

平成 28 年熊本地震における 下水道管路施設被災の特徴と対策

平成 29 年 5 月 31 日

国土交通省国土技術政策総合研究所

下水道研究室

目 次

目 次	2
1. 平成 28 年熊本地震の地震特性	1
1.1 震源と震度分布	1
1.2 地震動の特性	2
2 下水道管路施設の被災概況	3
2.1 被災状況整理・分析方針	3
2.1.1 収集資料	3
2.1.2 整理・分析方針	3
2.2 整理・分析結果	4
2.2.1 団体別被災状況	4
2.2.2 管種別被災状況	5
2.2.3 布設年度別被災状況	6
2.2.4 管径別被災状況	7
2.2.5 土被り/施工方法別被災状況	8
2.2.6 被災パターン	12
2.2.7 地盤特性と被災の関係	14
3 原因分析と対策	23
3.1 埋戻し土の液状化対策	23
3.2 推進工法区間の被災	26
4 まとめ	33

<修正履歴>

2017.6.9 塩ビ管の被災率修正(P6、図-4 及び関連する本文の修正)

1. 平成 28 年熊本地震の地震特性

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分、熊本県熊本地方でマグニチュード (M) 6.5 の地震 (以下:前震) が発生、続いて 4 月 16 日 1 時 25 分に同地方で M7.3 の地震 (以下:本震) が発生し、それぞれの地震において最大震度 7 を観測した。気象庁はこれらの一連の地震を「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」と命名した。

1.1 震源と震度分布

M7.3 の本震の震度分布及び震央位置¹⁾ を図-1 に示す。本震は、主に布田川断層帯の布田川区間の活動によるもの²⁾ とされており、当断層帯の位置は図の通りである。震度に関しては、益城町宮園及び西原村小森で震度 7 が、その周辺域で震度 6 弱以上の揺れが観測された。なお、本震の発生から約 30 秒後に、大分県中部で M5.7 の別の地震が発生したため、当地域でも震度 6 弱が観測された。

また、本震の約 28 時間前には、M6.5 の前震が発生しており、益城町宮園では震度 7 が観測されていた。このため、益城町宮園では震度 7 を 2 度観測したことになる。なお、前震は主に日奈久断層帯の高野—白旗区間の活動によるもの²⁾ とされており、当断層帯の位置は図の通りである。

地震発生後の M3.5 以上の地震の発生回数は 234 回²⁾ (5 月 11 日 13 時 30 分時点) であり、非常に活発的な余震活動が継続していた。これは平成 7 年兵庫県南部地震以降に内陸や沿岸で発生した地震の中で最多である。

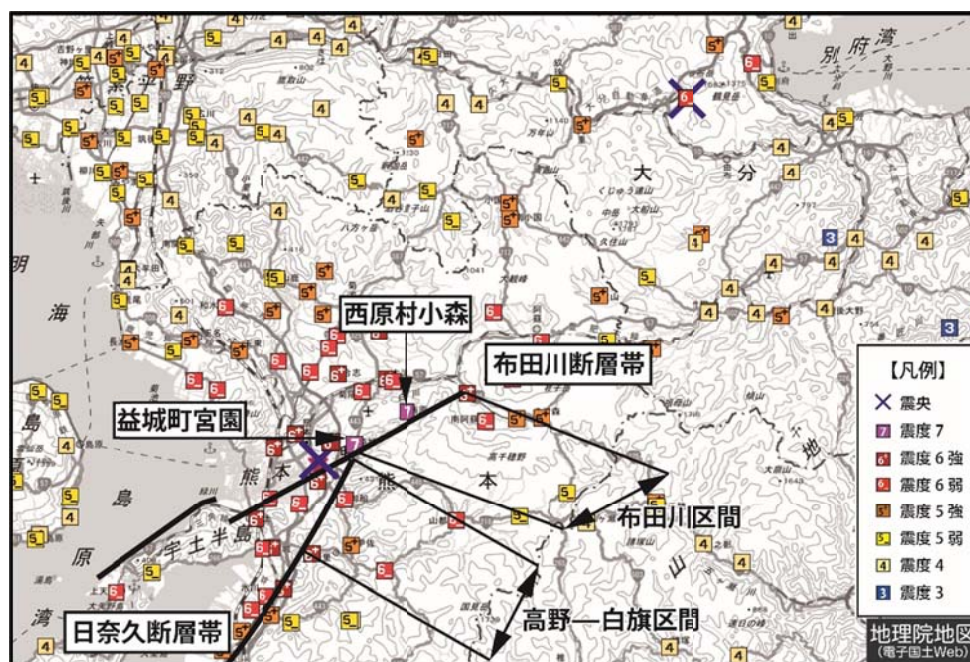


図-1 本震 (M7.3) の震央位置と震度分布¹⁾

1.2 地震動の特性

今回の熊本地震は、震源深さが浅く、震度 7 と大きな揺れを観測しており、地震動としては阪神・淡路大震災（平成 7 年兵庫県南部地震）や平成 16 年新潟県中越地震の特徴と類似している。

表-1 過去の大規模地震（震度_7 を記録した地震）と熊本地震の比較

	直下型地震			海溝型地震
	熊本地震	阪神淡路大震災 (兵庫県南部地震)	新潟県中越地震	東日本大震災 (東北地方太平洋沖地震)
地震発生日	前震: H28. 4. 14 本震: H28. 4. 16	H7. 1. 17	H16. 10. 23	H23. 3. 11
地震規模 (マグニチュード)	6.5 (前震) 7.3 (本震)	7.3	6.8	9.0
震源の深さ	11 k m (前震) 12 k m (本震)	16 k m	13 k m	24 k m
最大加速度	817gal (前震) 1,791gal (本震)	818gal	1,722gal	2,933gal

出典：「平成 28 年（2016 年）熊本地震の概況」³⁾、国立国会図書館、平成 28 年 5 月 26 日

「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書」⁴⁾、下水道地震・津波対策技術検討委員会、平成 24 年 3 月

熊本地震及び近年の代表的な地震の加速度応答スペクトルを図-2 に示す。大津町大津（本震：震度 6 強）において 1,791 gal を記録したほか、益城町（KiK-net 益城）では一般に構造物への影響が大きいとされる固有周期 1 ～ 2 秒程度のものが観測されており、過去の代表的な被害地震のレベルに近い値となっている。

よって地震動の規模は、「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版-」⁵⁾（公益社団法人 日本下水道協会）が対象としているレベル 2 地震動の標準加速度応答スペクトルと比べ大きく、また、震度 7 を 2 回観測した点でも、耐震設計で用いられる地震動レベルを上回るものであったと言える。

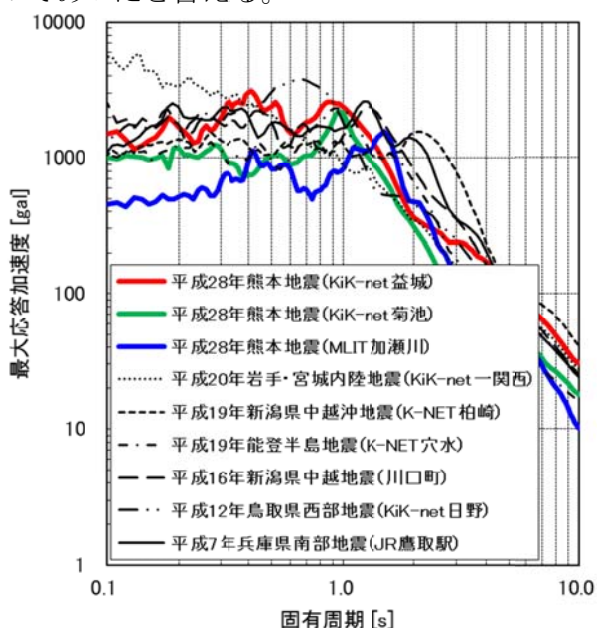


図-2 加速度応答スペクトル（減衰定数 0.05）

2 下水道管路施設の被災概況

2.1 被災状況整理・分析方針

2.1.1 収集資料

国土交通省公表資料（3月14日現在）⁶⁾、および災害査定資料、被災路線のテレビカメラ調査報告書、被災路線の管路属性が分かる資料（下水道台帳、図面等）、その他分析に必要な地形区分図等を収集し、下水道管路施設の被災状況の整理・分析を行った。

災害査定資料等に基づく被災路線のスパン数と延長は、表-2に示す通りである。

表-2 被災路線のスパン数と延長

団体名	スパン数		被災延長 (km)	備考
	管きよ被災のみ	人孔被災含む		
熊本県流域下水道	12	28	1.1	八代北部流域
熊本市	1,209	1,887	52.7	
宇土市	31	73	1.1	
宇城市	15	19	1.2	
阿蘇市	63	117	2.3	
御船町	45	60	1.3	
嘉島町	119	172	4.4	
益城町	662	1,023	22.4	
合計	2,156	3,379	86.4	

※本報告の整理・分析対象は、被災延長86.4kmのうち、詳細な被災情報が得られた79.88kmとした。

2.1.2 整理・分析方針

被災状況の整理・分析は、過去地震の被災傾向を踏まえ、災害査定資料等で得られた情報を基に、下記の項目毎に実施した。なお、本報告の整理・分析対象は、被災延長86.4kmのうち、詳細な被災情報が得られた79.88kmとした。

- (1) 団体別被災状況
- (2) 管種別被災状況
- (3) 布設年度別被災状況
- (4) 管径別被災状況
- (5) 土被り別被災状況
- (6) 施工方法（開削／推進）別被災状況
- (7) 被災パターン分類
- (8) 地盤特性と被災の関係

2.2 整理・分析結果

2.2.1 団体別被災状況

- 震度 6 弱以上の地域で管路被害が生じている
- 震源地に近い益城町の被災率が高い
- 全体の被災率は、過去地震と同程度

下水道管路施設被災は、八代北部流域下水道、熊本市、宇土市、宇城市、阿蘇市、御船町、益城町、嘉島町の 1 流域下水道 7 市町で発生した。

下水道管路施設の被災は、表-3 に示す通り、熊本県内の 1 流域下水道 7 市町約 86 kmとなっている。被災都市全体の管路被災率（被災延長/管路延長）は 2.7 %であり、過去に発生した地震と比較すると同程度である。

震源地に近い益城町では最も高い約 13 %となっており、同規模の震度でも、自治体間で大きな差が生じている。熊本市の被災率は約 2.1 %と低いが、全体の被災延長の 6 割にあたる約 50 kmが被災している。

表-3 下水道管路施設の被災延長と被災率

都市名	被災延長 (km)	管理延長 (km)	被災率※	最大震度	最大応答 加速度
熊本県八代北部流域	1.1	14.9	7.4%	6 弱	246gal
熊本市	52.7	2,543.8	2.1%	6 強	843gal
宇土市	1.1	144.5	0.7%	6 強	882gal
宇城市	1.2	186.9	0.6%	6 強	564gal
阿蘇市	2.3	68.4	3.2%	6 弱	403gal
御船町	1.3	72.4	1.8%	6 弱	499gal [※]
嘉島町	4.4	51.4	8.8%	6 強	622gal [※]
益城町	22.4	169.5	13.2%	7	1,362gal
熊本地震（計）	86.4	3,251.8	2.7	7	1,362gal
東日本大震災	675	65,001	1.0%	7	2,933gal
新潟県中越地震	152	3,293	4.6%	7	2,515gal
能登半島地震	15	652	2.3%	6 強	544gal

