用いて、式(3)により任意の自治体における1次調査必要人員を算出する。

$$M_1 = L_{all} \div S_1 \div P_1 \dots \text{式(3)}$$

ここに、 M_1 ：1次調査必要人員、 L_{all} ：総管路延長 (m)、 S_1 ：1日当たり1次調査日進量(表-2)、 P_1 ：1班当たり1次調査編成人員(表-2)

表-2 東日本大震災での仙台市における1日あたり調査日進量

調査種類	1日当りの調査延長・ 箇所数(平均値)	1班当りの編成人数
一次調査	9km	5名
二次調査	300m	5名(TVカメラ、洗浄車、給水車、 吸引車)
二次調査(マンホール調査)	約20箇所	5名

2) 2次調査必要人員

2次調査は、1次調査でTVカメラ調査が必要と判断された管路を対象に実施するものである。本システムでは、東日本大震災時の実績を基に、調査日進量(表-2)、1班当たり編成人員(表-2)、1次調査対象管路の内2次調査を実施した管路の割合(表-3)を用いて、式(4)により任意の自治体における2次調査必要人員を算出する。

$$M_2 = L_{all} \times t \div S_2 \div P_2 \cdots \cdots \text{式(4)}$$

ここに、 M_2 : 2次調査必要人員、 L_{all} : 総管路延長(m)、 t : 1次調査対象管路の内2次調査が必要な管路の割合(表-3)、 S_2 : 1日あたり調査日進量(表-2)、 P_2 : 1班当たり編成人員(表-2)

表-3 東日本大震災での仙台市における各調査延長の割合

必要延長の割合	延長距離	割合
二次調査延長/一次調査延長	230.3km/4525.0km	5.09%
(参考)本復旧工事延長/二次調査延長	36.96km/230.3km	16.05%

3.3 計算で使用する諸データ

計算シートで用いるデータの入手方法等について記載する。

① 地震の規模(震度階)

地震情報は、地震情報取得プログラムを用いて、防災科学研究所 HP 上の強震観測網(K-NET, KiK-net)の「即時公開データ」から入手する。なお、詳細は「5 地震情報取得プログラム 4.2 プログラム内容」に記載する。

② 液状化し易さ(PL値、微地形、液状化危険度)

液状化し易さとしての地盤情報であるPL値については、内閣府が公表している「南海トラフ巨大地震の被害想定について(第一次報告)」における設定値を登録した。

また、南海トラフ地震の対象外の地域については、PL値が不明な場合が多いため、各自治体の微地形区分を用いて、表-1の液状化危険度(A~D)に読み替えた。微地形から液状化危険度(A~D)への読み替えは、下水道の地震対策マニュアル2014年版(日本下

水道協会)の「表 2.1.2 微地形分類に基づく埋め戻し土の液状化の可能性」及び長屋らによる「東北地方整備局における即時震害予測システム (SATURN) の開発」を参考に表-4の通り設定した。なお、各自治体の微地形区分は、防災科学技術研究所の地震ハザードステーションより 250mメッシュの微地形データを入手し、最も多くの面積を占める微地形が各自治体を代表的する微地形区分であるものとして登録した。

表-4 微地形区分—液状化危険度 変換表

微地形区分	液状化危険度	微地形区分	液状化危険度
埋立地	A	谷底低地	C
旧河道・旧池沼	A	ローム台地	C
自然堤防	A	丘陵	C
後背湿地	A	山地	D
砂州・砂丘間低地	A	山麓地	D
干拓地	B	火山地	D
三角州・海岸低地	B	火山山麓地	D
砂丘	B	火山性丘陵	D
砂州・砂礫州	B	岩石台地	D
河原	B	砂礫質台地	D
河道・水路	B	礫・岩礁	D
扇状地	B	湖沼	D

④ 管の属性 (管種、布設年度)

