

土 木 研 究 所 資 料

釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査

平成6年4月

建設省土木研究所
下水道部 下水道研究室
地震防災部 振動研究室
地震防災部 動土質研究室

Copyright © (1994) 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査

下水道部	下水道研究室	室長	田中修司
		主任研究員	塩路勝久 ^{*)}
地震防災部	振動研究室	室長	大塚久哲 ^{**)}
		主任研究員	二宮嘉朗
地震防災部	動土質研究室	室長	松尾 修
		研究員	古関潤一

*) 現 建設省都市局下水道部
下水道企画課課長補佐

**) 現 耐震研究室長

要 旨

1993年1月15日に発生した釧路沖地震により、釧路町の国道44号線沿いに敷設された汚水マンホールが地上に突出する被害が生じた。本調査は、これらの被災マンホールと周辺の無被災のマンホールを対象として、釧路町の協力のもとで建設省土木研究所と日本下水道事業団が地震後に実施したマンホールの被災状況と原地盤及び埋戻し土の地盤条件、液状化強度特性の調査、及びマンホールの地震時浮上がりに対する安定性と浮上がりメカニズムに関する検討結果をとりまとめたものである。

キーワード：液状化、マンホール、浮上がり

まえがき

平成5年1月15日午後8時6分に北海道東部の釧路沖を震源とするマグニチュード7.8の釧路沖地震が発生し、釧路、十勝、根室の各支庁管内において、橋梁・盛土などの道路施設、堤防・護岸などの河川施設、下水処理場・下水管路などの下水道施設、上水道・ガス管路などのライフライン施設と、宅造地、建築物、港湾施設に多大な被害が生じた^{1) 2)}。

下水道施設の被害は釧路市、釧路町、標茶町、標津町、別海町及び本別町において生じ、特に釧路町の本場1丁目、同2丁目及び桂木1丁目の国道44号線沿いに敷設されていた汚水管のマンホールの一部が地上に突出した現象は、外部から目に見える被害として特に目立つものであった。

本調査は、上記の被災マンホールと周辺の無被災のマンホールを対象に、釧路町の協力のもとで建設省土木研究所と日本下水道事業団が地震後に実施した土質調査結果をとりまとめたものである。

目 次

ページ

まえがき

1. 調査対象	1
2. 調査内容	5
3. 調査方法	10
3.1 マンホールの被災状況と周辺の地盤状況の調査	10
3.2 周辺地盤の液状化強度特性の調査	18
3.3 マンホールの地震時浮上がりに対する安定性の検討	20
4. 調査結果及び考察	24
4.1 地形・地質の概要とマンホールの諸元及び被災状況	24
4.2 周辺地盤の状況	45
4.3 地盤の液状化強度特性	70
4.4 マンホールの浮上がり安定性	90
4.5 マンホールの浮上がりメカニズムに関する考察	101
4.6 マンホールの浮上がり対策に関する考察	110
5. まとめ	112
謝 辞	114
参考文献	115
巻末資料1 開削調査結果	117
巻末資料2 標準貫入試験結果	165
巻末資料3 液状化抵抗率 F_L の算定結果	207
巻末資料4 非排水繰返し三軸試験結果	229

表 目 次

表2.1 調査項目及び数量	6
表2.2 浮上がり量に応じたマンホールの被災度の分類	9
表3.1 復旧工事の内容	14
表3.2 マンホールの自重	23
表4.1 既存文献による噴砂等の確認状況 ^{15) 16) 18) 19)}	42
表4.2 標準貫入試験により得られた試料の粒度試験結果	60
表4.3 復旧工事時の開削調査結果の概要	64
表4.4 埋戻し部の密度測定結果	69
表4.5 液状化抵抗率 F_L の平均値と液状化層厚の計算結果	73
表4.6 液状化指数 P_L の計算結果	77
表4.7 液状化試験結果の概要	79
表4.8 液状化強度比とその目安 ²¹⁾	79
表4.9 液状化試験による液状化強度比とN値等に基づく動的せん断強度比	86
表4.10 過剰間隙水圧の発生特性を示す係数の算定結果	91
表4.11 マンホールの浮上がり安全率 F_s と浮上がり量の逆算値の計算結果	93
表4.12 浮上がり力と浮上がり抵抗力の計算結果	95
表4.13 ボーリング実施箇所におけるマンホール周辺の原地盤部の状況	106

