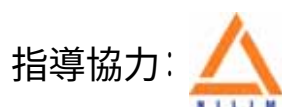


東日本大震災における下水道マンホール調査 報告書

平成 24 年 2 月



ハットリング工法研究会



指導協力： 国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部

目 次

1. はじめに	1
2. 調査目的	2
3. 調査場所	2
4. 調査実施日	4
5. 調査内容	4
6. 調査結果	7
宮城県栗原市志波姫地区【エリア1】	7
宮城県栗原市一迫地区【エリア2】	21
宮城県栗原市若柳地区【エリア3】	36
宮城県東松島市赤井地区【エリア4】	52
7. 考察	65

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に国内観測史上最大である M9.0 の巨大地震が東北地方および関東地方を襲った。東北地方太平洋沖地震では、津波の被害はさることながら、沿岸地域および内陸地域で大規模な液状化現象による被害が報告されている。この液状化現象により、家屋の傾斜や沈下およびライフラインの寸断が発生した。電気、ガス、上水道、下水道といったライフラインは地中構造物であり、道路下に縦横無尽に存在する。これらを埋設する際に使用する埋め戻し土は、ほとんどが砂を使用しているために、この埋め戻し土が液状化層となり、原地盤が非液状化層でもマンホールが隆起し、地中埋設物は破損する。

マンホールの隆起防止対策は、新潟県中越地震等の液状化被害を契機に研究開発が進み、現在では多くの対策技術が確立されているが、管路施設の耐震化計画および実施は、全国的に 2～3 年前より始まったばかりで、まだ殆どのマンホールが未対策であるのが現状である。今後、全国に存在する管路の耐震化を早急に促進させる必要があるとともに、技術を改良しより進化させることが望まれる。

今回、東北地方太平洋沖地震の被災地である東北地方においては、宮城県の一部の流域幹線および東松島市で、積極的に液状化対策が施されていた。この度、今後の耐震化推進及び研究開発の一助とすべく、宮城県東部流域事務所、栗原市及び東松島市の協力を得て、対策済みマンホール（ハットリング工法）の対策効果の確認調査を実施したのでここに報告する。

2. 調査目的

宮城県流域下水道および東松島市公共下水道においては、マンホールの液状化対策として、一部の路線においてハットリング工法が施工されている。この施工済み路線は、東北地方太平洋沖地震以前に施工されたものであり、今回の大きな地震動を経験している。

本調査では、ハットリング工法の対策効果を明らかにすることを目的に、施工箇所の被害状況及び周辺状況の確認を行うものである。

3. 調査場所

調査は、ハットリング工法採用マンホールのうち、①本震の震度が6強以上、②調査対象マンホール周辺で液状化被害が確認されている、③調査対象マンホールに近接または同一路線上に未対策マンホールがある、の条件を満たす場所として、栗原市志波姫地区、栗原市一迫地区、栗原市若柳地区、東松島市赤井地区の4地区を抽出した。

【エリア1】 宮城県栗原市志波姫地区



図 3-1 栗原市志波姫地区調査場所

【エリア2】宮城県栗原市一迫地区



図 3-2 栗原市一迫地区調査場所

【エリア3】宮城県栗原市若柳地区



図 3-3 栗原市若柳地区調査場所

【エリア4】宮城県東松島市赤井地区



図 3-4 東松島市赤井地区調査場所

4. 調査実施日

現地調査は2日間とし、以下の日程で各地区の調査を実施した。

9月12日(月)～13日(火)

9月12日 12:30～15:00：宮城県栗原市志波姫地区

9月12日 15:00～17:00：宮城県栗原市一迫地区

9月13日 09:00～12:00：宮城県栗原市若柳地区

9月13日 13:00～15:00：宮城県東松島市陸前赤井地区

5. 調査内容

調査は、マンホール調査と周辺の変位調査に大別し、マンホール調査では、対策済みマンホールと未対策マンホールの被害状況を調査した。その調査内容は、①マンホールの周辺地盤変位を含めた隆起測定、②同一路線におけるマンホール高さの測定、③マンホール内および管口の破損状況、④流下観察とした。また、周辺の変位調査では、測定したマンホールの周辺の道路および構造物（家屋、擁壁、水路等）の状況を調査した。

項目毎の詳細内容は、以下とする。

1) マンホール調査

① 隆起測定及び外観観察

未対策マンホールおよび対策済みマンホールの周辺地盤に対する隆起高さを把握するために、前項の調査場所の範囲で、マンホール周辺（半径1～2m程度）のレベル測量を行う。

流下方向に対して直角方向を X 軸、流下方向を Y 軸として、周辺地盤 4 点と、マンホール鉄蓋部 4 点の高さを地表面の変位測定を行う。

また、マンホール周辺の外観を目視にて観察し、蓋のがたつきや路面の異常等を記録する。

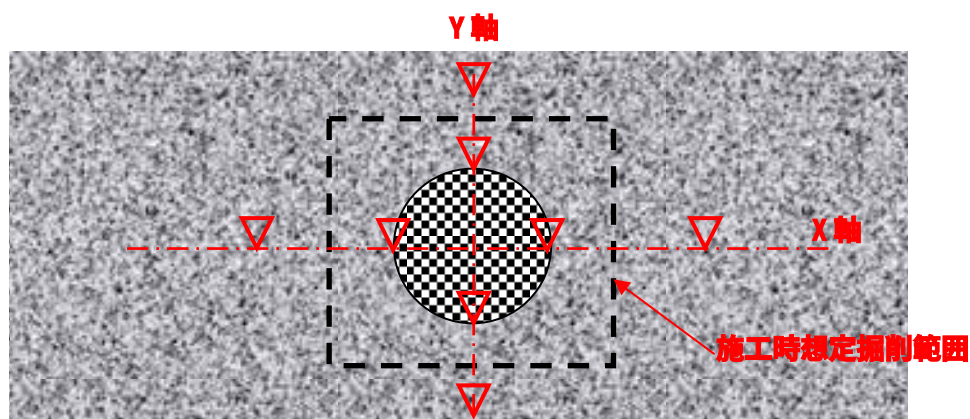


図 5-1 測定位置平面図

② マンホール高さ測定

今回の地震では、下水道管路施設の埋め戻し部だけでなく、周辺地山も含めた広範囲な液状化が発生しており、①のマンホール周囲の隆起高さだけでは、隆起及び沈下の判断が困難な場合がある。よって、未対策マンホールおよび対策済みマンホールのそれぞれの同一路線において、3 人孔以上のマンホール高さを測定することで、相対的にこの高さを現設計マンホール高さと比較して、マンホールの隆起と周辺地盤の沈下を判断する。

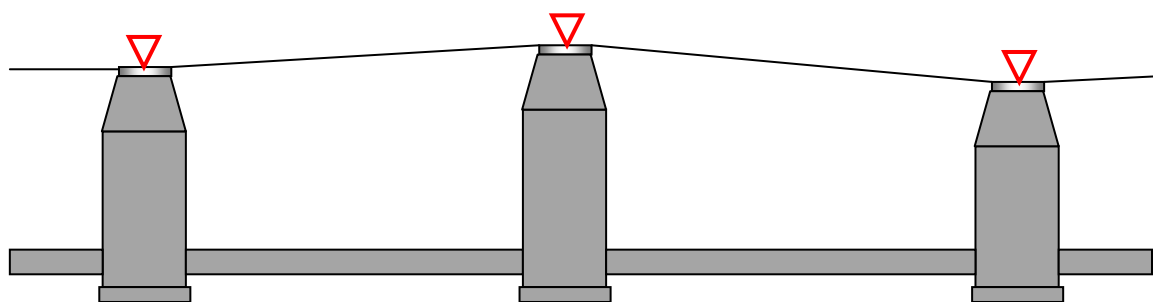


図 5-2 マンホール高さ位置測定概要図

③ 人孔内調査

マンホール内にて目視でマンホールジョイント部および管口部のクラック有無等の異常の有無を確認する。

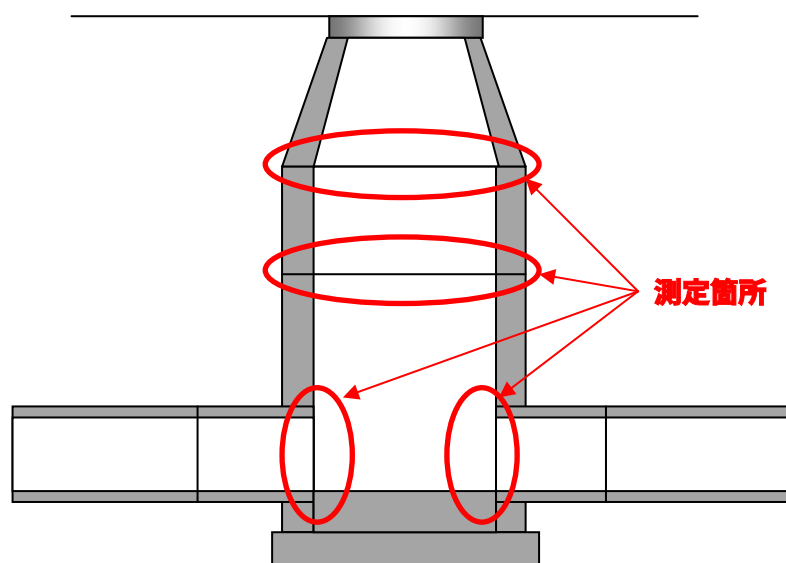


図 5-3 測定位置断面図

④ 流下観察

マンホール内にて目視で、下水の流下の異常有無を観察する。

2) 周辺調査

① 道路変状調査

目視にて、路面及び道路付帯構造物等の亀裂および変位の確認を行う。

② 構造物変状調査

目視にて、家屋及び水路等の亀裂および変位の確認を行う。

6. 調査結果

宮城県栗原市志波姫地区【エリア1】

(1) 調査場所の概要

本地区は、東北新幹線を挟んで東側には国道 398 号線沿いに既存集落があり、西側は国道の両脇が水田に囲まれている。

東北地方太平洋沖地震（本震）においては、震度 6 強を観測した。道路や家屋等に目立った被害はないが、所々で法面崩壊や塀の傾斜、クラック等が見られた。



図 6-1 調査マンホール位置



写真 6-1 測定箇所（対策済み No.93 マンホール）



写真 6-2 測定箇所（対策済み No.94 マンホール）



写真 6-3 測定箇所（対策済み No.95 マンホール）



写真 6-4 測定箇所（未対策 No.711 マンホール）



写真 6-5 測定箇所（未対策 No.712 マンホール）



写真 6-6 測定箇所（未対策 No.713 マンホール）



写真 6-7 測定箇所（未対策 No.714 マンホール）

(2) 下水道管路施設の諸元

国道 398 号線に沿って、宮城県流域下水道幹線が埋設されている。マンホールの多くは、歩道部に設置されており、主な諸元は表 6-1 の通りである。

調査対象のマンホールは、いずれも深度 5m 以下の組立でマンホールであり、設置条件はほぼ同等と考えられる。

表 6-1 調査マンホール諸元

MH 番号	管理者	液状化 対 策	MH 仕様		本管仕様			備 考
			種別	MH 深さ	管種	口径	土被り	
№93	宮城県流域	HR	2 号組立	5.03m	HP	φ900	4.1m	中間 MH
№94	宮城県流域	HR	2 号組立	4.63m	HP	φ900	3.7m	屈曲
№95	宮城県流域	HR	3 号組立	3.94m	HP	φ900	3.0m	圧送流入 屈曲
№710	栗原市	なし	1 号組立	3.61m	VU	φ200	3.4m	管径変更
№711	栗原市	なし	1 号組立	3.39m	VU	φ300	3.1m	中間 MH
№712	栗原市	なし	1 号組立	3.19m	VU	φ300	2.9m	屈曲
№713	栗原市	なし	1 号組立	3.26m	VU	φ300	2.9m	屈曲
№714	栗原市	なし	1 号組立	2.46m	VU	φ300	2.2m	中間 MH

※HR：ハットリング工法

(3) 調査結果

5. 調査内容で示した各調査項目の調査結果をとりまとめると、表 6-2 の通りとなる。

未対策の MH№710～714 では、10～50 cm のマンホール隆起が見られる一方、液状化対策施工済みの MH№93～95 は若干の隆起と見られる変状が確認されたものの、未対策マンホールに比較すると隆起高さは極めて小さかった。

また、マンホール内調査及び流下観察においても、液状化対策施工済みのマンホールでは、異常は認められなかった。

表 6-2 調査結果

MH 番号	液状化 対 策	隆起測定	MN 内 調 査	流下観察	道路・構造物変状	備 考
№93	HR	+12 mm	異常なし	異常なし	・・・	
№94	HR	+32 mm	異常なし	異常なし	・・・	
№95	HR	±0 mm	異常なし	異常なし	縁石クラック、家屋基礎損傷	
№710	なし	±0 mm	・・・	・・・	舗装亀裂	開水路平行
№711	なし	+108 mm	・・・	・・・	舗装亀裂	開水路平行
№712	なし	+106 mm	・・・	・・・	舗装撤去、舗装亀裂	開水路平行
№713	なし	+490 mm	MH 傾斜、滞水	汚水滞水	擁壁段差、水路傾斜、 舗装撤去	
№714	なし	+290 mm	・・・	・・・	舗装撤去	