※最大震度は気象庁発表。最大加速度は防災科学研究所K-NETより取得。ただし御船町と嘉島町の最大加速度は地方公共団体震度計の波形データ（気象庁HP）より取得。

※被災率（%）＝被災延長÷被災都市の下水道管路管理延長×100

2.2.2 管種別被災状況

- 被災管路のほとんどがコンクリート管（45%）と塩ビ管（50%）
- リブ付塩ビ管も一部で被災

管種別被災延長割合を図-3に示す。被災管路のほとんどがコンクリート管（HP）と塩ビ管（VU）であるが、これは被災都市全延長の約6割を塩ビ管（リブ付塩ビ管含む）、約4割をコンクリート管が占めていることによるものである。また、リブ付塩ビ管（PRP）は、埋め戻し材として透水性の高い砕石が使用可能であるが被災している。

東日本大震災の被災状況と比較すると（図-4）、コンクリート管の被災率が約3倍、塩ビ管（リブ付塩ビ管含む）の被災率は同一となっている。なお、熊本県においては陶管の採用が極めて少ないため、被災延長も僅かである。

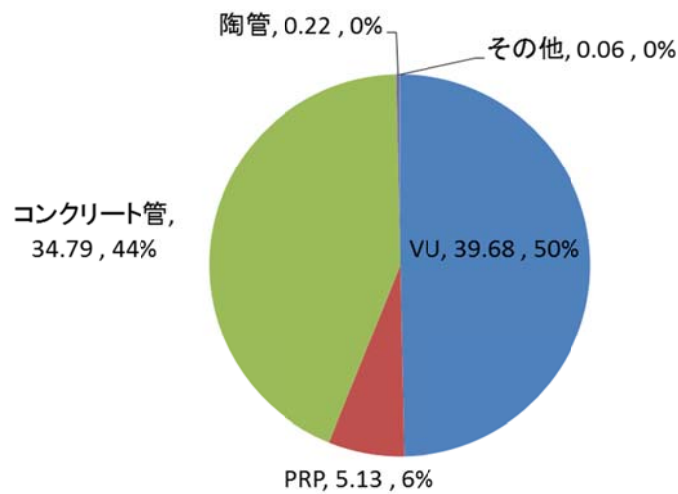


図-3 管種別被災延長割合

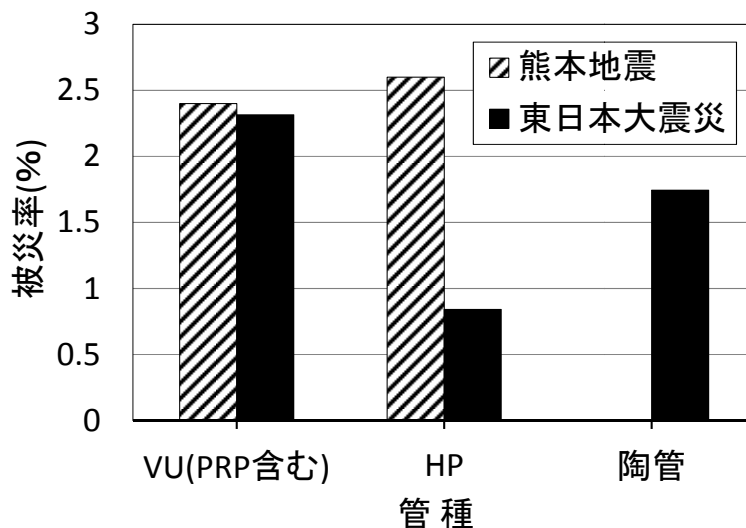


図-4 管種別被災率（熊本地震と東日本大震災）

2.2.3 布設年度別被災状況

- 平成 15 年以前の布設管路の被災延長が大きい
- 耐震指針改訂後となる平成 16 年以降の管路にも被害あり

布設年度別被災延長を図-5 に示す。これまでの「下水道施設の耐震対策指針と解説」の改訂履歴としては、平成 9 年には阪神淡路大震災の液状化被害を踏まえた対策として地盤改良の必要性が記載され⁷⁾、平成 16 年新潟県中越地震時の埋戻し 3 工法の提言⁸⁾を受け平成 18 年度改訂時⁹⁾に追加された。このため、管路の耐震化に関する大きな年代的区切りを、平成 9 年、平成 16 年として以下に整理する。

平成 9 年耐震指針前に布設（平成 9 年以前）された管路の被災率は 2.1 %、平成 16 年緊急提言前に布設（平成 10 年～平成 15 年）された管路の被災率は 2.7 %であった。これに対して、耐震設計のうえ布設されている平成 16 年以降に布設（平成 16 年以降）された管路の被災率は 1.3 %であり、旧指針に比べると低いものの被災している。【→3. 原因分析にて詳述】

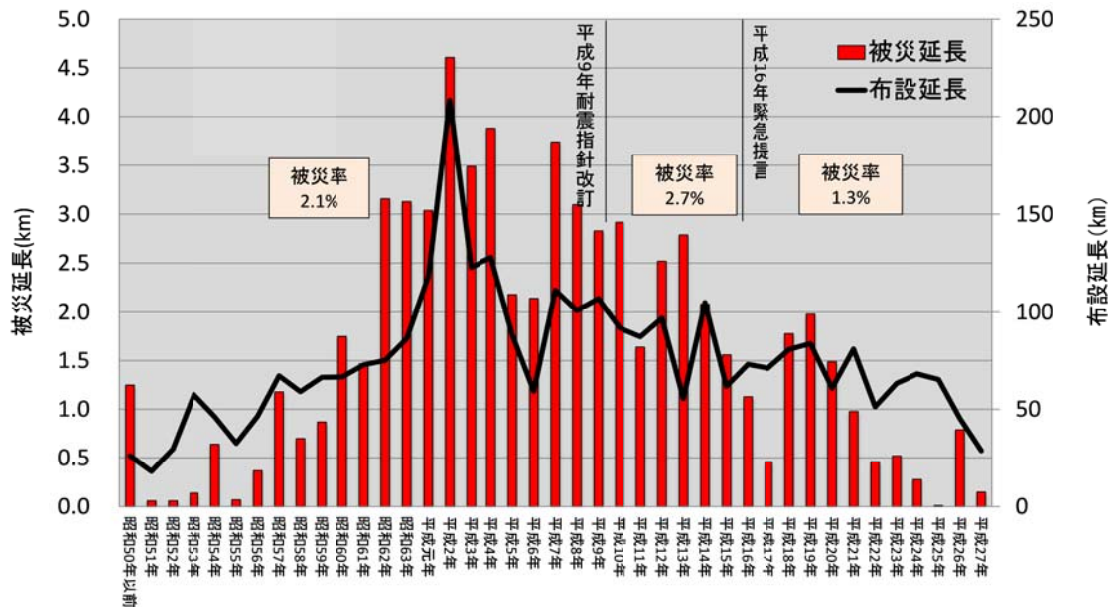


図-5 布設年度別被災延長（被災都市合計）

2.2.4 管径別被災状況

- 被災延長の約 6 割がφ 200 mm以下
- φ 800 mm ~ φ 1,650 mmの中大口径管も被災

管径別被災延長を図-6 に示す。被災管路のほとんどが小口径管であり、φ 150 mm ~ φ 200 mm で全体の約 6 割を占める。これは、布設総延長に占める小口径管の割合が高いこと、開削工法の布設割合が多いこと、土被りが比較的浅く液状化の影響を受けやすいこと等に起因したものと推察される。

また、旧熊本市と益城町については、φ 800 mm ~ φ 1,650 mmの中大口径管も被災している。

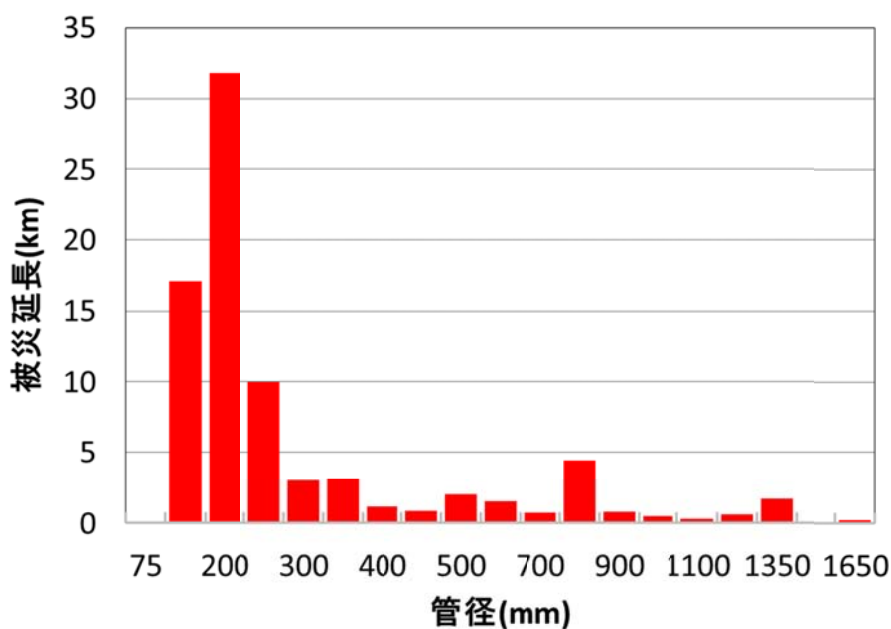


図-6 管径別被災延長

2.2.5 土被り/施工方法別被災状況

- 被災延長の約 8 割が土被り 4 m 以浅
- 推進工法の被災延長が過去地震と比較すると多く、被害全体の 1 / 4 に及ぶ

土被り別被災延長を図-7 に示す。土被り 4 m 以浅の埋設管が全体の約 8 割を占めており、主に開削工法で施工した箇所が被災している。

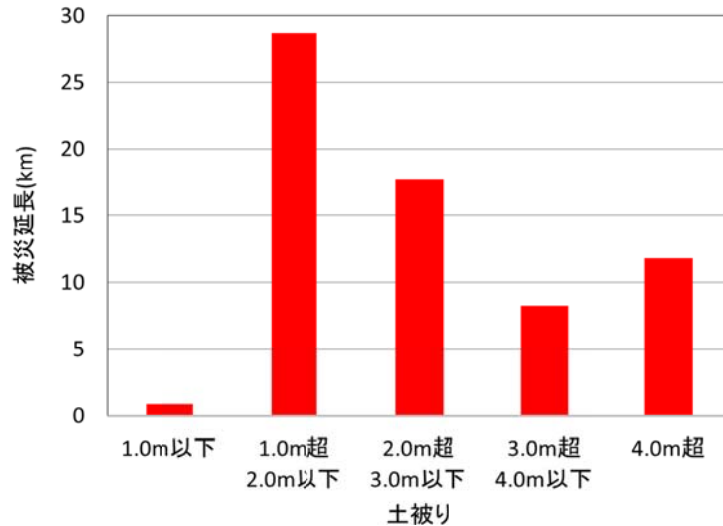


図-7 土被り別被災延長

土被りや当時の施工方法、地震以後の復旧方法を参考に、施工方法を開削と推進で整理すると、図-8 に示す通りとなる。開削工法の被災延長が推進工法に比べ大きいのは、一般に総延長に対する開削区間の延長の割合が高いことと、土被りが浅く、埋戻し土の液状化など地盤変状の影響を受けやすいためと考えられる。