自治体毎の管種別・布設年度別の管路延長に関しては、国総研所有の管きょ布設状況データベースを利用し登録した。

⑤ その他データ

被害料等の計算には使用していないが、災害支援先を選定する際の参考とするために、下記の情報を登録した。

a) 管路施設の耐震化状況

国土交通省下水道部で集計している管路施設の耐震化率を登録した。

b) 執行体制等の行政基礎データ

下水道統計に記載されている行政情報 (行政人口、行政区域面積、職員数など) を登録した。

4 地震情報取得プログラム

4.1 プログラムの目的

防災科学技術研究所 HP 上の強震観測網(K-NET, KiK-net)の「即時公開データ」から、地震情報を自動的に取得するプログラムである。

4.2 プログラム内容

地震情報取得プログラムのトップ画面を以下に示す(図-4)。

No.	地震発生時刻	最大加速度	観測点数	観測点コード	観測点名	記録開始時刻	北緯	東経	PGA	計測震度
1	2017/03/12 04:57:00	83.80	269	FKSH20	浪江	2017/03/12 04:57:58	37.49	140.99	83.80	3.7
				FKS005	原町	2017/03/12 04:57:58	37.64	140.98	75.70	2.8
				FKS001	相馬	2017/03/12 04:57:59	37.79	140.92	47.30	2.8
				FKS010	広野	2017/03/12 04:57:59	37.23	141.00	46.50	3.0
				MYGH10	山元	2017/03/12 04:58:01	37.94	140.89	40.00	2.8
				MYGH07	川崎	2017/03/12 04:58:05	38.18	140.64	39.90	2.6
				FKS019	二本松	2017/03/12 04:58:04	37.60	140.44	38.80	2.6
				FKS008	船引	2017/03/12 04:58:02	37.44	140.57	37.40	2.2
				MYGH13	南三陸	2017/03/12 04:58:08	38.70	141.42	36.80	2.7
				FKSH19	都路	2017/03/12 04:58:00	37.47	140.72	35.40	2.4
				FKS004	飯館	2017/03/12 04:58:01	37.68	140.73	33.50	2.0
				FKS006	葛尾	2017/03/12 04:58:02	37.50	140.76	32.50	2.6
				FKS002	梁川	2017/03/12 04:58:03	37.84	140.60	25.80	2.2
				FKS011	いわき	2017/03/12 04:58:01	37.09	140.90	25.60	2.5
				MYG012	塩竈	2017/03/12 04:58:05	38.32	141.02	25.40	2.4
				FKSH14	いわき東	2017/03/12 04:58:01	37.03	140.97	24.40	3.1
				MYG017	角田	2017/03/12 04:58:02	37.98	140.78	24.40	2.7

図-4 地震情報取得プログラムトップ画面

基本的な利用方法は、取得したい地震規模と取得頻度を設定することで、特定の時間間隔で防災科学技術研究所 HP 上の強震観測網(K-NET, KiK-net)の「即時公開データ」から自動的に地震情報を取得し、計算シート入力用のデータを作成・保存するものである。利用者は、必要な地震情報が保存されているファイルを選択することで、計算シートにデータが反映され、被害料等が算出される。

地震情報取得プログラムの主な機能は以下の通りである。

① 即時公開情報取得

任意の震度階級以上の地震が発生した場合には、自動で地震情報が取得される。

② 過去の地震情報取得

過去の地震情報を検索し、任意の地震情報が取得できるほか、計算シート入力用データを作成する。図-5 に検索画面を記載する。年月を指定し、地震リスト所得ボタンをクリックすると、地震リストに該当年月の地震情報が表示される。表示された地震の中から必要な地震を選択し、地震情報取得ボタンをクリックすると計算シート入力用データが作成される。

