

土木研究所資料

北海道東方沖地震による標津町における 下水道管路施設の被災調査

平成12年12月

建設省土木研究所
耐震技術研究センター動土質研究室

Copyright © (2000) by. P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

北海道東方沖地震による標津町における 下水道管路施設の被災調査

耐震技術研究センター 動土質研究室 室 長 松尾 修
研究員 佐々木哲也
主任研究員 古関 潤一*
研究員 近藤浩市**

要 旨

平成6年10月4日に発生した北海道東方沖地震により被災した標津町管内の下水道管路と、その周辺の無被災管路を対象に、地盤条件、構造条件等の統計的な比較を行い、被災原因について検討した結果をとりまとめた。

キーワード：液状化、下水管、泥炭、浮上がり、埋戻し

*現 東京大学 生産技術研究所 助教授

**現 中部地方建設局 長島ダム工事事務所

まえがき

平成5年(1993年)1月15日に発生した釧路沖地震(M7.9)では、主として釧路、帯広、根室の各地区において、橋梁、盛土などの道路施設、堤防、護岸などの河川施設、下水道、上水道、及びガス管路などのライフライン施設と、宅造地、建築物、港湾施設が多大な被害を受けた。このうち下水道管路の被害は、釧路市、釧路町、標茶町、標津町、別海町及び本別町において生じた。特に、釧路町で生じたマンホールの浮上がり現象は、外部から目に見える被害として最も目立つものであった^{1),2),3),4)}。

その2年足らず後の平成7年(1994年)10月4日に、根室半島の東方約150kmを震源とするM8.1の北海道東方沖地震が発生した。この地震により、主として根室、網走、釧路の各地区において、上と同様に各種の施設に多大な被害が生じた。このうち下水道管路の被害は、釧路市、根室市、釧路町、標茶町、中標津町、別海町、標津町、斜里町、阿寒町で生じ、震源地に近い別海町と標津町では前年(1993年)に起こった釧路沖地震時の5～10倍程度の延長の下水道管路が被災した⁵⁾。特に、標津町では総延長(18,695.74 m)の約56%に相当する、延べ10,537.4 mの下水道管路が被害を受けた⁵⁾。

本報告は、北海道東方沖地震による標津町での下水道管路の被害箇所とその周辺の無被災箇所を対象として、地盤条件等の統計的な比較を行い、被災原因について検討した結果をとりまとめたものである。

目 次

	ページ
まえがき	
1. 標津町の地形・地質の概要	1
1.1 標津町の地形・地質	1
2. 被害の概要	4
2.1 地震の諸元	4
2.2 標津町の下水道管路の概況と被災状況	4
3. 調査内容及び調査方法	12
3.1 調査内容	12
3.2 調査方法	12
4. 調査結果及び考察	13
4.1 被害路線全体の分析	13
4.2 管渠被害と地盤構成の検討	23
5. まとめ	42
謝 辞	43
参考文献	45

図 表 目 次

表1.1	代表的な土層	1
表2.1	北海道東方沖地震の諸元 ⁷⁾	5
表2.2	管渠敷設延長	10
表2.3	北海道東方沖地震による下水道污水管被災延長（管径別）	11
表3.1	被害区間と無被害区間のサンプリング数	12
表4.1	標津町の管渠敷設延長と被害延長（東方沖地震）	14
表4.2	標津町の管渠敷設延長と被害延長（釧路沖地震）	14
表4.3	管底付近の土層と管渠の浮上がり量	22
表4.4(1)	管路被害箇所集計一覧（その1）	24
表4.4(2)	管路被害箇所集計一覧（その2）	25
表4.5	管路無被害箇所集計一覧	26
図1.1	標津町周辺の地形 ⁶⁾	2
図1.2	標津町管渠埋設付近の地質	2
図1.3	模式断面図（東西(A-A')方向）	3
図1.4	低地部の代表的な土層構成	3
図2.1	震央分布 ⁷⁾	5
図2.2	各地の震度 ⁷⁾	6
図2.3	十勝・根室・釧路支庁管内の推定震度分布図 ⁷⁾	6
図2.4	北海道東方沖地震の観測波形（根室） ⁸⁾	7
図2.5	地震波形（根室）の加速度応答スペクトル ⁸⁾	7
図2.6	管渠標準断面図 ⁹⁾	8
図2.7	マンホール標準断面図 ⁹⁾	9
図2.8	埋戻し土の粒度曲線 ⁹⁾	10
図4.1	管径別の被害率	14
図4.2	被害管路平面図（S=1:10,000）	15
図4.3	Ap層の分布平面図（S=1:10,000）	16
図4.4	As・Ac層の分布平面図（S=1:10,000）	17
図4.5	代表的な被害箇所の土層構成	18
図4.6	代表的な無被害箇所の土層構成	19
図4.7	推進工法適用区間	21
図4.8	検討対象としたパラメータの定義	23
図4.9	地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）（H4）の頻度分布図	27
図4.10	地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）（H4）と管の浮上がり量（H5）との関係	28
図4.11	管渠埋設深度の原地盤部土質の頻度分布	29

図4.12	地下水位下の原地盤部主要土質の頻度分布図	29
図4.13	管渠以深のAs層（液状化層）厚（H2）の頻度分布図	31
図4.14	管路縦断方向における管渠以深のAs層（液状化層）厚（H2）と管渠の浮上量（H5）の 関係	31
図4.15	管渠以深のAs層（液状化層）厚（H2）と管渠の浮上がり量（H5）との関係	32
図4.16	管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ（H3）の頻度分布図	33
図4.17	地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）（H3）と管渠の浮上がり量（H 5）との関係	33
図4.18	マンホール底面以深のAs層（液状化層）厚（H8）の頻度分布	34
図4.19	マンホール底面以深のAs層（液状化層）厚（H8）とマンホールの浮上量（H10）の 関係	34
図4.20	マンホール底面からAs層（液状化層）上面までの深さ（H9）とマンホールの浮上量（H10） との関係	35
図4.21	管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層（Ap層）厚（H6）の頻度分布	36
図4.22	管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層（Ap層）厚（H6）と管渠の浮上がり量（H 5）の関係	36
図4.23	管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚（H7）の頻度分布	37
図4.24	管路縦断方向における管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚（H 7）と管渠の浮上量層厚（H5）の関係	38
図4.25	管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚（H7）と管渠の浮上量層 厚（H5）の関係	38
図4.26	地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）（H4）と管渠中心より上方にあ る地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚（H7）の関係	40
図4.27	管渠以深のAs層（液状化層）厚（H2）と管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層 （不透水層）厚（H7）との関係	40
図4.28	管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ（H3）と管渠中心より上方にある地下水位 以下のAp+Ac層（不透水層）厚（H7）の関係	41
図4.29	管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚（H7）とマンホールの浮 上量（H10）の関係	41
図参1	管渠埋設位置図	45

1. 標津町の地形・地質の概要

1.1. 標津周辺の地形・地質

標津町周辺の地形は、標津川沿いに発達した低地部とその背後に広がる丘陵地性の台地部に大きく分けられる（図1.1⁶⁾参照）。低地帯には、標津川沿いに見られる砂質土と粘性土からなる氾濫原堆積物と、後背地には湿地性堆積物である泥炭層が堆積していることのほか、現海岸線付近には比較的締まった礫質土からなる海浜堆積物（野付砂れき層・海浜砂れき層）が分布している。現標津町の大半は標津川の後背地に発達している。低地帯の背後には、標高10m以上のなだらかな起伏をもった洪積台地が存在する（図1.2参照）。

図1.1に示すように、標津町をほぼ東西（陸～海）方向に切った模式断面図を図1.3に示す。なお、同図には下水管渠の敷設範囲を示している。また、図1.2に示した海岸地帯および湿地の代表的な箇所のボーリング柱状図を図1.4に示す。以上より、標津町の低地部の地質構成は、表1.1のように分類される。

表1.1 代表的な土層

土層名	記号	N値の範囲
盛土層	B層	N=3～7
泥炭層(湿地性堆積物)	Ap層	N=0～1
砂質土層(氾濫原堆積物)	As層	N<10
粘性土層(氾濫原堆積物)	Ac層	N<3
礫質土層(海浜堆積物)	Ng層	N>10

盛土層（B層）は表層に分布する人工的な盛土であり、層厚は0.1～2mで、調査地全域に分布する。泥炭層（Ap層）は湿地性の堆積物であり、標津川及び現海岸線の後背地に発達している。砂質土層（As層）と粘性土層（Ac層）は標津川沿線に堆積した氾濫原堆積物であり、緩い砂、柔らかいシルト～粘土から成っている。堆積状況は氾濫原堆積物を反映して複雑である。これらの正確な物性値は、室内土質試験が行われていないため不明である。海浜砂礫層（Ng層）は比較的締まった砂～礫質土層であり、海岸付近に発達している。ここではN値10を境にAs層と区別した。当層はN値20～30が主体である。

図1.2と図1.3より、管渠は大きく分類するとNg層の卓越する海岸線沿線部とAp、As層の卓越する後背地の2つのエリアに設置されているのがわかる。

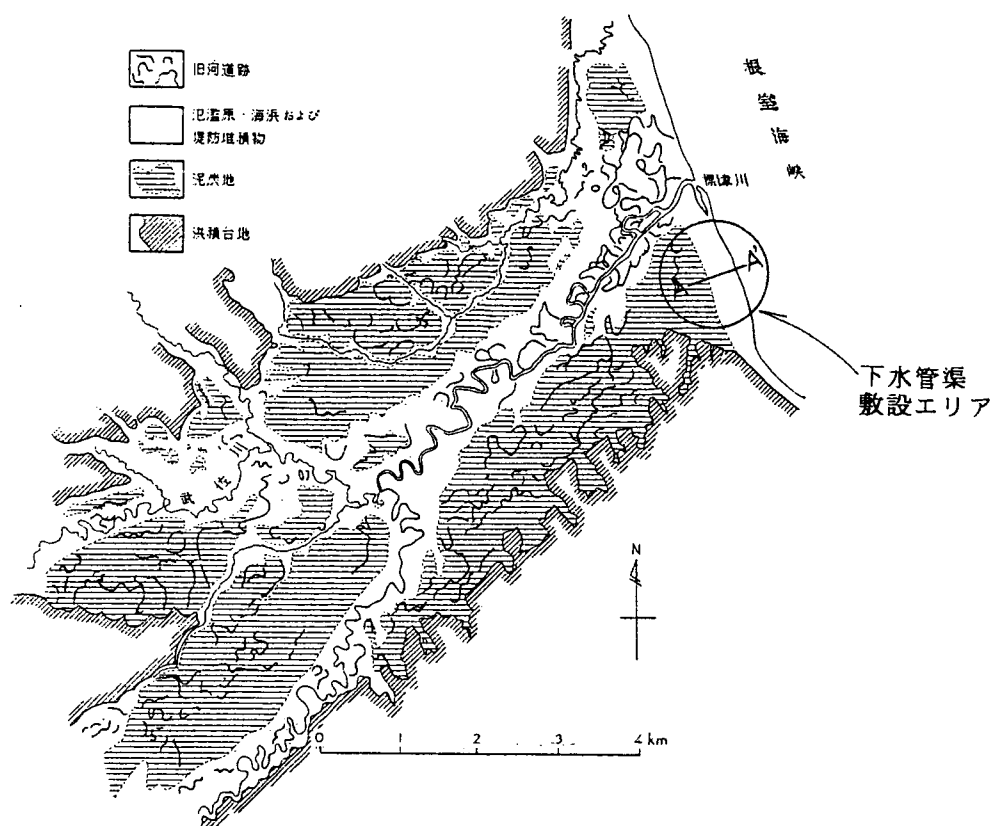


図1.1 標津町周辺の地形⁶⁾

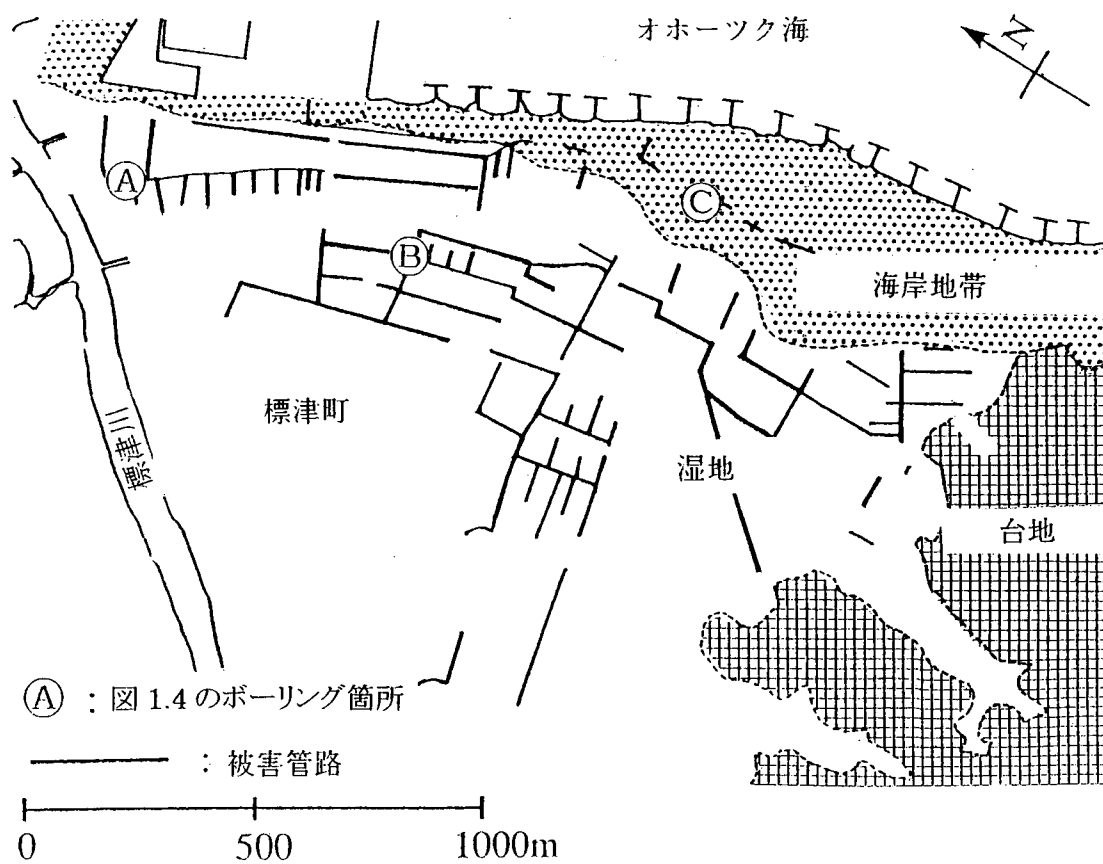


図1.2 標津町管渠埋設付近の地質

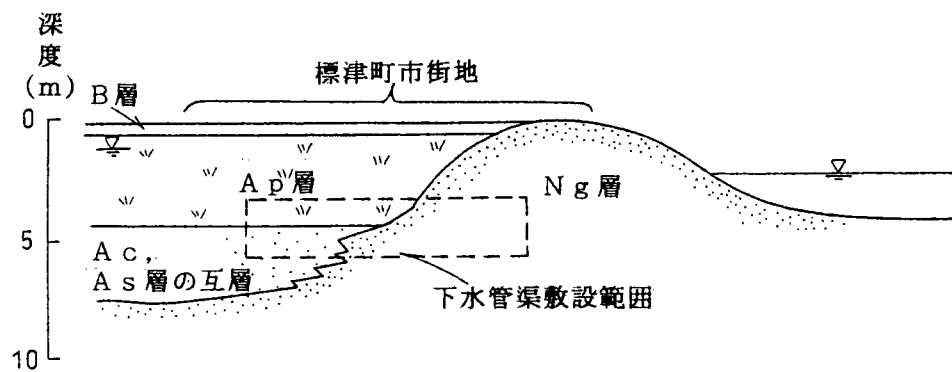


図1.3 模式断面図（東西(A-A')方向）

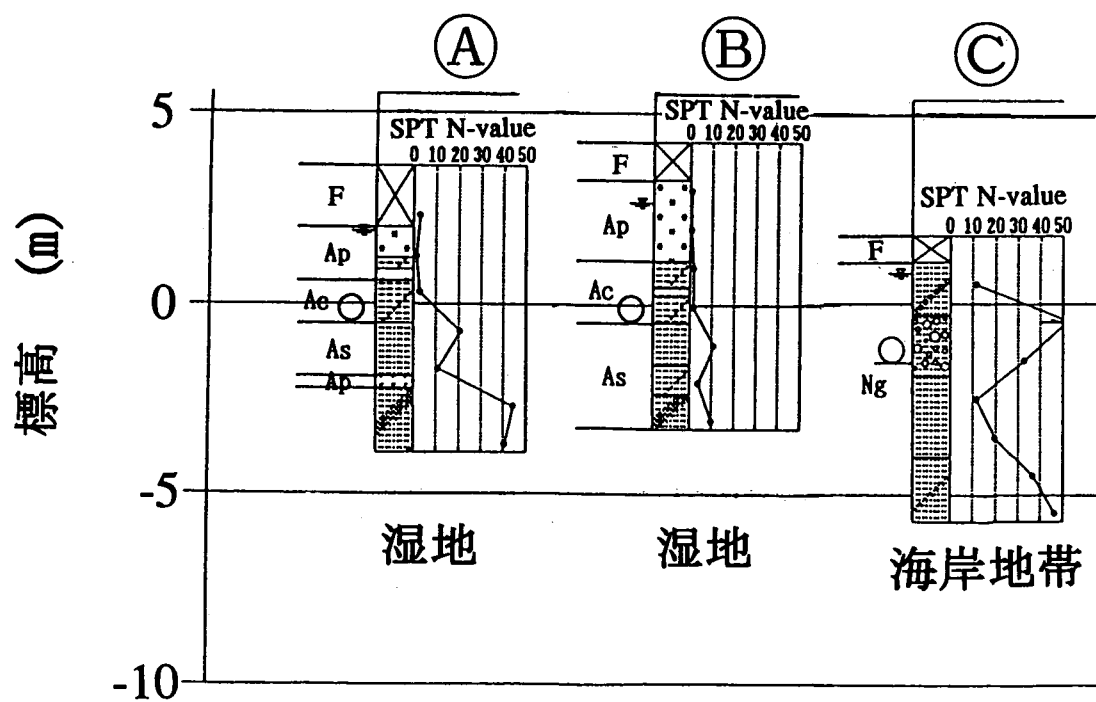


図1.4 低地部の代表的な土層構成

2. 被害の概要

2.1 地震の諸元

北海道東方沖地震の地震の諸元を表2.1に、震央位置を図2.1⁷⁾に、この地震による各地の震度階（旧気象庁震度階）を図2.2⁷⁾に、十勝・根室・釧路支庁管内の推定震度分布を図2.3⁷⁾に示す。

気象庁が十勝・釧路・根室管内で実施した調査では、図2.3に示したように、標津町での推定震度階は4～5であった。

標津町における地震動の観測記録はないが、標津町から最も近い根室測候所で観測された強震波形、加速度応答スペクトルを図2.4⁸⁾、図2.5⁸⁾にそれぞれ示す。約数10gal程度の地震動が約30秒間続いた後、100galを越えるような大きな地震動が約30秒間続いており、比較的継続時間の長い地震動であった。また、地震動の卓越周期はおよそ0.3秒であり、長周期成分はほとんど見られない短周期成分の卓越した波といえる。EW成分とNS成分の比較によれば、方向性は特に顕著には見られなかった。

2.2 標津町の下水道管路の概況と被災状況

被災当時の標津町の管路敷設延長は18.695kmであった。標津町の下水管路（被災前、復旧後）とマンホールの標準的な断面図⁹⁾を図2.6、図2.7にそれぞれ示し、被災前に適用されていた山砂と復旧後に適用された碎石の粒度曲線⁹⁾を図2.8に示す。標津町の下水道管渠は、1993年釧路沖地震の際にも被害を受けているが、釧路沖地震により被災した管渠の復旧は原型復旧であった。復旧工事の際、管渠は山砂で埋め戻され、埋戻し時に埋戻し部の密度管理等は特に行われていなかったようである。なお、東方沖地震の復旧においては、液状化による被害防止のため管渠は碎石で埋め戻され、締固め度が90%以上となるように埋戻し部の密度管理が行われた⁹⁾。

標津町の下水管は卵形管と円形管の2種類であり、主に硬質塩化ビニール管が用いられている。表2.2に管径別の敷設延長を示す。管径200 mm～500 mmの管が用いられているが、管渠総延長の92 %は管径200 mm～300 mmの管である。管径350 mm以下の管渠はすべて開削工法で施工されているが、管径400 mmの一部と管径500 mmの管は、推進工法により施工されている。

東方沖地震で被災し復旧工事の対象となった箇所（箇所）の管渠総延長は10537.4mであり、全敷設延長（18,695.74m）の56%に相当する。地震後にすべてのマンホールに対して目視による流下能力の調査が行われ、流下能力に異常のあった管路については、テレビカメラを用いて詳細に管内の破損状況が調査された。なお、ここでの被害延長とは復旧工事の対象となった区間を示したものである。表2.3に被害路線ごとの被災延長を管径毎にまとめて示す。