※隆起測定：＋は隆起、－は沈下。

※「・・・」は未確認。

各調査項目の詳細結果を、以下に示す。

1) マンホール調査

① 隆起測定

- ・ 対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95



図 6-2 隆起測定するマンホール位置 (No.95)

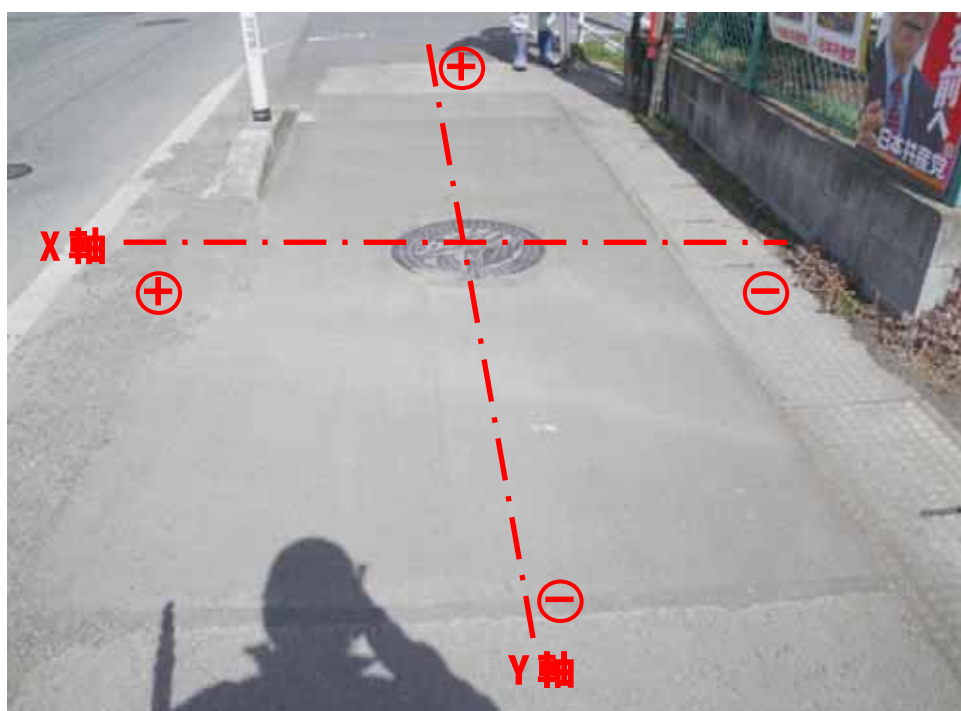


写真 6-8 隆起測定する No.95 の座標

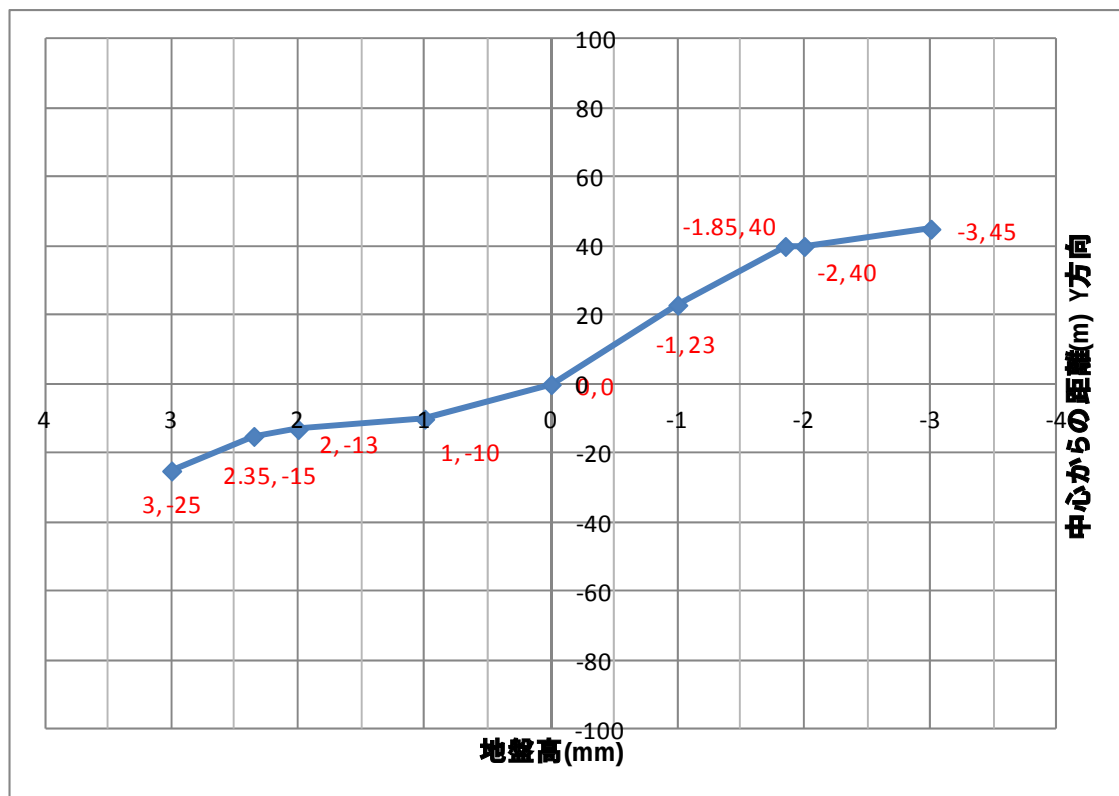
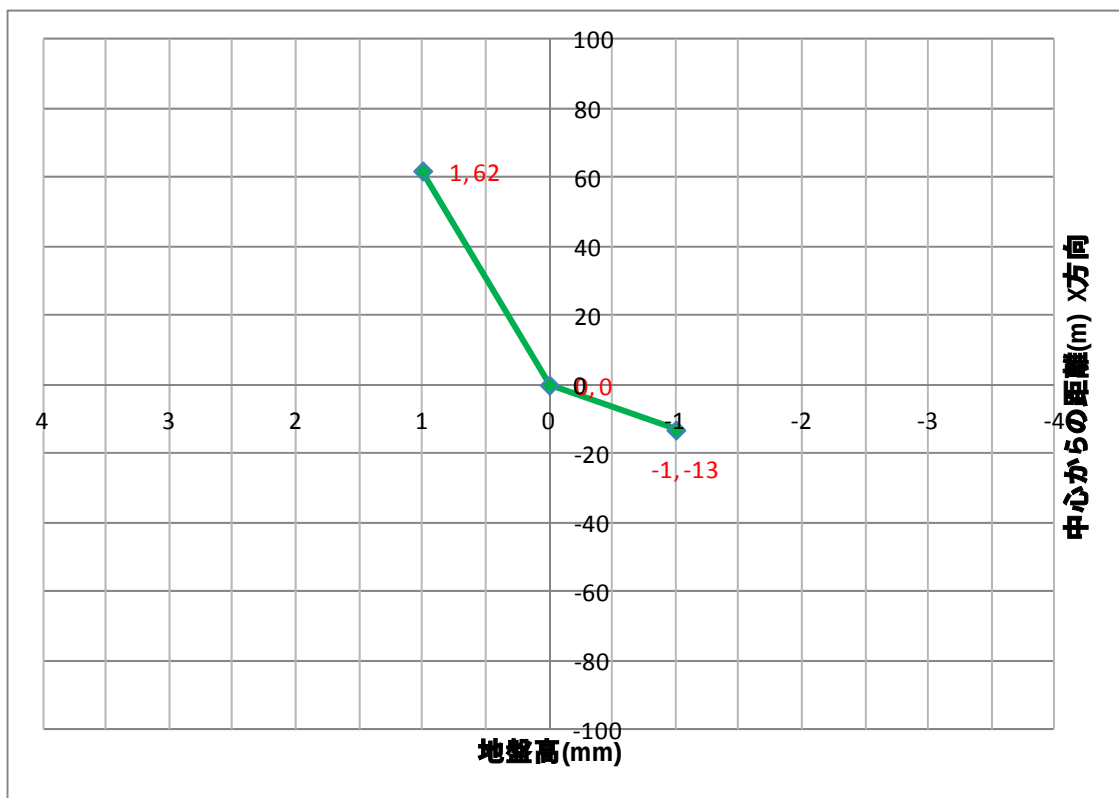


図 6-3 測定位置とその地盤高（上段：X 軸方向、下段：Y 軸方向）

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713



図 6-4 隆起測定するマンホール位置 (No.713)



写真 6-9 マンホールの上流側および下流側の隆起高さ

② マンホール高さ測定

- ・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95、No.94、No.93



図 6-5 高さ測定するマンホール位置 (No.95、No.94、No.93)

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713、No.714、No.712、No.711、No.710

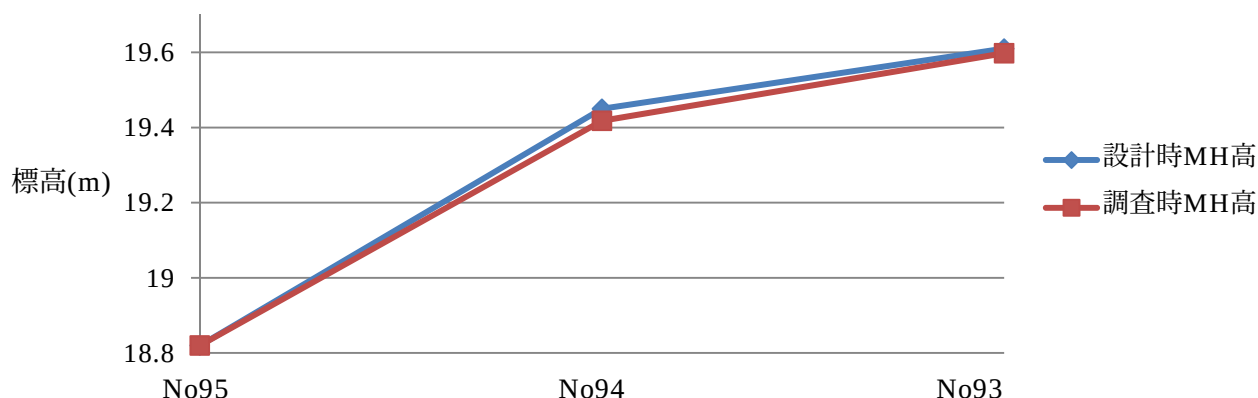


図 6-6 高さ測定するマンホール位置 (No.713、No.714、No.712、No.711、No.710)

・対策済みマンホール測量結果

(単位：m)

	No.95	No.94	No.93
設計時 MH 高	18.82	19.45	19.61
調査時 MH 高	18.82	19.418	19.598
MH 高 差	0	-0.032	-0.012

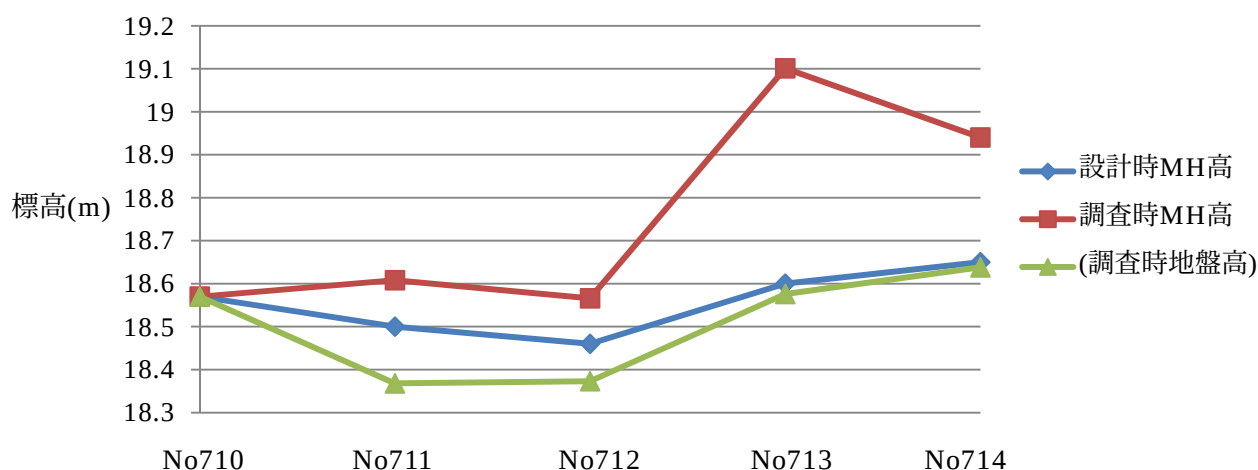


※上記グラフは、相対測量結果で No.95 マンホールを基準高とした場合であり、他マンホールを基準高にした場合 MH 高差は変わるため参考値とする。

・未対策マンホール測量結果

(単位：m)