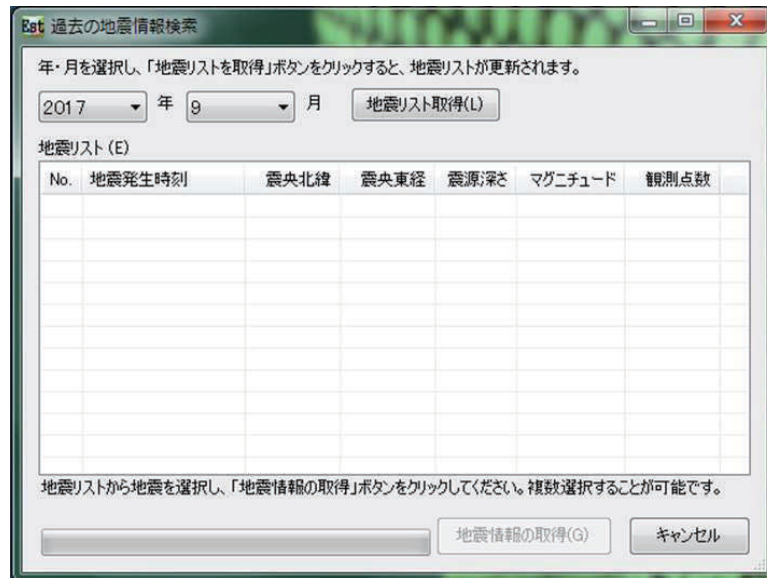


図-5 過去の地震情報検索画面

③過去のデータ検索

過去に作成した計算シート入力用データを検索する機能である。

④設定変更

取得したい地震規模や地震情報の取得頻度、計算シート入力用データの保存先フォルダ等の設定・変更を行う機能である。

5 マッピングシステム (GIS)

5.1 マッピング化の目的

計算シートによって算出した結果は、数値の羅列であるため、これをビジュアル的に地図に落とし込み、色塗り等を実施する。

5.2 GISによるマッピング

計算シートの結果を ArcGIS ソフトにより地図に表示させる。地図表示の際の機能は以下のとおりである。

- ① 行政区域ごとに、任意で設定した被害延長で色分け表示
- ② 行政区域を地方整備局等、都道府県、市町村のそれぞれに変更
- ③ 被害延長、1次調査人数、2次調査人数を数値で表示

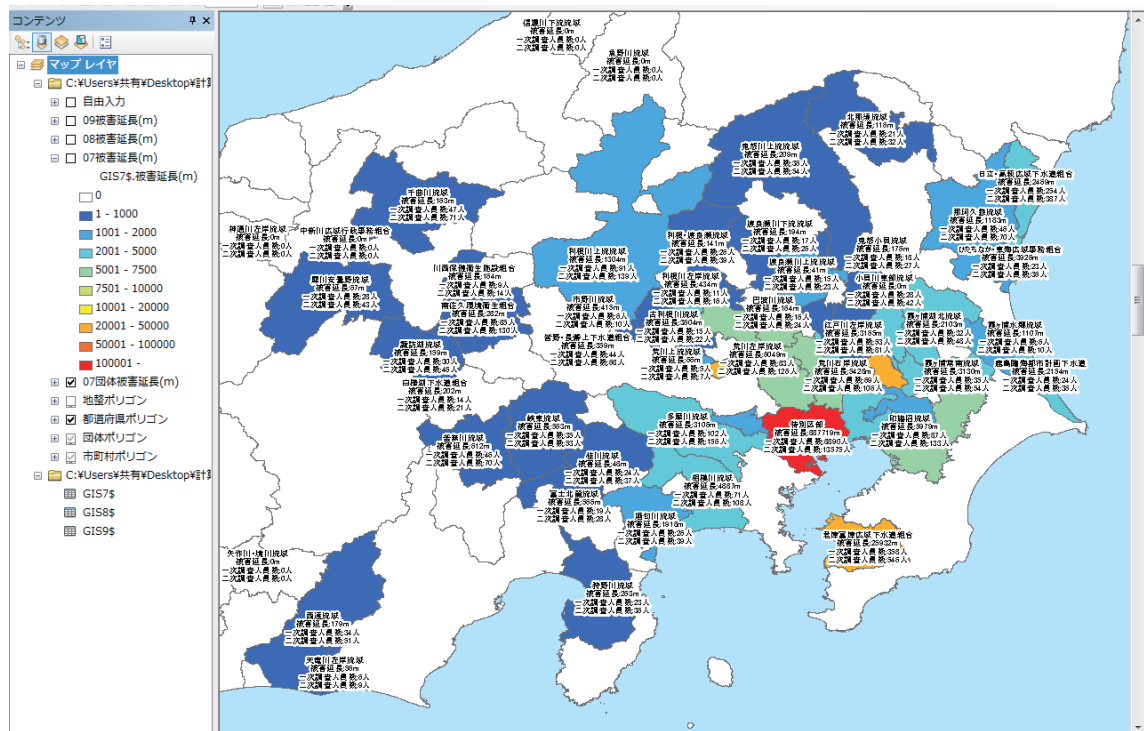


図-6 マッピング表示のサンプル1(都道府県)