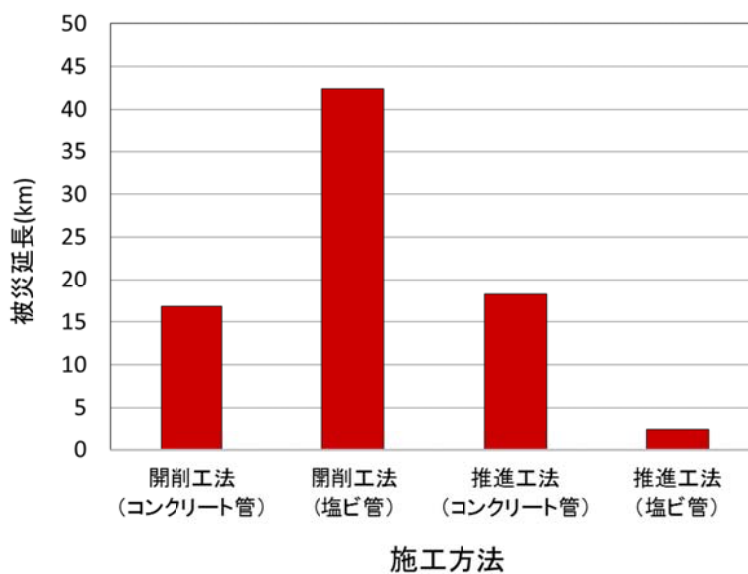
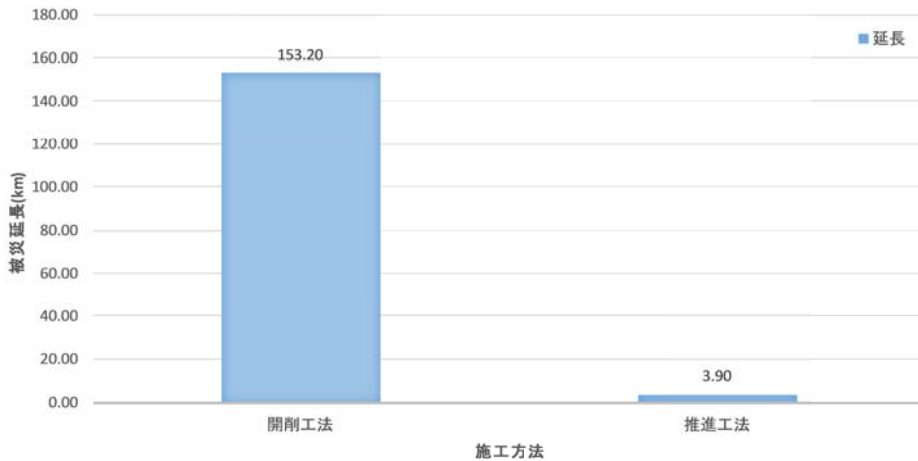


図-8 施工方法別管種別被災延長

また、被災延長全体の約 25 %が推進工法区間であり、東日本大震災の被災状況（図-9）と比べて非常に高い値を示している。特にコンクリート管については、推進工法と開削工法が同程度被災しており、地域的には八代北部流域下水道、宇土市、宇城市、嘉島町で推進工法の被災割合が大きい。



出典：「下水道管路施設耐震化の優先度指標に関する情報収集整理業務報告書」（平成 27 年 2 月、国総研）

図-9 東日本大震災施工方法別被災延長

図-10、図-11 に推進工法区間の管種・布設年度別被災延長を示す。コンクリート管（図-10）については、平成 16 年耐震指針改訂前に施工された管路の被災延長が大きい。また、塩ビ管（図-11）については、平成 16 年以降の新しい管路も被災している。

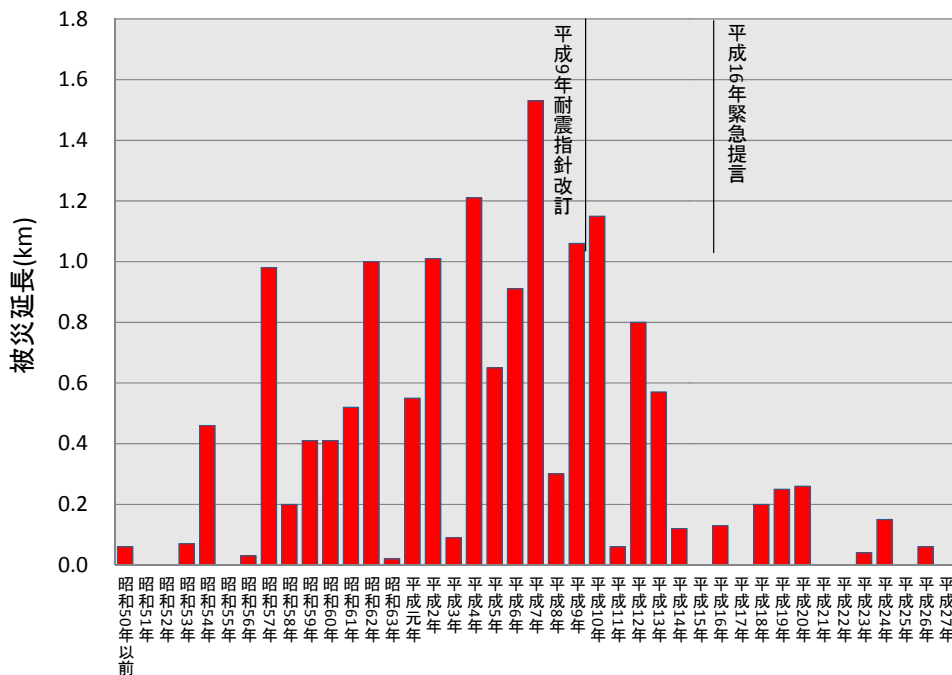


図-10 推進工法区間布設年度別被災延長（コンクリート管）

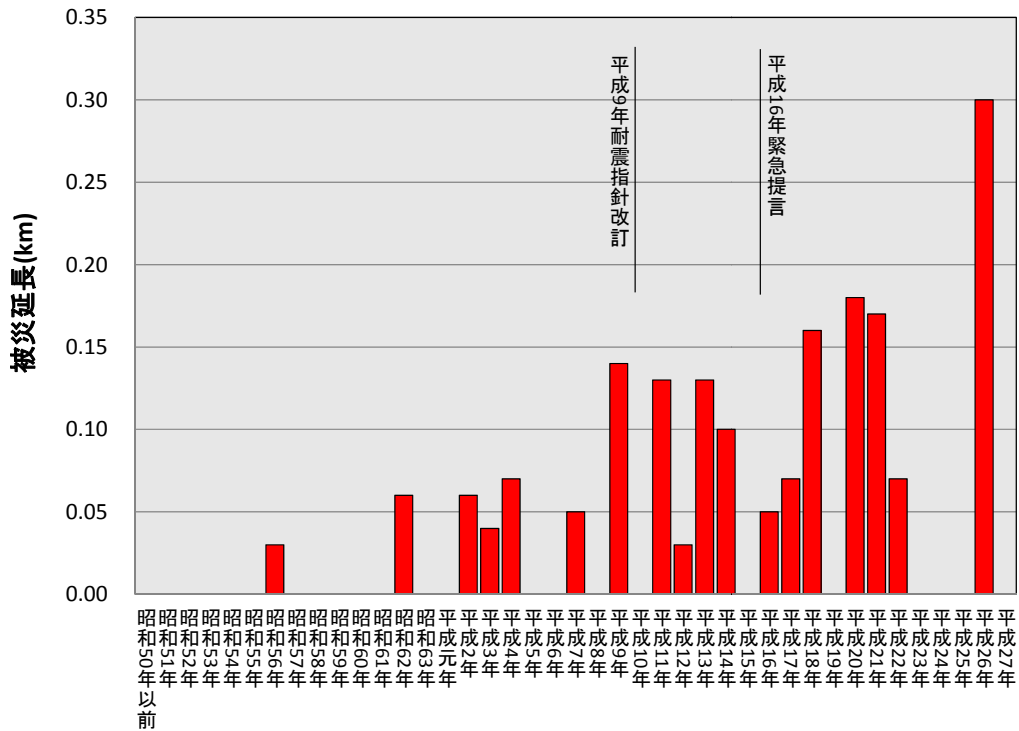


図-11 推進工法区間年度別被災延長 (塩ビ管)

次に、推進工法区間の管種・管径別被災延長を図-12、図-13に示す。コンクリート管(図-12)については、φ 250 mm から φ 800 mm の小口径管が被災する傾向にあるが、過去の大地震では被害が比較的少なかった中大口径管において、推進工法被害全体の約 20 %を占めている。【→3. 原因分析にて詳述】

一方、塩ビ管(図-13)は布設延長の多い φ 200 mm が多く被災している。

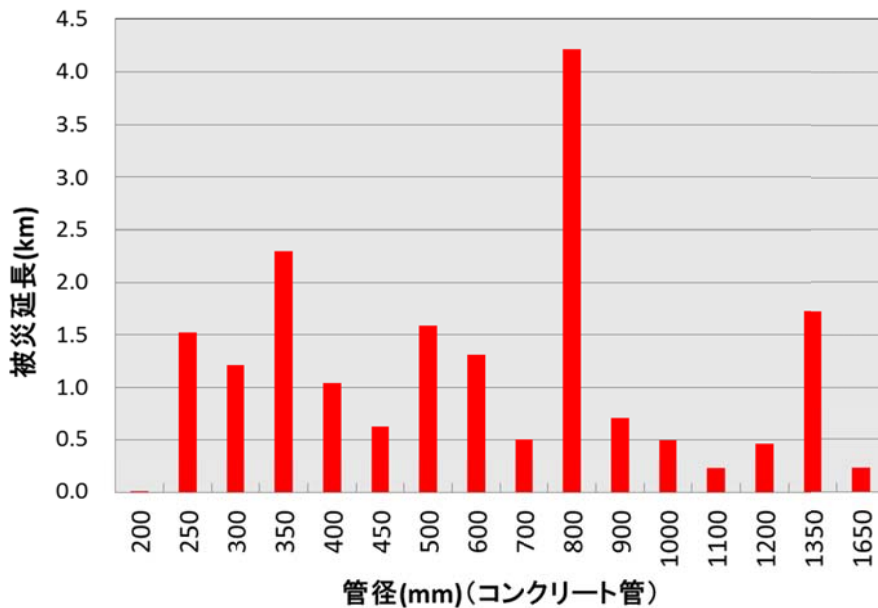


図-12 推進工法区間管種・管径別被災延長 (コンクリート管)

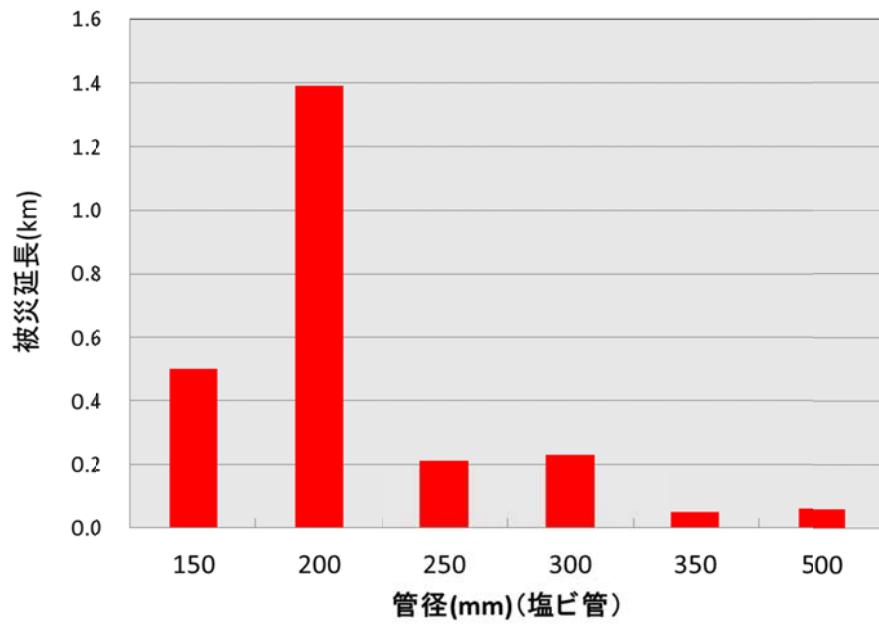


図-13 推進工法区間管種・管径別被災延長（塩ビ管）

2.2.6 被災パターン

- コンクリート管の破損・クラックの発生割合が全体の 60 %に及ぶ
- 塩ビ管は、液状化に起因するたるみ・蛇行が多く（約 60 %）、破損例もある

管路施設の被災パターン割合を図-14、図-15に示す。過去地震での本管の被災状況としては、継手部のずれ、たるみ、管本体の破損が多くみられているが、熊本地震においては、コンクリート管の被災要因としては継手の破損、管軸方向や継手部のクラックが多く、その割合はコンクリート管の被災延長の約 60 %に及んでいる。