図 目 次

図1.1 調査地点の位置図	2
図1.2 マンホールの配置図	3
図2.1 現地調査の模式図	8
図3.1 地中管路の敷設標準図とボーリングの実施位置	11
(1) ニチイ側ルート	
(2) 石黒ホーマ側ルート	
(3) 札鶴ベニヤ側ルート	
図3.2 開削工事時の土留仮設の概要	15
(1) ニチイ側ルート	
(2) 石黒ホーマ側ルート	
(3) 札鶴ベニヤ側ルート	
図3.3 N値及び有効上載圧と動的せん断強度比の第1項の関係 ⁴⁾	19
図3.4 平均粒径と動的せん断強度比の第2項の関係 ⁴⁾	19
図3.5 細粒分含有率と動的せん断強度比の第3項の関係 ⁴⁾	19
図3.6 共同溝の鉛直方向に作用する力 ⁶⁾	21
図3.7 掘削道路の鉛直方向に作用する力 ¹⁴⁾	21
図4.1 調査地周辺の地形分類 ¹⁵⁾	25
図4.2 低地部の地質の模式図 ¹⁶⁾	25
図4.3 沖積層の基底深度分布図 ¹⁶⁾	26
図4.4 マンホールの構造諸元と設置深度	27
図4.5 路線計画図（釧路町による）	29
(1) ニチイ側ルート（その1）	
(2) ニチイ側ルート（その2）	
(3) 石黒ホーマ側ルート（その1）	
(4) 石黒ホーマ側ルート（その2）	
(5) 札鶴ベニヤ側ルート（その1）	
(6) 札鶴ベニヤ側ルート（その2）	
図4.6 舗装箇所の標準定規図（北海道開発局による）	42
図4.7 マンホールの浮上がり量と突出量の定義	42

図4.8 マンホールの浮上がり量、突出量と周辺地盤の沈下量の分布	43
図4.9 マンホールの設置深度と突出量の関係	45
図4.10 標準貫入試験結果に基づく地盤断面の推定図	47
(1) ニチイ側ルート及び石黒ホーム側ルート	
(2) 札幌ベニヤ側ルート	
図4.11 各土層毎のN値の度数分布	51
図4.12 既存のボーリングデータとの比較	53
図4.13 歩道上への下水の流出箇所	57
図4.14 標準貫入試験により得られた試料の粒度分布	59
図4.15 細粒分含有率と平均粒径及び自然含水比の深度方向分布	61
図4.16 各土層毎の細粒分含有率の度数分布	62
図4.17 液状化抵抗率 F_L の深度方向分布	71
図4.18 $F_L \leq 1.0$ となる液状化層の分布	74
(1) 水平震度 $k_s = 0.15$ の場合	
(2) 水平震度 $k_s = 0.20$ の場合	
(3) 水平震度 $k_s = 0.25$ の場合	
図4.19 原地盤部の液状化層厚と周辺地盤の沈下量の関係	77
図4.20 不攪乱試料の液状化強度曲線	80
(1) 原地盤部	
(2) 埋戻し部	
図4.21 原地盤部の A_{s1} 層の液状化試験の結果の例	82
図4.22 原地盤部の不攪乱試料の乾燥密度と細粒分含有率の分布	83
図4.23 原地盤部の液状化試験による液状化強度比とN値等に基づく動的せん断強度比の比較	87
図4.24 No.92の埋戻し部の液状化試験結果の例	88
図4.25 埋戻し部の不攪乱試料の乾燥密度と細粒分布含有率の分布	89
図4.26 新潟地震の前後における昭和大橋近傍の地盤のN値の変化 ²²⁾	91
図4.27 原地盤部の液状化抵抗率 F_L と過剰間隙水圧比 L_v の関係	92
図4.28 マンホールの浮上がり安全率 F_s の分布	94
図4.29 マンホールの浮上がり安全率 F_s と突出量の関係	96
図4.30 マンホールの浮上がり量の逆算値と実際の突出量の関係	97
図4.31 液状化抵抗率 F_L の平均値とマンホールの突出量の関係	98
図4.32 液状化層厚とマンホールの突出量の関係	99
図4.33 液状化指数 P_L とマンホールの突出量の関係	100
図4.34 接続管渠の浮上がり状況	103