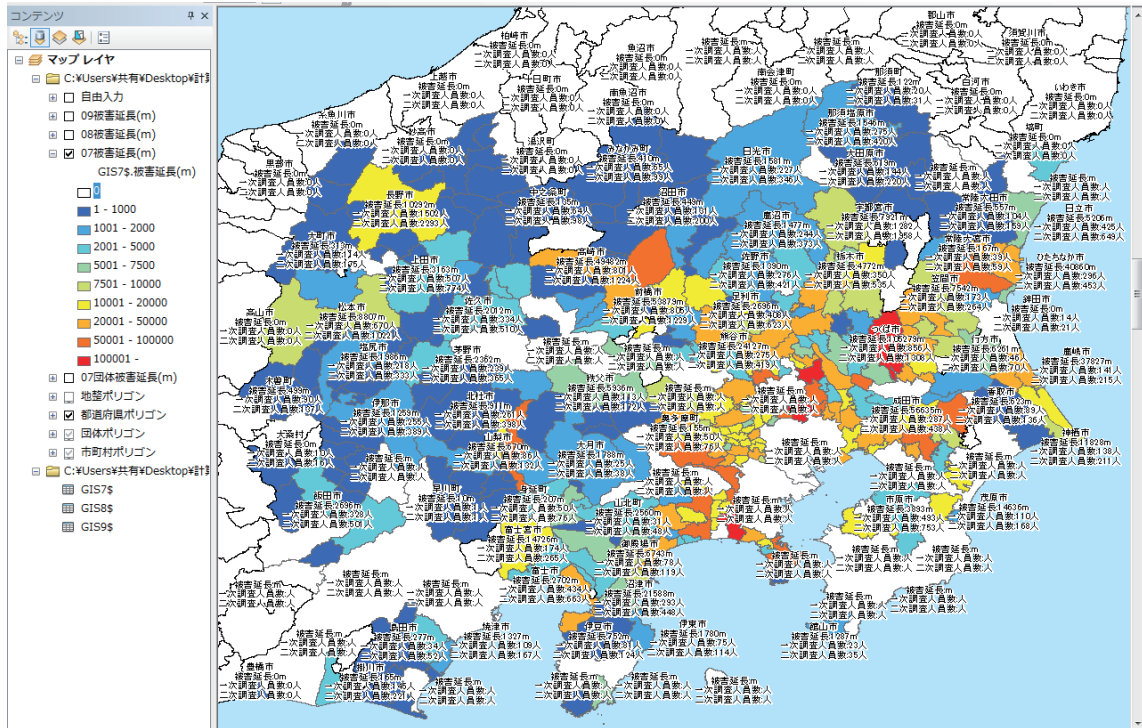


図-7 マッピング表示のサンプル2(市町村)

6 ケーススタディ

6.1 新潟県中越地震（実績）

過去の地震情報を基に、下水道即時地震被害推定システムを用いて概算被害量を算出し、実績データと比較検討する。今回の検討で対象とした地震は、「新潟県中越沖地震 平成19年7月16日」である。

図-8 に、実績値と本システムによる計算結果を示す。被害及び支援人数共に、推定では震源地（柏崎市）の西側に被害エリアが広がっているのに対し、実績では震源地の東側（長岡市）でも被害があった。