表2.1 北海道東方沖地震の諸元⁷⁾

発生年月日	1994年10月4日22時23分
マグニチュード	8.1
震源の位置	北緯43度22分，東経147度40分，深さ30km

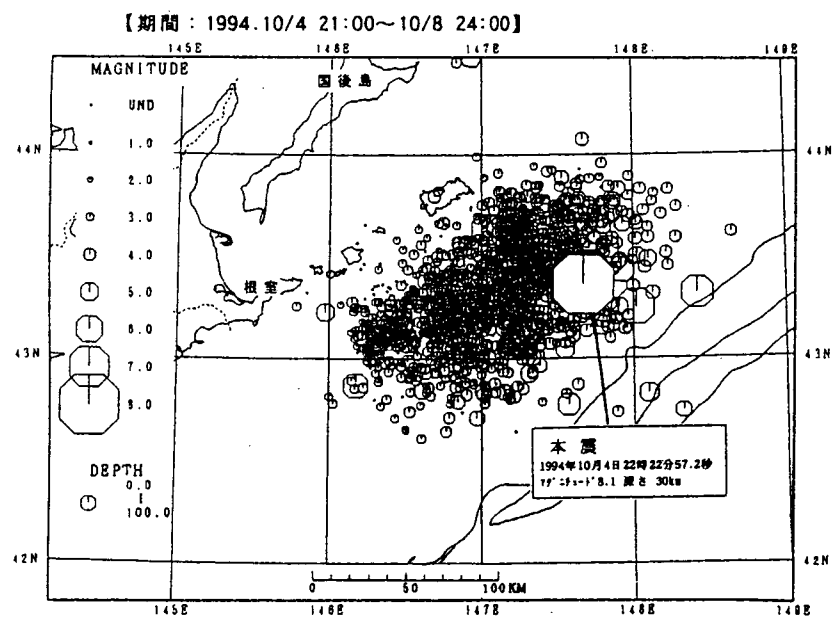


図2.1 震央分布⁷⁾



図2.2 各地の震度⁷⁾

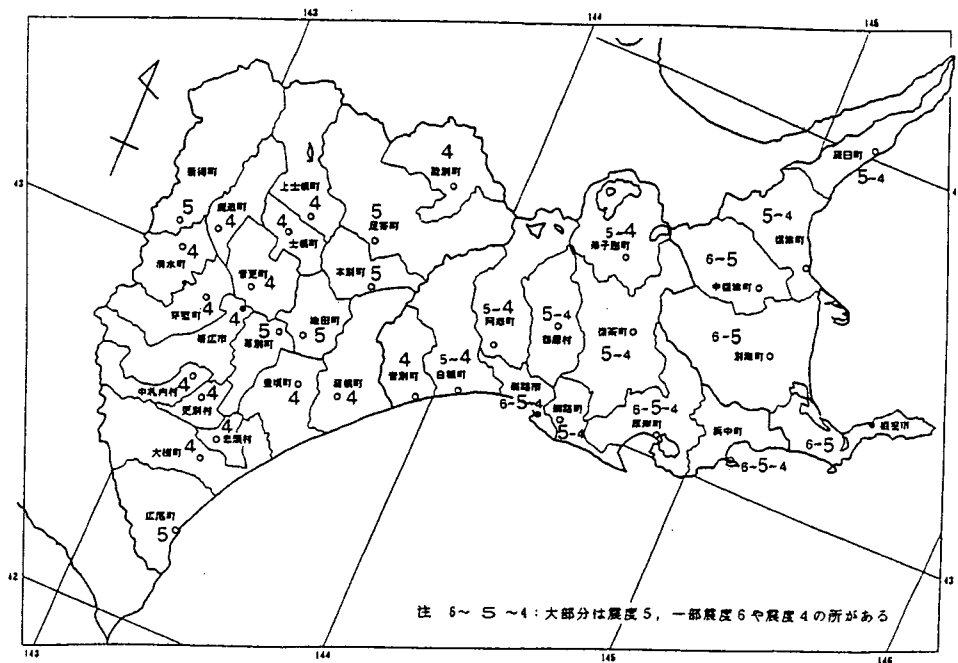


図2.3 十勝・根室・釧路支庁管内の推定震度分布図⁷⁾

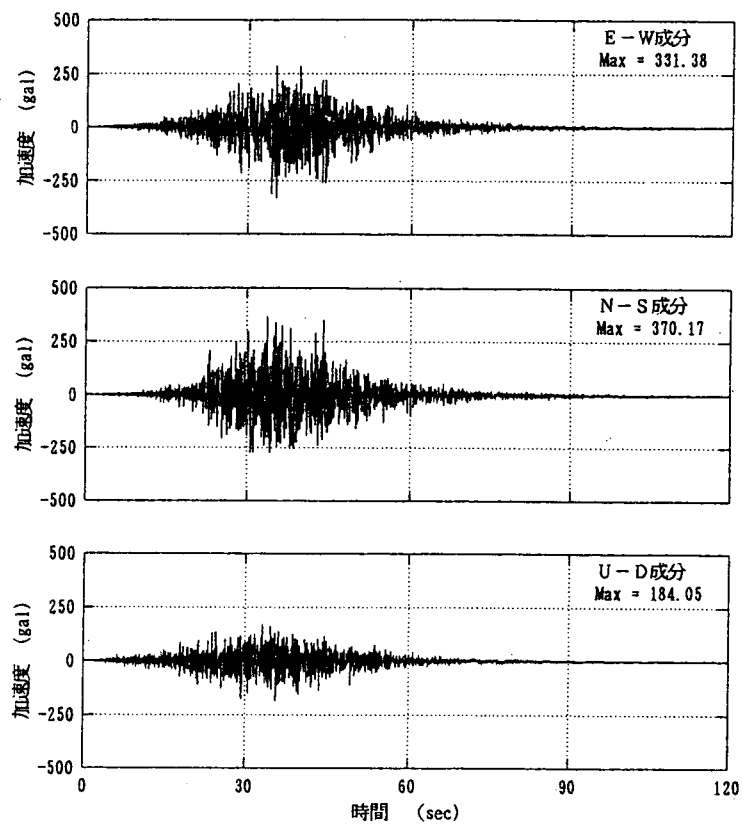


図2.4 北海道東方沖地震の観測波形（根室）⁸⁾

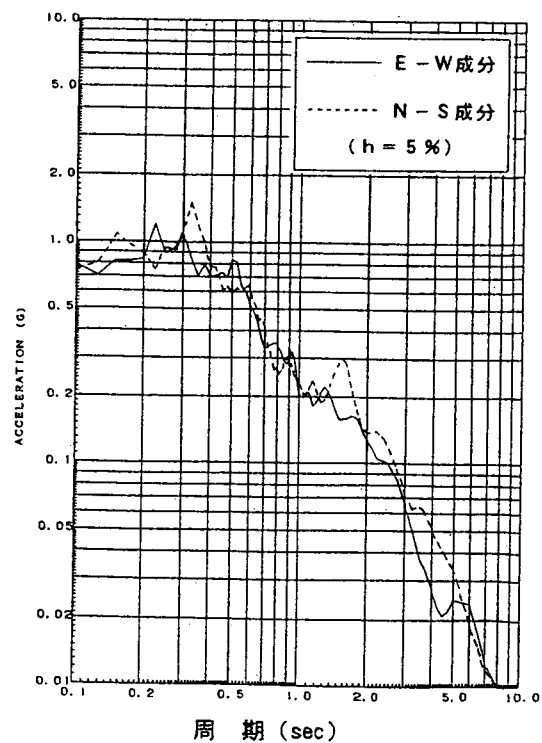
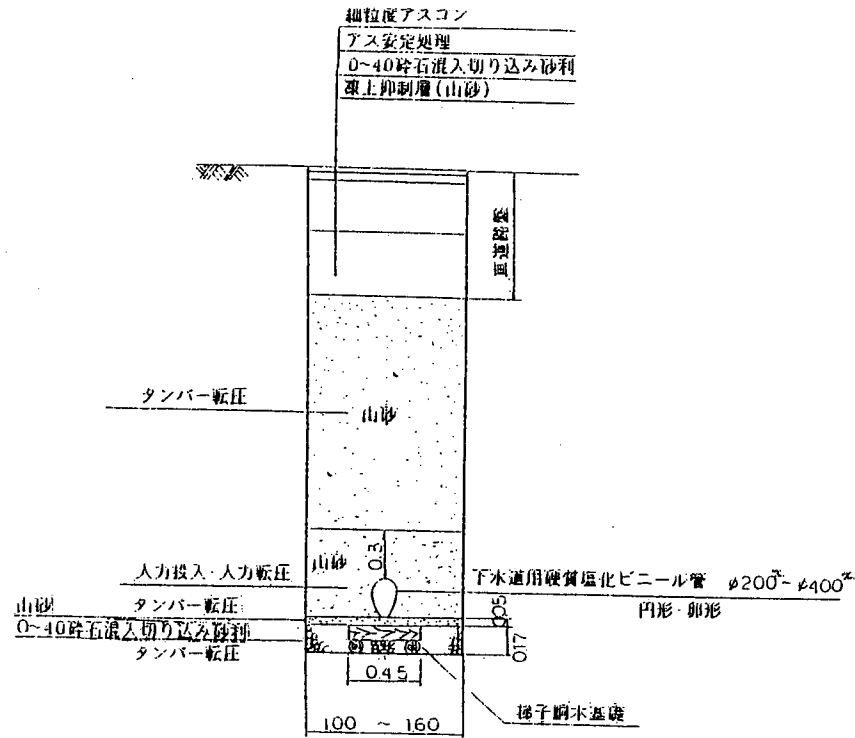


図2.5 地震波形（根室）の加速度応答スペクトル⁸⁾

土工標準図

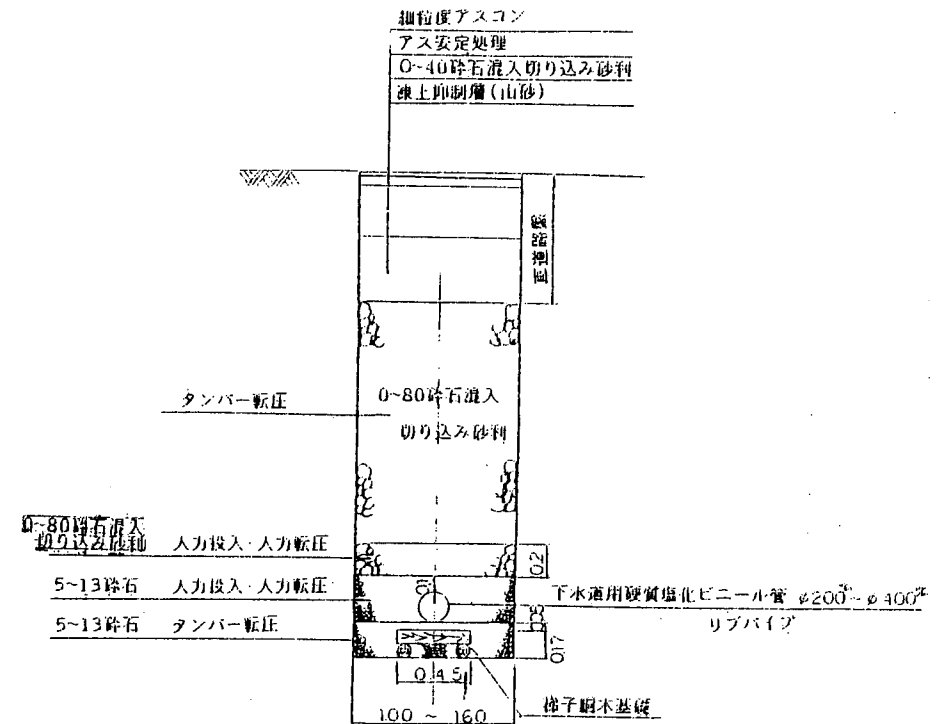
被災前

復旧後



(単位：m)

梯子脚木基礎の無い場合は、0~40粒石混入切り込み砂利(管下0.2m)



(単位：m)

梯子脚木基礎の無い場合は、5~30粒石(管下0.2m)

図2.6 管渠標準断面図⁹⁾

第1号人孔詳細図

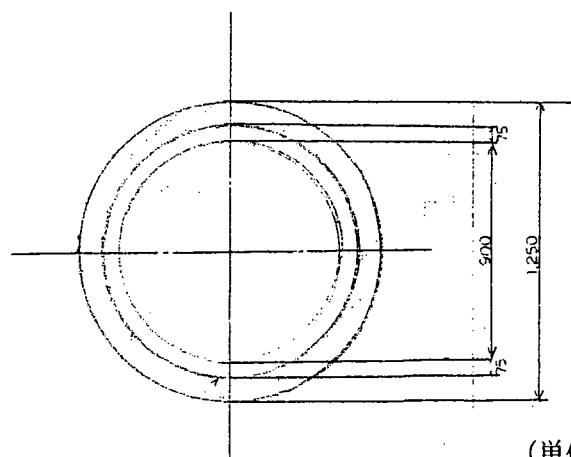
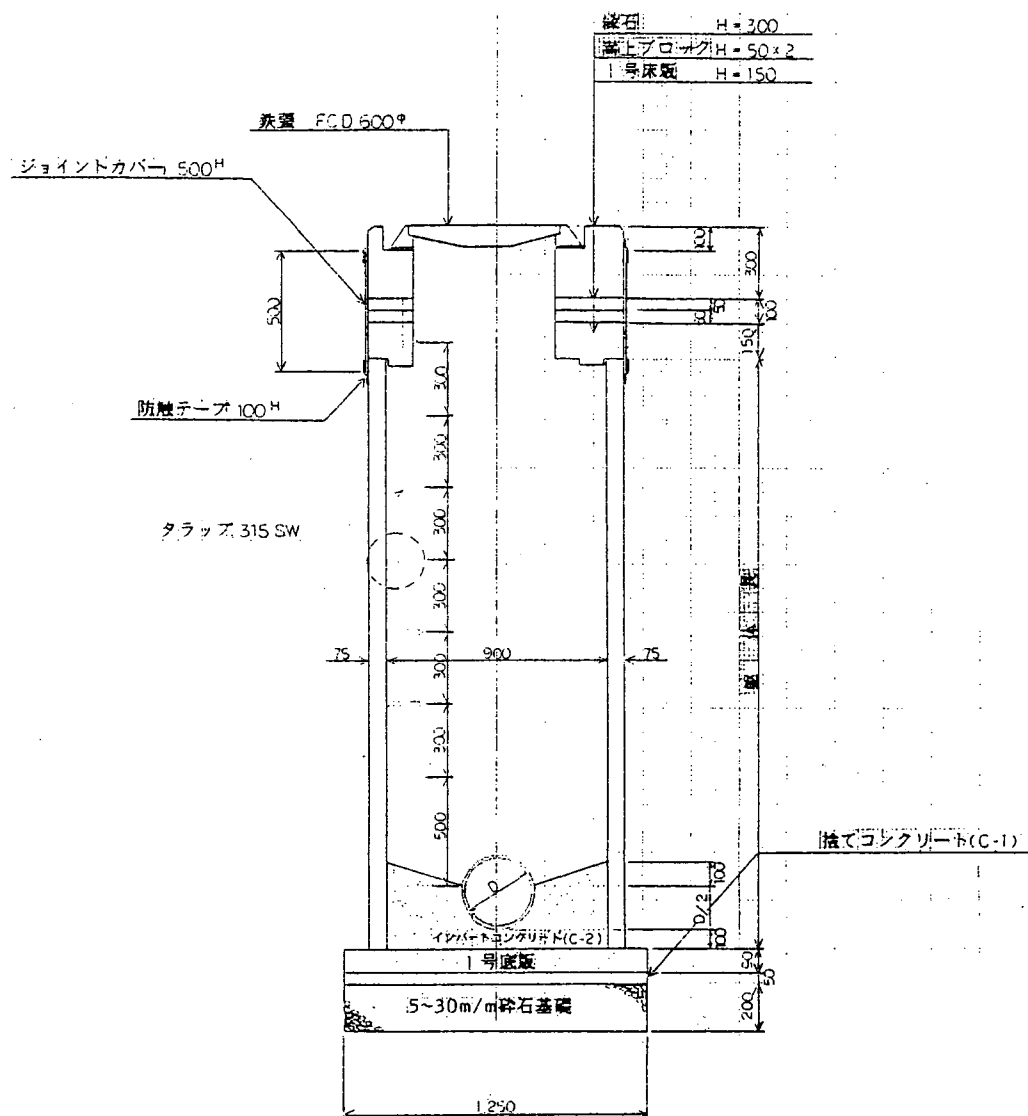
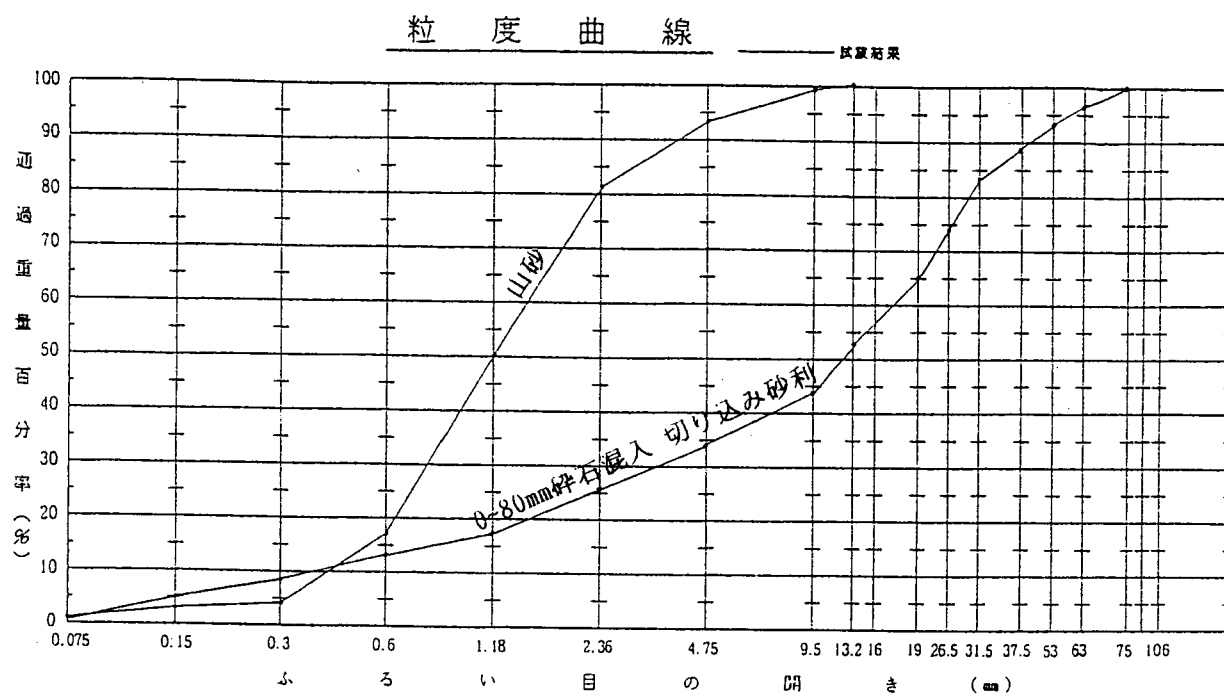


図2.7 マンホール標準断面図⁹⁾



山砂：東方沖地震前
切り込み砂利：東方沖地震被災箇所適用

図2.8 埋戻し土の粒度曲線⁹⁾

表2.2 管渠敷設延長

管径 (mm)	敷設延長 (m)
200	5,351.56
250	11,963.74
350	866.01
400	414.63 (328.13)
500	99.8 (99.8)
合計	18,695.74

()内はこのうち推進管適用区間

表2.3 北海道東方沖地震による下水道污水管被災延長（管径別）

(単位：m)

工区番号	箇所名	φ200	φ250	φ350	φ400	425.12
81	新川上町幹線		425.12			425.12
82	新川上町	386.24	222.60			608.84
83	新川上町・曙町幹線		442.47		153.40	595.87
84	曙町・緑町	851.76	136.65			988.41
85	双葉町	49.50				49.50
86	緑町	75.00	604.40			679.40
87	弥栄町幹線	504.47		163.06		667.53
88	弥栄町1	916.07				916.07
小計		2,783.04	1,831.24	163.06	153.40	4,930.74
118	川上町1幹線		17.25	332.00		349.25
119	新川上町1		363.14			363.14
120	新川上町・川上町	120.93	323.13			444.06
121	川上町2		320.75			320.75
122	若草町		95.85			95.85
123	川上町3		229.70			229.70
124	川上町4		61.38			61.38
125	曙町1	217.67				217.67
126	栄町1		76.79			76.79
127	栄町・本町・鳩ヶ丘町		187.38			187.38
128	栄町2		46.00			46.00
129	緑町・本町	113.03	681.50			794.53
130	鳩ヶ丘町・望ヶ丘町	50.00	548.07			598.07
131	望ヶ丘町・桜木町	86.48	642.74			729.22
132	望ヶ岡町	156.00				156.00
133	本町	186.16				186.16
134	弥栄町2	349.01				349.01
135	弥栄町3	316.13				316.13
136	曙町2			85.57		85.57
小計		1,595.41	3,593.68	417.57		5,606.66
合計		4,378.45	5,424.92	580.63	153.40	10,537.40

※ 管種は、全て下水動用硬質塩化ビニール管

3. 調査内容及び調査方法

3.1 調査内容

北海道東方沖地震による標津町管内の被災区間および無被害区間を対象に、以下の調査を実施した。

- 1) 被害路線全体の分析
- 2) 管渠被害と地盤構成の検討

3.2 調査方法

(1) 被害路線全体の分析

北海道東方沖地震で被災し復旧工事の対象となった総延長10537.4mの被害管渠を対象に、主に以下の項目について調査した。

- 1) 管径毎の被害率
- 2) 釧路沖地震による被害との比較
- 3) 被害管渠周辺の地形、地質的特徴

ここでは、各被害路線について合計62本のボーリングデータを基に土層断面図を作成し、これらより、被害管路と周辺地盤土質との定性的な関連について検討した。

(2) 管渠被害と地盤構成の検討

(1)で作成した地質断面図を基に、被害区間と無被害区間の地下水位、液状化層厚等を推定し、これらの頻度分布を被害区間と無被害区間で比較することにより被害原因を検討した。また、上記で整理した内容を基に、被害地点における周辺地盤の条件と管渠の浮上がり量との相関について統計的に検討した。

なお、ここでの整理にあたって以下の項目を前提条件とした。

- 1) マンホール間を1区間とし、被害区間とは復旧工事を行った区間のことである。今回調査の対象としたのは、左記のうち、近隣にボーリングデータがあり、土質断面図作成が可能である区間とした。
- 2) 推進区間については、管路施設の液状化による被害の主要因である埋戻しが行われていないこと、および現に被害発生率が低いことから、開削区間のみを検討の対象とした。
- 3) 被害区間と無被害区間のサンプリング数を表3.1に示した。地盤と下水管渠に関する諸量はサンプリング数を多く確保するため土層断面図から推定した。
- 4) 管渠の浮上量はそのマンホール間での最大浮上量とした。
- 5) 原地盤液状化層は当該地に分布するN値10以下の砂質土層（As層）とした。
- 6) 泥炭層（Ap層）、粘性土層（Ac層）は透水性の著しく低い「不透水層」とした。

表3.1 被害区間と無被害区間のサンプリング数

	サンプリング数
被害区間	100箇所（12路線）
無被害区間	49箇所（7路線）

4. 調査結果及び考察

4.1 被害路線全体の分析

東方沖地震で被災し復旧工事の対象となった箇所の管渠総延長は10537.4mであり、全敷設延長(18,695.74m)の56%に相当する。なお、ここでの被害延長とは、目視による流下能力の調査、およびテレビカメラを用いた管内調査の結果、復旧工事の対象となった区間を示したものである。

(1) 管径毎の被害率

表4.1に東方沖地震における管径別の敷設延長と被災延長を示す。また、図4.1に釧路沖地震および東方沖地震における管径別の被害率の頻度分布を示す。これらより、200 mmの小孔径管で被害率が81.8%と高くなっている。管の被害形態は浮上がりによる管のたわみが主体であり、マンホールの浮き上がり被害も見られた。また、東方沖地震では、400 mmの推進管敷設箇所の一部に被害が生じた。推進区間での被害の詳細については後述する。

(2) 釧路沖地震による被害との比較

表4.2は1993年釧路沖地震における被害箇所を管径別にまとめたものである。また、図4.1には釧路沖地震での被害率も示している。釧路沖地震では被害延長が1,229.45mであり、東方沖地震の約1/10であった。また、管径別の被害をみると小孔径管に被害が多い傾向は東方沖地震と同様であり、被害率は200 mmと250 mmでそれぞれ12.2 %、4.8 %であった。なお、釧路沖地震での被害箇所は目視による流下状況の調査等により確認されたものであり、テレビカメラによる管内調査は行われていない。被害箇所の調査の手法が異なるものの、釧路沖地震と比較して東方沖地震での被害が大きかったといえる。

図4.2に、釧路沖地震と東方沖地震により被害を受けた下水管渠の敷設位置図を示した。図4.2より両地震による被害区間をみると、釧路沖地震の被害延長1229.45mのうち83.97mを除く区間が東方沖地震において再度被害が生じているが、再被災区間は、Ap層、As・Ac層の卓越する後背地に限られている。なお、釧路沖地震で被災した管渠の復旧は原型復旧であり、復旧工事の際、管渠は山砂で埋め戻され、埋戻し時に埋戻し部の密度管理等は特に行われていなかったようである。

(3) 被害管路の地形的特徴

図4.3、図4.4には、Ap層とAs、Ac層の分布平面図上に、釧路沖地震と東方沖地震により被害を受けた下水管渠の敷設位置図を示した。Ap層とAs、Ac層の分布平面図は各地点の柱状図から土層の層厚を読みとって作成したものである。また、図4.5、図4.6には被害地点および無被害地点の代表的な柱状図をそれぞれ示した。これらより、被害区間はAp層、As・Ac層の分布域である後背地に集中しており、比較的締まったNg層の分布する海浜地帯においては被害区間が少ないことがわかる。これは管の被害程度が原地盤の土質・地質特性に依存していることを示唆している。

表4.1 標津町の管渠敷設延長と被害延長（北海道東方沖地震）

管径(mm)	敷設延長(m)	被害延長(m)	被害率(%)
200	5,351.56	4,378.45	81.8
250	11,963.74	5,424.92	45.3
350	866.01	580.63	67.0
400	414.63 (328.13)	153.4 (153.4)	37.0 (46.8)
500	99.8 (99.8)	0 (0)	0.0 (0)
合計	18,695.74 (427.93)	10,537.40 (153.40)	56.4 (35.85)

()内はこのうち推進管適用区間

被害率=被害延長/敷設延長

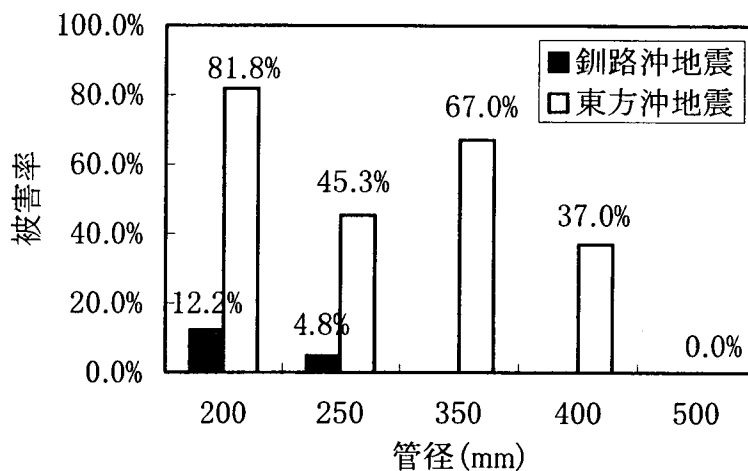


図4.1 管径別の被害率

表 4.2 標津町の管渠敷設延長と被害延長（釧路沖地震）

管径(mm)	敷設延長(m)	被害延長(m)	被害率(%)
200	5,351.56	655.34	12.2
250	11,963.74	574.11	4.8
350	866.01	0	0.0
400	414.63 (328)	0 (0)	0.0 (0)
500	99.8 (99.80)	0 (0)	0.0 (0)
合計	18,695.74 (427.93)	1,229.45 (0.00)	6.6 (0.00)

()内はこのうち推進管適用区間

被害率=被害延長/敷設延長

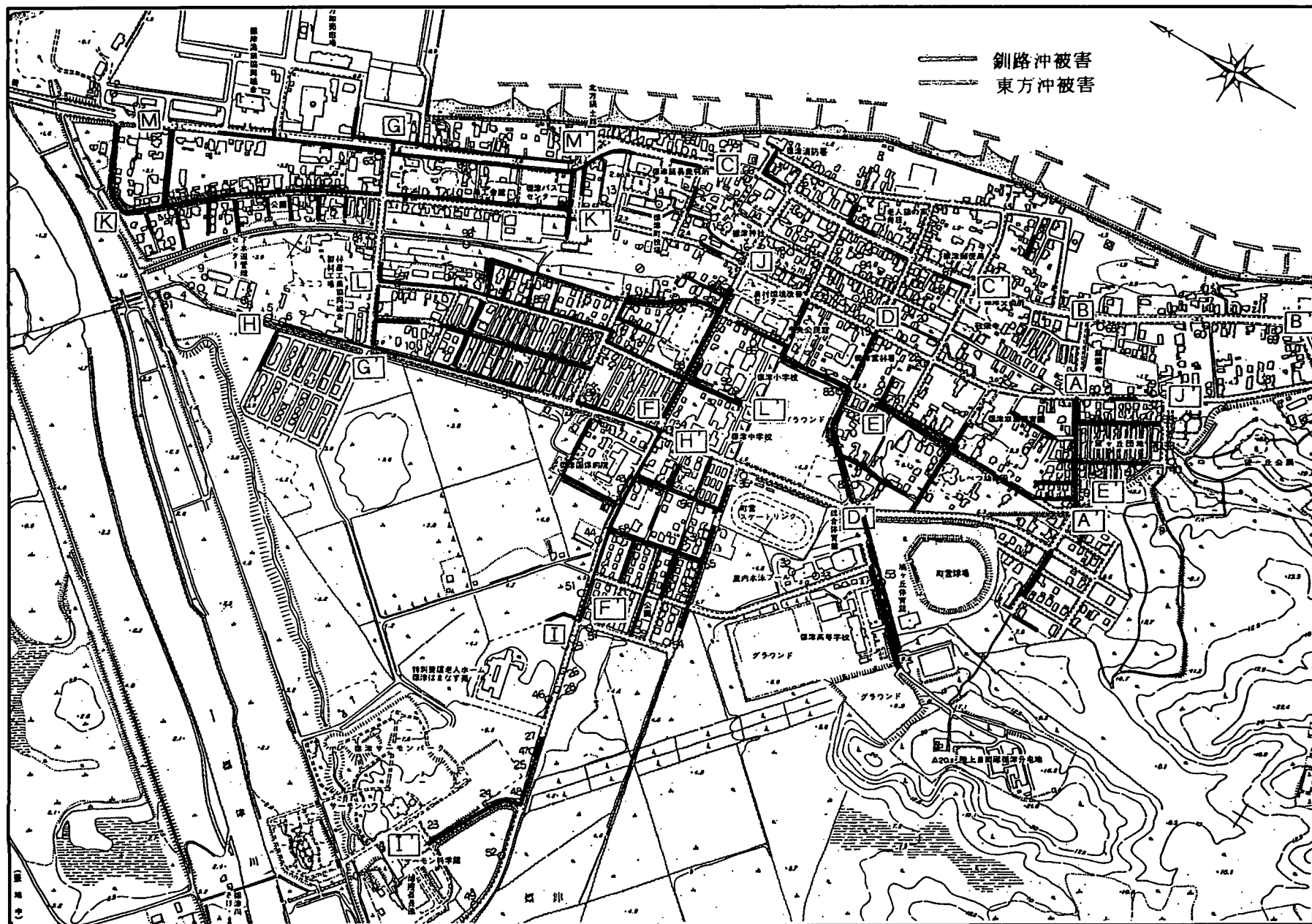


図4.2 被害管路平面図 (S=1:10,000)