	No.710	No.711	No.712	No.713	No.714
設計時 MH 高	18.57	18.50	18.46	18.60	18.65
調査時 MH 高	18.57	18.608	18.566	19.101	18.94
(調査時地盤高)	18.57	18.368	18.373	18.576	18.638
MH 高 差	0	0.108	0.106	0.501	0.29



※上記グラフは、相対測量結果で No.710 マンホールを基準高とした場合であり、他マンホールを基準高にした場合 MH 高差は変わるため参考値とする。

③ 人孔内測定

- ・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95
 - *マンホールのジョイント部：破損は無く、健全。
 - *管口部：クラックおよび管の抜け出しはない。

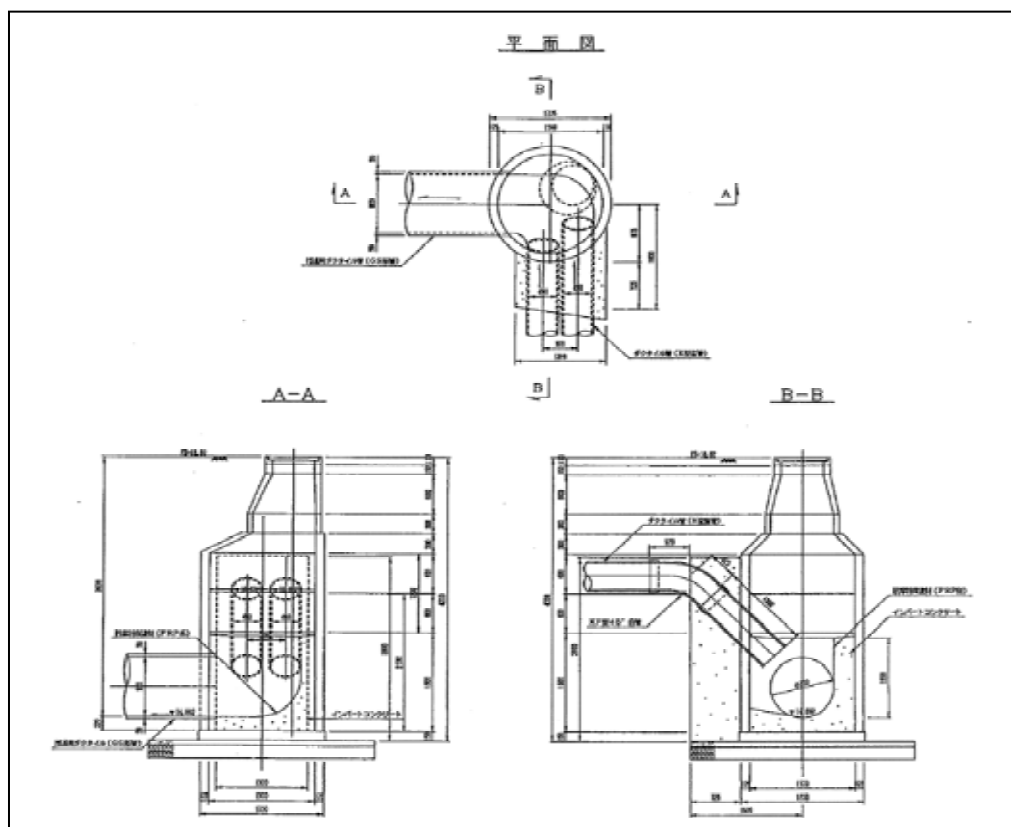


図 6-7 No.95 マンホールの平面図および断面図



写真 6-10 No.95 マンホールの内部写真

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713

*マンホールのジョイント部：破損は無いが、全体的にマンホールが傾いている。

*管口部：水がたまりクラックおよび管の抜けだしが確認できない。下流側管きょのたるみ等が原因と考えられる。



写真 6-11 No.713 マンホールの内部写真

④ 流下観察

- ・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95

圧送式で、問題なく流下している状態であった。

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713

水が溜まり、多少の流れはある（写真 5-4 参照）。

2) 周辺調査

①道路測定

- ・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95 付近
- *反対車線側の敷地脇の縁石に比較的新しいクラック有り



写真 6-12 No.95 マンホール周辺道路の被災状況

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713 付近
 - *舗装が撤去され、碎石が敷き、応急処置が施されている。
 - *端部の舗装に亀裂が生じている（水路との境）
 - *道路脇の法面が補修されている。



写真 6-13 舗装が撤去されている状況



写真 6-14 舗装端部の亀裂



写真 6-15 道路脇の法面補修状況（上流側）



写真 6-16 道路脇の法面補修状況（下流側）

②構造物測定

- ・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95 付近

*一般家屋の基礎部分のコンクリートが肌落ちしている。



写真 6-17 No.95 マンホール周辺構造物の被災状況

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713 付近

*擁壁の接続部分に段差が生じている。

*水路とフェンスが傾いている。



写真 6-18 擁壁の接続部分の段差



写真 6-19 フェンスの傾き

宮城県栗原市一迫地区【エリア2】

(1) 調査場所の概要

本地区は、迫川（右岸）に平行して国道 398 号線が走り、国道沿線には既存集落が点在する水田地帯である。

所々で、道路および家屋ブロックのクラックがみられた。



図 6-8 調査マンホール位置



写真 6-20 測定箇所（対策済み No.185-1 マンホール）



写真 6-21 測定箇所（対策済み No.185-2 マンホール）



写真 6-22 測定箇所（対策済み No.185-3 マンホール）



写真 6-23 測定箇所（未対策 No.1088-1 マンホール）



写真 6-24 測定箇所（未対策 No.1088-2 マンホール）



写真 6-25 測定箇所（未対策 No.1089-1 マンホール）

(2) 下水道管路施設の諸元

宮城県流域下水道幹線は、国道 398 号線に沿って歩道部に埋設されている。また栗原市公共下水道幹線は国道の枝線の市道上に埋設されている。主な諸元は表 6-3 の通りである。

調査対象のマンホールは、宮城県流域下水道幹線と栗原市公共下水道幹線とでマンホール深度および管径等相違があり、設置条件が違う。

表 6-3 調査マンホール諸元

MH番号	管理者	液状化 対 策	MH仕様		本管仕様			備 考
			種別	MH 深さ	管種	口径	土被り	
N _o 185-1	宮城県流域	HR	3号組立	5.19m	HP	φ700	4.5m	管径変更、屈曲
N _o 185-2	宮城県流域	HR	2号組立	5.69m	HP	φ700	5.0m	中間 MH
N _o 185-3	宮城県流域	HR	2号組立	5.44m	HP	φ700	4.7m	中間 MH
N _o 1088-1	栗原市	なし	1号組立	1.16m	VU	φ150	1.0m	最上流
N _o 1088-2	栗原市	なし	1号組立	2.07m	VU	φ150	1.9m	中間 MH、段差
N _o 1089-1	栗原市	なし	1号組立	3.19m	VU	φ300	2.9m	会合、段差

*HR：ハットリング工法

(3) 調査結果

5. 調査内容で示した各調査項目の調査結果をとりまとめると、表 6-4 の通りとなる。

未対策の MHN_o1088-1、1088-2 の 2 人孔は、殆ど隆起は確認されないが、MHN_o1089-1 では、10 cm 程度のマンホール隆起が見られる。一方、液状化対策施工済みの MHN_o185-1～185-3 は若干の隆起と見られる変状が確認されたものの、未対策マンホールに比較すると隆起高さは極めて小さかった。

ただし、マンホール内調査及び流下観察結果は、未対策および液状化対策施工済みのマンホールで、異常は認められなかった。

表 6-4 調査結果

MH番号	液状化 対 策	隆起測定	MN 内 調 査	流下観察	道路・構造物変状	備 考
N _o 185-1	HR	+20 mm	コンクリート剥離	異常なし	舗装亀裂	
N _o 185-2	HR	+57 mm	異常なし	異常なし	・・・	
N _o 185-3	HR	±0 mm	異常なし	異常なし	・・・	
N _o 1088-1	なし	±0 mm	・・・	・・・	舗装亀裂	
N _o 1088-2	なし	+23 mm	・・・	・・・	家屋基礎損傷、舗装亀裂	
N _o 1089-1	なし	+102 mm	異常なし	異常なし	舗装亀裂	

*隆起測定：＋は隆起、－は沈下。

*「・・・」は未確認。

各調査項目の詳細結果を、以下に示す。

1) マンホール調査

① 隆起測定

- ・ 対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.185-1



図 6-9 隆起測定するマンホール位置 (No.185-1)