また、塩ビ管についてはたるみ・蛇行の割合が塩ビ管の被災延長の約 60 %に及び、益城町では過去に事例の少ない破損が多く発生している。破損原因は「2.2.7 地盤特性と被害の関係」で述べる。

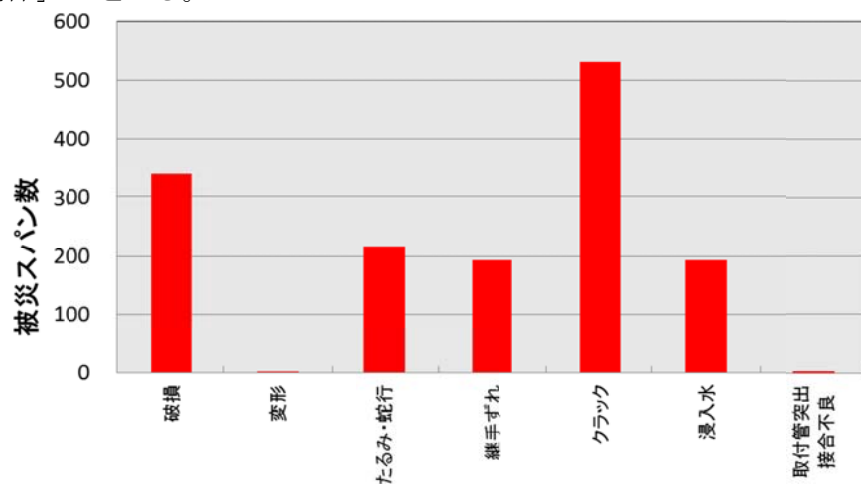


図-14 被災パターン (コンクリート管)

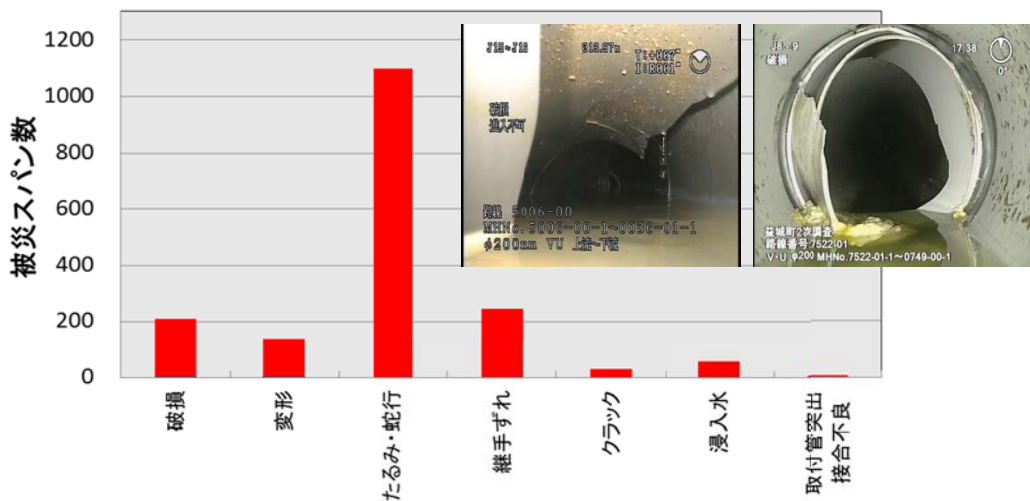
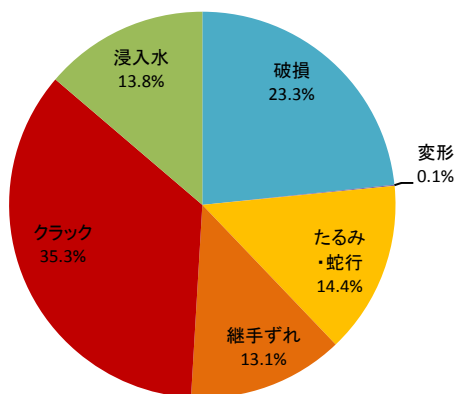


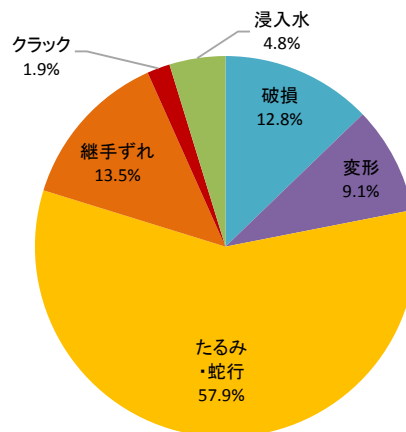
図-15 被災パターン (塩ビ管)

布設年度別被災パターン別被災延長を図-16に示す。

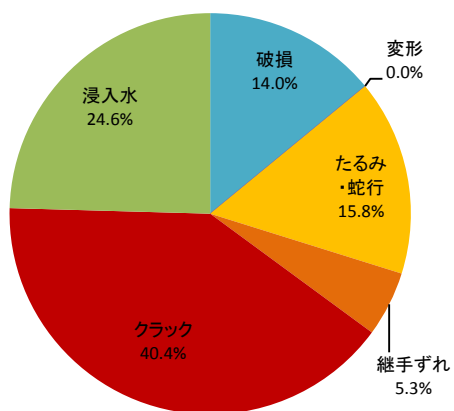
耐震指針改訂に合わせて、平成 9 年以前、平成 10 年～平成 15 年、平成 16 年以後で被災パターン別スパン数割合を整理した結果、各年代ともにコンクリート管ではクラック、塩ビ管ではたるみ・蛇行が最も多い被災パターンであった。



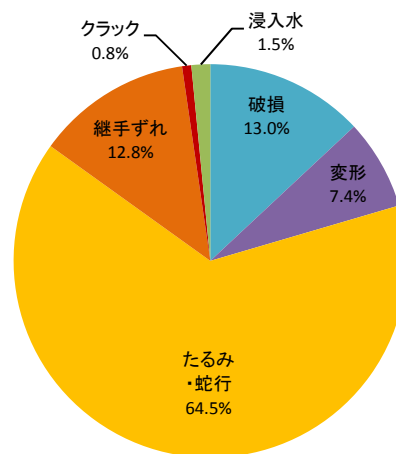
管種別被災パターン別被災スパン数
(平成9年以前)(コンクリート管)



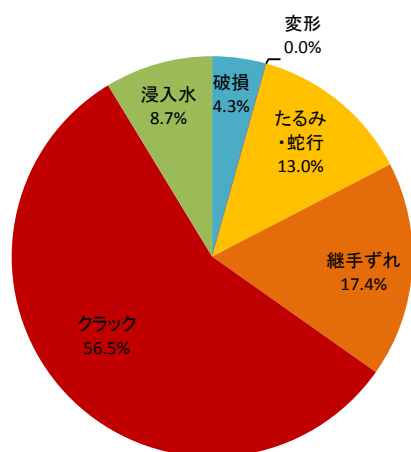
管種別被災パターン別被災スパン数
(平成9年以前)(塩ビ管)



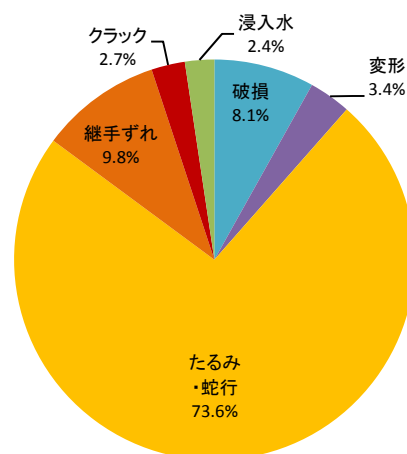
管種別被災パターン別被災スパン数
(平成10年～平成15年)(コンクリート管)



管種別被災パターン別被災スパン数
(平成10年～平成15年)(塩ビ管)



管種別被災パターン別被災スパン数
(平成16年以降)(コンクリート管)



管種別被災パターン別被災スパン数
(平成16年以降)(塩ビ管)

図-16 管種別被災パターン別被災延長割合

2.2.7 地盤特性と被災の関係

- 後背湿地に被災管路が集中（全体の 50 %）
- 後背湿地で埋め戻し部の液状化が発生した可能性

下水道管路の被災箇所と地形に関する各種資料を整理し、被災しやすい地盤特性を確認する。ここでは、地盤特性として下記4つの視点で整理する。

- ・ 標高
- ・ 地下水状況（地下水の見える化調査）
- ・ 微地形分類
- ・ 治水地形分類

（1） 標高

標高と被災箇所の重ね合せ図を、図-17、図-18 に示す。全体的に低地盤高地域の管路が被災している。低地盤地域では一般的に地下水位が高い軟弱な地盤の箇所が多いためと考えられる。