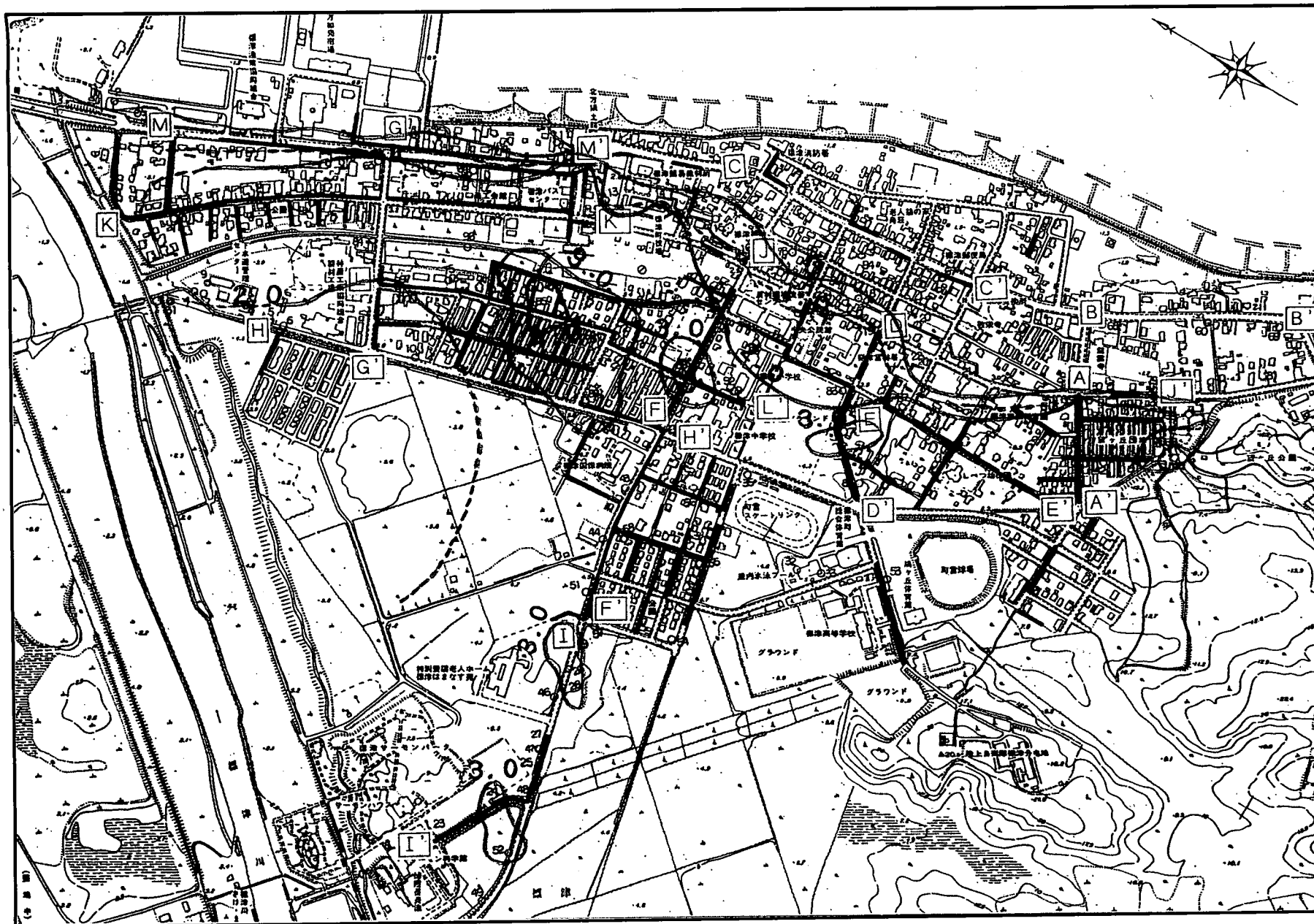


図4.3 Ap層の分布平面図 (S=1:10,000)

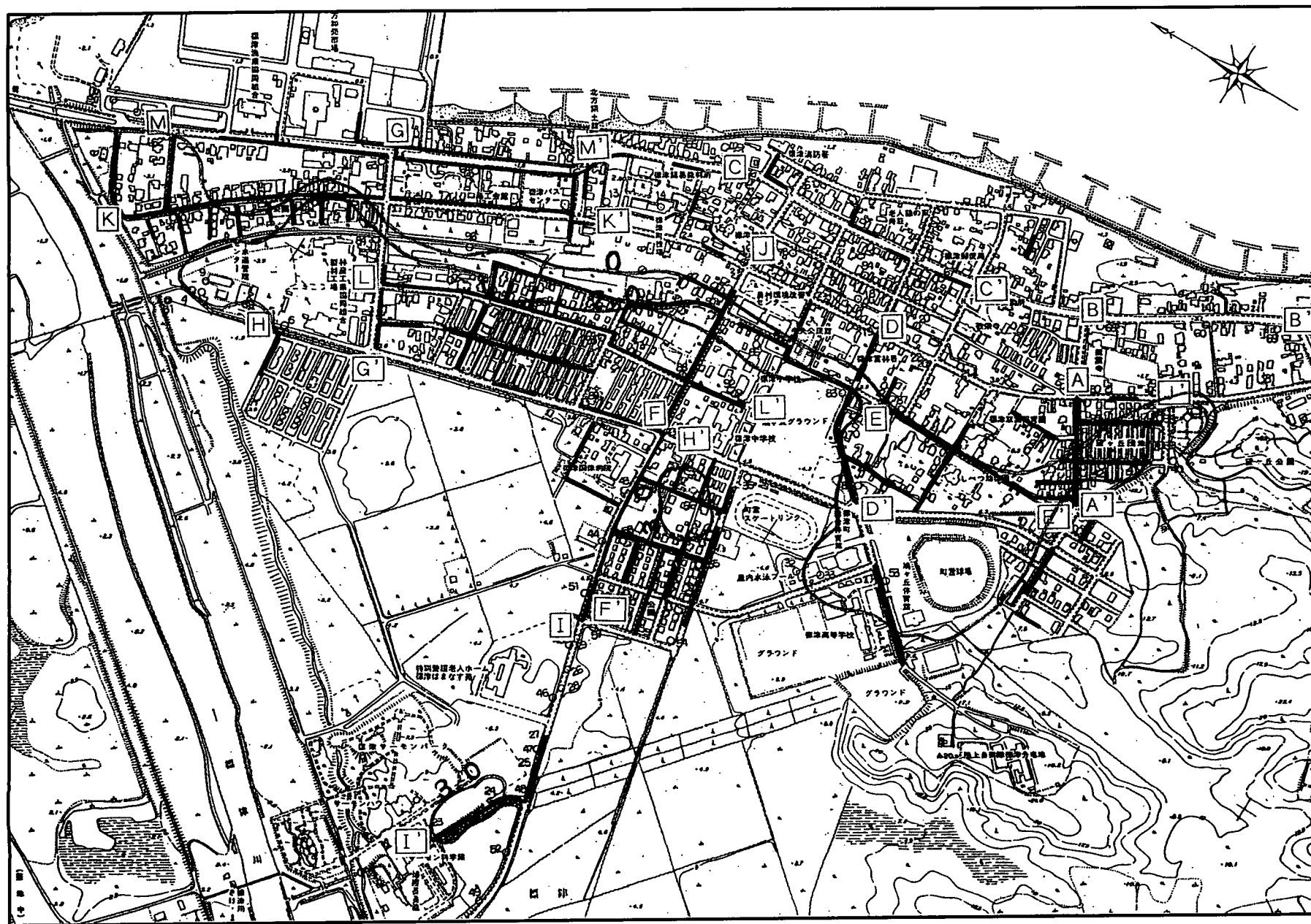


図4.4 As・Ac層の分布平面図 (S=1:10,000)

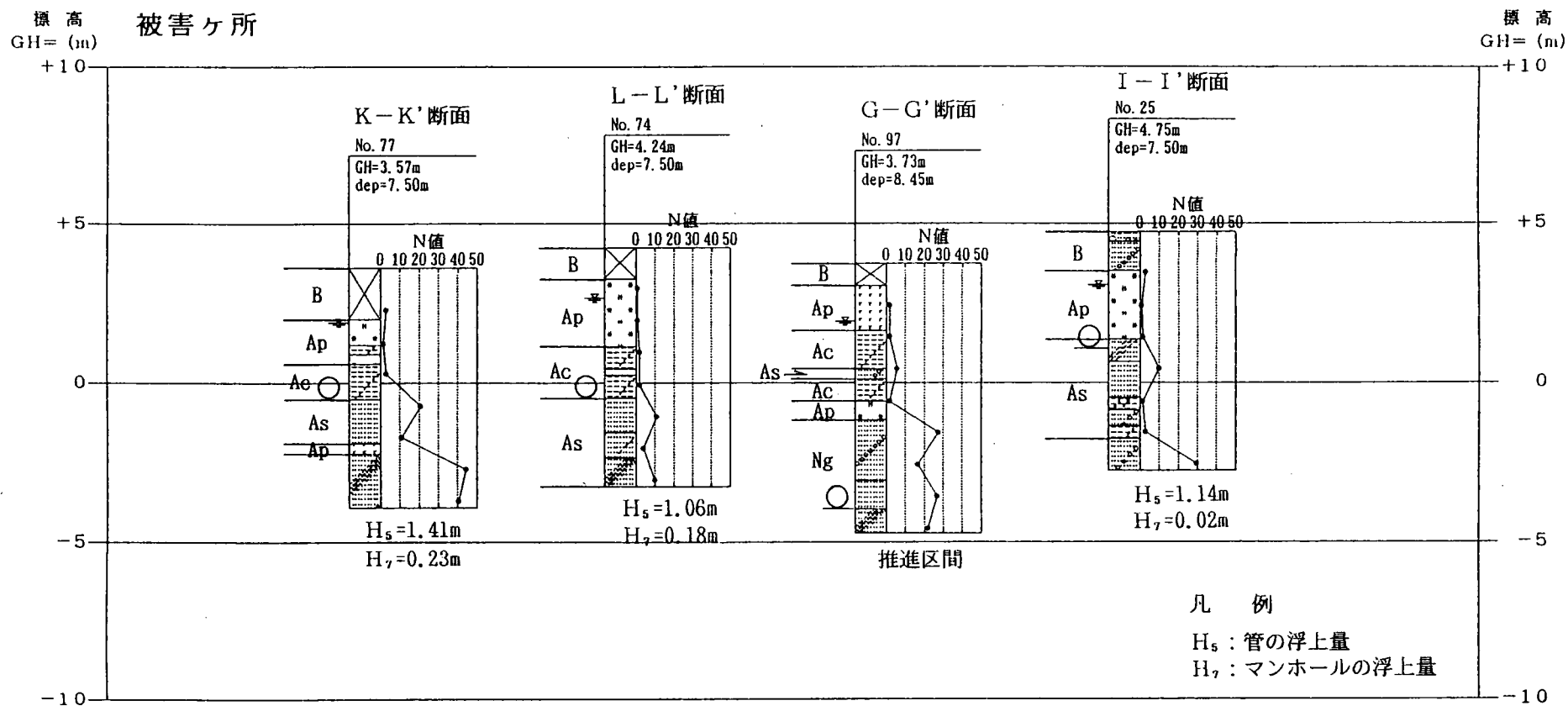
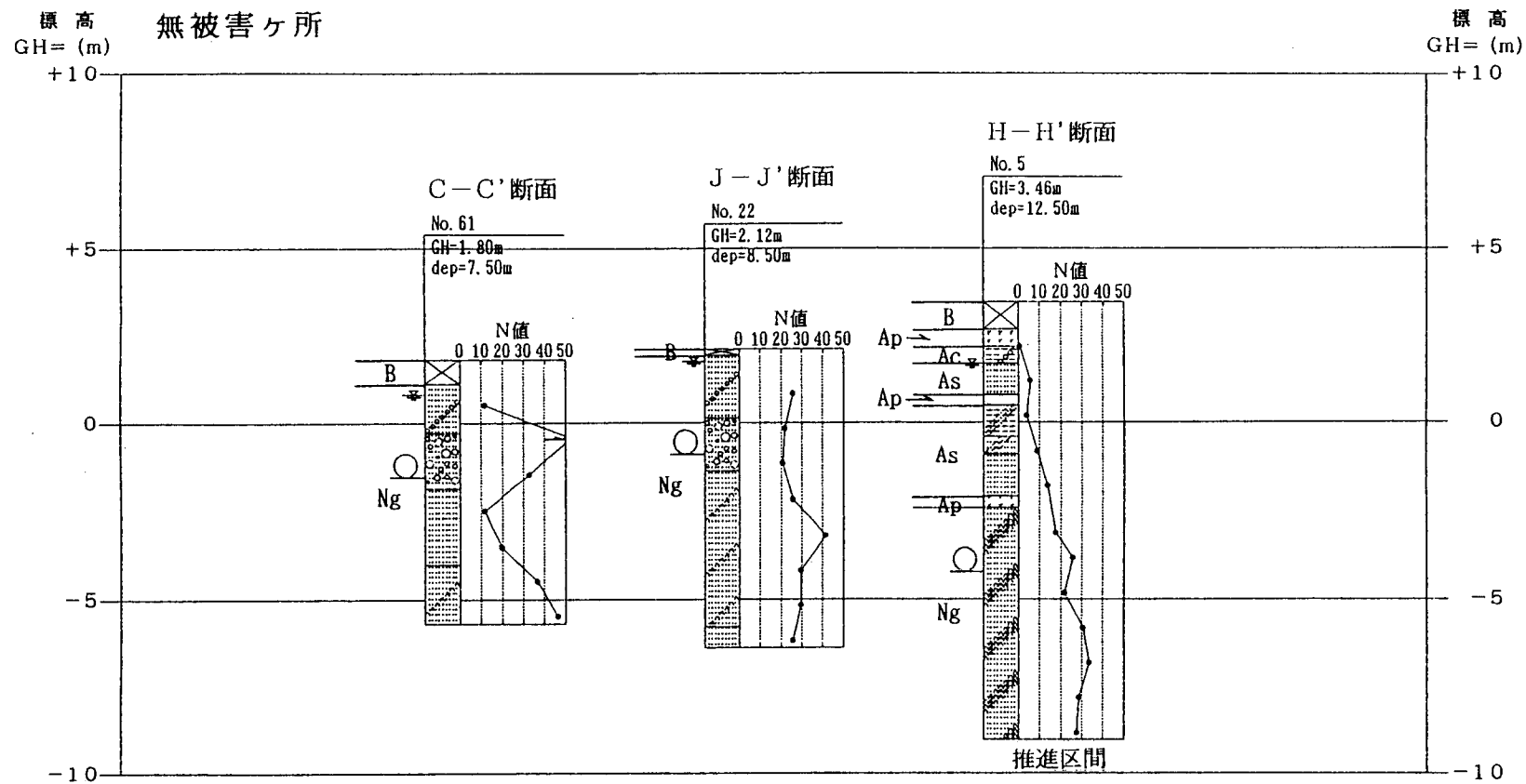


図4.5 代表的な被害箇所土層構成

水平スケール: 1/200.00

深度スケール: 1/200.00



水平スケール: 1/200.00

深度スケール: 1/200.00

図4.6 代表的な無被害箇所土層構成

(4)推進工法区間の被害

東方沖地震では、400 mmの推進管敷設箇所の一部に被害が生じた。推進工法での被害率は35.85%であり、管渠全体の被害率56%よりは低い。

推進工法適用区間と被害区間の平面図を図4.7に示した。A区間（昭和52年施工区間）の管渠は刃口元押し工法によりφ600mm一種推進管のヤサ管にφ400mmの塩ビ管が設置されているものであり、B区間（昭和61年度施工区間）の管渠はφ500mmのヒューム管がオーガー推進工法により施工されている。推進工法区間（図4.7参照）で被害があったのは刃口元押し工法により施工されたφ400mmのA工区（G-G'断面）の一部であり、ビデオカメラにより10cm程度の浮き上がりが確認されている。オーガー推進工法により施工されているφ500mmのヒューム管のB区間（昭和61年度施工区間）では被害はない。同じA区間でも同時期に同深度において施工された箇所（H-H'断面）においても被害がみられない区間もある。すなわち、A区間のG-G'断面とH-H'断面は、断面構造形式、施工方法が同一で、いずれもNg層の中に敷設され、N値も20前後が確認されているにもかかわらず、被害箇所と無被害箇所に分かれている。被害の原因は不明である。

(5)周辺地盤種別

図4.2に示したA-A'～M-M'の13断面の土層断面図を巻末資料に掲載した。また、表4.3には、断面ごとに各被害路線の特徴を示した。断面図には被害の有無、管種、管径、マンホールの延長、マンホールの番号、管低高、最大浮上量、水平変位、マンホールの浮上量を記入している。このうち、最大浮上量、マンホールの浮上量は+が浮上り、-は沈下である。なお、管の移動量は復旧時の開削工事の際に測量されたものであり、移設などにより開削による復旧工事は実施されず、変位が測定されていないものは、最大浮上量、水平変位の欄に「N」と示している。また、マンホールの浮上量は実測された管口部の移動量として示している。

これらの地質断面図より、被害管路と地盤との関係から特徴的な点を以下に列挙する。

1) 管の浮上量が100cmを越える地点は、I-I'断面（135路線）、K-K'断面（81路線）、およびL-L断面（83路線）にみられる。特にK-K'路線においては今回観測結果のうち、最大の1.50 mの浮上量が確認されている。これらの路線は次の特徴がある。

- ① 管の埋設深度は地下水位以下2 m以上のところに多い。
- ② 管底高付近の土層はAs層、Ap層が多い。
- ③ 管底高以深にはAs層が層厚1 m～3 mで堆積している箇所が多い。
- ④ 管底高以浅の土層にはAp層、Ac層が多い。

これに対して、無被害区間の土層構成は管底付近の土層がN>20のNg層の地点が多い。

2) マンホールの浮上量は管渠の浮上量に比較して小さい。比較的大きな浮上量を示した地点は管渠部と同地点である。その最大値はL-L断面の43 cmとなっている。また、浮上量の多い地点の傾向はマンホール底版より下位にAs層が分布している箇所に浮上量が多い傾向にある。（L-L、K-K断面）

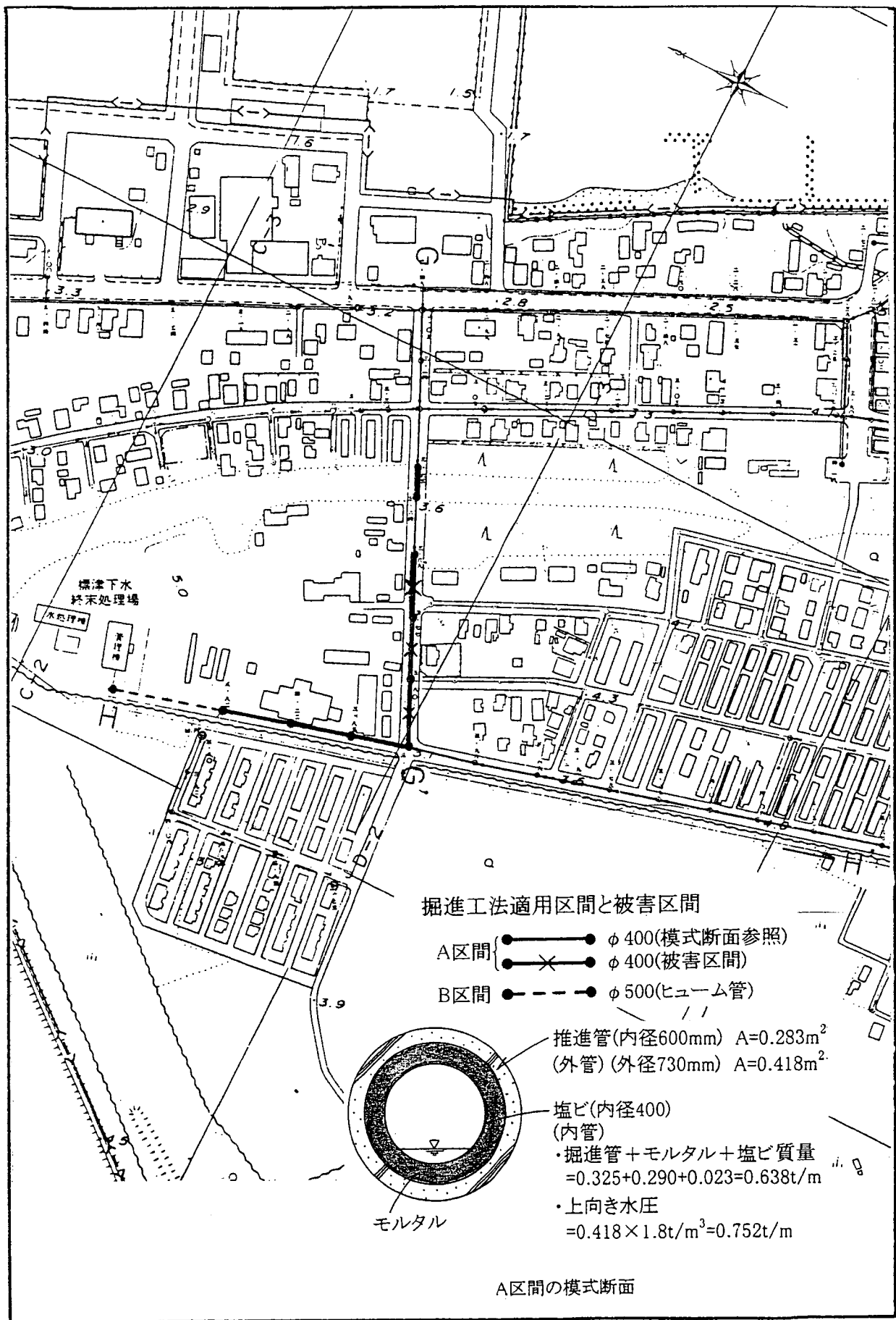


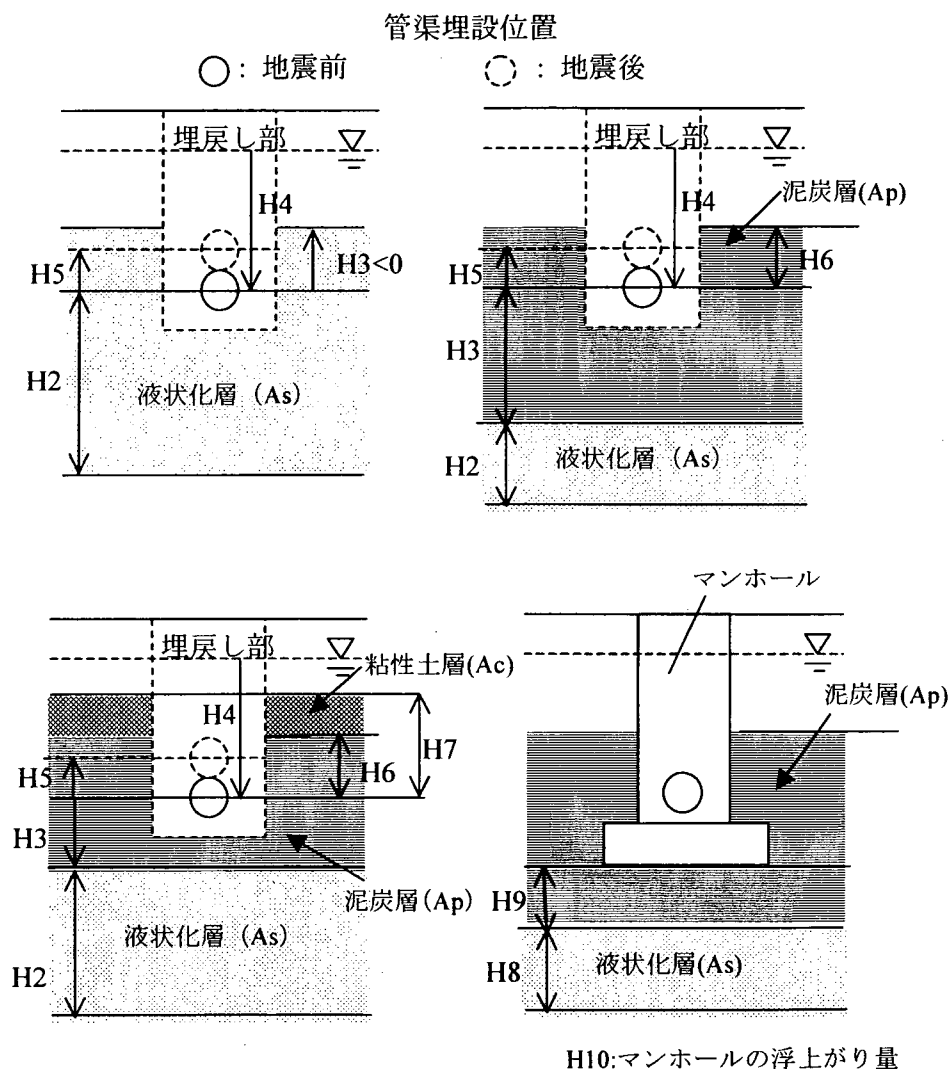
図4.7 掘進工法適用区間

表 4.3 管底付近の土層と管渠の浮上がり量

断面	被害の有無	管種管径 (mm)	最大浮上量 (mm)	管底の土層	特徴
A-A'	被害	250・塩ビ	100～300	Ap,As	最大 300mm の浮上箇所は As 層である。
B-B'	無被害	250・塩ビ	-	Ng	管底高付近の N 値は 20～30、地下水位は全体に低い。
C-C'	被害	250・塩ビ	200 前後	Ng	管底高付近の土層は Ng であるが N 値は 9 と局部的に低い。
C-C'	無被害	250・塩ビ	-	Ng	管底高付近の N 値は 30 以上
D-D'	被害	250・塩ビ	300	Ap,As	浮上量は 300mm 前後
D-D'	被害	250・塩ビ	100	Ng	浮上量は 100mm 以下
E-E'	被害	250・塩ビ	100～700	Ap,As	As 層が薄くなると浮上量が大きくなる。
F-F'	被害	250・塩ビ	100～360	As	敷設深度が深くなるに伴い浮上量は大きくなる。
G-G'	無被害	350・400・塩ビ	-	As,Ng	
G-G'	被害	400・塩ビ	不明	Ng	管敷設深度の N 値は N=20、推進区間
H-H'	無被害	350・400・塩ビ	-	Ng	管敷設深度の N 値は N=15～30、推進区間
H-H'	被害	350・塩ビ	200～300	Ng	管敷設深度の N 値は N=30、推進区間
H-H'	被害	350・塩ビ	200	Ap,As	
I-I'	被害	200・塩ビ	100～1100	Ap,As	敷設深度が深くなるに伴い浮上量が大きくなる。
I-I'	無被害	200・塩ビ		Ap,As	敷設深度は浅く、泥炭層の上端部付近が管底となる。
J-J'	無被害	250・塩ビ		Ng	管底付近の N 値は 20～40、泥炭層のあるところに被害が発生
K-K'	被害	250・塩ビ	200～1500	AsAp	管底が As の箇所の浮上量は 1000mm 以上となる。
L-L'	被害	250・塩ビ	100～1100	Ap,Ng	管底が Ap の箇所の浮上量は 1000mm 以上となる。
L-L'	被害	250・塩ビ	200～800	Ng	管底が Ng と As の境界、浮上量は 200～800mm 以上となる。
M-M'	被害	250・塩ビ	100～300	As,Ap	
M-M'	被害	350・塩ビ	50～60	Ng	Ng の N 値は 10～15