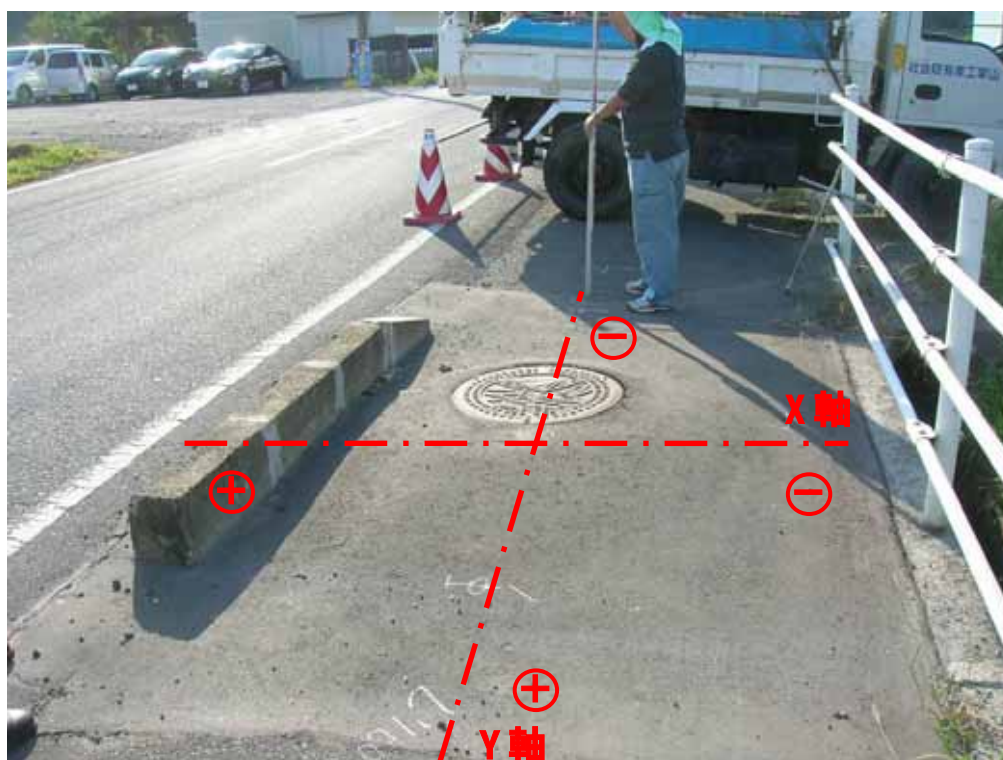


写真 6-26 隆起測定する No.185-1 の座標

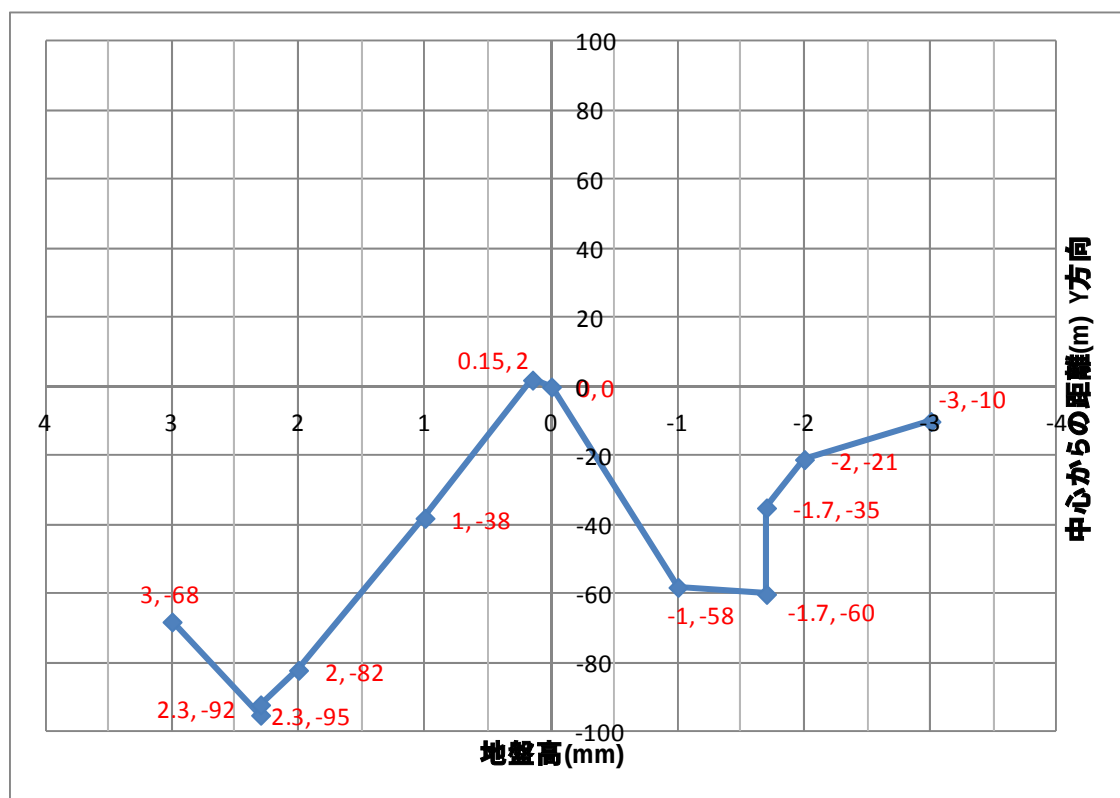
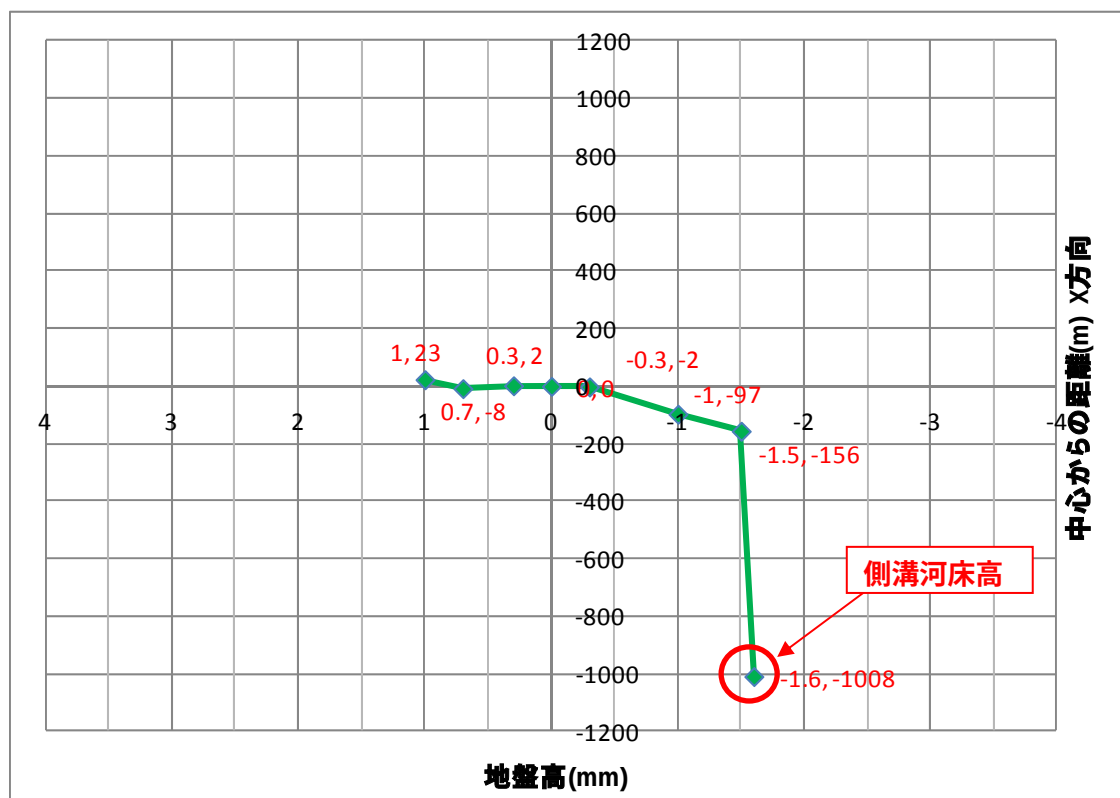


図 6-10 測定位置とその地盤高（上段：X 軸方向、下段：Y 軸方向）

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1089-1、No.1088-2

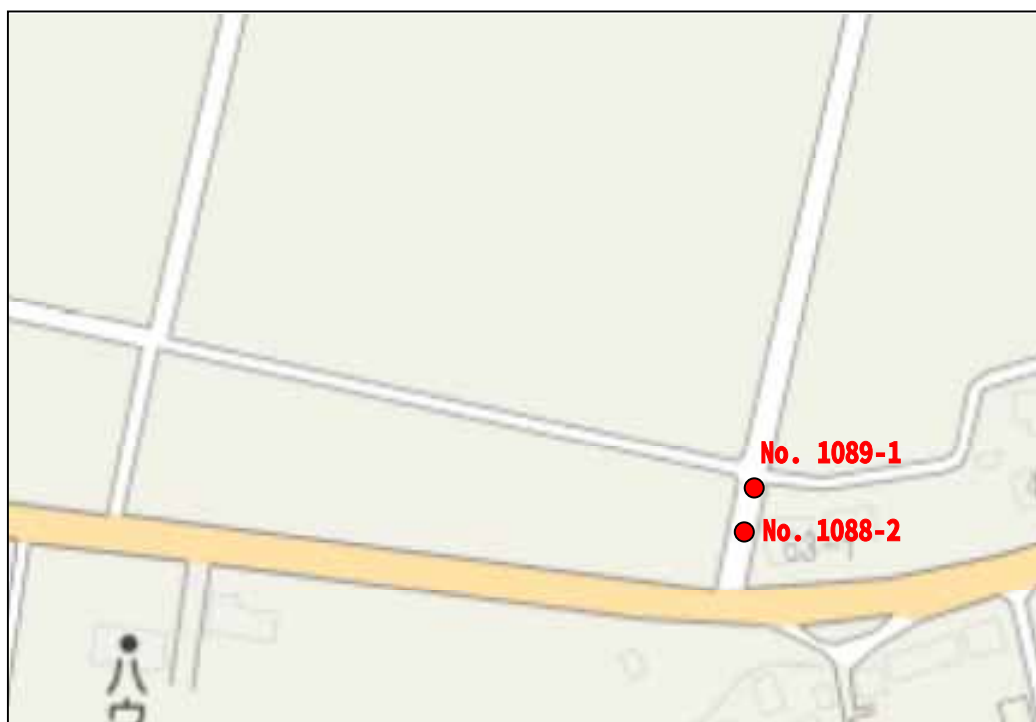


図 6-11 隆起測定するマンホール位置 (No.1089-1、No.1088-2)

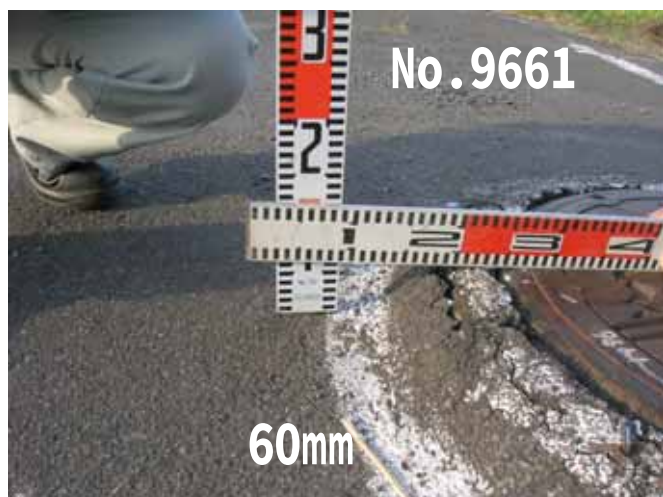


写真 6-27 No.1089-1 の隆起高さ



写真 6-28 No.1088-2 の隆起高さ

② マンホール高さ測定

- ・ 対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.185-1、No.185-2、No.185-3

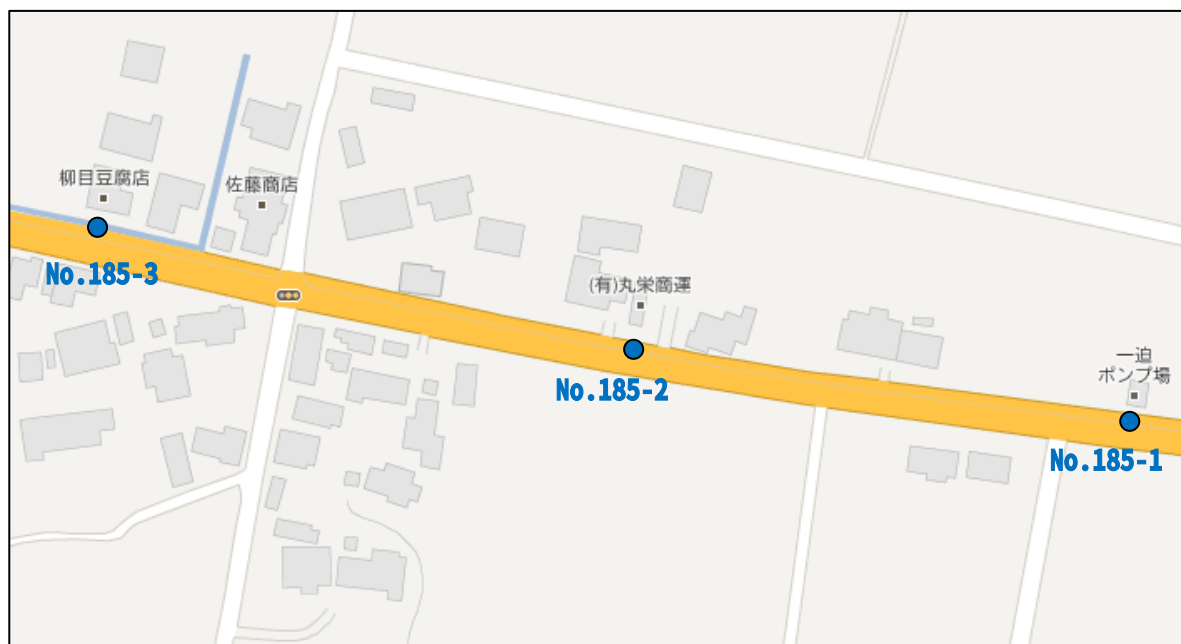


図 6-12 高さ測定するマンホール位置 (No.185-1、No.185-2、No.185-3)

- ・ 未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1089-1、No.1088-2、No.1088-1

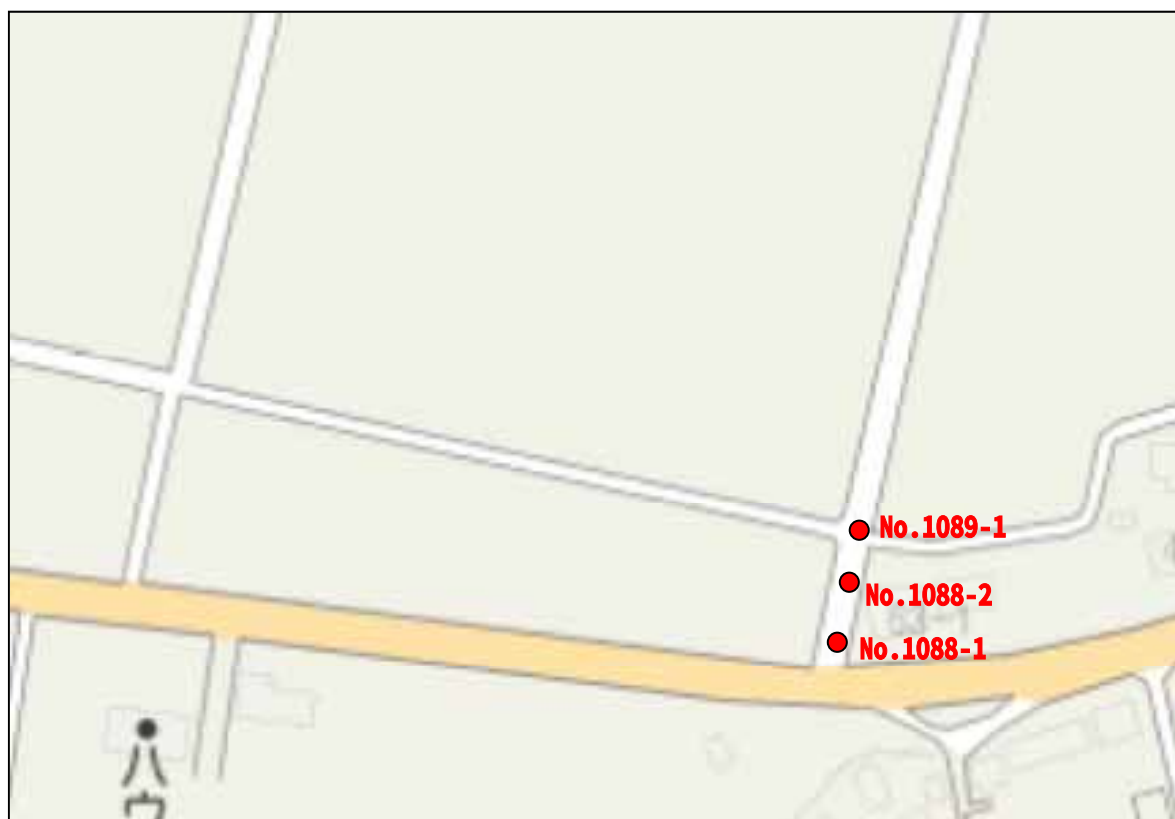
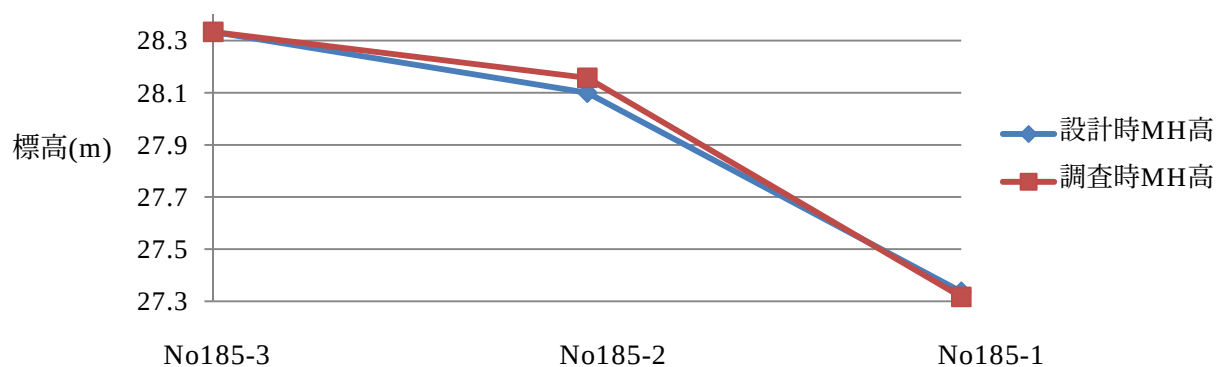