図4.35 想定されるマンホールの浮上がりメカニズム	105
図4.36 マンホール側方の原地盤部が液状化した場合の影響	105
図4.37 マンホールの底版深度付近の原地盤土の細粒分含有率とマンホールの突出量の関係	107
図4.38 細粒分含有率20%以下の比較的きれいな砂の層厚とマンホールの突出量の関係	108
(1) 底版付近に存在する全層厚を用いた場合	
(2) 底版よりも上方にある部分の層厚を用いた場合	
図4.39 原地盤部の不透水層厚とマンホールの突出量の関係	109

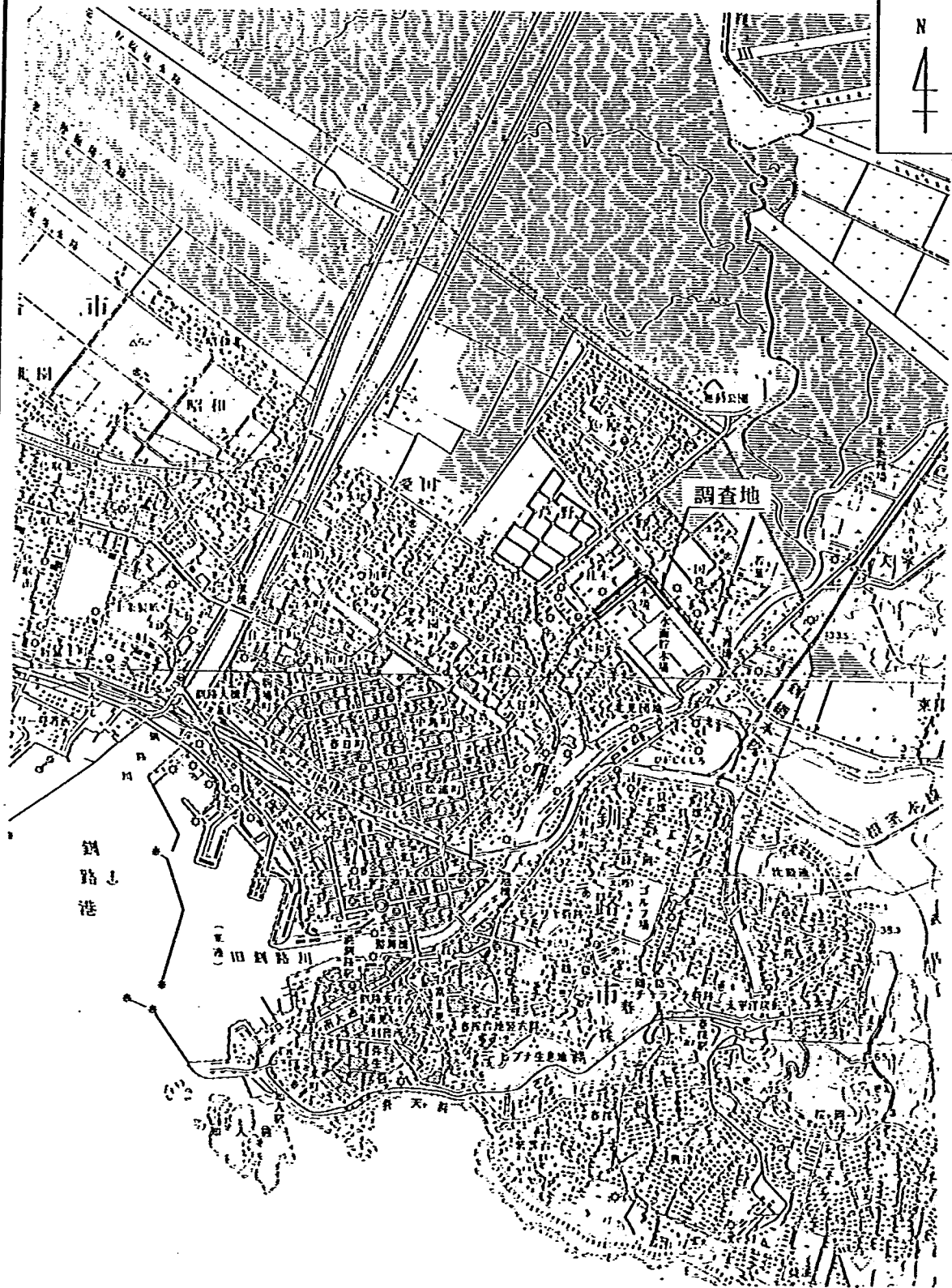
1. 調査対象

調査地点の位置図を図1.1に、マンホールの配置図を図1.2に示す。対象としたマンホールは以下に示す3路線である。

- 1) ニチイ側ルート (マンホール№63～№67)
- 2) 石黒ホーム側ルート (マンホール№91～№96)
- 3) 札鶴ベニヤ側ルート (マンホール№7～№13)

上記のうちニチイ側ルートと札鶴ベニヤ側ルートについては建設省土木研究所が、石黒ホーム側ルートについては日本下水道事業団が、同一の仕様で調査を実施した。調査内容を次章に示す。

なお、釧路町では、下水道事業により污水管が延べ約52km、雨水管が延べ約32km敷設されていたが、釧路沖地震により延べ約11kmの污水管が被害を受け、被災額は約11億6千万円にのぼった³⁾。図1.2中で「復旧区間」と表示されている部分では開削工事による管渠とマンホールの敷設替えが行われ、「補修区間」と表示されている部分では開削を伴わない小規模な補修が行われた。本調査では被害程度の著しかった復旧区間を調査の対象とした。



国土地理院発行 五万分の一地形図
「利根川」「大湊毛」を併合利用

図1.1 調査地点の位置図

2. 調査内容