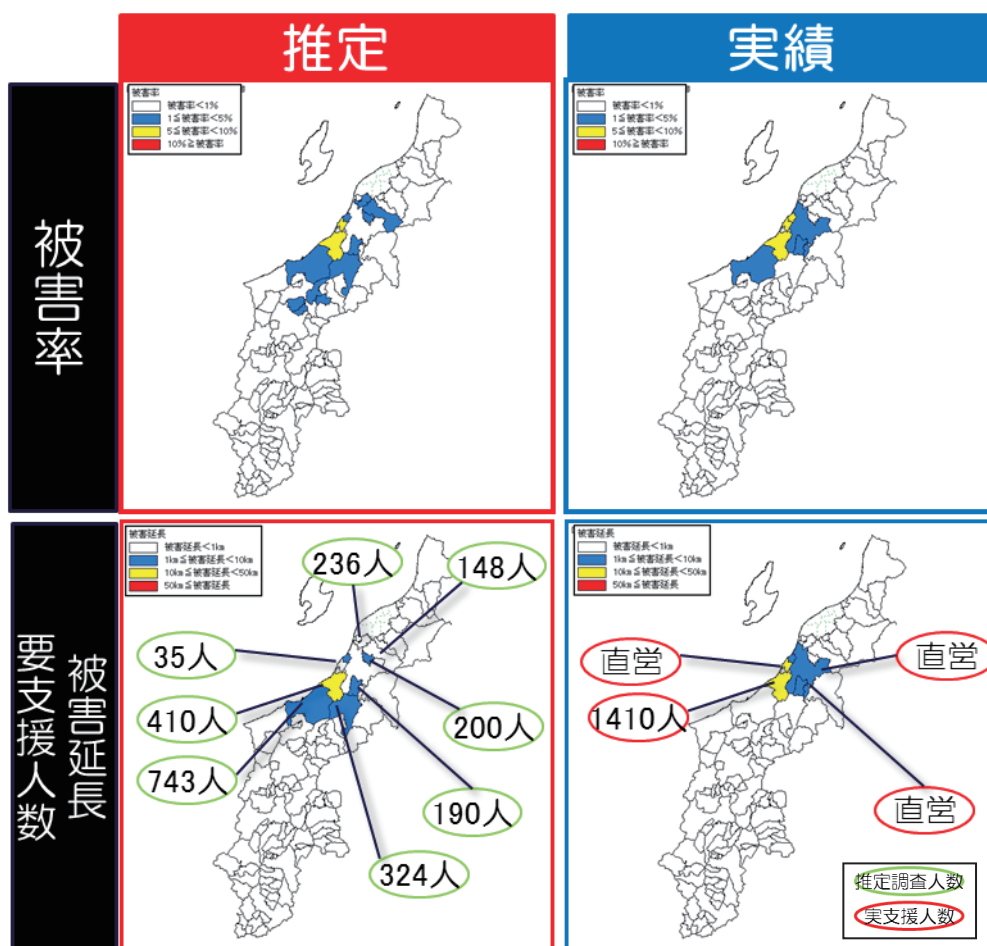


図-8 新潟県中越沖地震における被害の推定と実績

6.2 熊本地震（実績）

6.1と同様に、「熊本地震 平成28年4月16日」で、実績値と本システムによる計算結果を比較した（図-9）。

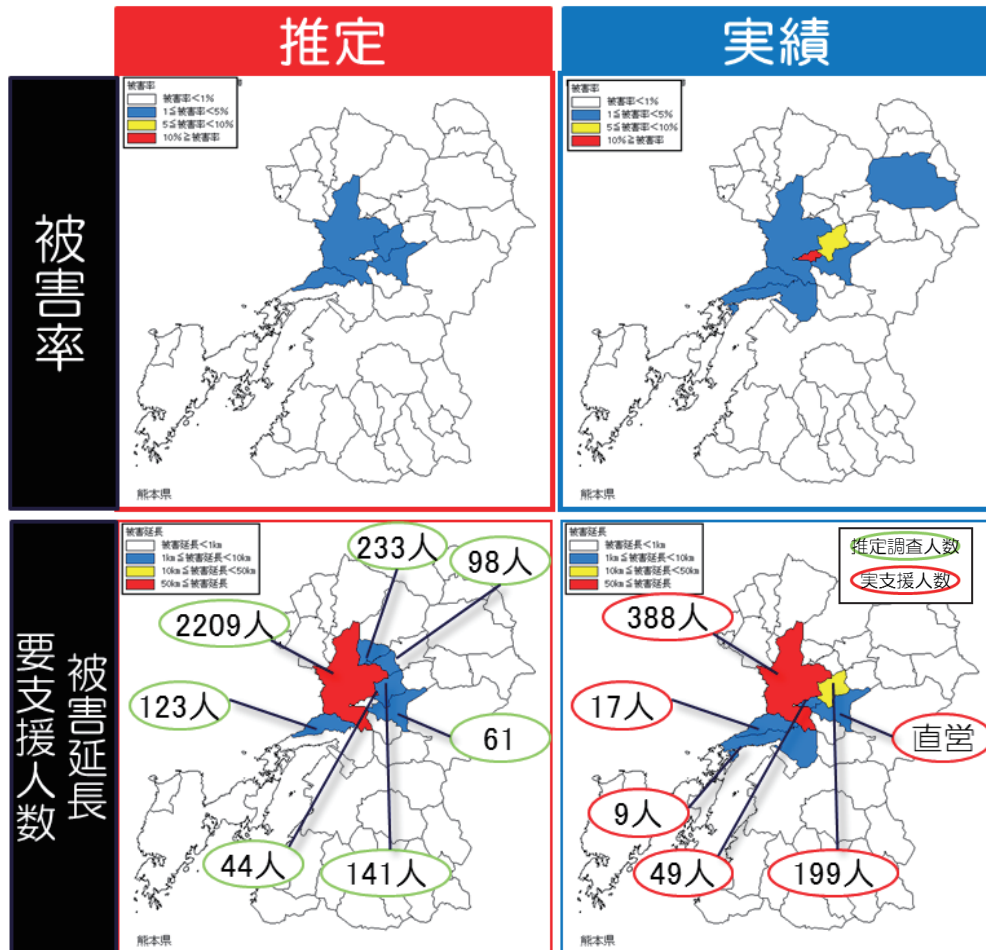


図-9 熊本地震における被害の推定と実績

被害率に関しては、推定で被害が少ない結果となった自治体で、実際には高い被害率となっていた。これらに該当する自治体の被災原因は、施工上の問題や断層等による局地的な被害であり、登録しているデータのみでは被害の推定が困難であった。

被害延長では、凡例のミシン目にもよるが推定と実績で大きな差はない。

要支援人数に関しては、推定44人・141人に対し実績49人・199人と同程度の数値があるものの、推定2,209人・123人に対し実績388人・17人とオーダーが異なるケースもあった。

6.3 南海トラフ地震（想定）

近い将来に発生が予想される地震の1つに、南海トラフ沿いで発生するといわれている南海トラフ連動型地震（以下「南海トラフ地震」という。）がある。