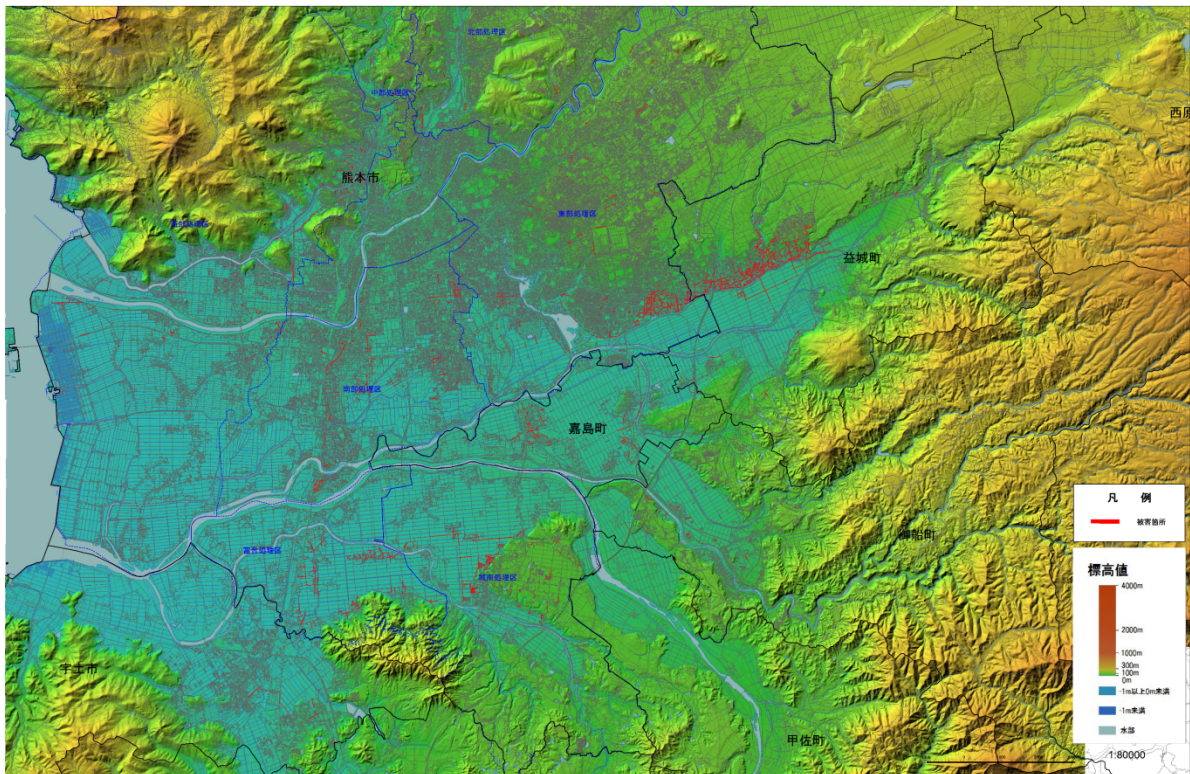


図-17 標高と被災箇所の重ね合せ図（熊本地方）¹⁰⁾

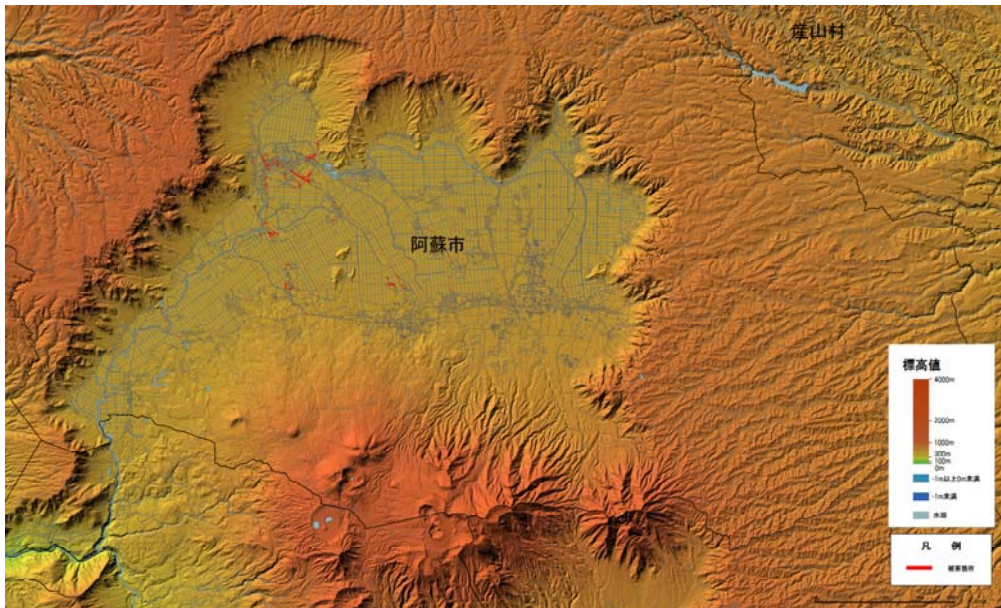


図-18 標高と被災箇所の重ね合せ図（阿蘇地方）¹⁰⁾

(2) 地下水の状況

国土調査（国土交通省国土情報課）発行の地下水見える化調査図（熊本地区—地質水理図面）¹¹⁾（図-19）によると、熊本県東側の阿蘇カルデラから西側の白川河口まで流下する大きな水脈があり、熊本平野部に小さな水脈が数多く存在している状況が分かる。

熊本平野および阿蘇市の被災箇所は地質的にも新しく堆積された地質で、豊富な地下水がある地域となっていることから、地下水位が高く、埋戻し土の液状化が発生する可能性の高い位置に管路が布設されていると考えられる。

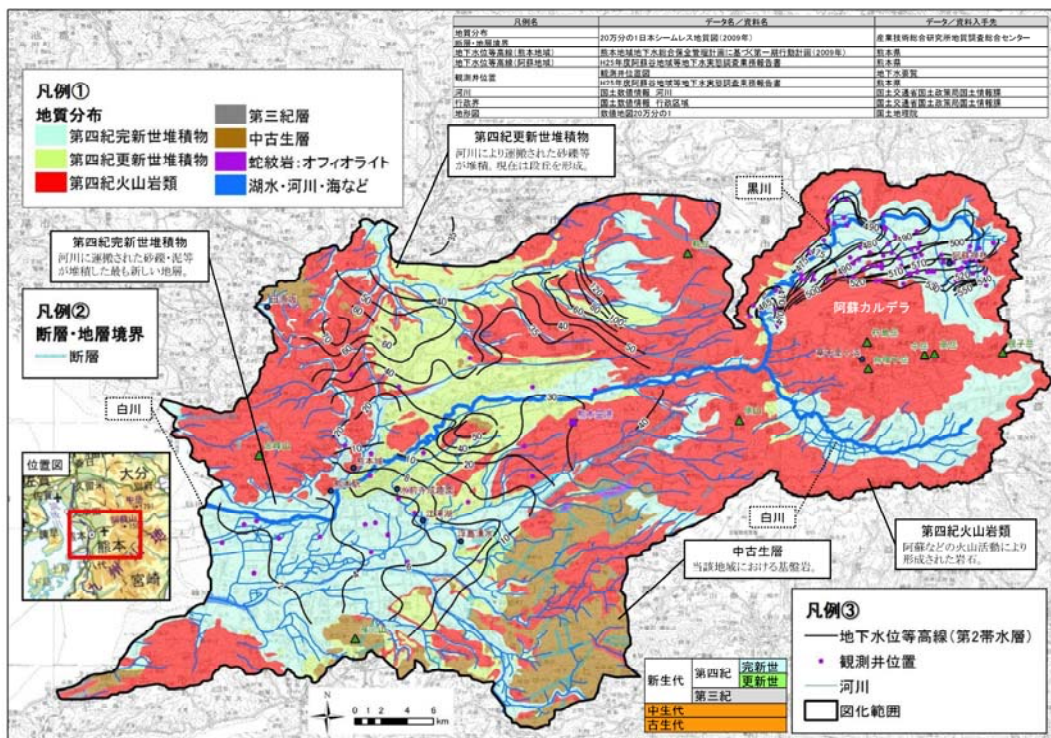


図-19 熊本市の水理地質

(3) 微地形分類

微地形分類別被災延長の集計結果を表-4 および図-20 に示す。熊本地震では、後背湿地での被災が全体の約 50 %に及んでいる。後背湿地は、表-5 より、表層地盤の液状化の発生可能性は中程度であるが、耐震指針に示される表-6 では微地形分類に基づく埋戻し土の液状化の可能性は大となる微地形とされている。このことから、埋戻し土の液状化により被災した可能性が高いと考えられる。

表-4 団体別微地形分類別被災延長集計表

団体名	微地形分類別被災延長(km)							合計
	干拓地	後背湿地	三角州・ 海岸低地	火山 山麓地	砂礫質 台地	扇状地	ローム 台地	
八代北部流域	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09
熊本市	旧熊本市	0.00	14.90	0.00	0.00	0.74	0.00	16.61
	旧富合町	0.00	5.28	0.00	0.00	0.00	0.00	5.28
	旧城南町	0.00	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50
	新熊本市	0.00	2.35	0.00	0.00	0.17	0.00	2.58
	計	0.00	29.03	0.00	0.00	0.91	0.00	16.67
宇土市	0.00	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02
宇城市	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23
阿蘇市	0.00	1.47	0.00	0.21	0.00	0.56	0.00	2.24
御船町	0.00	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27
嘉島町	0.00	4.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.48
益城町	0.00	0.00	0.00	21.94	0.00	0.00	0.00	21.94
合計	1.23	37.27	1.09	22.15	0.91	0.56	16.67	79.88

※ は被災延長がゼロを示す。

※ 被災延長 86.4 kmのうち、詳細な被災情報が得られた 79.88 kmを対象に整理。

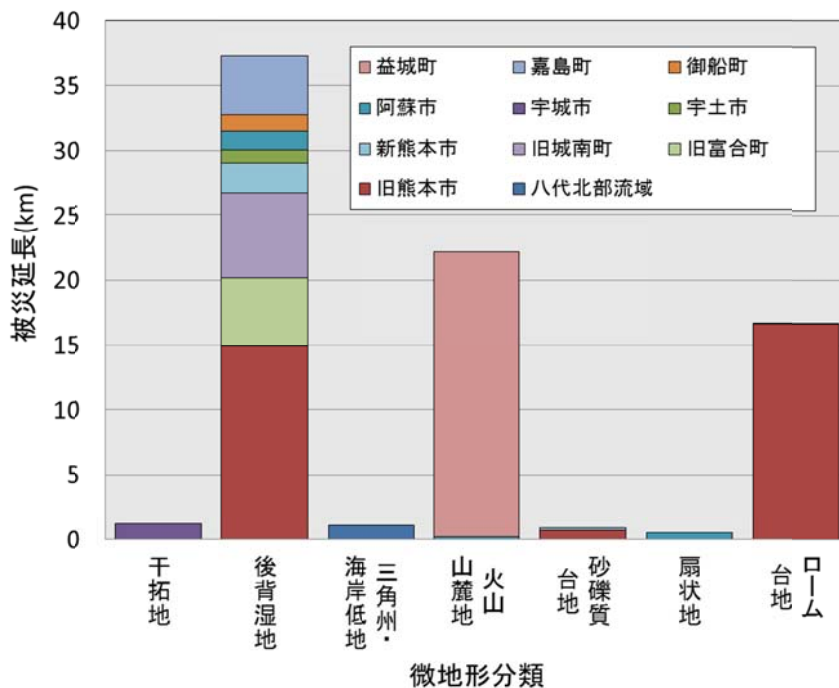


図-20 液状化発生の可能性別被災延長

表-5 液状化の起こりやすい地形区分

地盤表層の 液状化可能性の程度	微地形区分
大	自然堤防縁辺部・比高の小さい自然堤防、ポイントバー（蛇行州）、旧河道、旧池沼、砂泥質の河原、砂丘末端緩斜面、人工海浜、砂丘間低地・堤間低地、埋立地、湧水地点（帯）、盛土地
中	デルタ型谷底平野、緩扇状地、自然堤防、後背湿地、湿地、デルタ（三角州）、砂州、干拓地
小	扇状地型谷底平野、扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜

出典：「小規模建築物基礎設計指針」（2008.3、日本建築学会）¹²⁾

表-6 微地形分類に基づく埋戻し土の液状化の可能性

区分	微地形	液状化被害 の可能性
	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 2014年版」(公益社団法人 日本下水道協会)¹³⁾

微地形分類と被災箇所の重ね合せ図¹⁴⁾を、図-21、図-22に示す。前述の通り、後背湿地、三角州・海岸低地、干拓地などに被災した管路が集中している。

なお、地震被害の大きかった益城町については、代表的な微地形区分は火山山麓地であるが、後背湿地と火山山麓地の境界沿いに位置しており、250m メッシュの微地形区分だけでは判断が難しい。