4.2 管渠被害と地盤構成の検討

下水道管渠の被害には、埋戻し土と原地盤部の液状化が関与していると考えられるため、以下の地盤条件、構造条件について被害地点と無被害地点の比較検討を行った。また、これらと管渠の浮上がり量との相関についても検討した。ここで、検討対象とした地盤および構造条件を表す諸量の定義を図4.8に示す。これらの諸量について被害区間、無被害区間毎に集計した一覧を表4.4および表4.5にそれぞれ示す。



- H2：管渠以深のAs層（液状化層）厚
- H3：管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ
- H4：地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）
- H5：管渠の浮上がり量
- H6：管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層（Ap層）厚
- H7：管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚
- H8：マンホール底面以深のAs層（液状化層）厚
- H9：マンホール底面からAs層（液状化層）上面までの深さ
- H10：マンホールの浮上量

図4.8 検討対象としたパラメータの定義

表4.4(1) 管路被害箇所集計一覧 (その1)

	路線	人孔番号	断面	管種	管径	土層名	主要土層	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₁ (m)	H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	H ₉ (m)	H ₁₀ (m)
被害	83	35	L-L	VU	250	Ng	Ac	u	u	3.40	0.67	0.90	2.70	u	u	0.22
	83	34	L-L	VU	250	Ng	Ac	u	u	3.10	0.27	0.20	1.80	u	u	-0.01
	83	33	L-L	VU	250	Ng	As	u	u	2.90	0.38	0.20	1.00	u	u	0.07
	83	32	L-L	VU	250	As	Ac	0.80	-0.90	2.60	0.87	0.40	2.40	u	u	-0.03
	83	30	L-L	VU	250	As	Ac	2.70	0.00	2.40	0.40	0.70	2.30	1.60	-0.80	0.43
	83	8	L-L	VU	250	Ac	Ap	2.20	0.50	2.20	1.07	0.90	2.30	1.70	-0.60	-0.06
	83	20	L-L	VU	250	Ap	Ap	1.50	1.00	2.00	1.13	2.20	2.20	1.80	0.40	0.18
	83	18	L-L	VU	250	Ap	Ap	0.80	1.60	1.80	1.06	2.00	2.00	0.80	0.80	0.13
	83	16	L-L	VU	250	Ap	Ap	1.50	1.80	1.70	0.44	1.70	1.70	1.50	1.30	0.11
	83	14	L-L	VU	250	Ap	Ap	2.50	1.40	1.60	0.35	1.60	1.60	1.90	1.30	0.10
	83	13	L-L	VU	250	Ap	Ap	2.50	1.40	1.50	0.44	1.50	1.50	2.50	0.90	0.01
	83	12	L-L	VU	250	Ap	Ap	2.70	0.70	1.40	0.24	1.40	1.40	u	u	-0.03
	84	11	L-L	VU	200	Ap	Ap	0.70	1.20	1.40	0.20	1.40	1.40	u	u	0.00
	84	33	L-L	VU	200	Ap	Ap	0.50	1.60	1.40	0.11	1.40	1.40	u	u	0.00
	84	32	L-L	VU	200	Ap	Ap	0.70	1.30	1.40	0.12	1.40	1.40	0.70	0.80	-0.01
	84	31	L-L	VU	200	Ap	Ap	1.40	1.70	1.30	0.01	1.30	1.30	0.90	0.90	-0.01
	86	6	L-L	VU	250	Ap	Ap	1.00	1.50	2.30	0.27	2.30	2.30	1.10	0.80	-0.01
	86	4	L-L	VU	250	Ap	Ap	1.70	1.50	1.70	0.04	1.70	1.70	1.00	1.40	0.02
	130	26	E-E	VU	250	As	As	0.80	-1.50	1.50	0.72	1.50	1.50	u	u	0.08
	130	25	E-E	VU	250	Ap	Ap	無	無	1.40	0.26	1.40	1.40	無	無	0.09
	130	23	E-E	VU	250	Ap	Ap	無	無	1.30	0.44	1.30	1.30	無	無	0.11
	130	53	E-E	VU	250	Ap	Ap	0.60	1.60	1.40	0.43	1.40	1.40	0.20	1.00	0.11
	130	52	E-E	VU	250	Ap	Ap	1.30	1.50	1.40	0.15	1.40	1.40	1.00	1.00	0.11
	130	48	E-E	VU	250	Ap	Ap	1.80	1.50	1.30	0.18	1.30	1.30	1.60	1.00	0.07
	130	47	E-E	VU	250	Ap	Ap	2.10	1.50	1.30	0.14	1.30	1.30	1.90	1.00	-0.04
	130	46	E-E	VU	250	Ap	Ap	2.20	1.60	1.30	0.03	1.30	1.30	2.10	1.10	0.01
	130	45	E-E	VU	250	Ap	Ap	2.70	1.50	1.30	-0.07	1.30	1.30	2.60	1.00	-0.05
	87	34	F-F	VU	200	As	As	1.00	-1.80	3.20	0.36	0.00	0.00	0.40	-2.40	-0.02
	87	61	F-F	VU	200	As	As	1.00	-1.70	3.10	0.36	0.00	0.00	0.50	-2.20	-0.02
	87	60	F-F	VU	200	Ac	Ap	1.10	0.00	2.90	0.37	1.50	2.50	0.50	-0.70	0.07
	87	46	F-F	VU	200	Ac	Ap	0.80	0.40	2.80	0.10	1.50	2.40	0.70	-0.30	0.01
	87	45	F-F	VU	200	Ac	Ap	0.90	0.60	2.60	0.20	1.40	2.00	0.90	0.00	0.02
	88	38	F-F	VU	200	As	Ap	0.90	-1.00	2.30	0.05	1.30	1.30	0.90	0.30	0.00
	88	16	F-F	VU	200	As	Ap	0.30	-0.80	2.00	0.20	1.40	1.40	0.70	0.70	0.01
	88	15	F-F	VU	200	As	Ap	0.20	-0.50	1.80	0.22	1.40	1.40	0.50	0.90	-0.05
	88	14	F-F	VU	200	As	Ap	0.20	-0.10	1.60	0.10	1.40	1.40	0.30	1.00	-0.02
	131	30	A-A	VU	250	Ac	Ap	0.30	-0.30	2.90	0.35	1.80	2.30	u	u	0.02
	131	29	A-A	VU	250	Ac	Ap	1.60	-0.60	2.60	0.14	0.90	1.60	u	u	0.03
	131	28	A-A	VU	250	Ap	Ap	無	無	2.50	0.16	1.70	1.70	無	無	0.02
	131	27	A-A	VU	250	Ap	Ap	無	無	2.70	0.13	2.70	2.70	無	無	-0.05
	131	25	A-A	VU	250	Ap	Ap	2.00	1.40	2.60	0.16	2.30	2.30	u	u	-0.05
	129	20	D-D	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.00	0.10	0.00	0.00	無	無	0.00
	129	19	D-D	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.80	0.06	0.00	0.00	無	無	0.01
	129	18	D-D	VU	250	As	As	0.30	-1.30	1.20	0.01	0.00	0.00	u	u	-0.13
	129	46	D-D	VU	250	As	As	0.60	-1.50	1.50	0.25	0.00	0.00	u	u	-0.66
	129	45	D-D	VU	250	As	As	1.20	-1.70	1.80	0.30	0.00	0.00	0.40	-2.20	-0.01
	129	44	D-D	VU	250	As	Ap	1.50	-0.40	2.20	0.31	1.90	1.90	0.90	-1.20	0.02
	129	43	D-D	VU	250	As	Ap	1.80	-0.20	2.10	0.30	1.90	1.90	1.10	-0.70	0.13
	129	42	D-D	VU	250	As	Ap	1.80	0.00	2.20	0.29	2.10	2.10	1.40	-0.50	0.05
	129	36	D-D	VU	250	Ap	Ap	1.80	0.30	1.90	0.09	1.90	1.90	1.10	-0.50	0.00

注： 無 As層が存在しない
u As層が管渠より上方
欠 変位が測定されていない
土層名 管渠の埋設位置の土層名
主要土層名 管渠の位置より上方で地下水位以下にある主要な土層

表4.4(2) 管路被害箇所集計一覧 (その2)

	路線	人孔番号	断面	管種	管径	土層名	主要土層	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	H ₉ (m)	H ₁₀ (m)
被害	127	12	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.90	0.23	0.00	0.00	無	無	0.00
	127	14	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.60	0.20	0.00	0.00	無	無	0.00
	127	13	C-C	VU	200	Ng	Ng	無	無	1.50	0.19	0.00	0.00	無	無	0.00
	131	36	J-J	VU	250	Ng	Ap	無	無	2.60	0.21	1.00	1.00	無	無	0.02
	136	45	H-H	VU	350	As	As	0.50	-3.10	3.00	0.30	0.00	0.50	u	u	0.00
	136	44	H-H	VU	350	Ap	As	0.40	0.30	2.90	0.24	1.20	1.50	u	u	0.03
	87	42	H-H	VU	350	Ap	Ap	1.00	0.80	2.70	0.06	1.70	1.70	u	u	0.00
	87	37	H-H	VU	350	Ap	Ap	1.00	0.70	2.90	0.15	1.90	1.90	u	u	0.00
	87	36	H-H	VU	350	As	Ap	0.00	-1.40	3.00	0.22	1.80	1.80	u	u	-0.02
	87	35	H-H	VU	350	As	As	0.20	-1.50	3.10	0.23	0.00	0.00	u	u	-0.02
	119	35	M-M	VU	250	As	As	0.80	-1.20	1.10	0.16	0.00	0.00	0.30	-1.60	0.04
	119	37	M-M	VU	250	As	As	0.30	-1.50	1.40	0.18	0.00	0.00	0.10	-1.80	0.04
	119	38	M-M	VU	250	As	As	0.10	-1.70	1.60	0.19	0.00	0.00	u	u	0.15
	119	39	M-M	VU	250	As	As	0.00	-1.80	1.70	0.21	0.00	0.00	u	u	0.10
	119	40	M-M	VU	250	As	As	0.00	-1.70	1.90	0.34	0.20	0.20	u	u	0.28
	119	41	M-M	VU	250	As	As	0.00	-1.20	2.00	0.26	0.80	0.80	1.80	0.10	0.09
	119	42	M-M	VU	250	Ap	As	2.40	0.60	3.30	欠	1.10	1.10	2.30	0.20	0.18
	118	49	M-M	VU	350	As	As	0.90	-1.50	4.20	欠	1.80	1.80	0.40	-2.00	
	118	17	M-M	VU	350	As	As	0.80	-1.50	4.10	欠	1.80	1.80	0.40	-2.00	
	118	16	M-M	VU	350	Ng	As	u	u	4.00	欠	0.70	0.70	u	u	
	118	15	M-M	VU	350	Ng	As	u	u	3.80	欠	0.40	0.40	u	u	
	118	14	M-M	VU	350	Ng	As	u	u	3.30	0.05	0.50	0.50	u	u	0.02
	118	13	M-M	VU	350	Ng	As	u	u	3.00	0.06	1.30	1.30	u	u	0.04
	118	12	M-M	VU	350	Ng	As	u	u	2.50	0.04	1.10	1.10	u	u	0.03
	81	8	K-K	VU	250	Ac	Ap	1.40	0.20	2.00	0.54	1.30	2.10	1.10	-0.20	-0.03
	81	12	K-K	VU	250	Ac	Ap	1.30	0.10	2.20	1.12	1.30	2.30	1.10	-0.30	0.36
	81	15	K-K	VU	250	Ac	Ap	1.40	0.00	2.30	1.41	1.30	2.50	0.90	-0.50	0.23
	81	16	K-K	VU	250	As	Ap	1.20	-0.10	2.40	0.61	1.20	2.40	0.80	-0.50	0.15
	81	19	K-K	VU	250	As	Ac	1.10	-0.10	2.60	1.50	1.20	2.60	0.70	-0.60	0.11
	81	21	K-K	VU	250	As	Ac	0.90	-0.20	1.80	0.69	1.20	2.70	0.50	-0.70	0.14
	81	22	K-K	VU	250	As	Ac	0.80	-0.20	3.00	0.90	1.20	2.80	0.30	-0.70	0.26
	81	24	K-K	VU	250	As	Ac	0.70	-0.30	3.70	0.81	1.20	2.40	0.30	-0.80	0.06
	81	26	K-K	VU	250	As	As	0.50	-0.40	3.40	0.58	1.20	2.20	0.20	-0.80	0.21
	81	28	K-K	VU	250	As	As	0.50	-0.50	3.50	0.32	1.20	2.20	u	u	0.09
	81	29	K-K	VU	250	As	As	0.40	-0.60	3.70	0.29	1.20	2.10	u	u	0.22
	81	31	K-K	VU	250	As	As	0.30	-0.80	3.80	0.24	1.30	2.10	u	u	0.17
	81	32	K-K	VU	250	As	As	0.20	-1.00	4.00	0.06	1.30	2.00	u	u	0.06
	81	33	K-K	VU	250	Ac	As	u	u	4.90	0.02	1.30	2.10	u	u	-0.07
	123	34	K-K	VU	250	Ap	Ap	1.30	0.10	2.70	欠	1.90	1.90	0.90	-0.40	0.02
	123	46	K-K	VU	250	As	As	1.40	-1.40	2.50	0.03	1.20	1.20	1.00	-2.30	-0.02
	123	44	K-K	VU	250	As	As	0.70	-2.10	2.00	0.09	0.00	0.00	0.30	-2.70	-0.03
	123	43	K-K	VU	250	As	As	1.10	-1.70	1.60	0.08	0.00	0.00	0.50	-2.30	0.02
	123	42	K-K	VU	200	As	As	1.40	-1.50	1.40	0.05	0.00	0.00	0.80	-2.10	0.02
	135	8	I-I	VU	200	Ap	Ap	2.00	0.30	2.30	0.11	2.10	2.10	1.50	-0.50	0.01
	135	7	I-I	VU	200	As	Ap	2.70	-0.40	2.00	1.15	1.70	1.70	2.00	0.00	0.02
	135	6	I-I	VU	200	As	Ap	2.70	-0.20	1.50	0.40	1.40	1.40	2.20	-0.80	-0.02
	135	5	I-I	VU	200	Ap	Ap	2.00	0.30	1.00	0.41	1.00	1.00	2.40	-0.70	-0.03
	135	4	I-I	VU	200	Ap	Ap	1.10	1.10	0.50	0.32	0.50	0.50	1.30	0.50	-0.04
	135	3	I-I	VU	200	Ap	Ap	無	無	0.20	0.14	0.20	0.20	1.00	0.80	-0.02
	135	2	I-I	VU	200	Ap	Ap	無	無	0.00	0.06	0.00	0.00	無	無	-0.03

注： 無 As層が存在しない
u As層が管渠より上方
欠 変位が測定されていない
土層名 管渠の埋設位置の土層名
主要土層名 管渠の位置より上方で地下水位以下にある主要な土層

表4.5 管路無被害箇所集計一覧

	路線	人孔番号	断面	管種	管径	土層名	主要土層	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	H ₉ (m)	H ₁₀ (m)
無被害		C1	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.80	-	0.00	0.00	無	無	-
		C2	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.10	-	0.00	0.00	無	無	-
		C3	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.30	-	0.00	0.00	無	無	-
		C4	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.20	-	0.00	0.00	無	無	-
		C5	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.10	-	0.00	0.00	無	無	-
		C6	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.00	-	0.00	0.00	無	無	-
		C7	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.90	-	0.00	0.00	無	無	-
		I1	C-C	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.70	-	0.00	0.00	無	無	-
		B1	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.60	-	0.00	0.00	無	無	-
		B2	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.50	-	0.00	0.00	無	無	-
		B3	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.50	-	0.00	0.00	無	無	-
		B4	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.40	-	0.00	0.00	無	無	-
		B5	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.40	-	0.00	0.00	無	無	-
		B6	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.20	-	0.00	0.00	無	無	-
		B7	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	0.00	-	0.00	0.00	無	無	-
		B8	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	-0.20	-	0.00	0.00	無	無	-
		B9	B-B	VU	250	Ng	Ng	無	無	-0.40	-	0.00	0.00	無	無	-
		J1	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.70	-	0.70	0.70	無	無	-
		J2	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.70	-	0.80	0.80	無	無	-
		J3	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.70	-	1.00	1.00	無	無	-
		J4	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.70	-	0.60	0.60	無	無	-
		J5	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.60	-	0.60	0.60	無	無	-
		J6	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.60	-	0.50	0.50	無	無	-
		J7	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.60	-	0.00	0.00	無	無	-
		J8	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.60	-	0.00	0.00	無	無	-
		J9	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.50	-	0.00	0.00	無	無	-
		J10	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.90	-	0.00	0.00	無	無	-
		J11	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.60	-	0.00	0.00	無	無	-
		J12	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	2.80	-	0.00	0.00	無	無	-
		J13	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	3.00	-	0.00	0.00	無	無	-
		J14	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	3.20	-	0.00	0.00	無	無	-
		J15	J-J	VU	250	Ng	Ap	無	無	3.30	-	1.50	1.50	無	無	-
		J16	J-J	VU	250	Ng	Ap	無	無	3.30	-	2.50	2.50	無	無	-
		35	J-J	VU	250	Ng	Ng	無	無	1.70	-	0.00	0.00	無	無	-
		G1	G-G	VU	350	As	As	1.20	-1.70	3.90	-	1.80	1.80	u	u	-
		G2	G-G	VU	350	As	As	0.40	-1.90	5.00	-	2.00	2.00	u	u	-
		G3	G-G	VU	400	Ng	As	u	u	5.10	-	2.20	2.20	u	u	-
		G5	G-G	VU	400	Ng	Ng	u	u	6.10	-	2.10	2.60	u	u	-
		H6	H-H	VU	400	Ng	As	u	u	4.20	-	0.00	0.70	u	u	-
		H7	H-H	VU	400	Ng	As	u	u	4.20	-	0.00	1.00	u	u	-
		H8	H-H	VU	400	Ng	As	u	u	3.90	-	0.00	0.80	u	u	-
		H9	H-H	VU	400	Ng	As	u	u	3.80	-	0.00	0.50	u	u	-
		H10	H-H	VU	400	Ng	As	u	u	3.50	-	0.00	0.20	u	u	-
		H11	H-H	VU	350	As	As	u	-3.20	3.30	-	0.00	0.20	u	u	-
		43	H-H	VU	350	Ap	Ap	u	u	2.90	-	1.70	1.70	u	u	-
		I1	I-I	VU	200	Ap	Ap	1.90	2.30	0.70	-	0.70	0.70	1.5	1.5	-
		I2	I-I	VU	200	Ap	Ap	1.90	2.30	0.40	-	0.40	0.40	1.4	1.2	-
		I3	I-I	VU	200	Ap	Ap	2.30	2.60	0.00	-	0.00	0.00	0.5	2.1	-
		I4	I-I	VU	200	Ap	Ap	1.40	1.60	0.50	-	0.50	0.50	1.9	1.5	-

注： 無 As層が存在しない
u As層が管渠より上方
欠 変位が測定されていない
土層名 管渠の埋設位置の土層名
主要土層名 管渠の位置より上方で地下水位以下にある主要な土層

(1) 埋戻し土の液状化層厚の影響

釧路沖地震等で浮き上がったマンホールを対象に行われた被害調査および振動台実験の結果から、下水道管路の被災の主たる要因は地下水位以下の埋戻し土の液状化であると考えられている^{4),10)}。ここでは、地下水位下にある埋戻し土が全て液状化したと想定し、地下水面から管渠中心までの深さを埋戻し土の液状化層厚 H_4 として整理し、これと管渠の被害の有無の関係を調べた。ただし、管渠の中心深度が地下水位よりも上にある場合は負の値として表示した。

H_4 の頻度分布を図4.9に示す。ここで、頻度分布は、被害地点、無被害地点について、それぞれの全データ数を全標本数とする相対頻度で示している。以後、度数分布は同様に整理した。また、図中には被害区間、無被害区間のサンプル数および平均値を示した。平均値の比較より、地下水面から管渠中心までの深さ H_4 は被害地の平均2.25mが無被害地の平均2.29mをわずかに下回るが、ほぼ同じような結果といえる。被害地点と無被害地点の埋戻し部の液状化層厚はほぼ同様であるとみることができる。ただし、地下水位は必ずしも地震当時の値ではなく、 H_4 にはある程度の誤差が含まれていることに留意する必要がある。

管の浮上がり量(H_5)と地下水面から管渠中心までの深さ (H_4) との相関図を図4.10に示す。各データは、管周辺の原地盤部の土質 (A_c , A_p , A_s , N_g 層) に応じて異なる記号で表示した。目立った相関は見られないが、特に、地下水面から管渠中心までの深さ (H_4) に対する浮上がり量(H_5)の最大値に着目すると、明確な比例関係が見られる。また、地下水位下の埋戻し土の層厚(H_4)が1 m程度以上のときに50cm以上の比較的大きな浮上がりが生じていることがわかる。したがって、比較的大きな浮上がりが生じるためには、ある程度以上の厚さの地下水位下の埋戻し土の層厚が必要であるといえる。

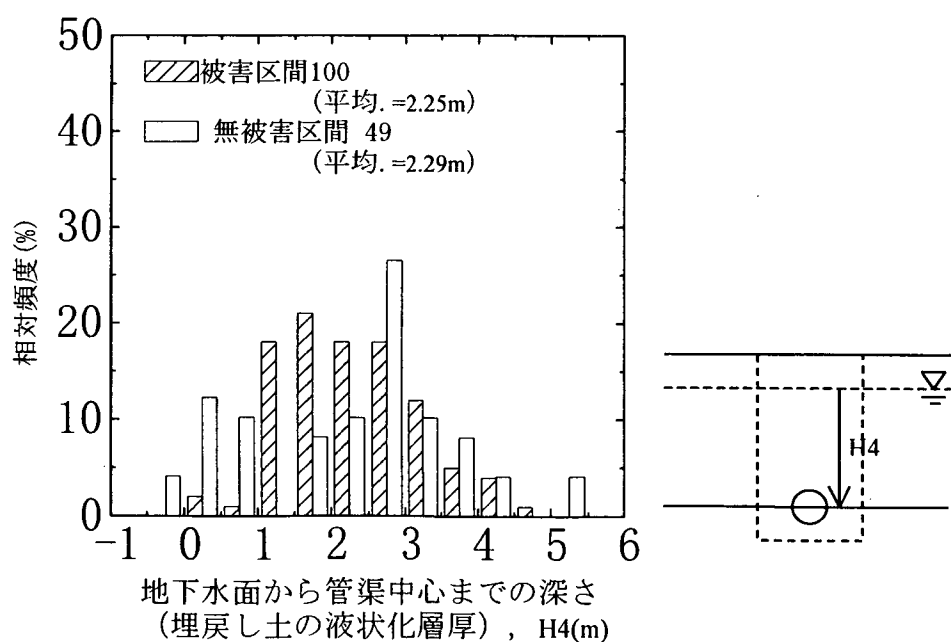


図4.9 地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）(H_4)の頻度分布図

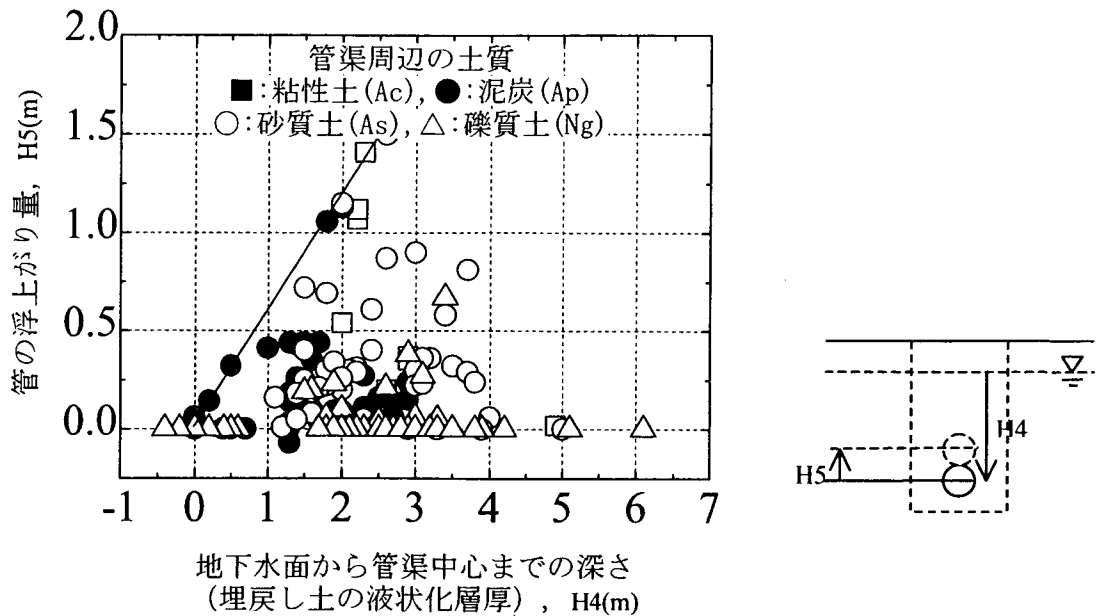


図4.10 地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）(H4)と
管の浮上がり量(H5)との関係