地震調査研究推進本部は平成25年5月、南海トラフ地震の地震規模をマグニチュード8～9クラス、今後30年以内に発生する確率を70%程度と評価¹⁾しており、地震等による死者は30万人を超えとも言われている。また、内閣府中央防災会議は平成25年3月、市民の生活を支えるライフラインである下水道について、約2,860万人～約3,210万人が利用困難になると試算²⁾している。

ここでは、開発したシステムを活用して、想定されている南海トラフ地震による下水道管路施設被害・復旧支援人員の試算を行とともに、効率的な復旧支援に向けた課題を整理した。

6.3.1 南海トラフ地震での下水道管路施設被害の推定

(1) 想定される地震動

平成25年3月18日、「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）」（中央防災会議・南海トラフ巨大地震対策ワーキンググループ）において、ライフラインの被害想定が発表された。

地震動は、南海トラフ巨大地震の強震断層モデル検討会（内閣府中央防災会議）（以下「モデル検討会」という。）で検討された地震動5ケースのうち、「基本ケース」と「陸側ケース（揺れによる被害が最大となるケースとして、基本ケースの強震動生成域を可能性がある範囲で最も陸域側（プレート境界面の深い側）の場所に設定）」の2ケースとし、各自治体の震度は、50mメッシュ毎に算出している。