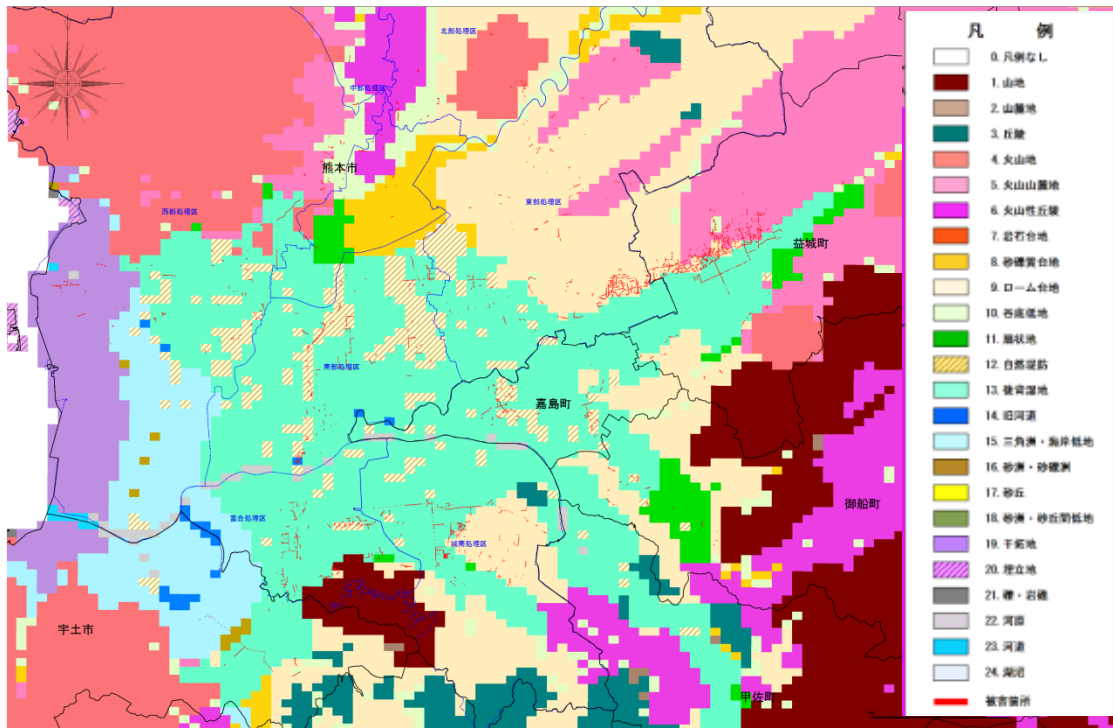


図-21 微地形分類と被災箇所（熊本地方）

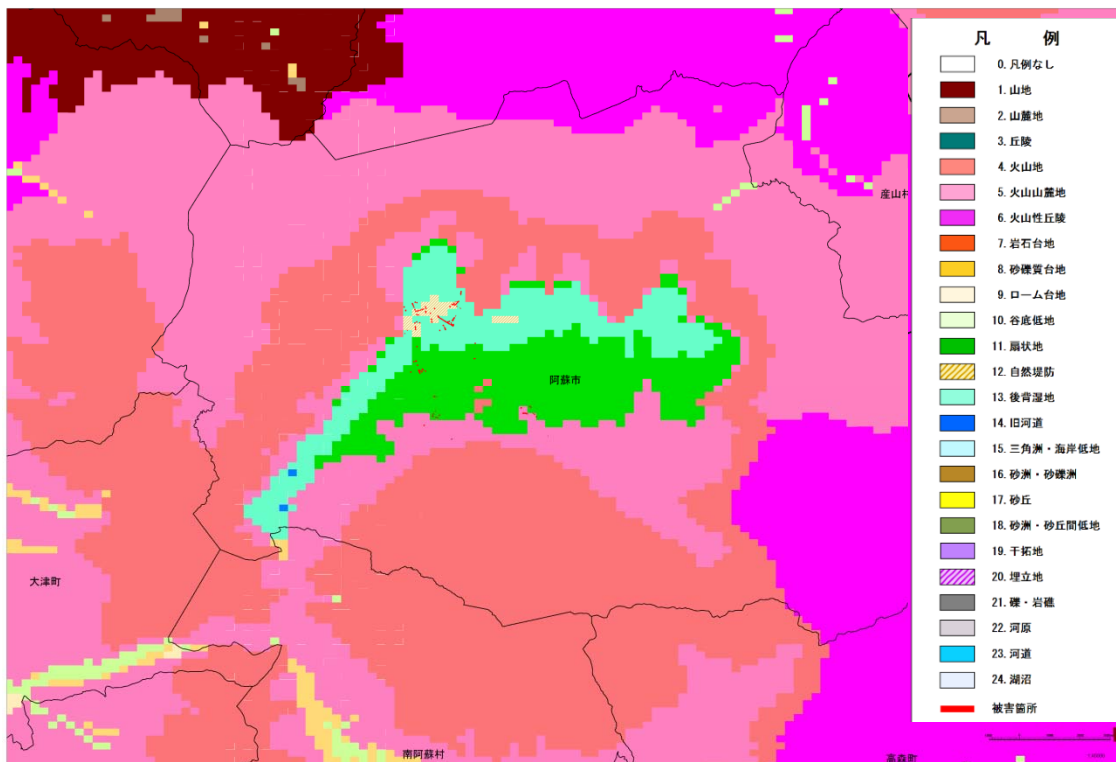


図-22 微地形分類と被災箇所（阿蘇地方）

(4) 治水地形分類

治水地形分類図¹⁵⁾¹⁶⁾は、治水対策を進めることを目的に、国が管理する河川の流域のうち主に平野部を対象として、扇状地、自然堤防、旧河道、後背湿地などの詳細な地形分類および河川工作物等が盛り込まれた地図(昭和 51 年度～昭和 53 年度作成)である。この地形分類図に基づく、治水地形分類別被災延長の集計結果を表-6 及び図-23 に示す。被災の多くは、低地部の後背湿地、微高地、旧河道で多く発生しており、益城町では段丘面の被災が多い。

表-6 治水地形分類別被災延長

団体名		治水地形分類別被災延長(m)と割合(%)										
		台地・段丘面		低地						人工改変地形		合計
		山地	段丘面	浅い谷	山麓堆積地形	扇状地	後背湿地	微高地(自然堤防)	旧河道	干拓地	盛土地・埋立地	
熊本市	富合処理区	0.00	54.59	0.00	40.79	0.00	3480.89	1692.82	436.26	0.00	204.98	5910.33
		0.0%	0.9%	0.0%	0.7%	0.0%	58.9%	28.6%	7.4%	0.0%	3.5%	100.0%
	城南処理区	0.00	803.19	0.00	259.53	0.00	5448.13	177.60	52.48	0.00	22.45	6763.38
		0.0%	11.9%	0.0%	3.8%	0.0%	80.6%	2.6%	0.8%	0.0%	0.3%	100.0%
嘉島町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	858.50	1356.63	665.76	0.00	1602.01	4482.89	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.2%	30.3%	14.9%	0.0%	35.7%	100.0%	
益城町	585.99	7024.27	87.00	796.24	0.00	7871.30	2594.04	2832.48	0.00	104.18	21895.50	
	2.7%	32.1%	0.4%	3.6%	0.0%	35.9%	11.8%	12.9%	0.0%	0.5%	100.0%	
合計	585.99	7882.05	87.00	1096.56	0.00	17658.82	5821.09	3986.98	0.00	1933.62	39052.10	
	1.5%	20.2%	0.2%	2.8%	0.0%	45.2%	14.9%	10.2%	0.0%	5.0%	100.0%	

※表上段：被災延長、下段：割合

※詳細な被災情報が得られた路線を対象に整理しているため、国土交通省公表値(表-2)と一致しないことがある。。

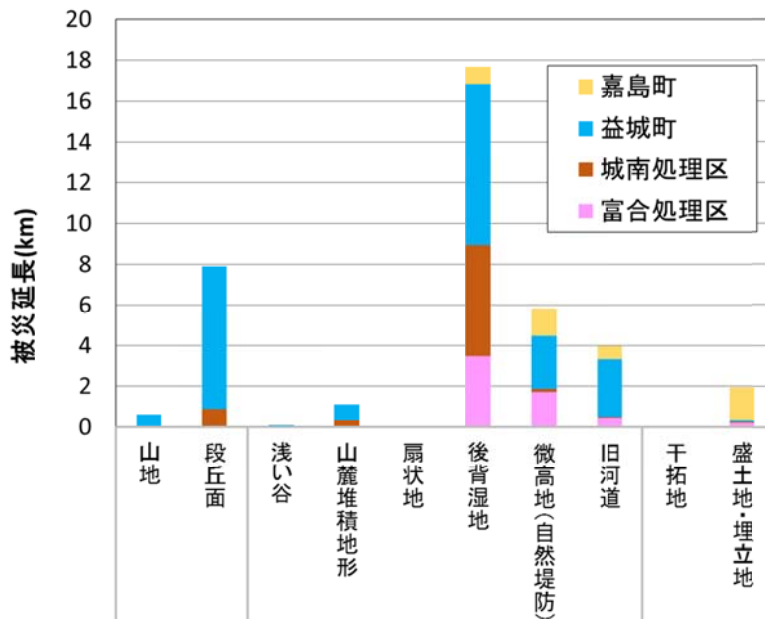


図-23 治水地形分類別被災延長

3 原因分析と対策

「2. 下水道管路施設の被災概況」の分析結果において、熊本地震における顕著な被災は埋戻し部の液状化・推進工法区間の被災であった。この2点に着目して、その発生原因に関する分析を行う。

3.1 埋戻し土の液状化対策

(1) 被災原因

- 山砂埋め戻し（締固め 90 %程度以上）を採用する塩ビ管、コンクリート管の一部に、施工管理、品質管理が不十分な箇所があり、十分な耐震効果が発揮されていない可能性
- 碎石で埋め戻すリブ付塩ビ管は、地下水位以浅まで碎石を充填することで高い耐震効果が得られる

2.2.3 の布設年度別の整理結果において、平成 15 年以前に布設した管路の被災延長が長く、平成 16 年耐震指針改訂以降の布設管路であっても被災するといった特徴を示した。このため、熊本地震で被災した管路施設の埋め戻し方法、特に埋め戻し部の液状化対策に着目して、被災原因を分析する。

表-7 に、布設年度別被災延長を管種別に整理した表を示す。塩ビ管の被災率は、平成 15 年度以前と比較して、平成 16 年度以降（耐震指針改訂以降）で被災状況に若干の改善が見られた。しかしコンクリート管の被災率は、布設年度による違いはほぼない。また、リブ付塩ビ管は、平成 16 年耐震指針改訂以降に布設した管の被災延長がリブ付塩ビ管全体の 6 割に達している。

表-7 管種別布設年度別被災延長割合

布設年度	塩ビ管	リブ付塩ビ管	コンクリート管	全体
平成 9 年以前	54% (≒2%)	2%	85% (2%)	55%
平成 10～15 年	27% (≒3%)	33%	11% (3%)	17%
平成 16 年以降	19% (≒1%)	64%	4% (3%)	13%

※()内は被災率。塩ビ管の≒は、分母に PRP が含まれているため。

管種により、埋め戻しの方法が異なることから、ここでは、自治体職員へのヒアリングや設計図書・工事関係図書の確認により、被災路線の埋め戻し方法（液状化対策）や品質管理方法を特定し、埋め戻し方法と被災の関係性を調査した結果について記載する。

1) 塩ビ管、コンクリート管

塩ビ管とコンクリート管について、被災した自治体で採用されていた埋め戻し方法を確認したところ、耐震指針における埋め戻しの基準が確立されていない平成 15 年以前の布設管路や、液状化対策の必要がないエリアの布設管路の埋め戻しは、概ね山砂による埋め戻し（一部で発生土による埋め戻し）であった。