以下の3項目に関する調査・検討を実施した。各マンホールの具体的な調査項目と数量を表2.1にまとめて示す。また、現地調査の内容を模式的に図2.1に示す。

(1) マンホールの被災状況と周辺地盤の状況の調査

水準測量により、各マンホールの浮上がり量と周辺地盤の沈下量を測定した。また、計10箇所のマンホールについて、復旧工事の前に埋戻し部（マンホール及び汚水管路の設置時に開削埋戻しされた部分）とその周辺の原地盤部（マンホール及び汚水管路の設置時に開削されなかった部分）の機械ボーリングと深さ1 m毎の標準貫入試験を実施するとともに、その結果として得られる試料の粒度試験を行った。さらに、計14箇所の復旧工事時にマンホール付近の空洞、接続管及び周辺地盤の変状の有無を記録し、いくつかの位置で試料を採取して粒度試験を行った。

なお、ボーリング調査は、マンホールの浮上がり量に応じて表2.2に示す5種類の被災度に各マンホールを分類し、各被災度に対して代表的なものを2箇所選定して実施した。

(2) 周辺地盤の液状化強度特性の調査

(1)の標準貫入試験により得られた地盤のN値と粒度などから、道路橋示方書⁹⁾に示された方法により液状化抵抗率 F_L を算定した。また、計4箇所のマンホールの原地盤部からトリプルチューブサンプラー⁵⁾を用いて採取した試料と、計4箇所のマンホールの開削工事時に埋戻し部でブロック試料として採取した試料の非排水繰返し三軸試験を行った。

(3) マンホールの地震時浮上がりに対する安定性と浮上がりメカニズムの検討

(2)の結果を用いて、共同礫設計指針⁶⁾に示された方法によりマンホールの浮上がり安全率 F_s を算定した。また、周辺地盤が完全に液状化した状態を想定して、マンホールに作用する浮力、マンホールの自重及びマンホール側面の摩擦抵抗が釣り合う位置から浮上がり量の計算上の最大値を算定し、これらの指標と実際の浮上がり量の関係について検討した。