図 6-13 高さ測定するマンホール位置 (No.1089-1、No.1088-2、No.1088-1)

・対策済みマンホール測量結果

(単位：m)

	No.185-3	No.185-2	No.185-1
設計時 MH 高	28.333	28.100	27.337
調査時 MH 高	28.333	28.157	27.317
MH 高 差	0	0.057	0.020

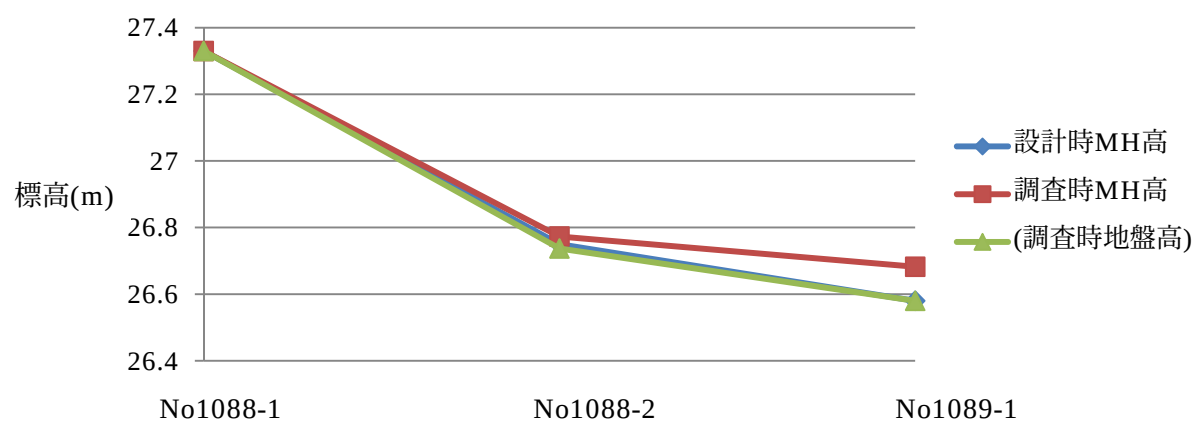


※上記グラフは、相対測量結果で No.185-3 マンホールを基準高とした場合であり、他マンホールを基準高にした場合 MH 高差は変わるため参考値とする。

・未対策マンホール測量結果

(単位：m)

	No.1088-1	No.1088-2	No.1089-1
設計時 MH 高	27.33	26.75	26.58
調査時 MH 高	27.33	26.773	26.682
(調査時地盤高)	27.33	26.737	26.580
MH 高 差	0	0.023	0.102



※上記グラフは、相対測量結果で No.1088-1 マンホールを基準高とした場合であり、他マンホールを基準高にした場合 MH 高差は変わるため参考値とする。

③ 人孔調査測定

・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.185-1

*マンホールジョイント部：最下部分でコンクリートが肌落ちしている箇所があった。

*管路部：クラックおよび管の抜け出しはない。

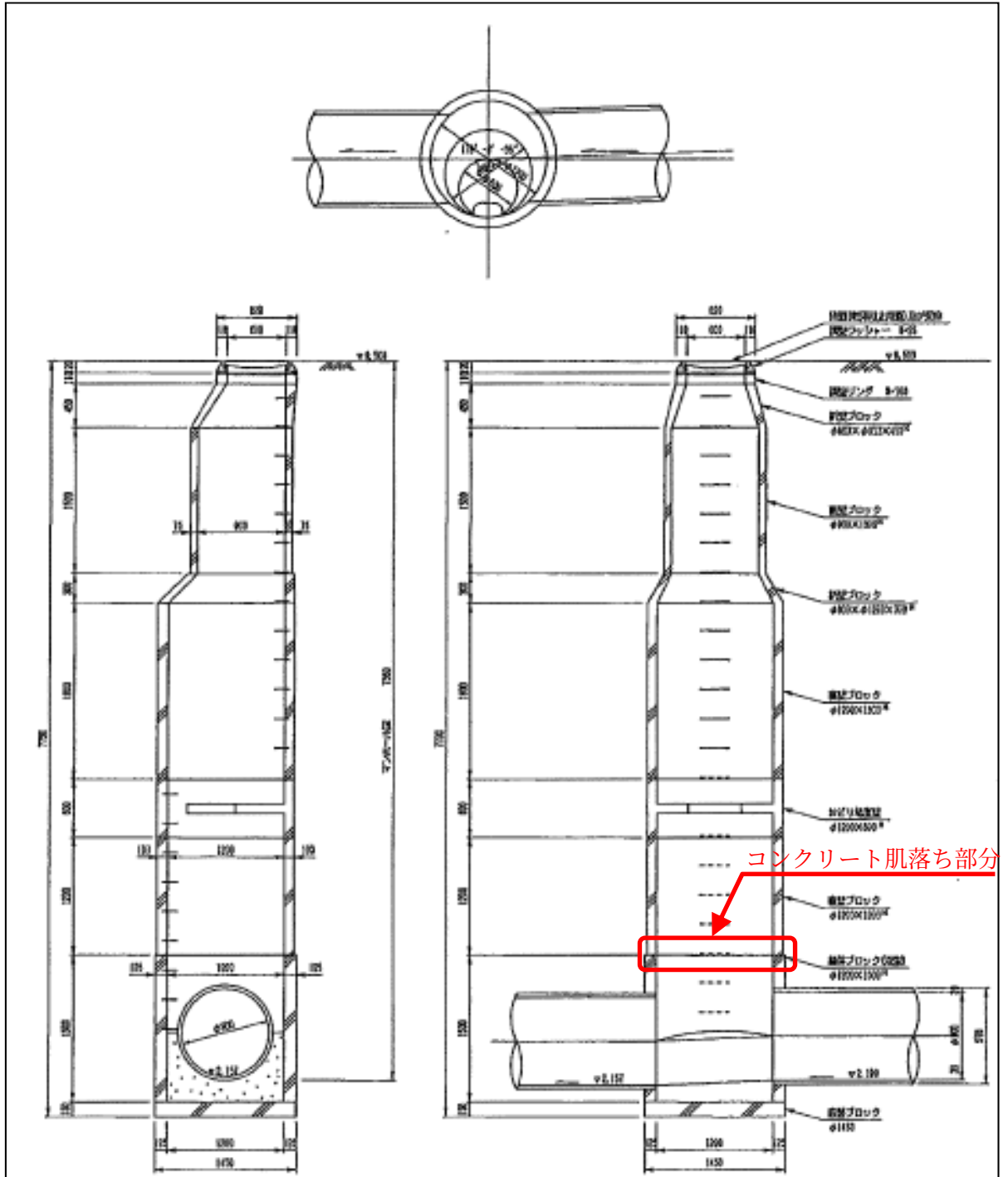


図 6-14 No.185-1 マンホールの平面図および断面図



写真 6-29 最下部の直壁部分のコンクリート肌落ちその 1



写真 6-30 最下部の直壁部分のコンクリート肌落ちその 1



写真 6-31 管路との継ぎ手部分

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1089-1
 - *マンホールのジョイント部：破損は無く、健全。
 - *管口部：クラックおよび管の抜け出しはない。



写真 6-32 No.1089-1 マンホールの内部写真

④ 流下観察

- ・ 対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.185-1

*流下状況に問題ない



写真 6-33 No.185-1 マンホールの流下状況

- ・ 未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1089-1

*流下状況に問題ない



写真 6-34 No.1089-1 マンホールの流下状況

2) 周辺調査

① 道路測定

・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.185-1 付近

*反対車線側に存在するマンホール（栗原市）の周囲は、路面補修した形跡あり。



写真 6-35 No.185-1 路面状況

・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1089-1～1088-1 付近

*舗装に亀裂が入り、道路の中心より両側に向けて沈下している部分もある。



写真 6-36 No.1088-2～1088-1 路面状況



写真 6-37 No.1089-1 路面状況

② 構造物測定

・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1088-2 付近

*一般家屋のコンクリートブロックが亀裂および肌落ちしている。



写真 6-38 ブロック破損状況

(1) 調査場所の概要

所々で、道路のクラックがみられ、特に No.56 および No.8079 の周囲の路面は陥没し、電柱および柵の変状がみられる。

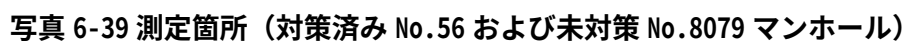




写真 6-40 測定箇所（対策済み No.55 マンホール）



写真 6-41 測定箇所（対策済み No.57 マンホール）

(2) 下水道管路施設の諸元

宮城県流域下水道幹線および栗原市公共下水道幹線は、県道 176 号線に沿って歩道部に埋設されている。主な諸元は表 6-5 の通りである。

調査対象のマンホールは、宮城県流域下水道幹線と栗原市公共下水道幹線とでマンホール深度および管径等相違があり、設置条件が違う。

表 6-5 調査マンホール諸元

MH番号	管理者	液状化 対 策	MH仕様		本管仕様			備 考
			種別	MH 深さ	管種	口径	土被り	
№55	宮城県流域	HR	3号組立	7.26m	HP	φ900	6.4m	屈曲
№56	宮城県流域	HR	2号組立	7.34m	HP	φ900	6.4m	中間 MH
№57	宮城県流域	HR	3号組立	7.40m	HP	φ700	6.5m	中間 MH、段差
№8079	栗原市	なし	1号組立	3.45m	VU	φ200	3.3m	屈曲

*HR：ハットリング工法

(3) 調査結果

5. 調査内容で示した各調査項目の調査結果をとりまとめると、表 6-6 の通りとなる。

未対策の MHN8079 と液状化対策施工済みの MHN56 の 2 人孔は、近接しており、それらマンホール周囲の地盤が陥没し、マンホールが隆起している様に見える。ただ測量結果より、液状化対策施工済みの MHN55～55 は殆ど隆起が確認されないが、未対策の MHN8079 では、15 cm 程度のマンホール隆起が見られる。

ただし、マンホール内調査及び流下観察結果は、未対策および液状化対策施工済みのマンホールで、異常は認められなかった。

表 6-6 調査結果

MH番号	液状化 対 策	隆起測定	MN 内 調 査	流下観察	道路・構造物変状	備 考
№55	HR	+6 mm	異常なし	異常なし	舗装亀裂	
№56	HR	+14 mm	コンクリート剥離	異常なし	舗装亀裂、陥没	
№57	HR	±0 mm	異常なし	異常なし	舗装亀裂	
№8079	なし	+159 mm	コンクリート剥離	少ない	舗装亀裂、陥没	