(2) 原地盤部の地盤種別の影響

釧路沖地震及び北海道東方沖地震における釧路市の被害調査結果によると、下水道管渠の浮上がり被害の大小は、原地盤部の地盤種別に大きく依存していることが知られている¹¹⁾。管渠埋設深度における原地盤部の土層を沖積粘土層（Ac層）、泥炭層（Ap層）、沖積砂質土層（As層）および海浜砂礫層（Ng層）に分類し、その頻度分布を被害・無被害区間に分けて整理したものを図4.11に示す。これによれば、両者には明瞭に差異がみられ、被害区間においてはAs, Ap, Ac層が全体の約80%を占めている。これに対して無被害区間ではほとんどがNg層であり、これは無被害区間全体の80%以上を占めている。

つぎに、地下水位以深の主要な土層についてまとめたものを図4.12に示す。ここで、主要な土層とは、管渠位置と地下水位間の最も多く占める土層であり、互層状態の場合、構成が最も主体を占める層とした。これによれば、被害区間でAs, Ap層が卓越し、無被害区間でNg層が卓越する傾向は図4.11と同様であるが、被害区間についてAp層の割合がさらに高くなる。

以上より、標津町の被害事例においても下水道管渠の浮上がり被害の大小は、原地盤部の地盤種別に大きく依存しており、特に、原地盤部のAs層、Ap層が管渠の浮上がりに大きく影響していることが考えられる。As層はN値10以下の緩い砂質土層であり、地震の際に液状化したと想定される。一方、Ng層はN値20～30の比較的締まった砂～礫質土層であり、地震の際に液状化したとは考えにくい。また、ApおよびAc層は透水性の著しく低い層である。これらより、周辺地盤の液状化および周辺地盤の不透水性が埋戻し部の液状化の程度に影響し、管渠の浮上がり被害の大きさに影響したことが推測される。そこで、以下では、周辺地盤の液状化層（As層）および周辺地盤の不透水層（Ap, Ac層）に関する検討を行った。

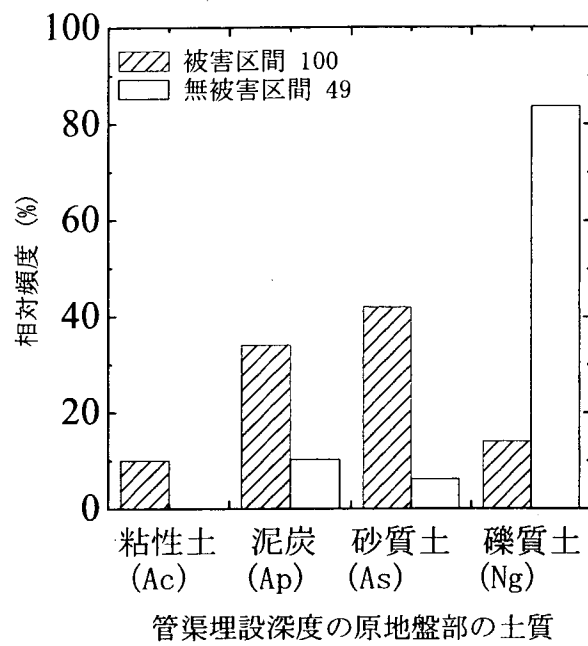


図4.11 管渠埋設深度の原地盤部土質の頻度分布

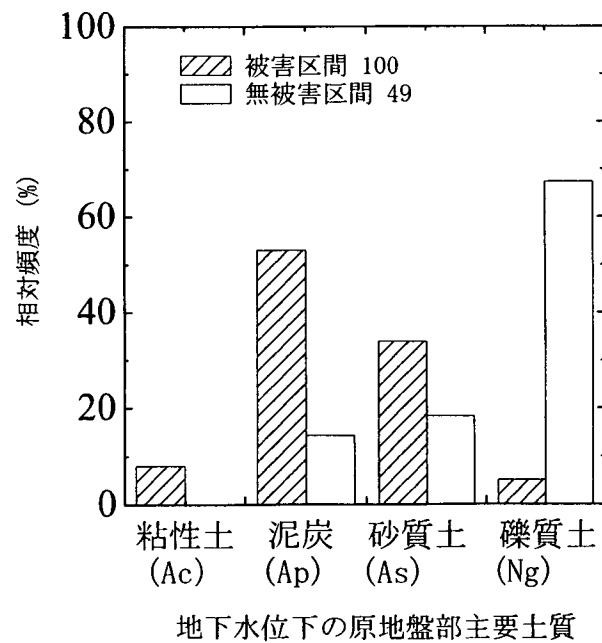


図4.12 地下水位下の原地盤部主要土質の頻度分布図

(3) 原地盤部の液状化層の影響

釧路沖地震で浮き上がったマンホールを対象に行われた被害調査から、下水道管路の被災の主たる要因は地下水位以下の埋戻し土の液状化であり、さらに周辺地盤の液状化の有無が被害の大きさに影響したことがわかっている⁹⁾。また、模型振動台実験から、周辺地盤が液状化する場合の方が管渠の浮き上がり量は大きくなることがわかっている¹⁰⁾。そこで、地下水位以下にあるN値10以下の砂質土層であるAs層が液状化したと想定し、管渠以深の液状化層（As層）厚をH2、管渠中心から液状化層（As層）上面までの深さをH3とし、被害・無被害区間でのH2,H3を頻度分布としてそれぞれ整理した。液状化層の上面が管渠中心深度よりも浅い位置にある場合は、H3を負の値として表示した。さらに液状化層厚H2は管渠中心深度から液状化層の下面までの距離とし、管渠より上方にあるAs層は層厚として考慮していない（図4.8参照）。

まず、管渠以深の液状化層（As層）厚H2に関する検討結果について述べる。

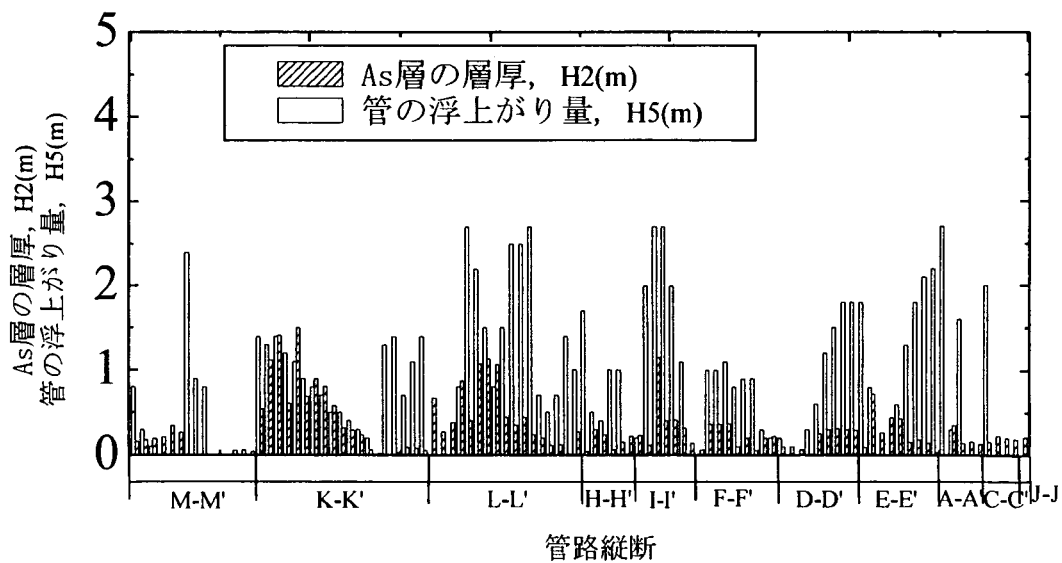
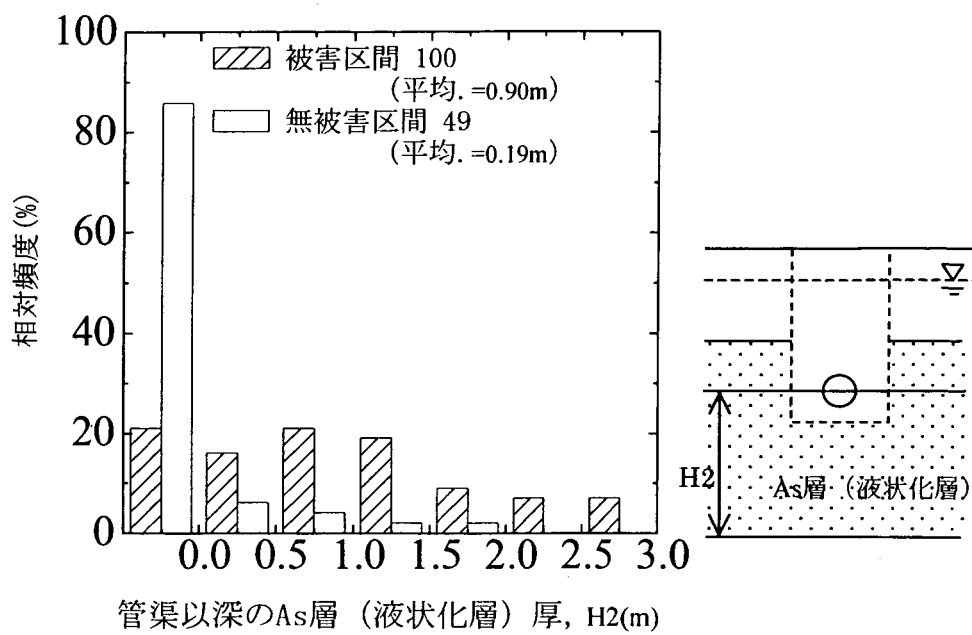
管渠以深のAs層（液状化層）厚(H2)の頻度分布を図4.13に示す。図中には被害区間、無被害区間のサンプル数および平均値を示した。ここで、As層の存在しない地点は層厚を0としてカウントし、図中にはH2<0に示した。これによれば、H2の平均値は被害区間の0.90mに対して無被害区間で0.19mと小さな結果となっている。したがって、平均値で見るとAs層（液状化層厚）の厚い箇所が被害を受けやすい結果を示している。無被害地点ではAs層厚が0、すなわちAs層の存在しない地点が8割以上を占めている一方で、被害地点では8割以上の地点にAs層が存在している。これらのことから周辺地盤の液状化が、管渠の浮上がり被害に影響したことが考えられる。ただし、被害区間においても2割程度は周辺地盤にAs層が存在しないことから、周辺地盤の液状化のみが被害の大小に影響した要因ではないことが考えられる。

被害路線の管路縦断方向における管の浮上量(H5)と原地盤液状化層厚(H2)の関係を図4.14に示す（被害路線の詳細は図4.2参照）。これより、原地盤液状化層厚(H2)が大きいほど浮上り量(H5)は大きくなる傾向が見られる。しかし、中にはH2が2m以上ある地点においても、浮上り量（H5）が0mである路線も存在する。

この関係を確認するため、管渠以深のAs層（液状化層）厚(H2)と管渠の浮上量(H5)の関係を図4.15に示す。ここで、各データは、原地盤部の地盤種別（Ac, Ap, As, Ng層）に応じて異なる記号で表示した。管渠以深のAs層（液状化層）厚H2と管渠の浮上がり量H5の間に明確な相関は見られないが、50cm以上の比較的大きな浮上がりが生じたケースでは、H2はおおむね0.5m以上となっている。つまり、原地盤の液状化層厚が管渠の下方に0.5m以上存在する場合に、大きな浮上がりが生じていることがわかる。また、管渠以深のAs層（液状化層）厚H2が0、すなわち、管渠下方に液状化層の存在しない場合の管渠の浮上がり量はほとんど50cm以下となっている。このことから、周辺地盤の液状化が被害の程度に影響していることが考えられるが、これは、管渠下方の周辺地盤が液状化することで管渠下方の周辺地盤が埋戻し部に回り込み、浮き上がり量が大きくなるためであると考えられる。実際、模型振動台実験においても周辺地盤が液状化する場合に管渠下方で周辺地盤が埋戻し部を押し込むように変形が生じることで浮き上がり量が大きくなっている¹⁰⁾。

次に、管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さについて検討した結果を述べる。

管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ(H3)の頻度分布図を図4.16に示す。ここで、-の値は管渠が液状化層中に埋設されていることを示している。図中には被害区間、無被害区間の平均値をそれぞれ示した。なお、ここでの整理は、周辺地盤にAs層が存在する地点についてのみ検討しているため、サンプル数は



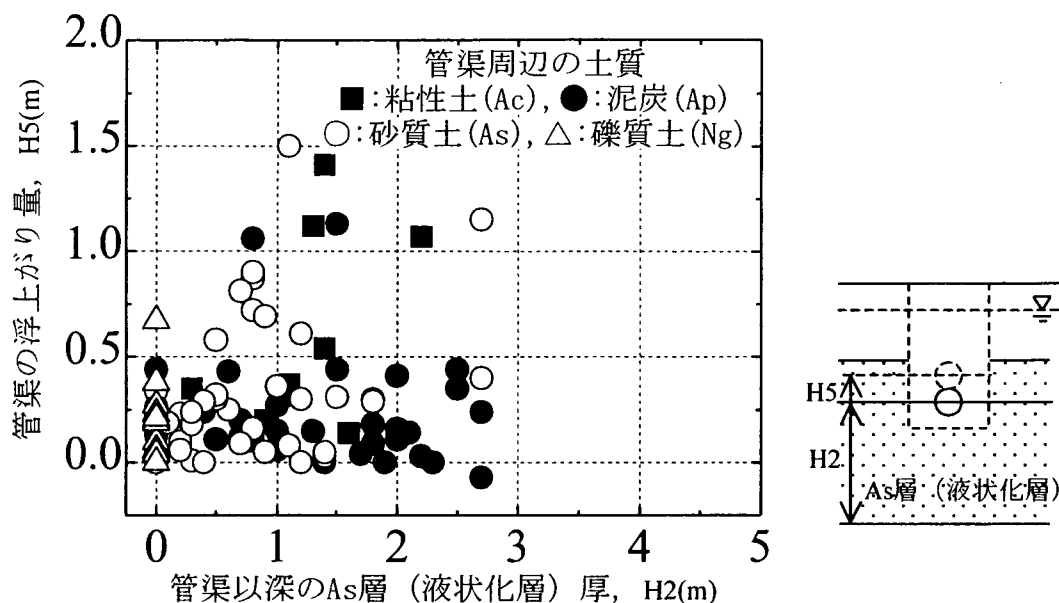


図4.15 管渠以深のAs層（液状化層）厚(H2)と管渠の浮上がり量(H5) との関係

被害区間79, 無被害区間7である。これより, 被害箇所のH3は0付近に集中しているが, 無被害区間は0から離れている。つまり被害地点では液状化層上面付近の深さに管渠が埋設されており, 無被害地点では液状化層上面から離れた深さに埋設されていることがわかる。ただし, 無被害区間のサンプル数が7と少ないため, これらが一般的な傾向であるかどうかは今後の検討を要する。

管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ(H3)と管渠の浮上がり量(H5)の関係を図4.17に示す。ここで, 一の値は管渠が液状化層中に埋設されていることを示しており, 各データは, 原地盤部の地盤種別 (Ac, Ap, As, Ng層) に応じて異なる記号で表示した。したがって, 管渠周辺の土質がAs層である場合は, 当然ながらH3の値は負の値となる。図より, 50cm以上の比較的大きな浮上がりが生じたケースでは, おおむねH3は±1m前後となっている。つまり, 液状化層上面付近に管渠が埋設されている場合に, 大きな浮上がりが生じていることがわかる。これは, 一つの可能性として, 管渠が液状化層上面付近に埋設されていることにより, 周辺地盤の液状化層で生じた過剰間隙水圧の消散に伴う間隙水が管渠周辺の埋戻し部へ流入し, これによって管渠周辺の液状化の程度が高まり, 管渠の被害を大きくしたことが考えられる。

次に, マンホールについての分析結果を述べる。

マンホール底面以深のAs層（液状化層）厚(H8)の頻度分布図を図4.18に示す。図中には被害区間, 無被害区間のサンプル数および平均値をそれぞれ示しているが, As層の存在しない地点は層厚を0としてカウントした。これによれば被害区間におけるマンホール底面下のAs層は, 無被害区間の層厚に比較して厚くなっていることがわかる。管渠の分析結果と同様, マンホール下方の液状化層が被害に影響したことがわかる。マンホール底面以深のAs層（液状化層）厚(H8)とマンホールの浮上量 (H10) との相関を図4.19に示す。また, マンホールの浮上量 (H10) と液状化層上面からマンホール底面までの距離(H9)の相関図を図4.20に示す。管

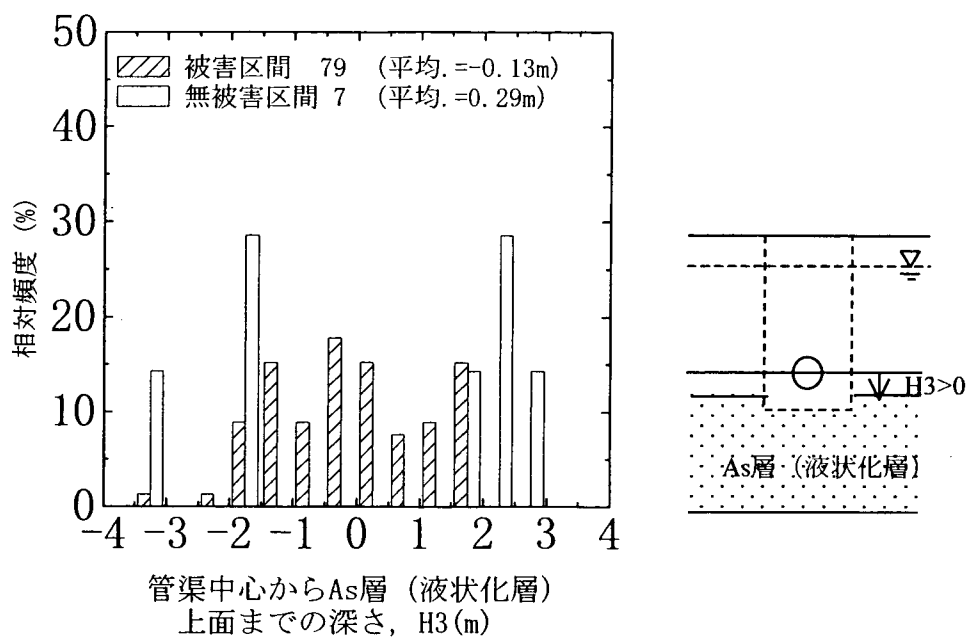


図 4.16 管渠中心からAs層 (液状化層) 上面までの深さ($H3$)の頻度分布図

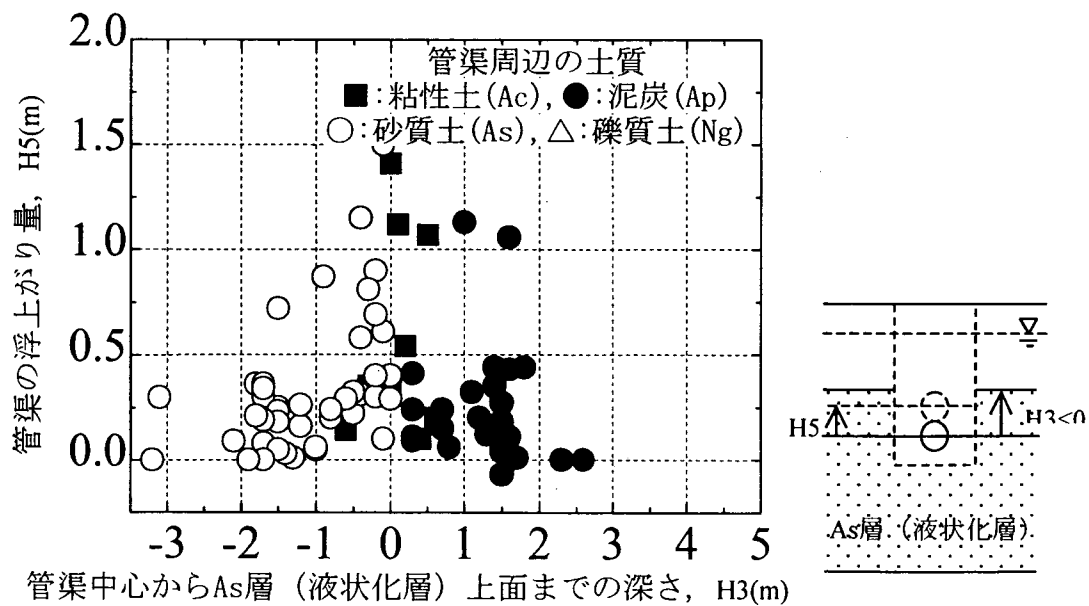


図4.17 地下水面から管渠中心までの深さ (埋戻し土の液状化層厚) ($H3$)と
管渠の浮上がり量($H5$)との関係

渠ほど明確ではないが、管渠で見られた関係と同様、浮上がり量の大きい箇所では、As層が厚くマンホール底面と原地盤液状化層上面までの距離が短い傾向が見られる。

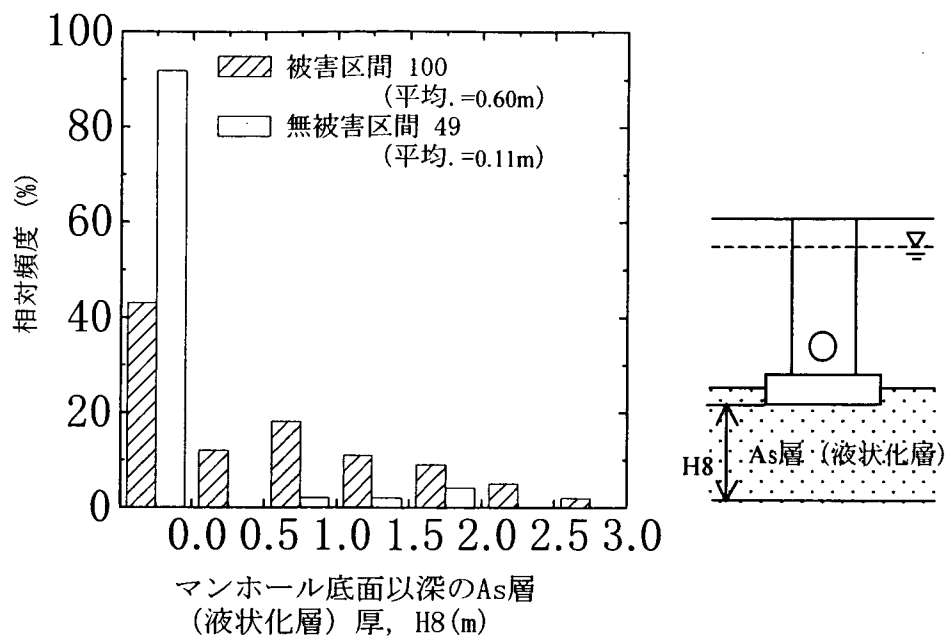


図4.18 マンホール底面以深のAs層 (液状化層) 厚(H8)の頻度分布

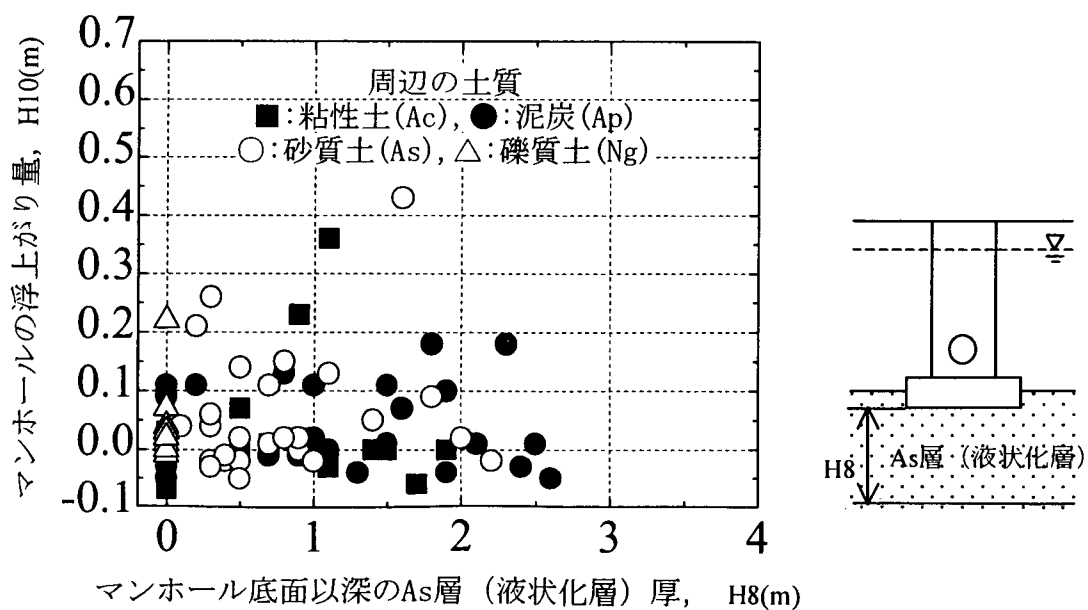


図4.19 マンホール底面以深のAs層 (液状化層) 厚 (H8) と
マンホールの浮上量 (H10) の関係

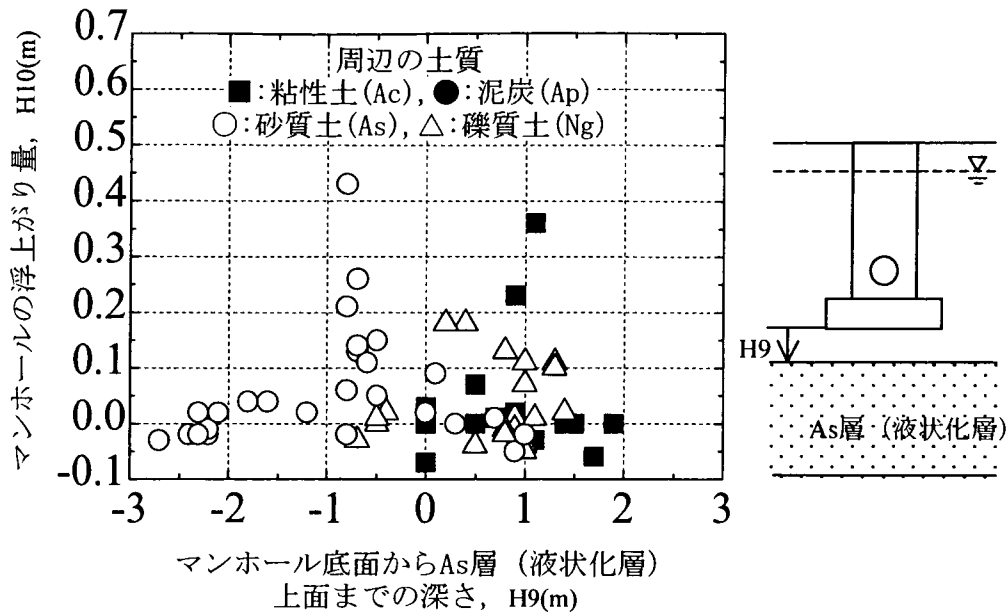


図4.20 マンホール底面からAs層（液状化層）上面までの深さ(H9)と
マンホールの浮上量（H10）との関係

(4) 原地盤部の不透水層厚

低地部のうち湿地部に存在する泥炭層（Ap）は透水性が低いため、地震時にはほぼ不透水層と見なすことができる。北海道東方沖地震により釧路市で生じた管渠の浮上がり被害は、埋戻し部の周囲に泥炭層が存在する場合に著しかったことが報告されている¹¹⁾。そこで、今回の標津町の被害・無被害区間についても、管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層（Ap層）厚をH6として整理した。また、泥炭層と同様に沖積粘土層も透水性が低いことから、不透水層厚として管渠中心より上方にある地下水位以下の厚泥炭層（Ap層）と沖積粘土層（Ac層）の層厚の合計H7についても整理した（図4.8参照）。