耐震対策（液状化対策）の必要性が高まった平成 16 年以降については、埋戻し土の締固め（図-30）が採用されていた。ただし、平成 16 年度以降の工事仕様書で

「90%」が明記されておらず、また締固め度は路盤下のみ試験されており、管周辺埋め戻し部の締固め度が確保されていたかは不明である。よって、平成 16 年以降の耐震化済みと想定される管路の被災は、埋戻し土の締固め不足が原因の可能性がある。

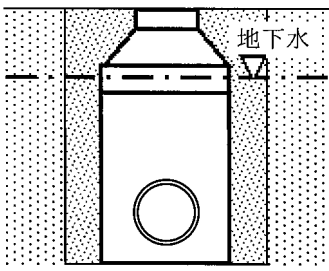
埋戻し方法	埋戻し土の締固め
概要	良質土で締固め（締固め度 90% 程度以上）ながら、埋戻す。
概念図	
埋戻し材料	良質な砂、または埋戻しに適した発生土。
施工管理	締固め度で 90% 以上。
液状化対策の効果	十分な締固めを行うことにより、埋戻し部の過剰間隙水圧を小さくすることができる。

図-30 埋め戻しの締固め

2) リブ付塩ビ管

リブ付塩ビ管は、塩ビ管の外周面に環状のリブ構造を施した形状になっており、基礎材として碎石を用いることができる。このため、地下水位の多い地盤や液状化対策の必要な地盤で用いられている。

被災都市におけるリブ付塩ビ管の施工方法等を確認したところ、被災した路線の埋め戻し方法は、図-31 に示す 2 種類が存在していた。A 工法は下水道協会規格の標準施工（参考）¹⁷⁾ であり、B 工法は耐震指針に準拠した施工である。工法別に被災延長を整理すると、被災のほとんど（98%、約 2 km）が A 工法に集中していた。碎石による埋め戻しは、過剰間隙水圧の消散を期待するものであるから、A 工法を採用した路線では、水の逃げ場が狭まり、消散効果が低下したものと考えられる。

一方、B 工法を採用した箇所は、路盤下まで碎石が充填され、20 cm の巻出し厚で適切に施工されており、被災は皆無であった。間隙水圧が効果的に消散され、液状化が抑制されたと考えられる。

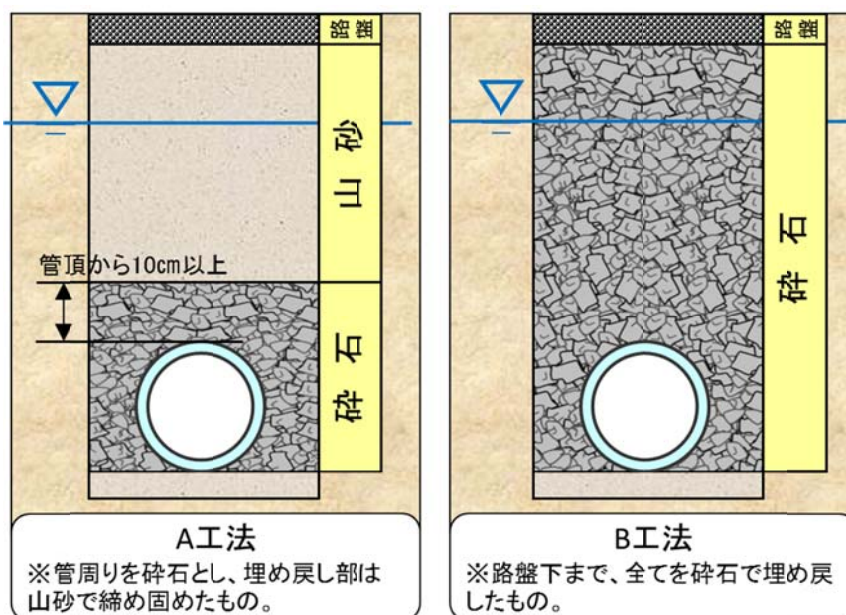


図-31 リブ付塩ビ管の埋戻し方法

(2) 今後の対策

塩ビ管やコンクリート管で採用される埋戻し土の締固め（締固度 90 %程度以上）については、より確実な効果を発揮させるために、発注者及び施工業者双方の対策工法に対する理解を深めるとともに、締固め度 90 %以上を確保するための発注者の指示・監督等を徹底するなど、耐震指針の記載内容の周知徹底を図る必要がある。

碎石埋戻しは、碎石の充填方法で耐震効果に差が生じており、同様の事例は、東日本大震災や岩手・宮城内陸地震の際にも報告¹⁸⁾¹⁹⁾がある。現行指針²⁰⁾には、地下水位以浅まで充填することが明示されているほか、当該工法の原理等も解説されていることから、指針に準拠した適切な施工を今後も進めていく必要がある。

3.2 推進工法区間の被災

平成 16 年新潟県中越地震では推進工法で布設された管路施設に被災がなかったと報告⁸⁾されているが、熊本地震では推進工法区間の管路が被災した。ここでは、八代北部流域下水道、宇城市、嘉島町の幹線管路を対象に被災原因と対策を記載する。

(1) 被災原因

熊本地震では、推進工法で施工したと見られる土被りの深い管路の被災が多く見られ、特にコンクリート管は約 4 割の被災が推進工法で発生した。推進工法の被災割合の比較的高い、八代北部流域下水道、宇城市、嘉島町のコンクリート管の被災状況を分析した結果（表-8）、全被災スパン（34 スパン）の半数でクラック及び浸入水が生じていた。クラックの発生位置は、約 8 割が管口付近であり、管きよとマンホールとの構造間の地震応答の違いより、応力が集中したものと考えられた。以下に、自治体別の被災状況等について記載する。

表-8 被災した推進工法の被災内訳（スパン数）

布設年度	たるみ	円周方向クラック		管軸方向クラック		浸入水	継手ずれ	継手亀裂	継手破損	小計
		管口	管中央	管口	管中央					
平成 9 年以前	2	9	3	1	0	11	7	6	1	38
平成 10～15 年	0	5	0	0	0	9	0	4	1	19
平成 16 年以降	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
不明	3	1	1	0	0	2	2	0	0	6
小計	5	18	4	1	0	22	9	10	2	66
対被災スパン割合	15%	53%	12%	3%	0%	65%	26%	29%	6%	—

※1 スパンに複数のクラック等が重複して存在するため、全スパン数<小計値となっている。

1) 八代北部流域下水道

被災した推進区間の基本諸元を表-9 に示す。平成 10 ～ 12 年度に施工された管路は未耐震と想定される。被災内容は、表-10 に示す通り、全区間で継手亀裂・破損、管本体クラックと浸入水、推進区間下流側の 5 スパンは円周方向クラック・浸入水などの管本体の被害が発生している。ただし、推進工法区間のいずれの被災箇所も流下機能は確保されていた。

表－9 推進工法管路基本諸元（八代北部流域下水道）

No.	推進工法基本諸元				施工年度
	管径 (mm)	管種	延長 (m)	土被り (m)	
1	450	HP	132	4.0 ~ 4.0	H12
2	600	HP	37	3.9 ~ 3.9	H11
3	600	HP	26	3.9 ~ 3.8	H11
4	600	HP	53	3.9 ~ 4.2	H10
5	600	HP	110	4.7 ~ 5.4	H10
6	600	HP	109	5.0 ~ 5.4	H10
7	600	HP	120	6.9 ~ 7.3	H10
8	700	HP	135	8.7 ~ 8.7	H10
9	1,100	HP	225	9.0 ~ 9.2	H10

表－10 推進区間被災状況（八代北部流域下水道）

No.	被災状況(箇所数)										人孔浮上量 (cm)	
	たるみ	円周方向クラック		管軸方向クラック		浸入水	破損	継手 ずれ	継手 亀裂	継手 破損	上流 人孔	下流 人孔
		管口※	管中央	管口※	管中央							
1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	8
2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5
3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5	-
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	-	0
5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-
6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-	0
7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	9	-
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-
9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
計	0	5	0	0	0	11	0	0	6	1	-	-

※管口: 上流側もしくは下流側人孔から3m以内。

災害査定資料及び土質調査資料より、推進管が布設されている土層は、凝灰質シルト（シラス）が介在したシルト質粘土層であり、液状化による管路の浮き上がりは考えにくい。人孔の浮上（写真－1）や管路の被害が管口付近に集中していることから、マンホール周辺の埋戻し部の沈下（締固め不足）、地震時のマンホールと管きよの応答の違い、地震時の埋戻し土と周辺地山の応答の違いが、被災の要因と推察される。

また、推進立坑の標準寸法と円周方向クラック発生位置の関係より、クラックは立坑土留矢板の前後に概ね位置することから、クラックの発生には推進坑口部の存置矢板や空伏基礎（コンクリート基礎）により拘束された管きよと、拘束を受けない立坑前後の管きよが異なる動きをするという要因が影響した可能性がある。

路面段差 9cm



写真-1 マンホール部人孔浮上状況（災害査定資料より）

2) 宇城市

被災した松橋幹線は、宇城市松橋工区の松橋不知火浄水管理センターに流入する重要幹線であり、大野川および浅川横断部より推進工法にて施工されている。管路の管種、管径、延長等は表-11 に示す通りである。

推進管は、管径 500 mm の小口径管と 900 mm、1,000 mm の中大口径管（いずれもコンクリート管）が使用され、土被りは 5.1 m ～ 9.4 m である。昭和 57 年度から昭和 60 年度に施工されている。

表-11 推進工法管路基本諸元（宇城市松橋幹線）

No.	推進工法基本諸元				施工年度
	管径 (mm)	管種	延長 (m)	土被り (m)	
1	500	HP	81	5.1 ～ 6.8	S57
2	500	HP	76	6.6 ～ 7.6	S57
3	500	HP	79	7.3 ～ 7.6	S57
4	500	HP	75	7.4 ～ 7.6	S57
5	500	HP	89	7.7 ～ 7.9	S57
6	500	HP	83	8.0	S57
7	900	HP	125	6.9 ～ 7.1	S60
8	900	HP	137	7.9 ～ 8.7	S59
9	1,000	HP	130	9.0 ～ 9.4	S58

松橋幹線推進区間の被災状況は、表-12 に示す通り、被災した全区間で継手ずれ・亀裂・破損、継手異常に伴う浸入水の被害が発生し、うち 3 スパンで円周方向クラック・浸入水などの管本体の被害が発生している。ただし、推進工法区間のいずれの被災箇所も流下機能は確保されていた。

表-12 松橋幹線推進区間の被災状況

No.	被災状況(箇所数)										人孔浮上量 (cm)	
	たるみ	円周方向クラック		管軸方向クラック		浸入水	破損	継手 ずれ	継手 亀裂	継手 破損	上流 人孔	下流 人孔
		管口※	管中央	管口※	管中央							
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	-	-
2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	-	-
3	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	-	-
4	0	0	0	0	0	4	0	3	1	0	-	-
5	0	0	0	0	0	12	0	12	1	7	-	-
6	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	-	-
7	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	10
8	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	-
9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-	0
計	0	3	0	0	0	29	0	21	7	7	-	-

※ 管口：上流側もしくは下流側人孔から3m以内。

災害査定資料及び土質調査資料より、推進管が布設されている土層は、比較的締まった礫混じり砂層やシルト混じり砂層であり、工法的にも液状化による管路の浮き上がりは考えにくい。現地では、道路に亀裂が入った箇所や、マンホールが若干浮上している箇所（写真-2）もあることから、地震動による大きな剪断力の作用、マンホール周辺の埋戻し部の沈下（締固め不足）、地震時におけるマンホールと管きよの応答の違い、地震時における埋戻し土と周辺地山の応答の違いが被災の要因と推定される。