*隆起測定：＋は隆起、－は沈下。

1) マンホール調査

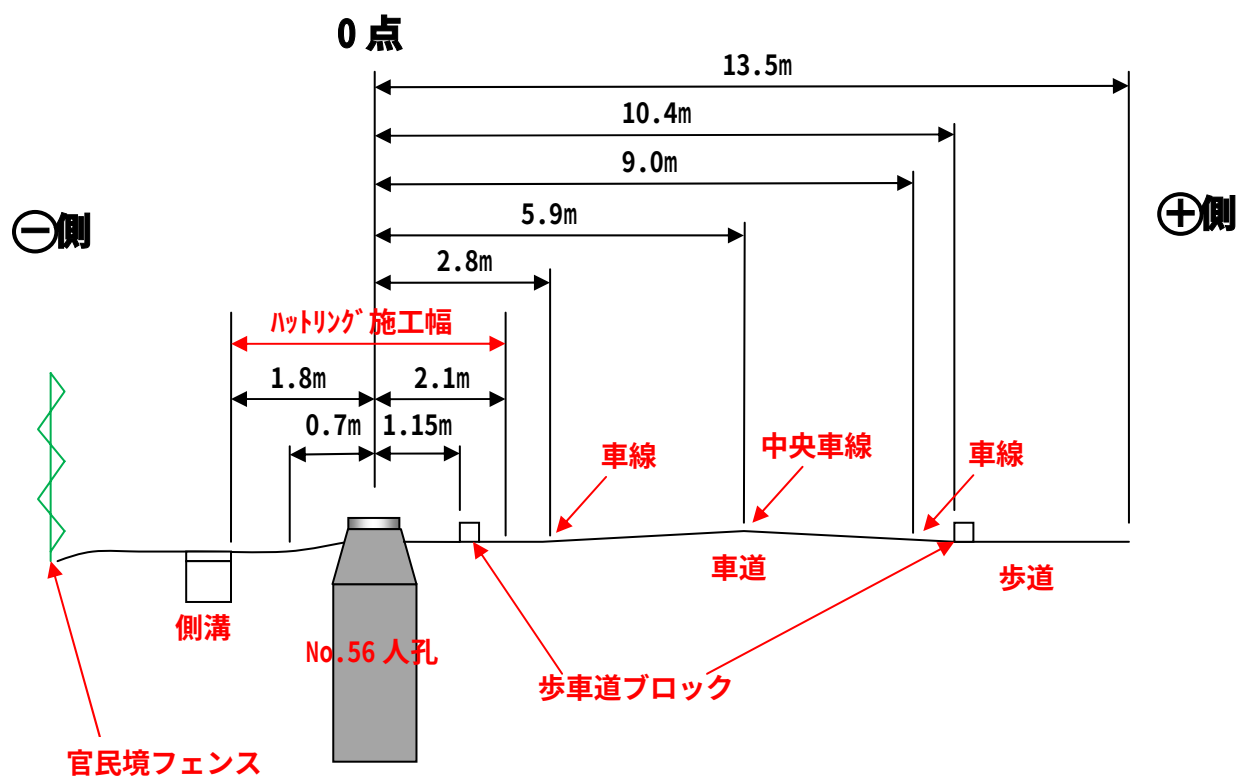
① 隆起測定

図 6-16 隆起測定するマンホール位置 (No.56)



写真 6-42 隆起測定する No.56 の座標

【X 軸測量模式図】



【Y 軸測量模式図】

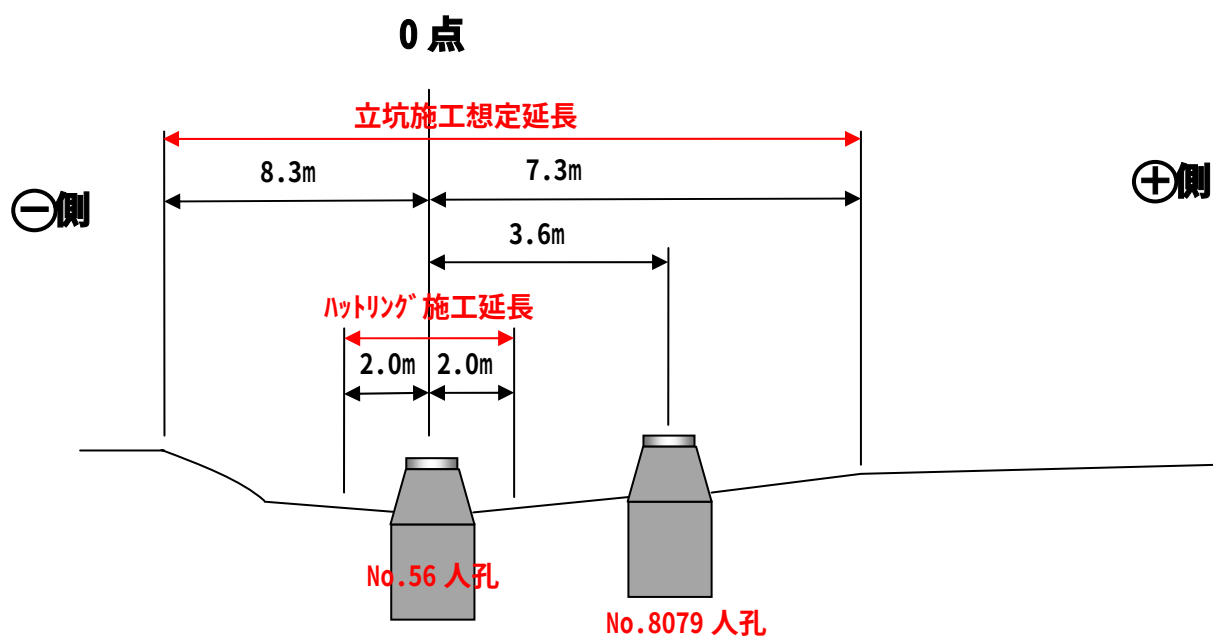


図 6-17 測定位置とマンホール、その他の構造物との位置関係

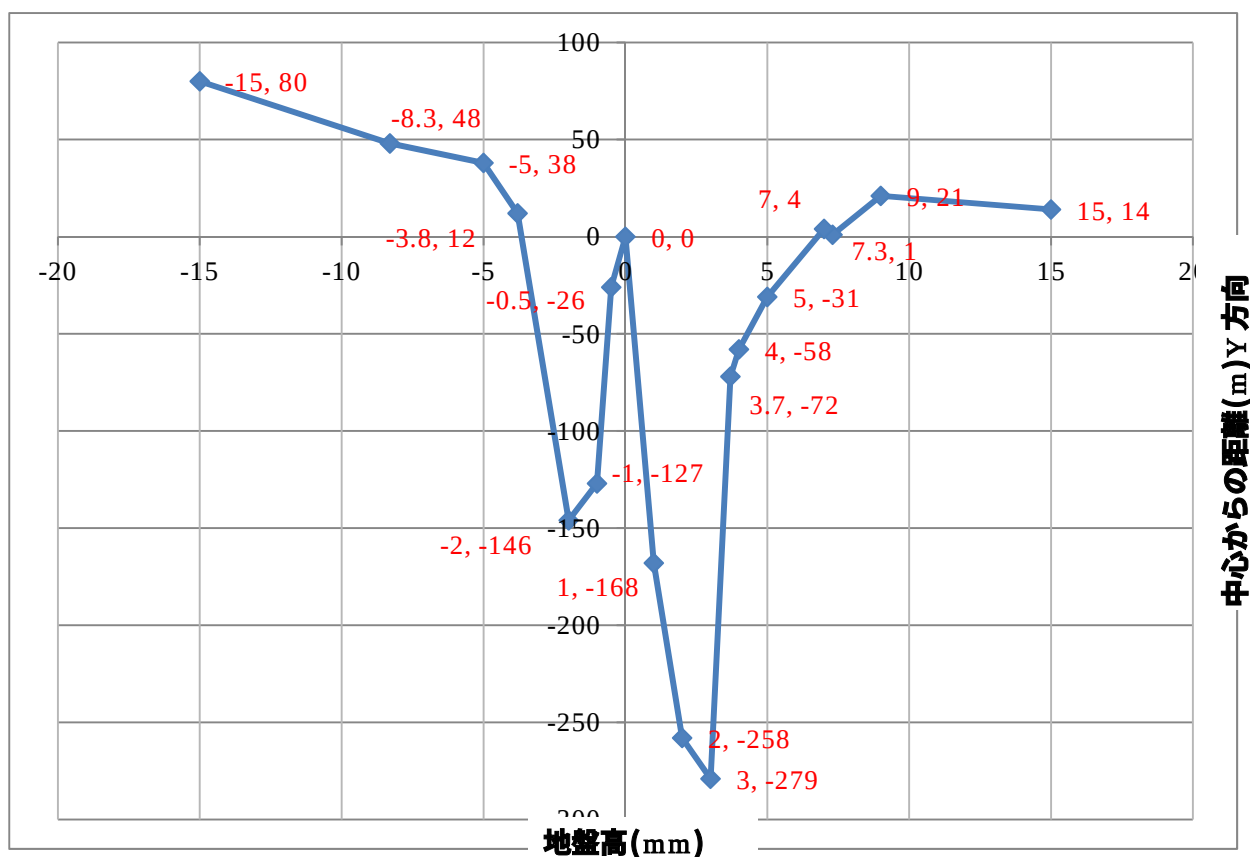
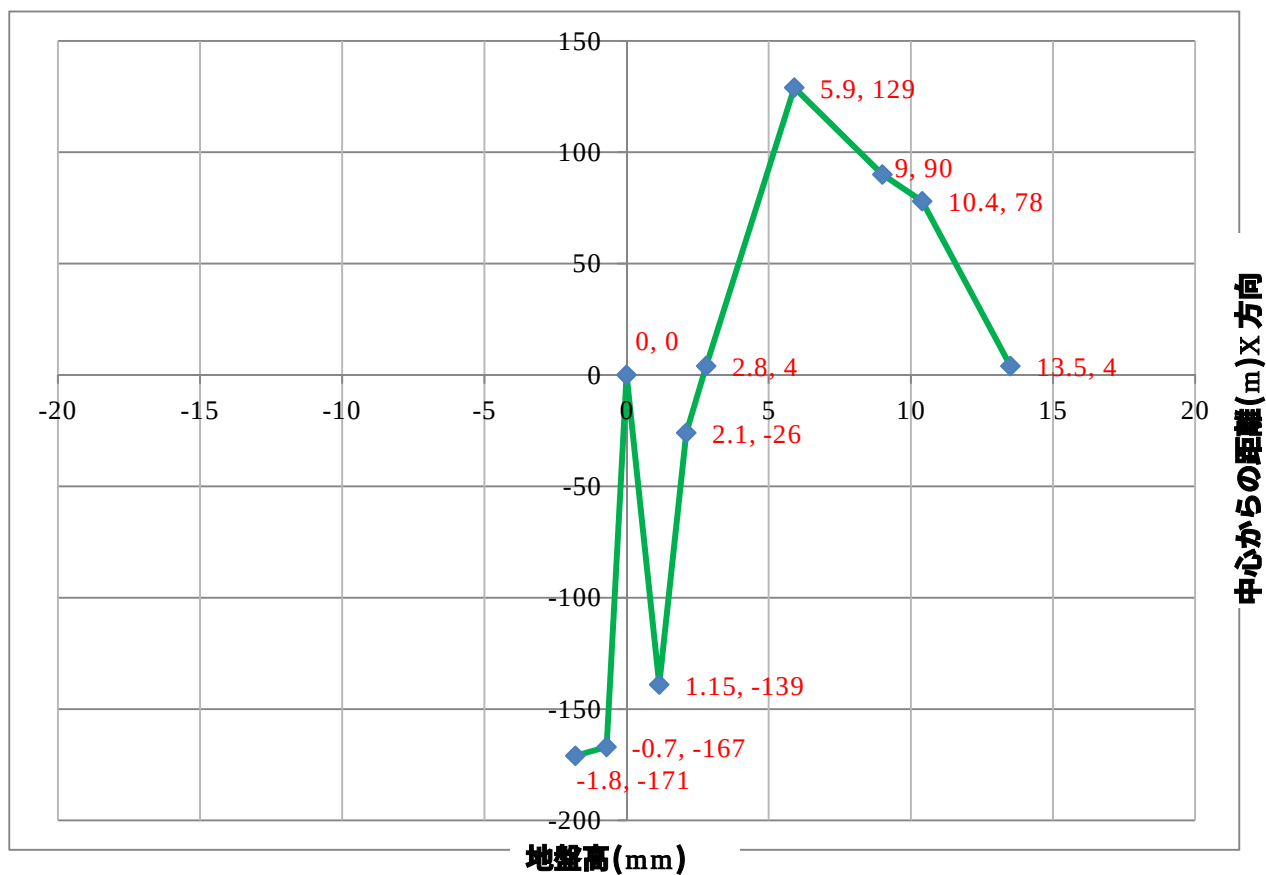


図 6-18 測定位置とその地盤高（上段：X 軸方向、下段：Y 軸方向）

- ・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.8079



図 6-19 隆起測定するマンホール位置 (No.8079)

栗原市が平成 23 年 4 月 16 日に No.8079 マンホールの隆起測定を行った結果では、28cm であった。この測定結果を図 5-17 に示す。このマンホールは、宮城県迫川流域下水道 No.56 マンホールと隣接しており、前記の No.56 マンホール隆起測定結果において No.8079 マンホールの位置も測定している。

(単位：m)