管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層（Ap層）厚H6の頻度分布図を図4.21に示す。図中には被害区間、無被害区間の平均値をそれぞれ示しているが、泥炭層の存在しない地点は層厚0としてカウントしている。平均値を見ると、被害箇所の泥炭層厚は無被害箇所に比べて厚い結果となっている。被害発生区間は泥炭地盤が多く、また層厚も厚いことがわかる。被害が多いことの原因として泥炭地盤が非排水であることから埋戻し土の液状化が起りやすくなること、地盤が軟弱であり地震応答が大きくなること、などが考えられる。

管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層(H6)と管渠の浮上がり量(H5)との相関図を図4.22に示す。両者の間には明瞭な相関関係は見られないが、H5の最大値についてみれば、飽和泥炭層厚H6に強く依存しているように見える。

次に、泥炭層と同様に沖積粘土層も透水性が低いことから、不透水層厚として管渠中心より上方にある地下水位以下の厚泥炭層（Ap層）と沖積粘土層（Ac層）の層厚の合計H7について整理した。管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚(H7)の頻度分布図を図4.23に示す。図中には被害区間、無

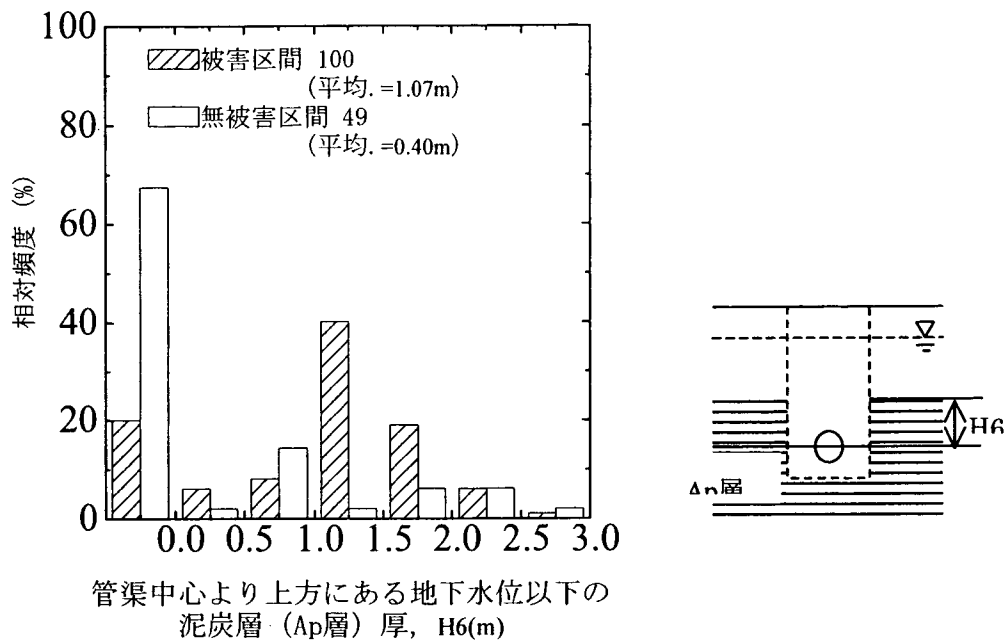


図4.21 管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層 (Ap層) 厚 (H_6) の頻度分布

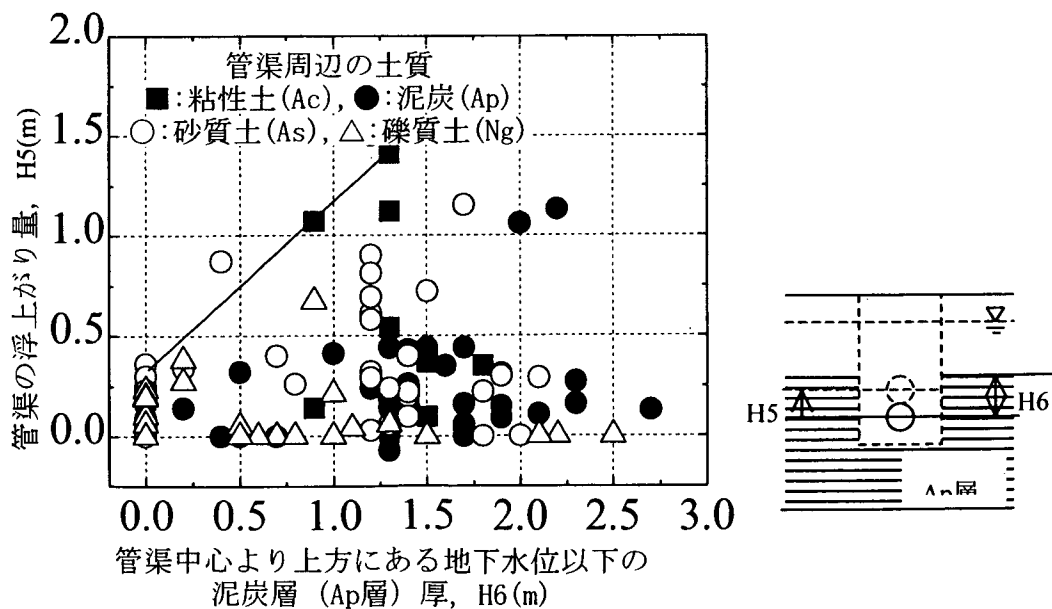


図4.22 管渠中心より上方にある地下水位以下の泥炭層 (Ap層) 厚(H_6)と
管渠の浮上がり量(H_5)の関係

被害区間の平均値をそれぞれ示しているが、Ap、Ac層の存在しない地点は層厚を0としてカウントした。平均値で見ると、不透水層の層厚は被害区間が1.36 m、無被害区間が0.48 mとなっており、被害区間で不透水層が厚くなっている。

管路縦断方向の管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚(H7)と管の浮上量(H5)との関係を図4.24に示す。これをみると管の浮上量が50 cmを越え、路線全線にわたって被害が生じたK-K'、L-L'区間においては、不透水層厚さに応じて浮上がり量(H5)が大きくなる明瞭な対応関係があることがわかる。ただし、浮上がり量が50 cm以下の他の区間での相関は不明瞭である。

これらの関係を明確にするため、管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚(H7)と管の浮上量(H5)との相関図を図4.25に示す。これによれば、両者には比較的良好な相関がみられる。つまり、大規模に浮き上がりが生じたケースでは不透水層（Ap+Ac層）が厚いほど浮上がり量は大きくなる関係が見られる。先に述べたAp層厚H6と管渠の浮上がり量H5の間には、明瞭な相関は見られなかったが、Ap層と同様に透水性の低いAc層を加え、管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚H7として整理することで、浮上がり量H5との相関が高くなった。不透水層厚が厚くなると浮上量が大きくなる原因として、これは周辺地盤に不透水層があると、埋戻し土で発生する過剰間隙水圧が周辺地盤に消散しにくいいため、液状化の程度が高まることが考えられる。

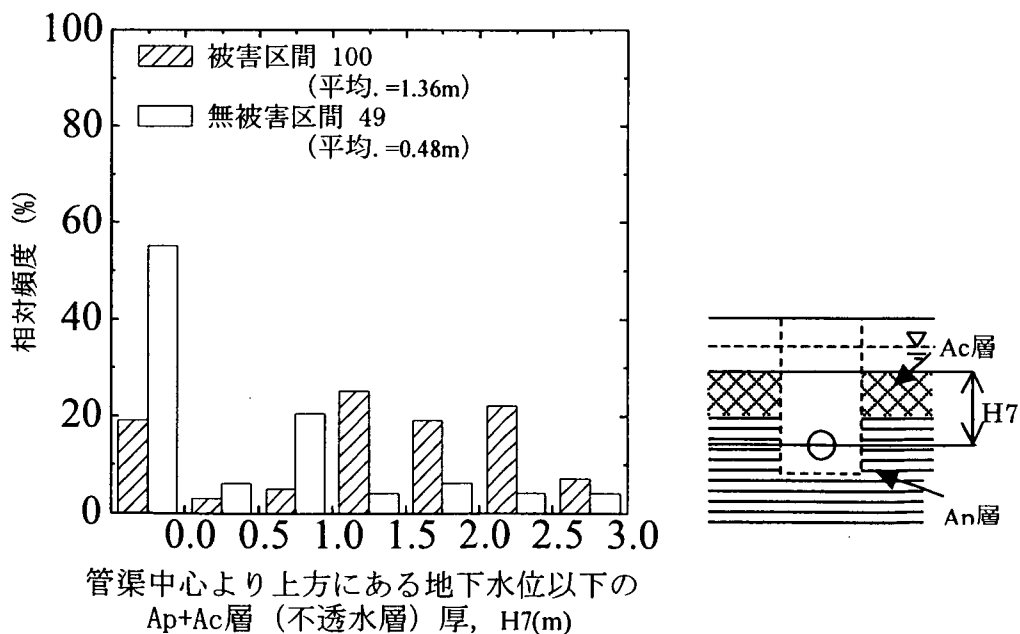


図4.23 管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚(H7)の頻度分布

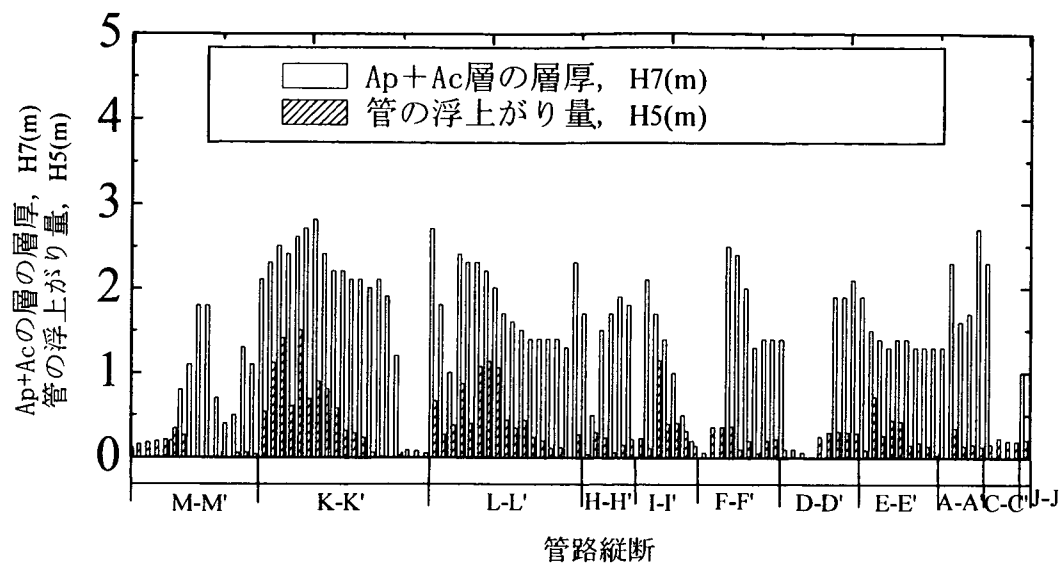


図4.24 管路縦断方向における管渠中心より上方にある地下水位以下の
Ap+Ac層（不透水層）厚(H7)と管渠の浮上量層厚(H5)の関係

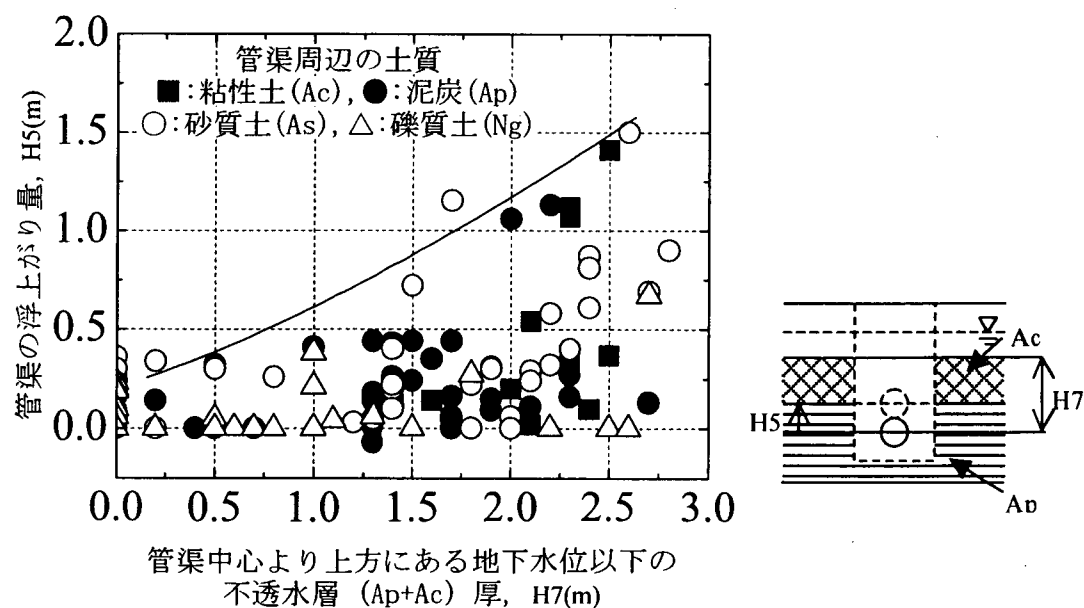


図4.25 管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚(H7)と
管渠の浮上量層厚(H5)の関係

図4.26に、地下水面から管渠中心までの深さ（埋戻し土の液状化層厚）（H4）と管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚(H7)の関係を示す。凡例に示すように、各プロットは浮上量により異なる記号で示した。埋戻し土の液状化層厚（H4）と不透水層厚(H7)の値が等しくなることは地下水以下の原地盤はすべて不透水層からなることを示している。管の浮上量が50cmを越える箇所は不透水層厚さが1.5 mを越える箇所にみられる。さらに浮上量が1.0 mを越える箇所をみると、不透水層層厚は1.5 m以上、かつ不透水層層厚と埋戻し土の液状化層厚がほぼ等しくなっている。すなわち、管渠上方飽和部分はすべて不透水層からなることがわかる。これからも、不透水層が厚いほど、埋戻し土で発生する過剰間隙水圧が周辺地盤に消散しにくいため、管の浮上がり量が大きくなることが推測される。

図4.27に、管渠以深のAs層（液状化層）厚（H2）と不透水層厚(H7)の関係を示す。凡例に示すように、各プロットは浮上量により異なる記号で示した。管の浮上量が50cmを越える箇所は、不透水層厚さが1.5 mを越え、かつAs層が0.7m以上のところに見られる。すなわち、浮上がり量の大きい箇所は、不透水層およびAs層の両者とも存在し、それぞれのある程度の厚さがある場合に限られている。これからも、不透水層が厚いほど、埋戻し土に発生した過剰間隙水圧が消散しにくくなり、さらに、As層が液状化することにより周辺地盤が埋戻し部に回り込むこと、周辺地盤の液状化層で生じた過剰間隙水圧の消散に伴う間隙水が埋戻し部に伝播すること等から、管の浮上がり量が大きくなると考えられる。

図4.28に、管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ（H3）と不透水層厚(H7)の関係を示す。凡例に示すように、各プロットは浮上量により異なる記号で示した。また、H3の定義より、ここではAs層が存在する箇所のみプロットしている。管の浮上量が50cmを越える箇所は、不透水層厚さが1.5 mを越え、かつ管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さが±1m以内、すなわちAs層と不透水層の境界付近に管が埋設されているところに見られる。これからも、不透水層が厚いほど、埋戻し土に発生した過剰間隙水圧が消散しにくくなり、さらに、As層が液状化し、過剰間隙水圧の消散に伴う間隙水が埋戻し部に伝播すること等から、管の浮上がり量が大きくなると考えられる。

不透水層厚(H7)とマンホールの浮上量（H10）の相関を図4.29に示す。管渠と同様にマンホールについても、両者には比較的よい相関がみられる。つまり、大規模に浮き上がりが生じたケースでは不透水層が厚いほど浮上がり量は大きくなる関係が見られる。

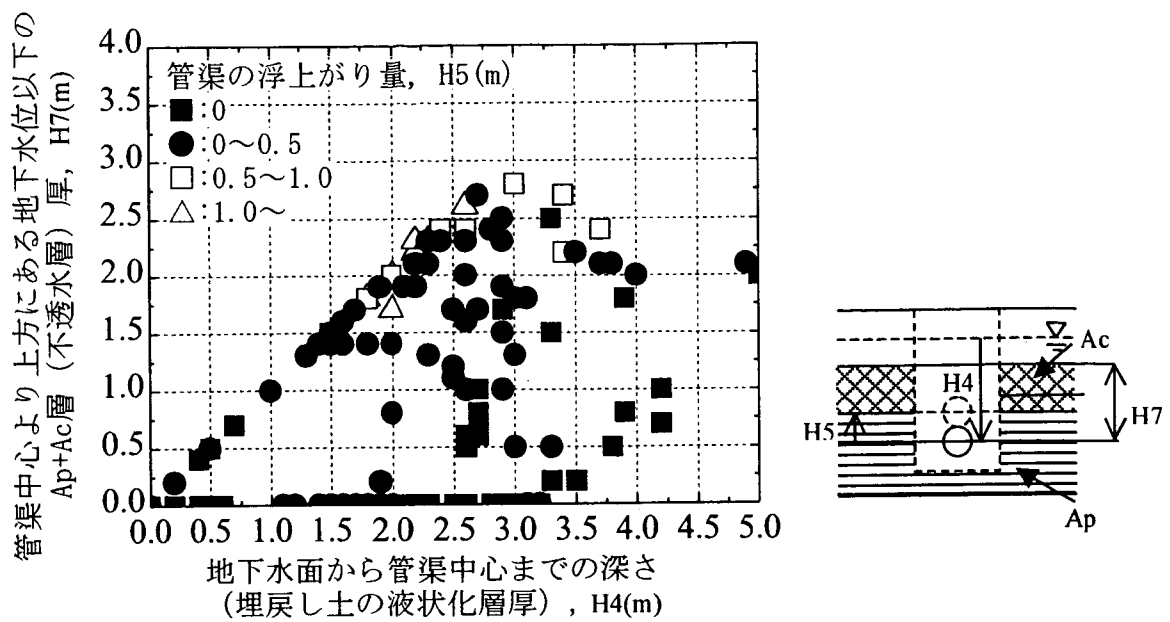


図 4.26 地下水面から管渠中心までの深さ (埋戻し土の液状化層厚) (H_4) と管渠中心より上方にある地下水位以下の $A_p + A_c$ 層 (不透水層) 厚 (H_7) の関係

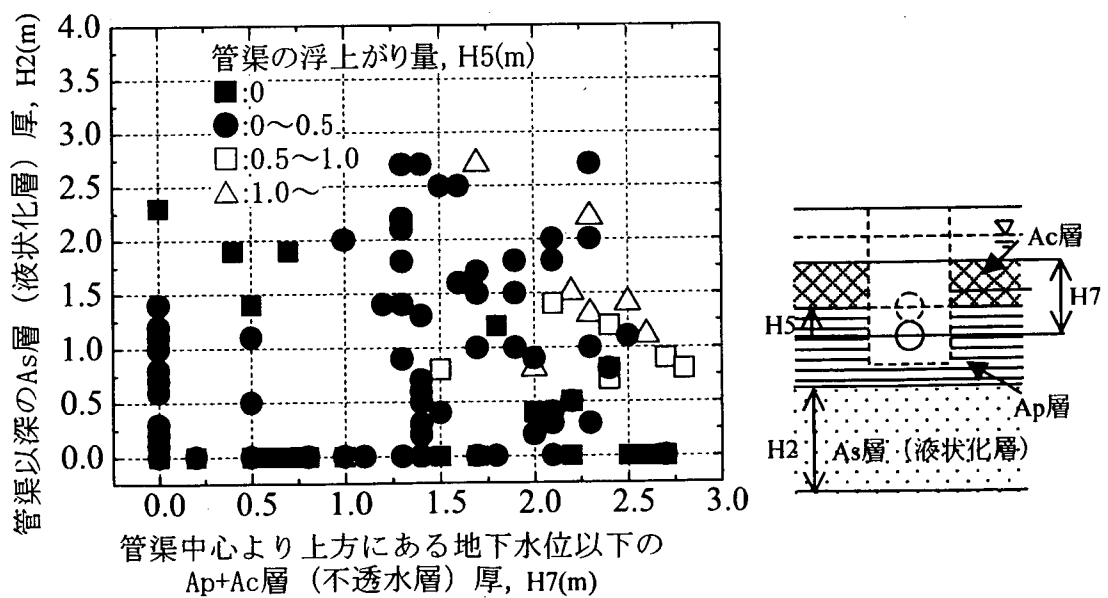


図 4.27 管渠以深の A_s 層 (液状化層) 厚 (H_2) と管渠中心より上方にある地下水位以下の $A_p + A_c$ 層 (不透水層) 厚 (H_7) との関係

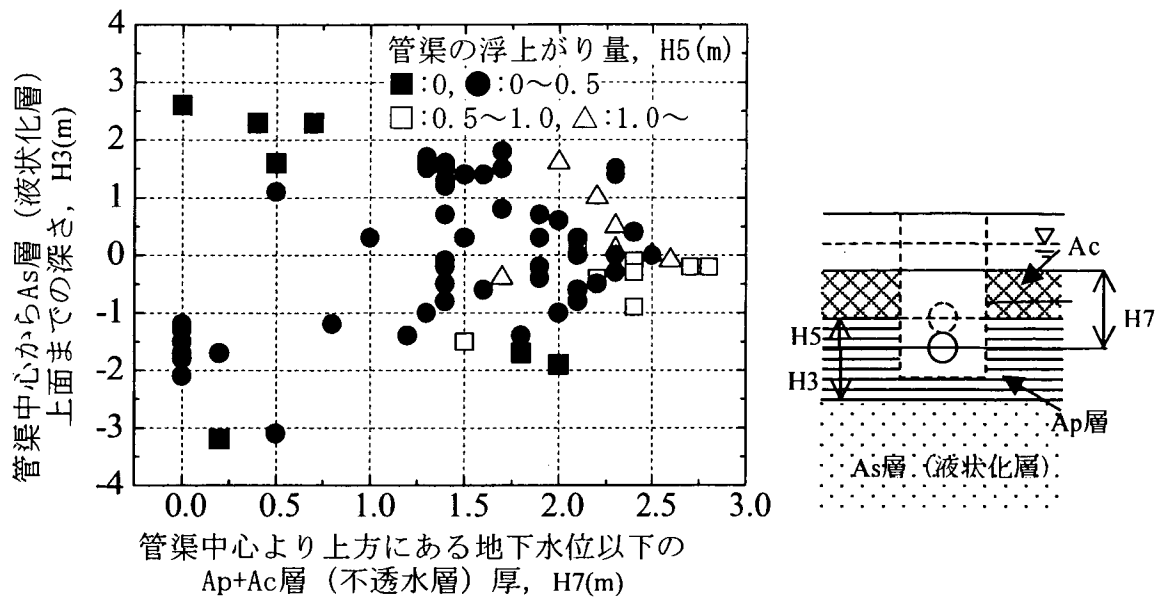


図4.28 管渠中心からAs層（液状化層）上面までの深さ($H3$)と管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚($H7$)の関係