さらに、以上の検討結果に基づいて、マンホールの浮上がりメカニズムとその影響要因に関する検討を行った。

表2.1 調査項目及び数量

ル　　ー　　ト　　区　　分			ニティ側ルート								札幌　　ベニヤ側　　ル　　ー　　ト										合　　計		
マン　ホ　ー　ル　No			63		64		65		66		67		13	12	11		10	9		8		7	12箇所
マンホール突出量 (cm)			24		78		146		44		11　*		2　*	9　*	11　*		39	124		53		32	
マンホール被災度合の区分			被害中		被害大		被害極大		被害中		被害小		被害小	被害小	被害小		被害中	被害極大		被害大		被害中	
マンホール底版深度GL- (m)			4.95		4.77		4.6		4.45		4.32		2.8	3.54	3.56		3.52	3.53		3.61		3.76	
ボ ー リ ン グ 調 査	B-No		63N	63B	-	65N	65B	-	67N	67B	-	-	11N	11B	-	9N	9B	8N	8B	-	-	12地点	
	機械ボーリング (m)	φ 66mm	16	6	-	12	6	-	10	6	-	-	15	5	-	17	5	18	5	-	-	121m	
		φ 116mm	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	9	-	-	8	-	-	-	-	-	25m	
	標準貫入試験 (回)		15	4	-	10	4	-	9	6	-	-	14	5	-	16	5	17	5	-	-	110回	
	不攪乱試料採取 (試料)		-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	8試料
開削 調査	土層観察・状況調査		-		○		○		○		-		○	○	○		○	○		○		-	9箇所
	現場密度測定 (点)		-		-		-		1		-		-	-	1		-	1		-		-	3点
	ブロック試料採取 (試料)		-		-		-		1		-		-	-	1		-	1		-		-	3試料
土 質 試 験	粒度試験	#1 (試料)	8	3	-	5	2	-	3	4	-	-	5	2	-	6	3	7	3	-	-	75試料	
		#2 (試料)	-		2		4		7		-		-	3	1		1	5		1			-
	相対密度試験 (試料)		-		-		2		1		-		-	-	3		-	3		-		-	9試料
	液状化試験 (試料)		-		-		2		1		-		-	-	3		-	3		-		-	9試料
備　　考							一般公開										一般公開						