なお、モデル検討会では津波についても検討されているが、本検討の対象外とする。

表-5 復旧支援人員の試算ケース

ケース	内閣府設定地震の組み合わせ	地震規模
ケース1	震度・PL値平均	小
ケース2	西側震源(震度・PL値最大)	中
ケース3	東側震源(震度・PL値最大)	中
ケース4	震度・PL値最大	大

(2) 本システムを活用した下水道被害推定

内閣府中央防災会議で想定している地震動を使って、本システムによる下水道施設の被害量及び支援人員等を試算した結果、地方整備局別の被害推定は図-10の通りとなり、中部、近畿で被害が大きいと推定された。

東日本大震災の下水道管路施設被害延長と比較すると、平均震度を用いた場合で約4倍、最大震度を用いた場合で10倍に相当する施設被害が想定された。

管路施設の被害は、液状化による管の損傷・閉塞、マンホールの浮上が主であり、交通支障、トイレの使用制限が懸念される。管路は行政区域に広く敷設されており、被害有無を早期に確認するには多くの人員が必要となることから、早めの支援要請及び迅速な派遣準備が重要である。

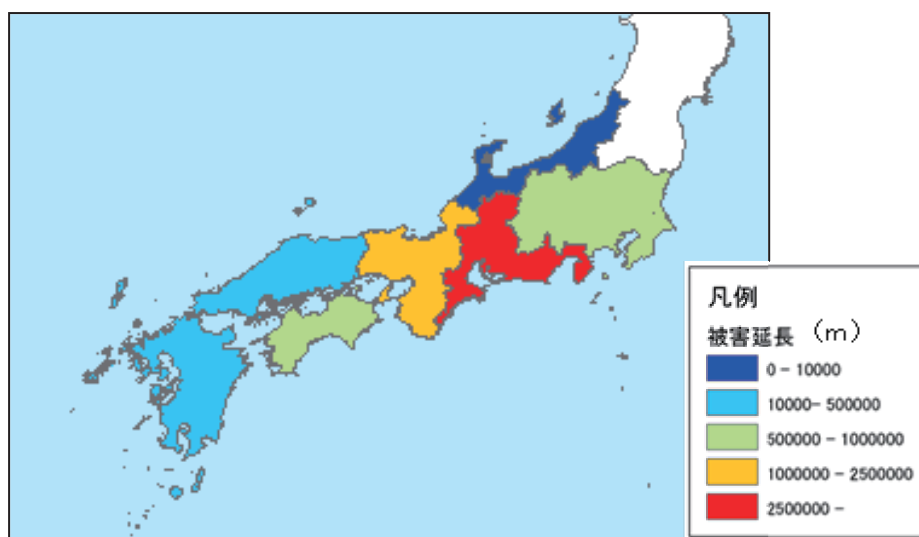


図-10 下水道管路施設の地方整備局別想定被害延長

6.3.2 下水道管路施設の復旧支援

表-5の4ケースの地震動を対象に、管路施設の1次調査（地上からの目視調査）及び2次調査（管内TVカメラ調査）に要する支援人数のシステムにより試算した。この結果、地震規模により結果に幅があり、1次調査で5千～1万1千人/日の支援が必要で、2次調査では2千～3千人/日を投入したとしても30～90日の調査期間を要すると試算された。これは、計算システム上、被害が軽微でも支援人数として計上されること原因と考えられる。

仮に、過去の地震の支援実績に基づき、震度6弱以上が想定される地方公共団体を復旧支援の対象とし、なおかつ、被災していない全国地域の下水道技術系職員の30%を上限として派遣することを前提とした場合、小～中規模地震のケースでは概ね対応が可能であるが、最大規模の地震が発生した場合には、必要とする約半分の復旧支援人員しか確保できないこととなった（図-11）。