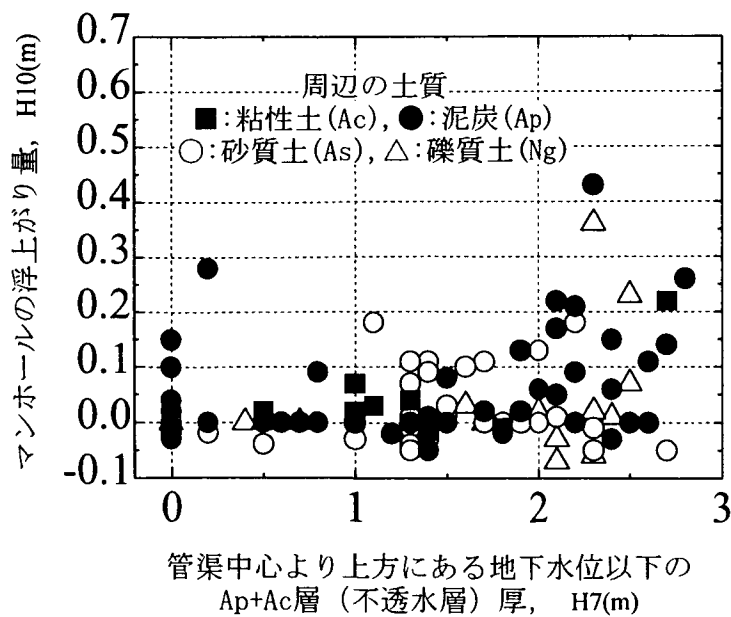


図 4.29 管渠中心より上方にある地下水位以下のAp+Ac層（不透水層）厚($H7$)とマンホールの浮上量($H10$)の関係

5. まとめ

平成6年10月4日に発生した北海道東方沖地震により被災した標津町管内の下水道管路と、その周辺の無被災管路を対象に、地盤条件等の統計的な比較を行い、被災原因について検討した結果を以下にまとめる。

- (1) 東方沖地震による管渠の被害は被害延長10,537.4 mであり、これは敷設全延長18,695.74 mの約56 %にあたる。主に硬質塩化ビニール管が用いられており、小口径（200～250 mm）の管に被害が多かった。被害の種類は管の浮上によるたわみ、ズレ、継ぎ手破損が主な被害形態である。今回観測された管の最大浮上量は150 cmである。なお、釧路沖地震の際には東方沖地震の被害規模の約1/10にあたる1,229.45 mの区間に被害が生じたが、被害区間はすべて後背地であり、そのほとんどが東方沖地震で再被災区間となった。
- (2) 平面的に被害区間と無被害区間をみると、被害は後背地に集中した。管渠の埋設深度付近の土層構成をみると、被害区間は泥炭層Ap、氾濫原堆積物の沖積粘性土層Acおよび砂質土層Asが堆積する地点が多く、海浜砂礫層Ngが堆積する地点は少なかった。一方、無被害区間には海浜砂礫層Ngが堆積するところが多かった。
- (3) 埋戻し土の液状化の影響について、地下水位下にある埋戻し土が全て液状化したと想定し、地下水位から管渠までの深さを埋戻し土の液状化層厚として整理したところ、その平均値は被害地点と無被害地点で有意な差は見られなかった。埋戻し土の液状化層厚と浮上がり量の最大値の間には、明確な比例関係が見られた。
- (4) 原地盤部の液状化の影響について、地下水位以下にある沖積砂質土層（As）が液状化したと想定して整理したところ、管渠よりも下方にある液状化層の厚さの平均値は、被害地点のほうが無被害地点よりも小さかった。また、管渠から液状化層の上面までの距離が0m付近で浮上がり量が大きかった。すなわち、液状化層厚がある程度厚く、液状化層上面付近に管渠が埋設してある場合が被害を受けやすい傾向があるといえる。
- (5) 周辺地盤の不透水層（Ap+Ac層）の影響について、不透水層厚として泥炭層（Ap層）と沖積粘土層（Ac層）の層厚の合計の平均値を算定したところ、被害区間と無被害区間では前者が後者を上回る結果となった。また、不透水層厚（Ap+Ac層）と管の浮上量との関係は、比較的よい相関がみられた。また、浮上がり量の大きい箇所は、不透水層およびAs層の両者とも存在し、それぞれのある程度の厚さがある場合に限られていた。これは周辺地盤に不透水層があると埋戻し土で発生する過剰間隙水圧が周辺地盤に消散しにくいこと、さらに、As層が液状化することにより周辺地盤が埋戻し部に回り込むこと、および周辺地盤の液状化層で生じた過剰間隙水圧の消散に伴う間隙水が埋戻し部に伝播すること等から、より大きな浮上が発生したものと考えられる。この他に、不透水層であるAp層、Ac層は軟弱である（せん断剛性が低い）ため地震時の応答が増幅したことも一因している可能性がある。
- (6) 以上の被災事例の統計的な検討結果より、標津町における下水道管渠被害の主たる要因は埋戻し土の液状化であること、及び、原地盤部に液状化層や不透水層が存在すると被害の程度が大きくなることが考えられた。

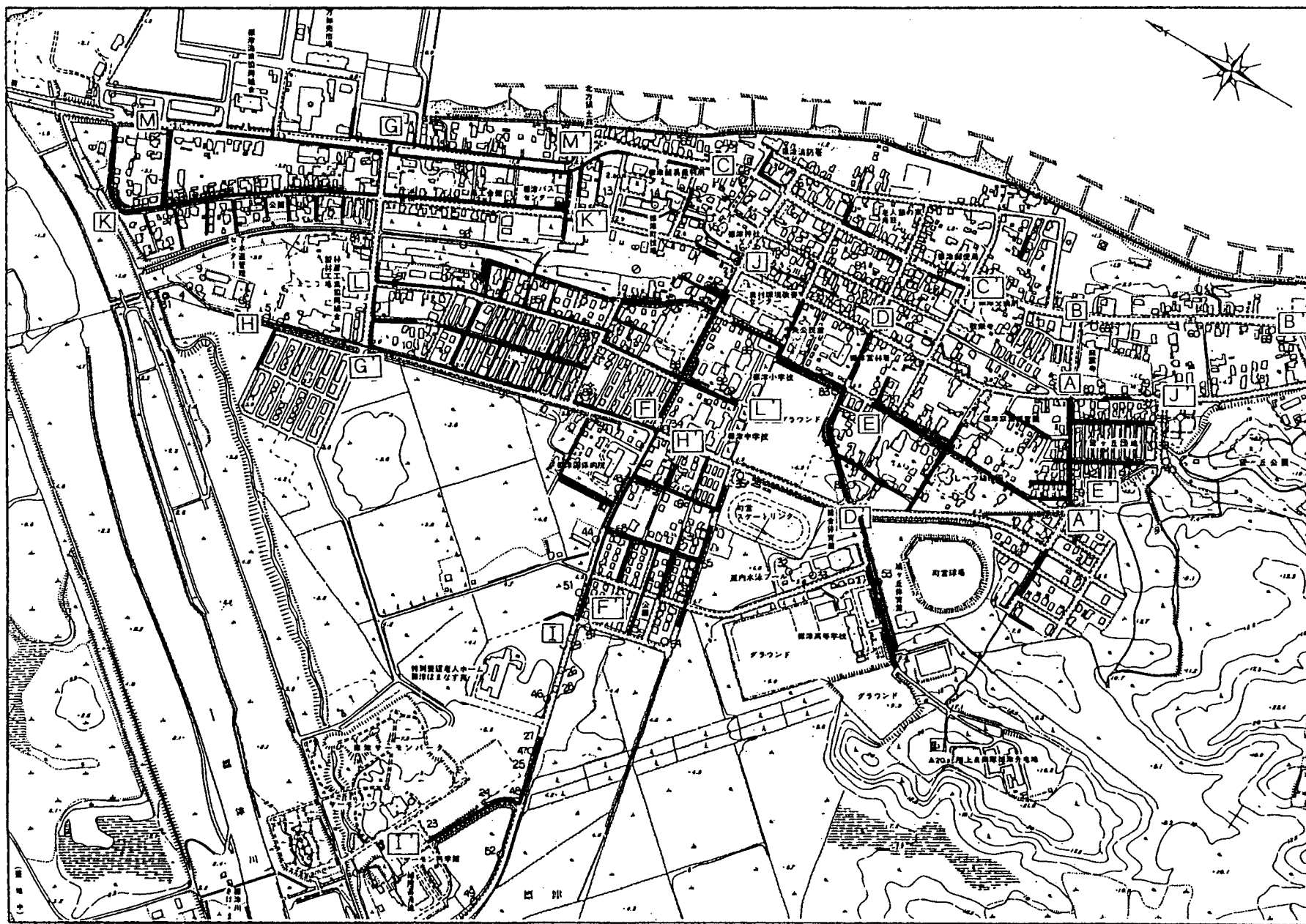
謝辞

本調査で利用した各種の地盤調査結果と、下水道管路の被災調査結果は、標津町建設部より御提供いただいた。ここに記して厚く感謝の意を表する。

参考文献

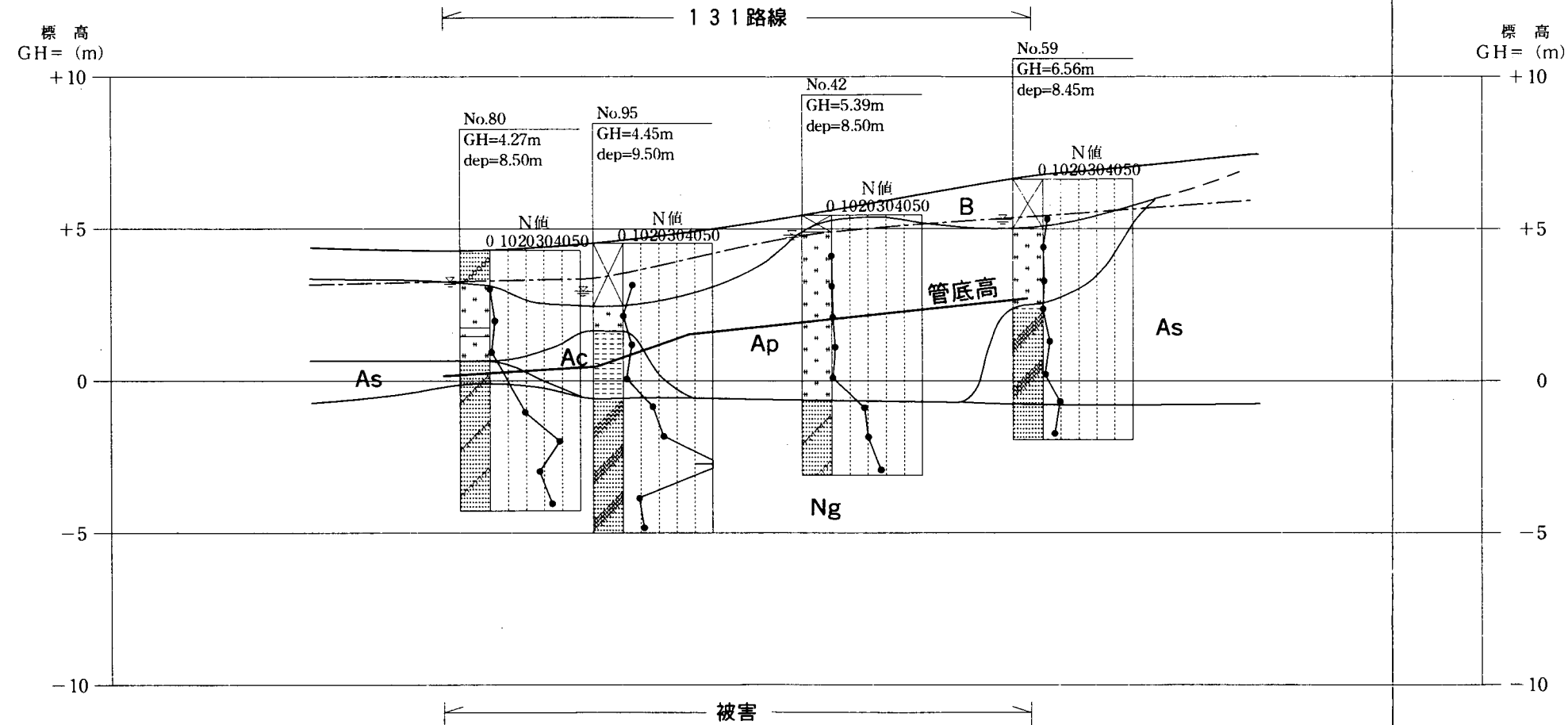
- 1) 建設省土木研究所：平成5年（1993年）釧路沖地震災害調査報告，土木研究所報告第193号，1994.
- 2) 土質工学会：1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書，1994.
- 3) 地盤工学会：1994年北海道東方沖地震災害調査報告書，1998.
- 4) 田中修司，塩路勝久，大塚久哲，二宮嘉朗，松尾修，古関潤一：釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査，土木研究所資料第3275号，1994.
- 5) 土木研究所第一次調査団：平成6年北海道東方沖地震災害調査速報，土木技術資料，Vol.37, No.1, pp.20-27, 1995.
- 6) 地質図幅「標津および野付崎」：道立地下資源調査所
- 7) 気象庁：災害時地震・津波速報－平成6年（1994年）北海道東方沖地震,1994
- 8) 気象庁：気象庁87型電磁式強震記録データ（北海道東方沖地震），1994.
- 9) 標津町災害復旧工事関連資料
- 10) 松尾修，古関潤一，佐々木哲也，近藤浩市，林裕士：管路施設の地震時浮き上がりに関する模型振動実験，土木研究所資料第3486号，1997.
- 11) 松尾修，古関潤一，佐々木哲也，林裕士：1993年釧路沖地震・1994年北海道東方沖地震及び1994年三陸はるか沖地震による下水道管路施設の被災調査，土木研究所資料第3498号，1998.

卷 末 資 料



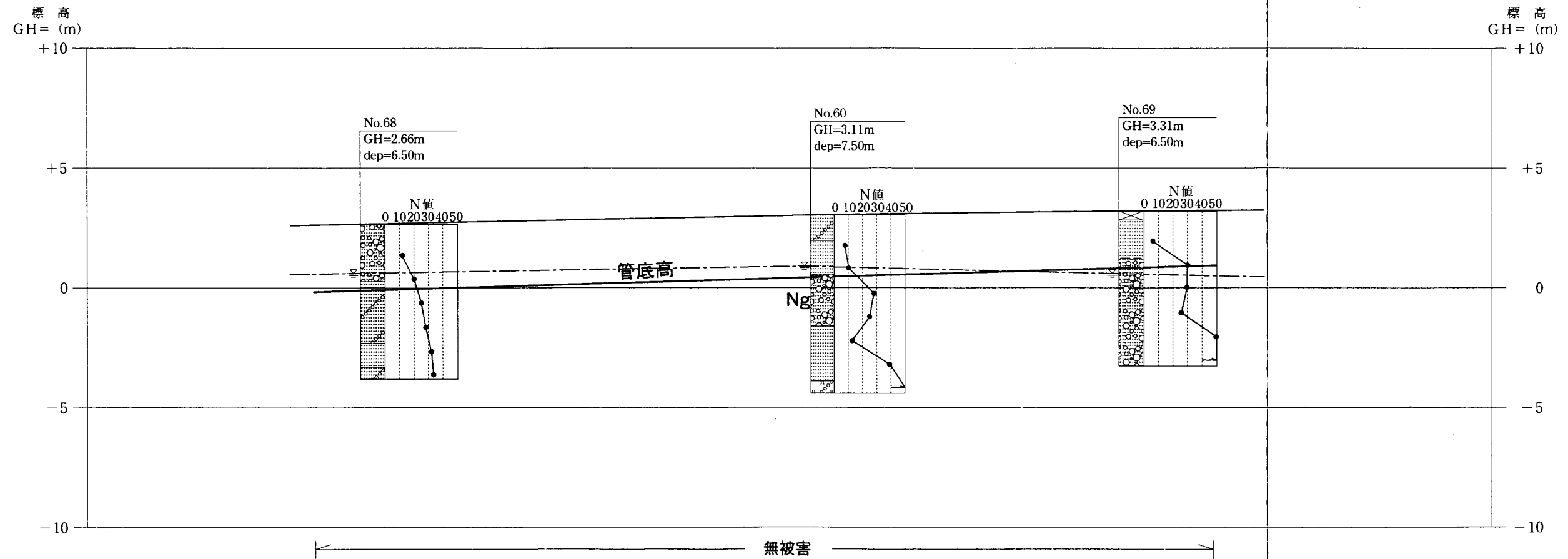
図参1 管渠埋設位置図

A - A'



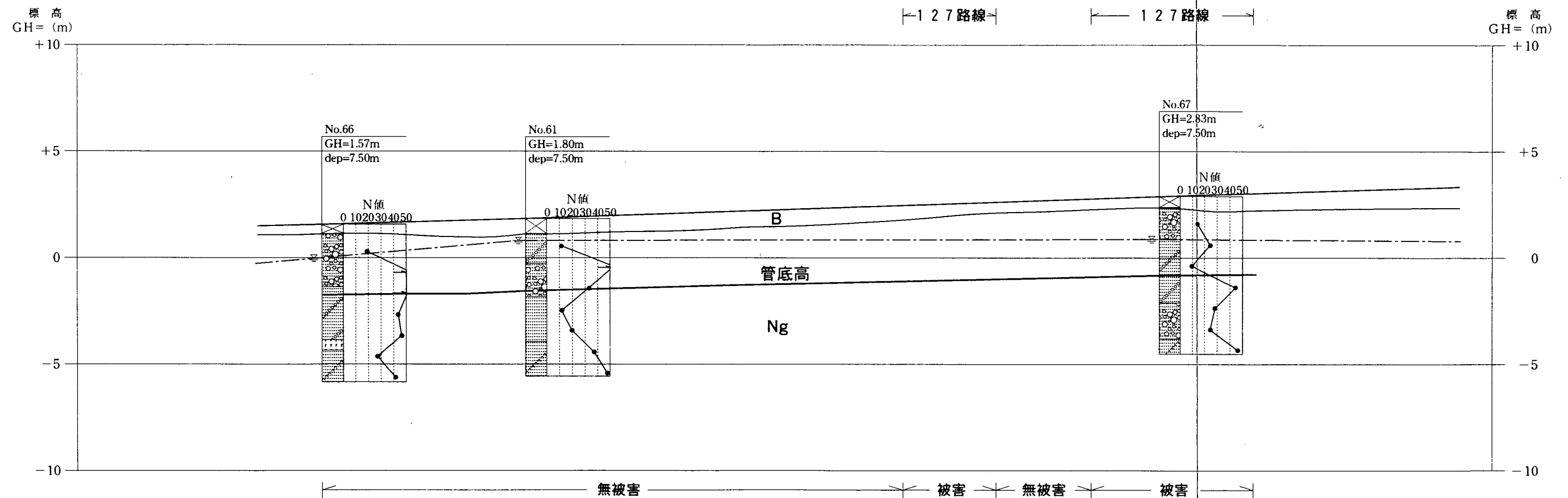
管種・径	30	29	28	27	25	22	
(m) 人孔の延長		49.91	30.03	36.85	41.81	36.42	
(m) 管底高	+0.15	+0.50	+1.61	+1.88	+2.35	+2.76	
(mm) 最大浮上量		+347~-36	+142	+156~-36	+127~-54	+162~-54	
(mm) 水平変位		60 75	10 35	20 40	40 30	35 10	
(mm) 人孔の浮上量	+20	+28	+17	-51	-54	-36	

B - B'



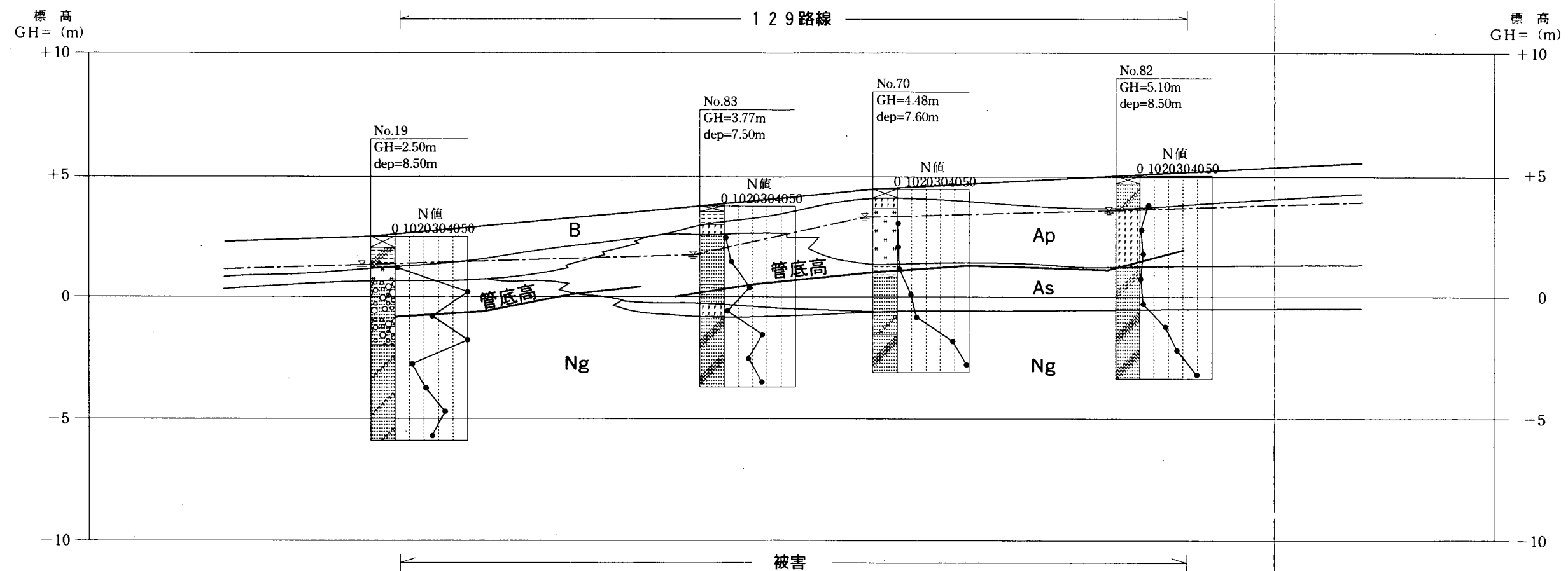
管種・径	φ250 塩ビ									
(m) 人孔の延長	50.49	46.61	45.71	41.09	41.27	41.31	36.06	35.96	38.24	
(m) 管底高	-0.16	-0.04	+0.09	+0.23	+0.35	+0.48	+0.60	+0.72	+0.82	+0.93

C - C'



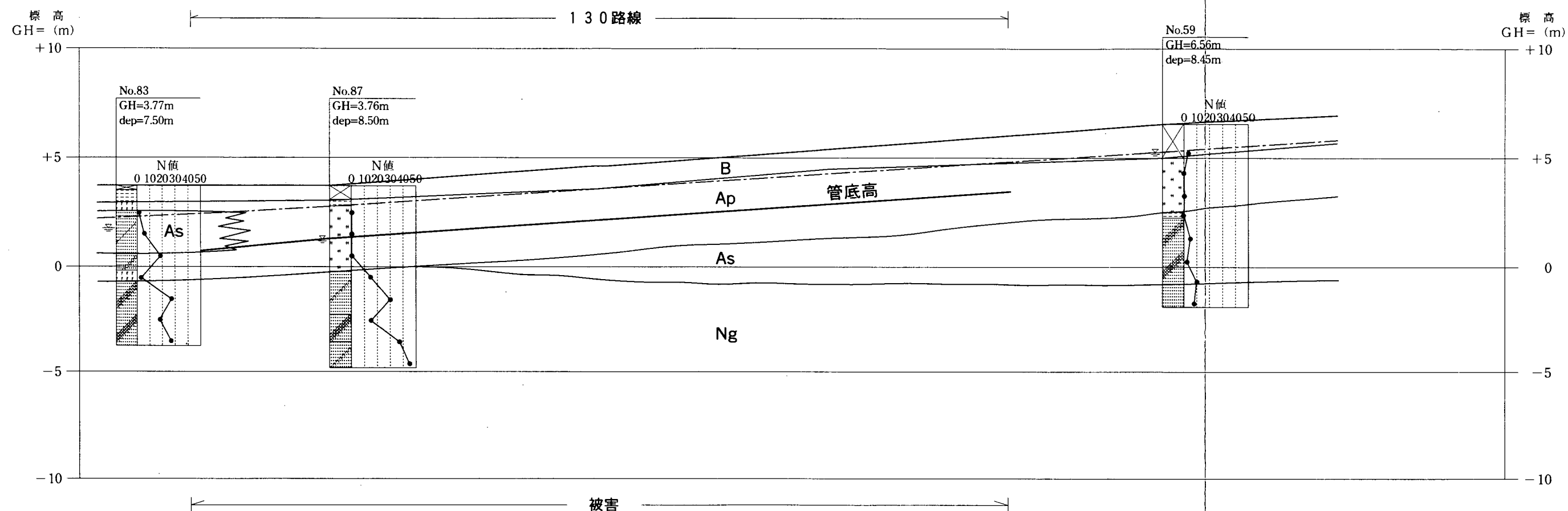
管種・径	φ250 塩ビ											φ250 塩ビ 12
(m) 人孔の延長	34.57	35.85	40.00	27.08	45.08	49.45	43.71	43.82	43.09	38.54	40.57	
(m) 管底高	-1.79	-1.67	-1.62	-1.51	-1.43	-1.36	-1.22	-1.16	-1.02	-0.91	-0.82	-0.72
(mm) 最大浮上量								+232	N	+197	+192	
(mm) 水平変位								110 0	N	0 80	120 0	
(mm) 人孔の浮上量								0	0	0	0	0

D - D'