	No.56	No.8079
設計時 MH 高	9.500	9.500 (推定)
調査時 MH 高	9.514	9.659
MH 高 差	0.014	0.159



No. 1

MHNo.8079

マンホール隆起

28.0cm

地区名

若柳地区



No. 1

MHNo.8079

マンホール隆起

28.0cm

地区名

若柳地区



No. 1

MHNo.8079

マンホール隆起

28.0cm

地区名

若柳地区

写真 6-43 No.8079 マンホールの隆起測定結果（平成 23 年 4 月 16 日測定）

② マンホール高さ測定

- ・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.55、No.56、No.57

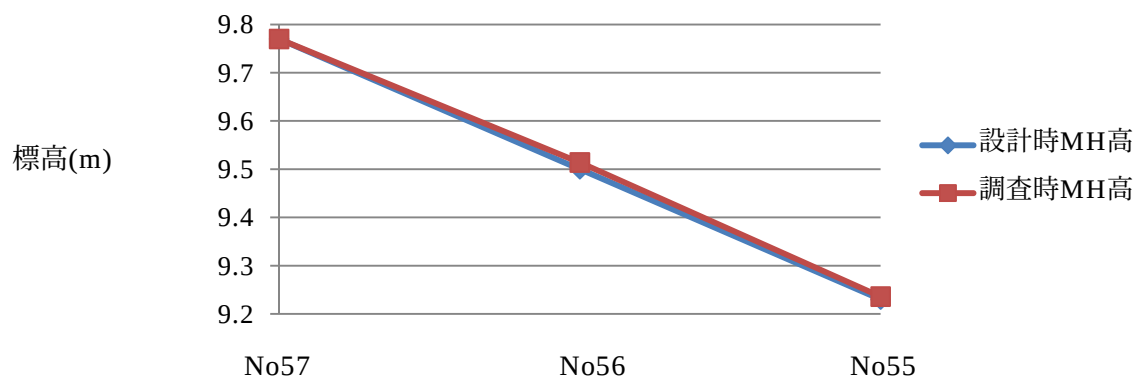


図 6-20 高さ測定するマンホール位置 (No.55、No.56、No.57)

・対策済みマンホール測量結果

(単位：m)

	No.57	No.56	No.55
設計時 MH 高	9.770	9.500	9.230
調査時 MH 高	9.770	9.514	9.236
MH 高 差	0	0.014	0.006



※上記グラフは、相対測量結果で No.57 マンホールを基準高とした場合であり、他マンホールを基準高にした場合 MH 高差は変わるため参考値とする。

・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.56

*管口部：クラックおよび管の抜け出しはない。

*直壁の接続部分のコンクリートが欠けている。

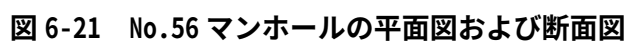




写真 6-44 最下部の直壁部分のコンクリート肌落ち

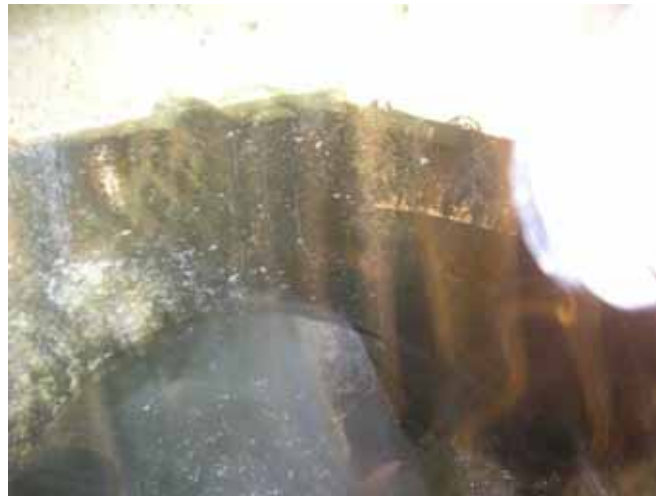


写真 6-45 管路との継ぎ手部分 (No.56)

・ 未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No. 8079

*マンホールのジョイント部：ジョイント部でコンクリートが肌落ちしている箇所があった。

*管口部：クラックおよび管の抜け出しはない。



写真 6-46 直壁接続部分のコンクリートの欠け

④ 流下観察

- ・ 対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.56

*流下状況に問題ない



写真 6-47 No.8079 マンホールの流下状況

- ・ 未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.8079

*溜まりはないが、流量が少ない



写真 6-48 No.8079 マンホールの流下状況

2) 周辺調査

対策済みマンホールと未対策マンホールが隣接しているため、周辺調査の結果は同一のものとする。

① 道路測定

栗原市若柳地区の調査箇所の周辺道路は至る所で、路面に亀裂が生じていた。



写真 6-49 No.56 と No.8079 周辺の路面状況 1



写真 6-50 No.56 と No.8079 周辺の路面状況 2



写真 6-51 No.56 と No.8079 周辺の路面状況 3



写真 6-52 No.56 と No.8079 周辺の路面状況 4



写真 6-53 No.56 と No.8079 周辺の路面状況 5

*道路を横断する形で亀裂や舗装の継ぎ目部分での亀裂が目立つ。



写真 6-54 No.55 周辺の路面状況 1



写真 6-55 No.55 周辺の路面状況 2



写真 6-56 No.55 周辺の路面状況 3



写真 6-57 No.55 周辺の路面状況 4



写真 6-58 No.55 周辺の路面状況 5

*道路を大規模に横断および縦断する亀裂が生じている。

*No.56 および No.8079 周辺の路面よりも亀裂が大きい。



写真 6-59 No.57 周辺の路面状況 1



写真 6-60 No.57 周辺の路面状況 2



写真 6-61 No.57 周辺の路面状況 3

*No.56 と No.8079 周辺の路面同様に、横断する形で亀裂や舗装の継ぎ目部分での亀裂が目立つ。

*歩道部分で局所的に沈下している箇所があった。

② 構造物測定



写真 6-62 塩ビマンホールの突出 1



写真 6-63 塩ビマンホールの突出 2



写真 6-64 電柱の周りの空洞

*調査箇所に隣接する施設の駐車場で、塩ビマンホールが突出していた。

*調査箇所に隣接する電柱の周りが空洞化しており、埋め戻しの砂の液状化による可能性がある。

宮城県東松島市赤井地区【エリア4】

(1) 調査場所の概要

本地区は、石巻湾（海岸）より 3km 程離れた住宅街で、国道 45 号線（石巻街道）および定川（左岸）に近い市道で、中学校を囲む道路上である。また、この一体は、津波の影響があった地区でもある。

所々で、道路の陥没および電柱の傾きがみられ、また中学校の特に No.56 および No.8079 の周囲の路面は陥没し、電柱および樹の変状がみられる。



図 6-22 調査マンホール位置



写真 6-65 測定箇所（対策済み No.32-1 マンホール）



写真 6-66 測定箇所（対策済み No.33-1 マンホール）



写真 6-67 測定箇所（対策済み No.45-1 マンホール）



写真 6-68 測定箇所（対策済み No.48-1 マンホール）



写真 6-69 測定箇所（対策済み No.51-1 マンホール）



写真 6-70 測定箇所（対策済み No.17-1 マンホール）



写真 6-71 測定箇所（対策済み No.19-1 マンホール）



写真 6-72 測定箇所（対策済み No.19-2 マンホール）



写真 6-73 測定箇所（対策済み No.21-1 マンホール）



写真 6-74 測定箇所（対策済み No.21-2 マンホール）



写真 6-75 測定箇所（対策済み No.21-3 マンホール）



写真 6-76 測定箇所（対策済み No.1-1 マンホール）



写真 6-77 測定箇所（未対策 No.32-1-2 マンホール）

(2) 下水道管路施設の諸元

東松島市公共下水道幹線は、中学校を囲む道路上に埋設されている。主な諸元は表 6-7 の通りである。

調査対象のマンホールは、いずれも 5m 以下の組立マンホールであり、設置条件はほぼ同等と考えられる。

表 6-7 調査マンホール諸元

MH番号	管理者	液状化 対 策	MH仕様		本管仕様			備 考
			種別	MH 深さ	管種	口径	土被り	
№32-1	東松島市	HR	1号組立	2.07m	VU	φ200	1.9m	管径変更、段差
№32-1-2	東松島市	なし	0号組立	1.80m	VU	φ150	1.7m	段差、屈曲
№33-1	東松島市	HR	1号組立	2.70m	VU	φ200	6.5m	管径変更、段差
№45-1	東松島市	HR	1号組立	2.77m	VU	φ200	2.6m	段差、会合
№48-1	東松島市	HR	1号組立	2.84m	VU	φ200	2.6m	中間 MH
№51-1	東松島市	HR	1号組立	3.00m	VU	φ200	2.8m	屈曲
№17-1	東松島市	HR	1号組立	3.76m	VU	φ200	3.6m	中間 MH
№19-1	東松島市	HR	1号組立	3.98m	VU	φ200	3.8m	中間 MH
№19-2	東松島市	HR	1号組立	4.05m	VU	φ200	3.9m	中間 MH
№21-1	東松島市	HR	1号組立	4.22m	VU	φ200	4.0m	段差、会合
№21-2	東松島市	HR	1号組立	4.35m	VU	φ200	4.2m	中間 MH
№21-3	東松島市	HR	1号組立	4.55m	VU	φ200	4.4m	中間 MH
№1-1	東松島市	HR	1号組立	5.06m	VU	φ200	4.9m	管径変更、段差

※HR：ハットリング工法

(3) 調査結果

5. 調査内容で示した各調査項目の調査結果をとりまとめると、表 6-8 の通りとなる。

未対策の MHN32-1-2 と液状化対策施工済みの MHN33-1 の 2 人孔は、近接しており、それらマンホール周囲の地盤が陥没し、マンホールが隆起している様に見える。ただ測量結果より、液状化対策施工済みの MH は殆ど隆起が確認されないが、未対策の MHN32-1-2 では、8 cm 程度のマンホール隆起が見られる。

また、マンホール内調査及び流下観察結果においても、液状化対策施工済みのマンホールでは、異常は認められなかった。

表 6-8 調査結果

MH番号	液状化 対 策	隆起測定	MN 内 調 査	流下観察	道路・構造物変状	備 考
N32-1	HR	−36 mm	異常なし	異常なし	異常なし	
N32-1-2	なし	+81 mm	傾斜	異常なし	舗装陥没	
N33-1	HR	+14 mm	異常なし	異常なし	舗装陥没	
N45-1	HR	+24 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	舗装陥没	
N48-1	HR	+16 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	異常なし	
N51-1	HR	+30 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	電柱傾き	
N17-1	HR	±0 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	舗装陥没、柵隆起	
N19-1	HR	+17 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	舗装陥没	
N19-2	HR	−50 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	フェンス傾き	
N21-1	HR	−9 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	フェンス傾き、舗装陥没	
N21-2	HR	+9 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	舗装陥没	
N21-3	HR	−23 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	舗装陥没	
N1-1	HR	+74 mm	・ ・ ・ ・	・ ・ ・ ・	舗装陥没	

＊隆起測定：＋は隆起、－は沈下。

＊「・ ・ ・ ・」は未確認。

各調査項目の詳細結果を、以下に示す。

1) マンホール調査

① 隆起測定

未対策の MHN₃₂₋₁₋₂ と液状化対策施工済みの MHN₃₃₋₁ の 2 人孔の周囲の地盤は、陥没している形跡があり、碎石にてマンホール周囲を埋め戻している。

よって、実際の周辺地盤が明確でないため、調査は省く。



図 6-23 調査するマンホール位置 (No. 33-1 と No. 32-1-2)



写真 6-78 No. 33-1 および No. 32-1-2 周辺

②マンホール高さ測定

- ・対策済みマンホール：宮城県東松島市公共下水道

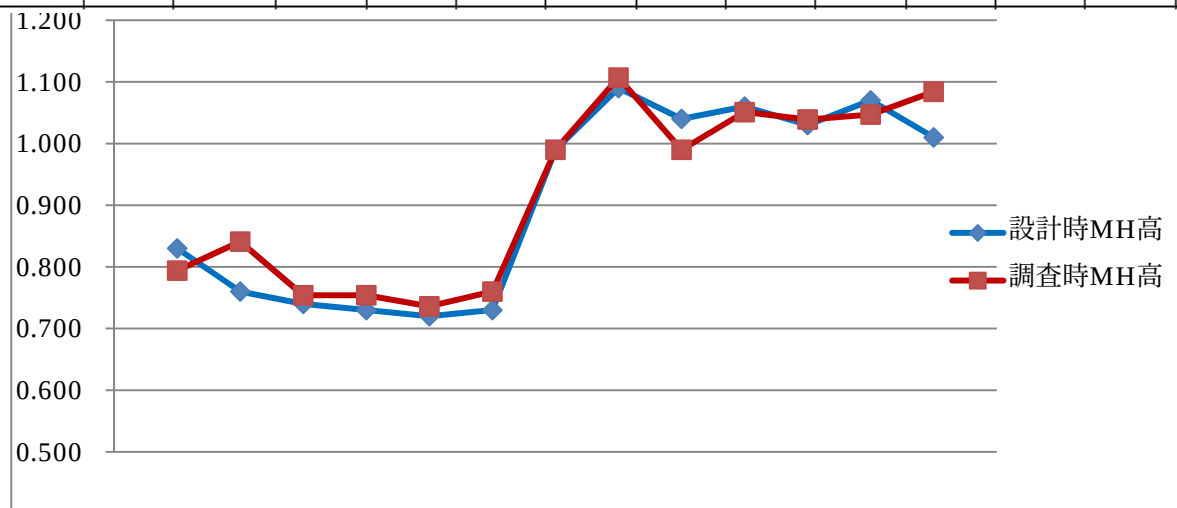


図 6-24 高さ測定するマンホール位置 (●：対策済み ●：無対策)