よって、最大規模の地震に対しては、ボランティアや下水道関係機関・OB等の人材の確保や、民間企業への協力要請など、広範囲な支援が必要である他、被害規模・内容に応じて重点的に支援する都市を選定する必要がある等が考えられた

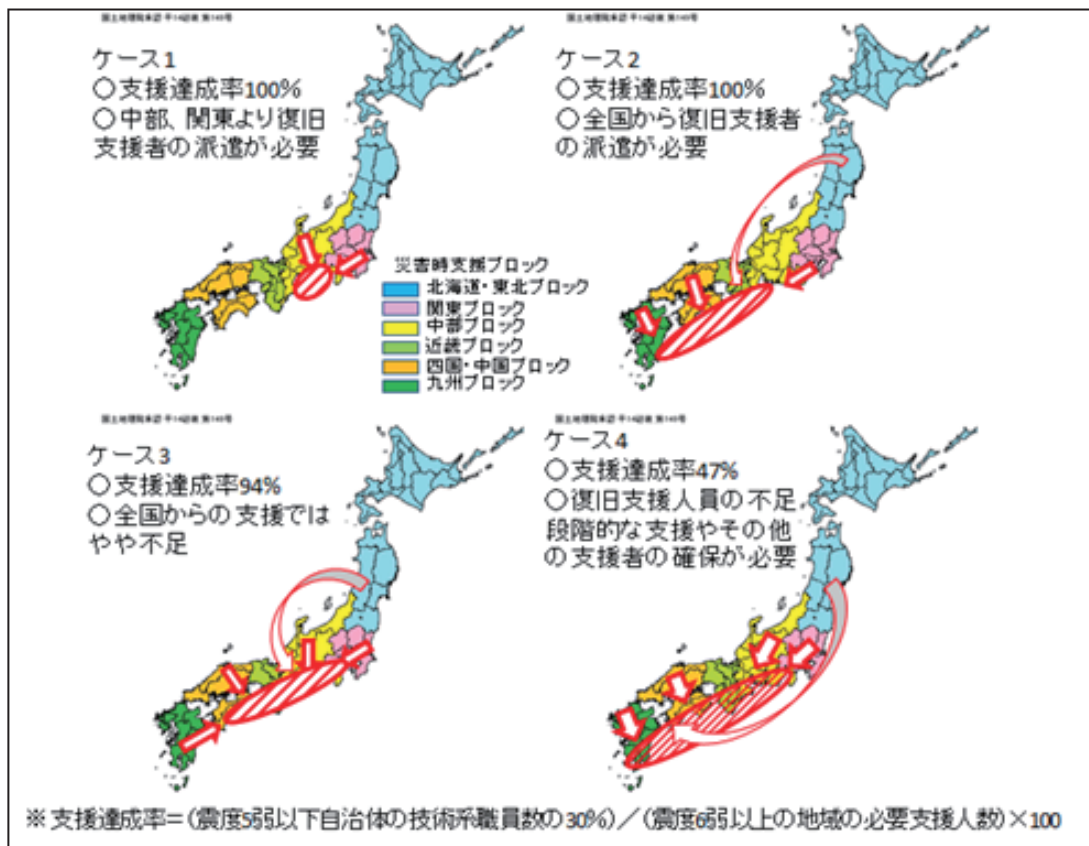


図-11 地震規模別の災害時復旧支援検討結果

7 今後の課題

- ・本システムでは、1つの自治体に対して、震度や液状化し易さのデータも1つしか有さないため、特に広大な行政区域の自治体では算出結果に誤差を生じやすくなる。精度を向上させるには、区域を細かく分割し、分割した区割り毎に対応する震度や液状化し易さ、管路情報で計算すればよいが、現時点でそのようなデータの入手は困難であり、今後の課題である。
- ・現システムは、3つのシステムで構成されているが、各システムが独立して稼働していることから、操作性向上のためにはシステム同士の連携を強化し、利用者にとって使いやすいシステムへと改良が必要である。

【参考文献】

- 1) 南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について、平成25年5月24日、地震調査研究推進本部
- 2) 地震調査委員会南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）～施設等の被害～【被害の様相】、平成25年3月18日、中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