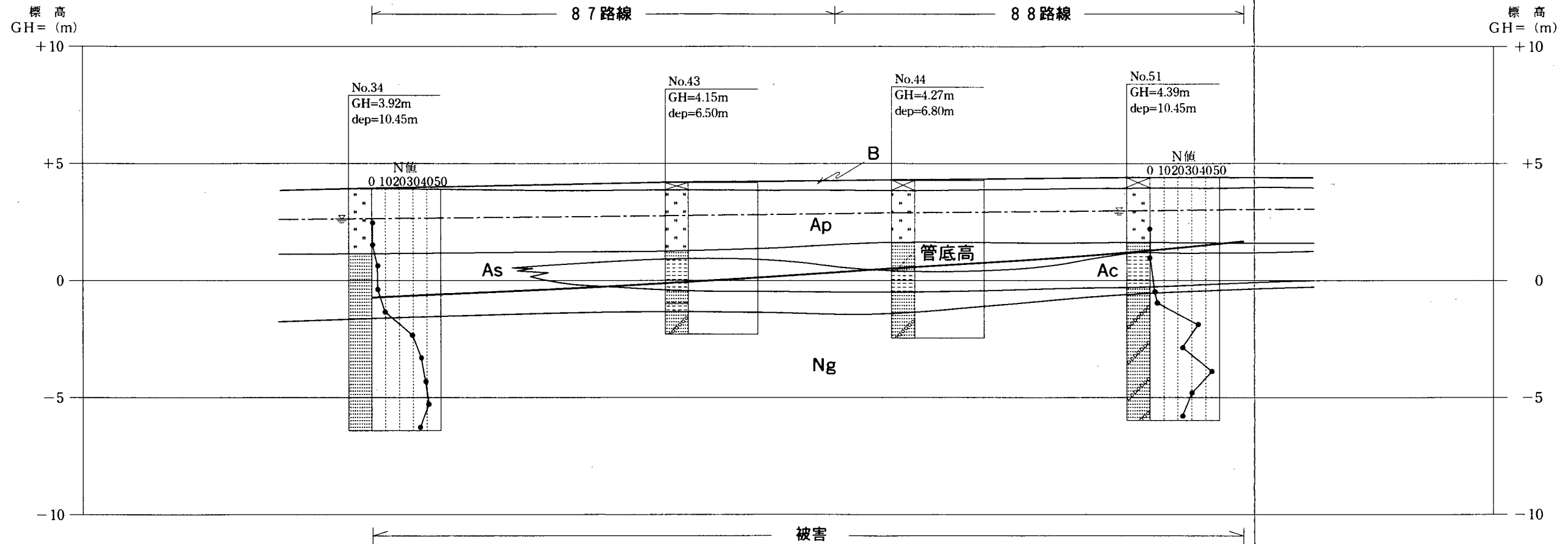
管種・径	φ250 塩ビ													
	20	19	18	17	46	45	44	43	42	36	35			
(m) 人孔の延長		37.75	32.39	30.02	×	35.50	35.88	21.41	38.35	49.80	33.65			
(m) 管底高	-0.50 +0.17 +0.47 +0.15 +0.69 +0.95 +1.13 +1.41 +1.80 +2.03													
(mm) 最大浮上量		+100	+60~ -43	-134~ +10		+250~ -10	+300~ -10	+310	+300	+290	+90			
(mm) 水平変位		N	N	N		$\frac{50}{0}$	$\frac{0}{40}$	$\frac{0}{70}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{50}{0}$	$\frac{30}{0}$			
(mm) 人孔の浮上量	+1	+8	-134	-66	0	-10	+20	+130	+50	0	+30			

E - E'



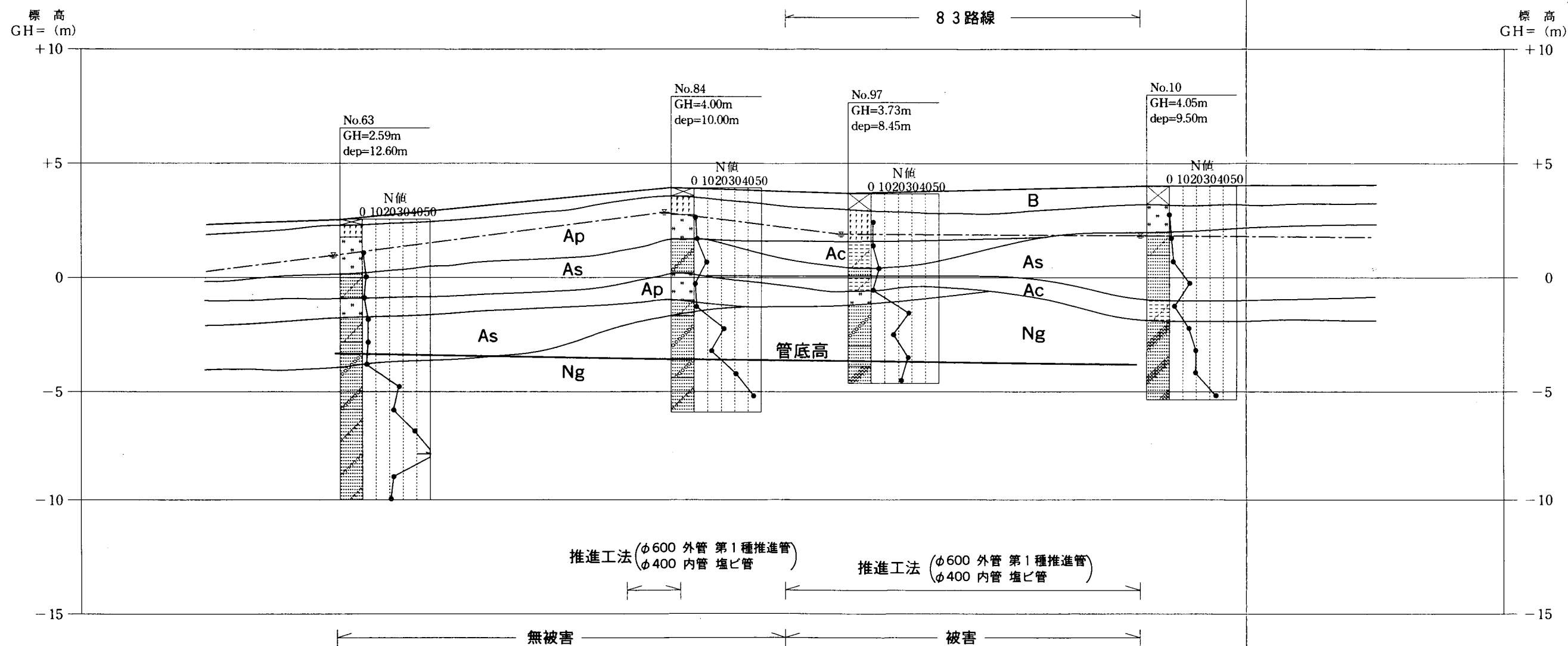
管種・径	26	25	23	53	φ250 塩ビ 52	48	47	46	45	44		
(m) 人孔の延長		29.02	50.03	49.99	47.76	47.05	44.90	44.94	44.52	24.87		
(m) 管底高	+0.66	+1.03	+1.49	+1.75	+2.10	+2.46	+2.78	+3.16	+3.33			
(mm) 最大浮上量		+716	+259	+437	+434	+151	+182	+138~-47	+32~-117	-72		
(mm) 水平変位		50 140	50 20	60 25	180 30	30 30	50 90	0 0	20 60	0 0		
(mm) 人孔の浮上量	+77	+91	+114	+112	+113	+66	+38	+7	-48	-5		

F - F'



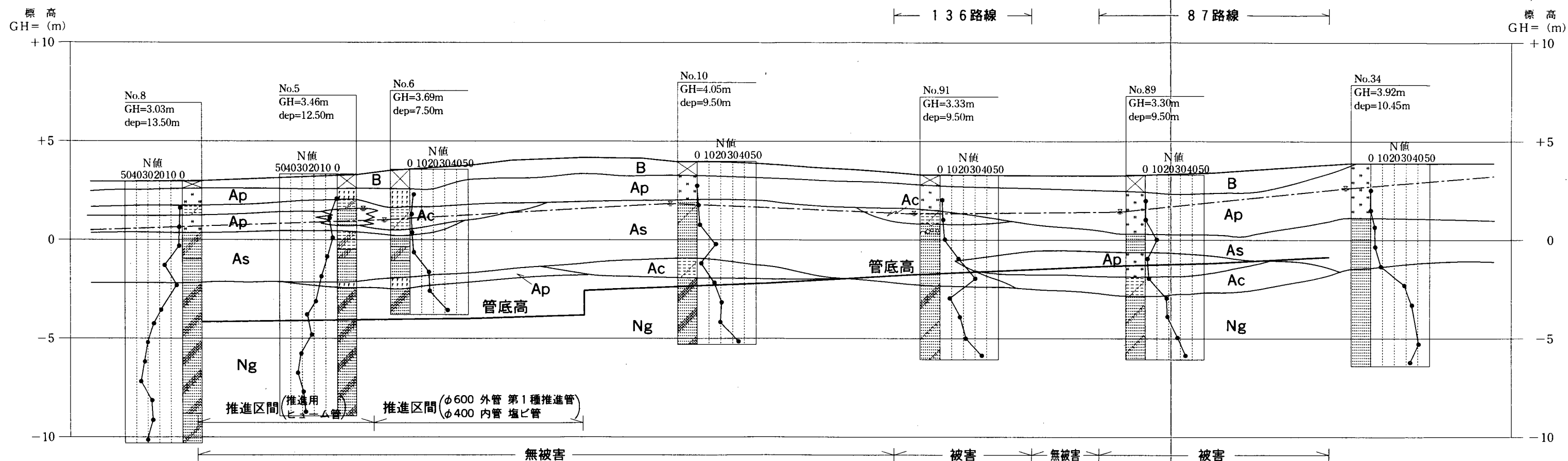
管種・径	φ200 塩ビ									
人孔の延長 (m)	34	61	60	46	45	38	16	15	14	13
管底高 (m)	-0.67	-0.44	-0.22	-0.05	+0.13	+0.37	+0.74	+1.05	+1.37	+1.72
最大浮上量 (mm)	+360~-23	+360~-24	+370	+100	+200~-19	+50~-1	+195~-60	+224~-60	+96~-65	
水平変位 (mm)	0 0	15 20	0 0	0 0	140 140	30 13	0 30	15 38	24 38	
人孔の浮上量 (mm)	-23	-24	+71	+13	+18	-1	+9	-52	-21	-17

G - G'



管種・径	φ350 塩ビ		φ400 塩ビ			φ400 塩ビ		
(m)								
人孔の延長	40.88	39.54	47.60	23.00	47.00	50.10	49.85	54.05
(m)								
管底高	-3.39	-3.49	-3.54	-3.59	-3.64	-3.70	-3.75	-3.80
(mm)								
最大浮上量						N	N	N
(mm)								
水平変位						N	N	N
(mm)								
人孔の浮上量						N	N	N

H - H'

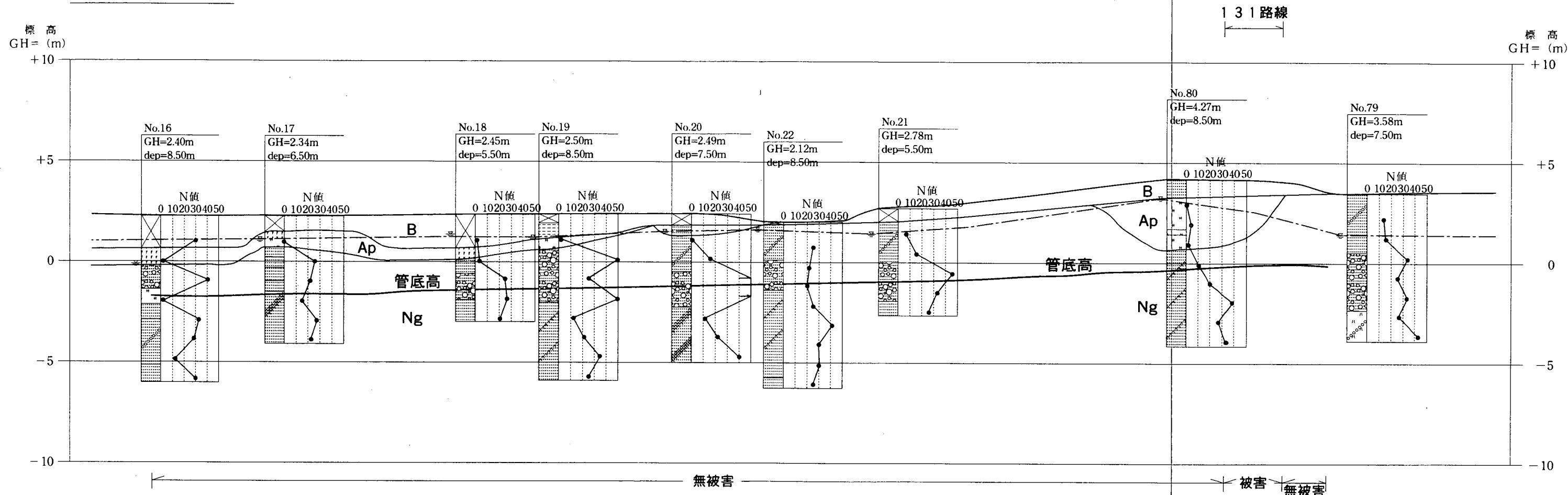


管 種 ・ 径	φ500		φ400				φ400 塩ビ				φ350 塩ビ													
											45	44	43		42	37	36	35	34					
(m) 人孔の延長	44.61		45.11		55.00		49.90	46.15	54.00	49.98	30.06	28.46	40.50	42.86	39.00	46.57	55.49	45.94	46.22	24.82	46.08			
(m) 管 底 高	-4.22		-4.16		-4.07		-4.00	-3.91	-2.54 -3.85	-2.44	-2.29	-2.20	-2.11	-1.99	-1.83	-1.72	-1.55	-1.38	-1.21	-1.08	-0.99	-0.86		
(mm) 最大浮上量															+300	+235		+60	-23~ +145	-16~ +220	-22~ +226			
(mm) 水 平 変 位															N	N		$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$			
(mm) 人孔の浮上量															0	+34	+19	0	+3	-23	-22	-19		

Figure 1 is a detailed cross-sectional diagram of the 135th station (135号站) showing the layout of various pipes and their elevations. The diagram is divided into two main sections: "無被害" (No Damage) on the left and "被害" (Damage) on the right. The vertical axis represents elevation (標高) in meters (m), ranging from -10 to +10. The horizontal axis represents the station number, with specific points marked for each pipe. The pipes are labeled with their numbers (No. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 45, 46, 47, 48, 57, 59) and their elevations (GH) and depths (dep). The diagram also shows the ground level (管底高) and the water level (N値). The "被害" section shows a significant drop in the water level (N値) and a corresponding increase in the depth of the pipes, indicating a failure or damage to the system.

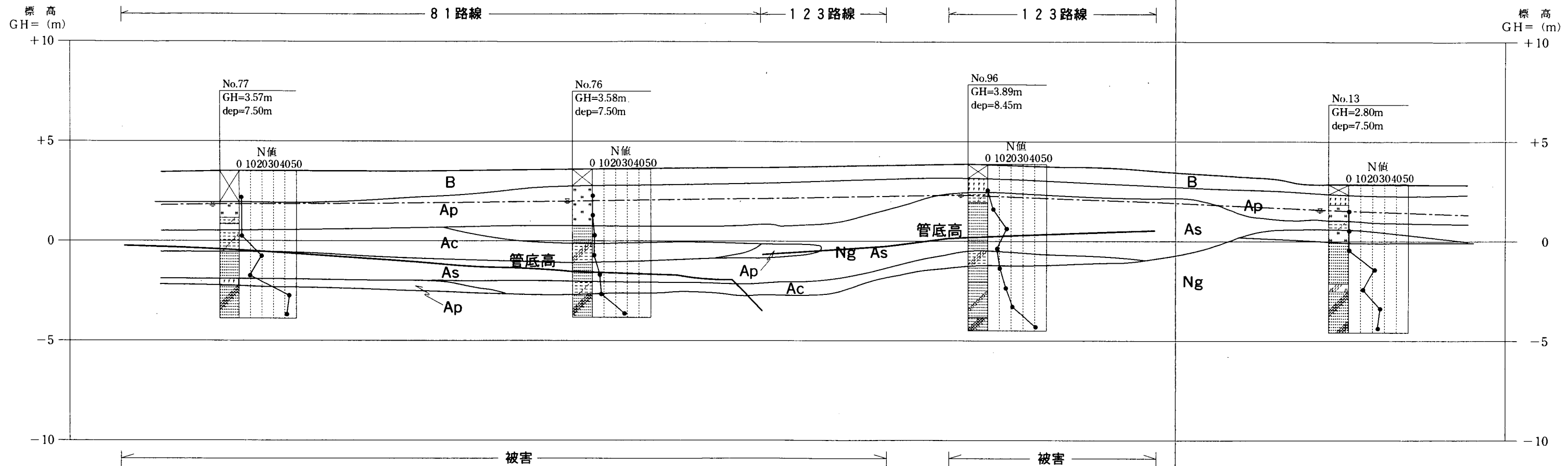
Pipe No.	GH (m)	dep (m)
No. 57	4.23	8.45
No. 29	4.35	6.50
No. 45	4.60	7.00
No. 26	4.35	7.50
No. 28	4.15	5.90
No. 46	4.16	6.00
No. 27	3.81	7.20
No. 47	3.81	7.50
No. 25	4.75	7.50
No. 48	4.13	5.00
No. 24	4.52	7.50
No. 23	4.36	7.50

J - J'



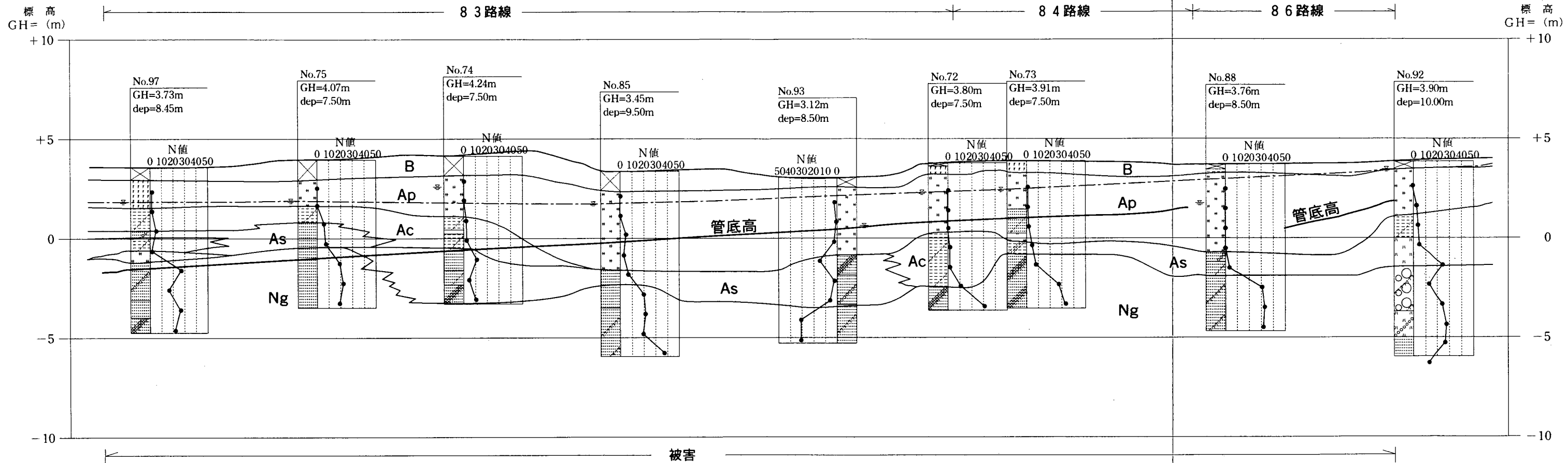
管種・径	φ250 塩ビ															36	35	
人孔の延長 (m)	38.97	40.05	48.76	41.28	50.00	50.18	54.86	55.05	50.11	49.35	17.52	43.11	34.78	45.24	33.00	47.03	40.02	40.02
管底高 (m)	-1.77	-1.69	-1.61	-1.52	-1.43	-1.33	-1.23	-1.12	-1.01	-0.91	-0.81	-0.69	-0.46	-0.35	-0.18	-0.04	-0.09	
最大浮上量 (mm)																	+212	
水平変位 (mm)																	70	
人孔の浮上量 (mm)																	+18	+13

K - K'



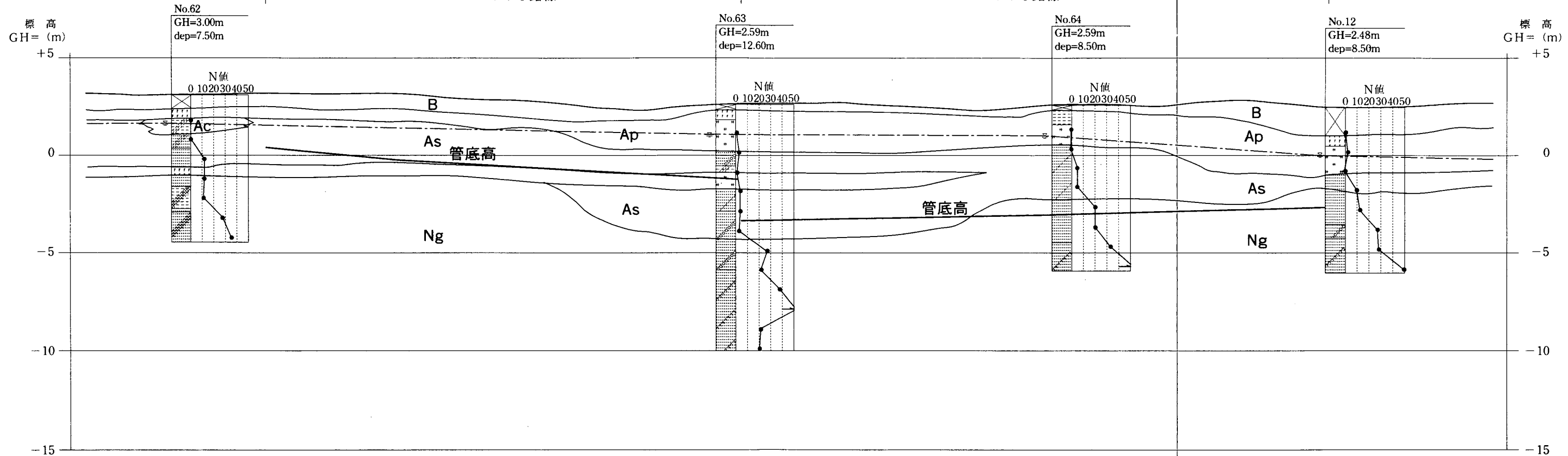
管 種 ・ 径	φ250 塩ビ																			φ250 塩ビ 41		
	8	12	15	16	19	21	22	24	26	28	29	31	32	33	34	46	45	44	43	42		
(m) 人孔の延長		33.50	21.81	30.00	29.99	50.02	24.00	30.00	45.00	50.90	21.85	27.80	22.60	24.90	21.20	50.06	50.00	50.00	49.70	39.90	40.15	
(m) 管 底 高	-0.18	-0.34	-0.44	-0.56	-0.72	-0.94	-1.06	-1.20	-1.37	-1.55	-1.62	-1.73	-1.94	-2.00	-3.54	-0.39	-0.25	+0.06	+0.25	+0.39	+0.50	
(mm) 最大浮上量		-45~ +539	+1121	+1413	+614	-20~ +1504	+686	+903	-32~ +805	-9~ +579	+318	+288	+241	-70~ +60	-66~ +22	N	-346~ +34		-119~+86	-95~+77	-42~+45	
(mm) 水 平 変 位		← 175 0	N	N	N	← 0 400	← 0 100	← 0 50	← 0 20	← 40 0	← 0 20	← 0 20	← 40 0	← 14 0	← 3 0	N	← 80 0		← 50 50	← 30 0	← 30 0	
(mm) 人孔の浮上量	-30	+355	+232	+146	+107	+138	+257	+58	+208	+88	+220	+108	+60	-70	+22	-20	-40	-32	+16	+15	+10	

L - L'



管 種 ・ 径	φ250 塩ビ													φ200 塩ビ				φ250 塩ビ			
	35	34	33	32	30	8	20	18	16	14	13	12	11	33	32	31	30	6	4	3	
人孔の延長 (m)		50.08	50.03	41.61	26.11	26.35	28.36	46.59	46.42	43.90	34.25	30.51	21.25	47.03	22.59	22.07	24.41		30.01	31.52	
管 底 高 (m)	-1.62	-1.36	-1.06	-0.85	-0.71	-0.54	-0.38	-0.14	+0.09	+0.31	+0.55	+0.72	+0.89	+1.12	+1.24	+1.36	+1.59		+0.42	+1.00	+1.80
最大浮上量 (mm)		+667	+268	+383	+866	+397	+1067	+1125	+1063	+437	+350	+441	+242	+199	-9~+232	-50~+115	-44~+9		+273	-99~+38	
水 平 変 位 (mm)		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	$\frac{50}{0}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{20}{50}$	$\frac{5}{20}$		$\frac{30}{5}$	$\frac{30}{0}$	
人孔の浮上量 (mm)	+223	-9	+65	-34	+432	-62	+183	+133	+113	+100	+13	-32	+1	+2	-10	-5	+1		-14	+18	-42

M — M'



管種・径	φ250 塩ビ								φ350 塩ビ						
(m)	35	37	38	39	40	41	42	49	17	16	15	14	13	12	11
人孔の延長		50.02	48.47	50.17	51.99	49.57	49.20	50.50	50.10	49.75	49.33	48.20	52.75	50.35	37.11
(m)		+0.29	+0.01	-0.23	-0.46	-0.71	-0.92	-1.06	-3.35	-3.26	-3.16	-3.07	-2.97	-2.88	-2.76
管底高															
(mm)		-40~	-75~	-22~	-69~	-19~	+260	N	N	N	N	N	+53	+60	-30~
最大浮上量		+155	+175	+186	+212	+335									+37
(mm)		30	30	55	0	60	80	N	N	N	N	N	12	8	10
水平変位		23	80	76	80	20	40						20	25	20
(mm)															
人孔の浮上量		+38	+40	+153	+100	+284	+90	+175	N	N	N	N	+24	+39	+26
														+37	