・マンホール測量結果

(単位：m)

	No. 32-1	No. 32-1-2	No. 33-1	No. 45-1	No. 48-1	No. 51-1	No. 17-1	No. 19-1	No. 19-2	No. 21-1	No. 21-2	No. 21-3	No. 1-1
設計時MH高	0.830	0.760	0.740	0.730	0.720	0.730	0.990	1.090	1.040	1.060	1.030	1.070	1.010
調査時MH高	0.794	0.841	0.754	0.754	0.736	0.760	0.990	1.107	0.990	1.051	1.039	1.047	1.084



No.32-1 No.32-1-2 No.33-1 No.45-1 No.48-1 No.51-1 No.17-1 No.19-1 No.19-2 No.21-1 No.21-2 No.21-3 No.1-1

※上記グラフは、道路および周辺構造物の変位が少ない場所 No.17-1 マンホールを基準高とした相対測量結果であり、他マンホールを基準高にした場合 MH 高差は変わるため参考値とする。

② 人孔調査測定

・対策済みマンホール：宮城県東松島市下水道 No.33-1

*マンホールのジョイント部：破損は無く、健全。

*管口部：クラックおよび管の抜け出しはない。マンホール内に若干の滞水が認められるが、
下流側管きよの不具合（たるみ）が原因と考えられる。



写真 6-79 No.33-1 マンホールの内部写真



写真 6-80 管路との継ぎ手部分（No.33-1）

- ・未対策マンホール：宮城県東松島市下水道 No. 32-1-2

*マンホールのジョイント部：破損は無く、健全。

*管口部：クラックおよび管の抜け出しはない。



写真 6-81 No.32-1-2 マンホールの内部写真

③ 流下観察

- ・対策済みマンホール：宮城県東松島市下水道 No.33-1

*水が溜まっている状態。流れはない。

- ・未対策マンホール：宮城県東松島市下水道 No.32-1-2

*水は溜まっていないが、流れはない。

2) 周辺調査

① 道路測定

- ・対策済みマンホール：宮城県東松島市下水道 No.33-1 付近

*下水道管路部を中心に砕石を敷き、路面補修した形跡あり。



写真 6-82 No.33-1 付近の路面状態

- ・未対策マンホール：宮城県東松島市下水道 No.32-1-2 付近

*マンホール周囲に碎石を敷き、応急処置してある状態。



写真 6-83 No.32-1-2 付近の路面状態

② 構造物測定

宮城県東松島市赤井地区の矢本第二中学校周辺の構造物の調査結果を示す。



写真 6-84 傾いているフェンス（矢本第二中学校）



写真 6-85 傾いているフェンス（矢本第二中学校）



写真 6-86 アパートの柵の隆起



写真 6-87 電柱の傾き

7. 考察

以上の測量結果を元に調査エリア毎の考察を以下に記す。

栗原市志波姫地区【エリア1】

・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.95

隆起測定においては、写真 6-3 に示す通り目視での周辺地盤との変位は見られず、測量結果でも周辺地盤およびマンホールの変位は見られなかった。また、No.93、No94、No95 の 3 マンホールの地盤高を測定し、設計地盤高を相対的に比較した結果も、殆どマンホールの変位は見られなかった。さらに、マンホール内の破損および流下確認を目視した結果も健全であった。以上より、各対策済みマンホールは、隆起が無い（既定値※以内）と判断される。

・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.713

隆起測定においては、写真 6-9 に示す通り目視での周辺地盤との変位は 450mm～530mm と隆起している様に確認される。また、その周辺のマンホール No.710、No711、No712、No713、No714 の 5 マンホールの地盤高を測定し、設計地盤高を相対的に比較した結果は、No.711、No712 の 2 マンホールにおいて、立地上写真 6-14、写真 6-19 の通り水路が並行して存在し、その水路方向に地盤が側方流動し、フェンスも倒れかけている事がわかる。また比較結果では、10cm 程度地盤が沈下し、またマンホールも 10cm 程度隆起している事が確認できる。また、No713、No714 の 2 マンホールにおいて、立地上写真 6-13、6-15、6-16 の通り、道路基面が周辺地盤より高く道路部が側方流動し、補修した形跡が見られ、現地盤の高さとほぼ合致する。よって比較結果より、マンホールの浮上が No713 で 50cm 程度、No714 で 30cm 程度見られる。先の隆起測定結果の写真 6-9 とその結果を比較するとほぼ一致する事が確認できる。以上より、各未対策マンホールは、10cm～50cm 程度隆起していると判断される。

以上より、対策済みマンホールと未対策マンホールとの比較は、表 6-1 の通りマンホール深度等ほぼ同等であるため比較の対象となり、効果が確認することができる。

栗原市一迫地区【エリア2】

・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.185-1

隆起測定においては、写真 6-20 に示す通り目視での周辺地盤との変位は見られず、測量結果でも周辺地盤およびマンホールの変位は見られなかった。また、No.185-1、No185-2、No185-3 の 3 マンホールの地盤高を測定し、設計地盤高を相対的に比較した結果も、殆どマンホールの変位は見られなかった。さらに、マンホール内の破損および流下確認を目視した結果も一部コンクリートの肌落ちが確認されたものの、ほぼ健全であった。以上より、各対策済みマンホールは、隆起が無い（ほぼ既定値※以内）と判断される。

・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.1089-1

隆起測定においては、写真 6-27 に示す通り目視での周辺地盤との変位は 60mm と隆起している様に確認される。また、その周辺のマンホール No.1088-1、No1088-2 の 2 マンホールの地盤高を測定し、設計地盤高を相対的に比較した結果は、マンホール間において、写真 6-36 の様に路面（舗装面）が道路センターより両側に地盤が側方流動している形跡が確認される。ただ、比較結果では、ほぼ地盤沈

下確認されず、No.1089-1 においては 10cm 程度隆起している事が確認できる。先の隆起測定結果の写真 6-27 とその結果を比較すると若干浮上した事が確認できる。しかし、マンホール内の破損および流下確認を目視した結果では、健全である。以上より、各未対策マンホールは、殆ど周辺地盤の変位およびマンホールの隆起が無いと判断される。

以上より、対策済みマンホールと未対策マンホールとの比較は、共にマンホールの隆起が確認されなく、表 6-3 の通りマンホール深度等の相違があるため、比較の対象とならない。

宮城県栗原市若柳地区【エリア 3】

・対策済みマンホール：宮城県迫川流域下水道 No.56

隆起測定においては、写真 6-39 に示す通り目視での周辺地盤との変位は著しく確認され、マンホールが隆起した様にみえる。測量結果でも周辺地盤およびマンホールの変位は見られ、写真 6-49～写真 6-61 の通り、路面上にも亀裂が多数確認できる。しかし、No.55、No.56、No.57 の 3 マンホールの地盤高を測定し、設計地盤高を相対的に比較した結果は、殆どマンホールの変位は見られない。また、マンホール内の破損および流下確認を目視した結果も一部コンクリートの肌落ちが確認されたものの、ほぼ健全であった。以上より、各対策済みマンホールは、隆起が無い（既定値*以内）と判断され、No.56 のマンホールを築造した立坑の埋め戻し土が圧密沈下およびその周辺の全体の地盤沈下した事が確認できる。

・未対策マンホール：宮城県栗原市下水道 No.8079

隆起測定においては、写真 6-39 に示す通り目視での周辺地盤との変位は著しく確認され、写真 6-32 に示す通りマンホールが 28cm 吐出した様にみえる。また、対策済みマンホール No.56 の地盤高と比較した結果、16cm 程度マンホールの変位が確認された。また、マンホール内の破損がジョイント部にみられ、流下確認では流量が少ない結果であった。以上より、未対策マンホールは、16cm 程度隆起していると判断され、No.56 のマンホールを築造した立坑の埋め戻し土が圧密沈下およびその周辺の全体の地盤沈下している事も確認できる。

以上より、対策済みマンホールと未対策マンホールとの比較は、未対策マンホールの隆起が確認されるが、表 6-5 の通りマンホール深度等の相違があるため、比較の対象とならない。

宮城県東松島市赤井地区【エリア 4】

・対策済みマンホール：宮城県東松島市下水道 No.33-1

隆起測定においては、写真 6-66 に示す通りマンホールの周囲および管路部の埋め戻し部が陥没し、その部分を碎石で盛り、道路基面に擦り付けている事が確認され、周辺地盤との変位はある事が推測される。その路線一体の対策済みマンホール（No.32-1～No.1-1）の地盤高を測定し、設計地盤高を相対的に比較した結果は、No.1-1 マンホールを除き、規定値*以内である事が確認できる。以上より、No.32-1～No.17 のマンホールでは、周辺地盤の埋め戻し土が圧密沈下しているが、隆起が無い（ほぼ既定値*以内）と判断される。

・未対策マンホール：宮城県東松島市下水道 No.32-1-2

隆起測定においては、写真 6-77 に示す通りマンホールの周囲を碎石で盛り、道路基面に擦り付けている事が確認され、マンホールが吐出した様にみえる。また、その周辺の対策済みマンホールとの地

盤高を相対的に比較した結果、8cm 程度隆起している事が確認される。さらに、写真 6-81 よりマンホール内部は健全であるが、若干マンホールの傾きも確認されている。以上より、未対策マンホールは、若干マンホールが隆起したと判断される。

以上より、対策済みマンホールと未対策マンホールとの比較は、表 6-7 の通りマンホール深度等ほぼ同等であるため比較の対象となり、効果が確認することができる。

以上のエリア毎の考察より、ハットリング工法での対策済みマンホールは、隆起が既定値※以内である事が確認された。それと比較し、栗原市一迫地区以外の未対策マンホールにおいては、マンホールの隆起が確認された。すなわち、「下水道の地震対策マニュアル 2006 年版」（社団法人日本下水道協会発行）P150 の表 4.3.5 にある道路上での路面とマンホールとの段差の被害程度が、ハットリング工法での対策済みマンホールは、「中（3cm～10cm）」以下であり、未対策マンホールでは「大（10cm 以上）」以上であった。よって、ハットリング工法での対策済みマンホールは、マンホールの浮上対策設計での緊急車両等の走行可能である「中（3cm～10cm）」以下を満足し、対策効果は確認できたと判断される。

ただ、未対策マンホールの隆起の原因については、今回の調査では判断できない。今後原因を究明するためには、再度詳細の測量、現地盤の土質分布の調査、布設時の工法の違いおよび津波の影響の違い等を検討する事が必要である。

※ハットリング工法は、マンホール本体と浮上抑制ブロックに 5cm の隙間を設けることを標準としている。これは、①常時においてマンホール本体に浮上抑制ブロックおよびその上の砕石重量を伝達させないため、マンホールの不同沈下を引き起こさないためと、②地震時にマンホール本体の慣性力を増大させないためである。よって、その隙間の高さは浮上する事となり、マンホール浮上量（高さ）の規定値は、±0cm～+5cm としている。

以上

謝辞

このたびの東日本大地震による未曾有の震災・大津波によりお亡くなりになられた方々のご冥福をお祈り申し上げますと共に、被災されました皆様、そのご家族・関係者の方々に対しまして心よりお見舞い申し上げます。被災地の一日も早い復旧と皆様のご健康をお祈り申し上げます。

ハットリング工法研究会は、今回の震災直後から各地の被災地域を回り、地震・津波の影響を調査してまいりました。被災直後は各地で救援活動や復旧・復興に向けた活動が忙しく行われており、当研究会が目的としていた下水道（特にマンホール・管きょ関係）に関するきめ細かい調査は思ったようには進みませんでした。

各自治体による震災の被災調査が一段落したと思われる夏頃から、改めて該当自治体のご了解を得た上で、詳しい調査を開始して、このときの調査結果は、都度、関係自治体様にはご報告していました。

当研究会に蓄積された調査結果は貴重なデータであり、これが復旧・復興や今後の耐震対策の一助となればと考え、各方面にご相談いたしましたところ、社団法人日本下水道協会の助言を頂き、本格的な調査を行う事ができました。

この報告書は、今後の地震対策設計を行う全国の自治体および設計コンサルタントの皆様ならびに、下水道地震・津波対策検討委員会の参考資料としてご活用していただきたいと考えております。

ここに、本報告書作成に関してご協力いただいた宮城県東部下水道事務所、栗原市（宮城県）、東松島市（宮城県）、登米市（宮城県）の各自治体の皆様、また、貴重なご意見を頂いた社団法人日本下水道協会の皆様、更には、資料として確認していただいた下水道地震・津波対策検討委員会の諸先生方、最後に本件調査や本報告書作成のためにご指導・ご協力をいただいた国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部の皆様には、本書末頁をお借りして謝意を表わすものであります。誠にありがとうございました。

ハットリング工法研究会 会長

杉山 好司