写真-2 マンホール部人孔浮上状況（災害査定資料より）

また、推進立坑の標準寸法と円周方向クラック発生位置の関係より、クラックは立坑土留矢板の前後に概ね位置することから、クラックの発生には推進坑口部の存置矢板や空伏基礎（コンクリート基礎）により拘束された管きよと、拘束を受けない立坑前後の管きよが異なる動きをするという要因が影響した可能性がある。

3) 嘉島町

被災した推進管の基本諸元を表-13 に示す。平成 16 ～ 26 年度に施工したφ 150 mm ～ 500 mm のコンクリート管および塩ビ管、土被り 2.5 m ～ 8.3 m の推進管が被災している。

表-13 推進工法管基本諸元（嘉島町）

No.	推進工法基本諸元				施工年度
	管径 (mm)	管種	延長 (m)	土被り (m)	
1	200	VP	55	4.0 ~ 4.3	H20
2	200	VP	61	4.0 ~ 3.6	H20
3	250	HP	45	3.2 ~ 3.4	H19
4	250	HP	46	3.4 ~ 3.4	H19
5	500	HP	95	7.1 ~ 7.2	H18
6	450	HP	65	7.0 ~ 7.1	H18
7	450	HP	89	7.0 ~ 6.9	H19
8	400	HP	79	8.3 ~ 7.0	H19
9	200	VP	52	2.5 ~ 2.8	H26
10	200	VP	59	2.4 ~ 2.5	H26
11	200	VP	42	4.0 ~ 4.1	H26
12	200	VP	21	4.1 ~ 4.2	H26
13	200	VP	48	2.3 ~ 2.8	H26
14	150	VP	35	2.9 ~ 2.8	H26
15	150	VP	51	2.7 ~ 3.2	H26
16	200	VP	70	4.2 ~ 4.4	H17
17	400	HP	49	4.0 ~ 4.4	H16
18	250	HP	35	2.3 ~ 2.4	不明
19	350	HP	55	2.9 ~ 2.8	不明
20	350	HP	55	2.8 ~ 2.6	不明
21	350	HP	52	2.9 ~ 3.2	不明
22	350	HP	44	3.3 ~ 3.3	不明
23	150	VP	6	2.2 ~ 2.2	H18
24	200	VP	22	2.6 ~ 2.6	H18
25	200	VP	42	2.2 ~ 2.3	H18
26	200	VP	33	2.3 ~ 2.4	H18
27	200	VP	25	2.5 ~ 2.5	H18
28	350	HP	86	3.6 ~ 3.7	H20
29	350	HP	76	3.7 ~ 3.9	H20
30	350	HP	97	3.5 ~ 3.5	H20
31	150	VP	11	2.6 ~ 2.6	不明
32	150	VP	8	2.5 ~ 2.6	不明
33	350	HP	78	4.3 ~ 4.7	H16

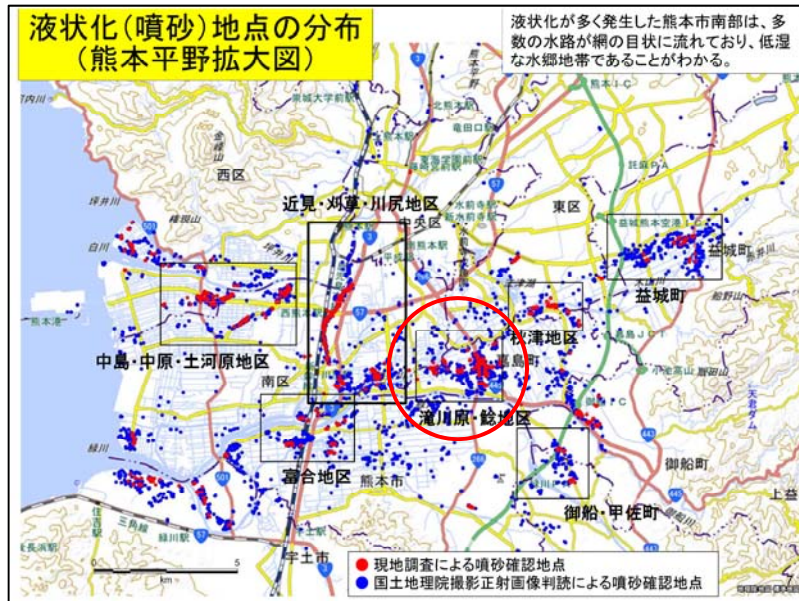
嘉島町推進区間の被災状況は、表-14 に示す通り、コンクリート管区間では管口部での円周方向クラックが多く発生し、塩ビ管区間ではたるみ被害が顕著である。ただし、推進工法区間のいずれの被災箇所も流下機能は確保できていた。

災害査定資料および土質調査資料より、被災した推進管が布設されている土層は、比較的締まった礫混じり砂層や砂礫層であり、地下水位は高い位置にある。塩ビ管の区間で特にたるみ被害が多い路線では、熊本地震にて液状化（噴砂）が確認されている滝河原・鯉地区と合致することから、原地盤の液状化により管が浮上した可能性がある。

表-14 推進区間の被災状況（嘉島町）

No.	被災状況(箇所数)											人孔浮上量 (cm)	
	たるみ	円周方向クラック		管軸方向クラック		浸入水	変形	破損	継手ずれ	継手亀裂	継手破損	上流人孔	下流人孔
		管口※	管中央	管口※	管中央								
1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19
3	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	10
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	10
6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	13
7	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4
8	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	14	9
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	5
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	2
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	6
12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	10
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	9	8
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0
20	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12
21	7	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	8
22	35	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	4	10
23	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	6
24	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4
25	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10
26	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7
27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2
29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	9
31	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	6
32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
33	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
計	139	12	9	1	0	6	0	5	8	2	2	-	-

※管口：上流側もしくは下流側人孔から3m以内。



出典：防災科学研究所：平成 28 年度熊本地震液状化調査報告²⁰⁾

図-32 熊本平野部の液状化（噴砂）地点分布図

(2) 今後の対策

八代北部流域下水道、宇城市、嘉島町の推進工法区間における被災原因を踏まえて、今後の推進管に求められる対策を記載する。

① 推進管の継手ずれ等の被害

地震時の原地盤が変形したことが原因で、継手部において突込みによるひび割れやずれが生じている。今後の耐震化にあたっては、耐震指針に示される通り、地震による圧縮時の衝突に対し、クッション等による対応や、浸入水被害を避けるための差し込み長の長尺化により水密性を保持する対応が必要である。

② 円周方向クラック

管きよの円周方向クラックの発生原因については、鏡切部に存置された矢板や空伏基礎（コンクリート基礎）が影響したことに加え、原地盤に布設する推進管と開削工事となるマンホール部とで、地震時の挙動が異なり、構造変化部で地震動の応答の違いがあったものと考えられる。

今後は、推進区間においても、マンホール接続部のひび割れ・破損・拔出しや管きよ円周方向のひび割れを防止するため、可とう継手の設置が必要である。ただし、推進立坑（ケーシング立坑）の内側から設置できる可とう継手は実績に乏しく、このような箇所での採用が望まれるとともに、今後の技術開発が望まれる。

4 まとめ

熊本地震における下水道管路施設被災の特徴と対策、課題をまとめると、下記の通りである。

- 被災率は、過去の地震と同程度であった。
- 平成 16 年耐震指針改訂前に布設された「未耐震」と考えられる管路の被災率が高い。このため、新設する下水道管路については現行指針に準拠した耐震化を進めるとともに、準拠していない管路施設の耐震化を併せて進める必要がある。
- 平成 16 年耐震指針改訂後に施工された「耐震化済み」と考えられる管路のうち、路盤下まで砕石で埋め戻しを実施した路線では被災はほぼない。耐震指針に示される砕石埋め戻しの高い耐震効果が確認されたことから、今後の復旧工事等に適用することが望ましい。
- 一方、管周りのみ砕石で埋め戻した事例が被災したことから、液状化が想定される地区へは適用しないよう注意する必要がある。
- 平成 16 年耐震指針改訂後に施工された「耐震化済み」と考えられる管路で、液状化対策として山砂埋め戻し（締め固め度 90 %程度以上）を採用した路線では、仕様書等で 90 %を指示、試験したことが確認できなかった。現行指針に記載の通り、性能規定の明示及び施工管理の周知徹底等が重要である。
- 推進工法区間で全体の 1/4 に及ぶ被災があった。多くは、管口付近のクラック等で、地震時のマンホールと管きよの応答の違い、地震時における埋戻し土と周辺地山の応答の違いが原因と推定。可とう継ぎ手の採用、マンホール部（立坑の埋め戻し部）の液状化対策についても十分な対策が必要である。
- 治水地形分類と被災位置は一致性が高いことから、微地形分類に加えて、治水地形分類も活用して被災想定を行うことが有効と考えられる。
- 益城町で、硬質塩化ビニル管の破損が発生した。地形の境界面で大きな変位が作用した可能性があり、破損のメカニズム解明が望まれる。

【参考文献】

- 1) 気象庁ホームページ：<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 2) 地震調査研究推進本部ホームページ：<http://www.jishin.go.jp/>
- 3) 平成 28 年（2016 年）熊本地震の概況、国立国会図書館、平成 28 年 5 月 26 日
- 4) 下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書、下水道地震・津波対策技術検討委員会、平成 24 年 3 月 3)
- 5) 下水道施設の耐震対策指針と解説—2014 年版—、日本下水道協会、平成 26 年 5 月
- 6) 国土交通省ホームページ：<http://www.mlit.go.jp/common/001176117.pdf>
- 7) 下水道施設の耐震対策指針と解説—1997 年版—、日本下水道協会、平成 9 年
- 8) 下水道地震対策技術検討委員会報告書、下水道地震対策技術検討委員会、平成 17 年 8 月
- 9) 下水道施設の耐震対策指針と解説—2009 年版—、日本下水道協会、平成 18 年 8 月
- 10) 国土地理院：地理院地図識別標高図を加工編集
- 11) 地下水見える化調査図（熊本地区—地質水理図面）、国土交通省国土情報課
- 12) 小規模建築物基礎設計指針、日本建築学会）P.89、平成 20 年 3 月
- 13) 下水道の地震対策マニュアル 2014 年版、公益社団法人日本下水道協会、平成 26 年 8 月
- 14) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 15) 土地分類基本調査図、国土交通省国土情報課ホームページ：
http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/1_national_map_5-1.html
- 16) 治水地形分類図、国土地理院ホームページ：http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/fc_index.html
- 17) 下水道協会規格（JSWAS K-13 2003）、公益社団法人日本下水道協会、平成 15 年 8 月
- 18) 下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書、下水道地震・津波対策技術検討委員会、平成 24 年 3 月
- 19) 下水道地震対策技術検討委員会報告書、下水道地震対策技術検討委員会、平成 20 年 10 月
- 20) 防災科学研究所：平成 28 年度熊本地震液状化調査報告 (<http://www.bosai.go.jp/>)

【謝辞】

本資料の作成に当たり、熊本県、熊本市、宇土市、宇城市、阿蘇市、御船町、益城町、嘉島町の自治体職員の方々には、復興・復旧業務でご多忙な中、資料の提供やヒアリング等に多大なるご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げますとともに、一日も早い復興・復旧を祈念します。

【問い合わせ先】

本資料に関するお問い合わせ等は、下記までご連絡ください。

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研究室（担当：深谷）

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

電話：029-864-3343 E-mail：nil-gesuidou@mlit.go.jp