注) ・ 機械ボーリング孔径φ 66 mm:調査ボーリング
φ116 mm:不攪乱試料採取ボーリング

・ 粒 度 試 験 #1 :標準貫入試験試料
#2 :開削調査時の採取試料

・ マンホール被災度合の区分:表 1.2.2参照

* 町測定では突出量0cm

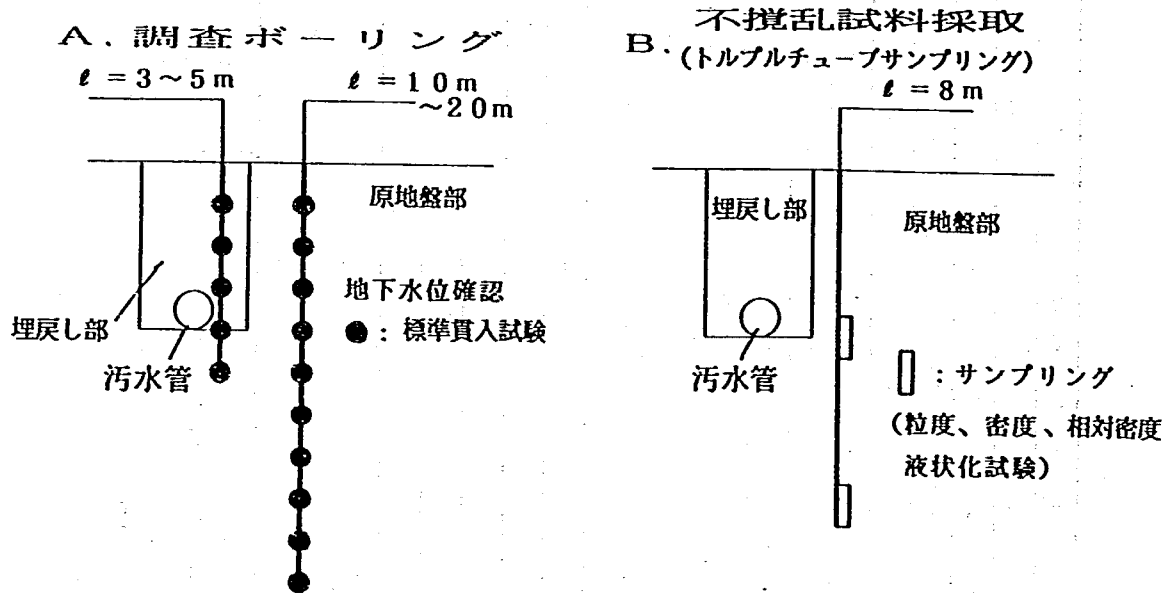
B-Noの凡例 N:原地盤部
B:掘戻し部

ル　　ー　　ト　　区　　分			石黒ホームページルート（日本下水道事業団発注分、参考資料）										合　　計		
マン　ホ　ール　No			9　1		9　2		9　3		9　4		9　5		9　6		6箇所
マンホール突出量（cm）			12		56		28		13		30		10		
マンホール被災度合の区分			被害小		被害大		被害中		被害小		被害中		被害小		
マンホール底版深度GL-（m）			4.77		4.62		4.49		4.35		4.27		4.26		
ボ リ ン グ 調 査	B-No		9　1　N	9　1　B	9　2　N	9　2　B	-		9　4　N	9　4　B	9　5　N	9　5　B	-		8地点
	調査ボーリング （m）	φ　66mm	13	6	12	6	-		14	6	11	6	-		74m
		φ　116mm	-	-	8	-	-		-	-	-	-	-		8m
	標準貫入試験（回）		12	6	11	6	-		13	6	10	6	-		70回
	不攪乱試料採取（試料）		-	-	2	-	-		-	-	-	-	-		2試料
開削 調査	土層観察・変状調査		○		○		○		○		○		-		5箇所
	現場密度測定（点）		-		1		-		-		-		-		1点
	ブロック試料採取（試料）		-		1		-		-		-		-		1試料
土 質 試 験	粒度試験	*1（試料）	5	4	5	3	-		5	4	5	2	-		41試料
		*2（試料）	-		3		5		-		-		-		
		相対密度試験（試料）	-		3		-		-		-		-		3試料
		液状化試験（試料）	-		3		-		-		-		-		3試料
備　　考															

- 注) ・ 機械ボーリング孔径φ 66 mm : 調査ボーリング
φ 116 mm : 不攪乱試料採取ボーリング
- ・ 粒 度 試 験 *1 : 標準貫入試験試料
*2 : 開削調査時の採取試料
- ・ マンホール被災度合の区分 : 表 1.2.2参照

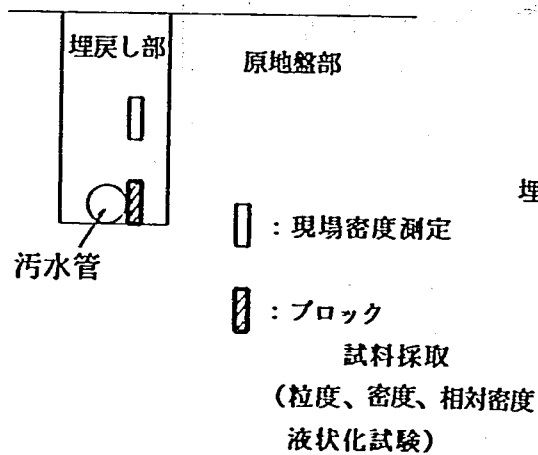
B - No の 凡 例 N : 原地盤部
B : 埋戻し部

①ボーリング調査



②開削調査

C. 現場密度測定 および試料採取



D. 土層観察・ 変状調査

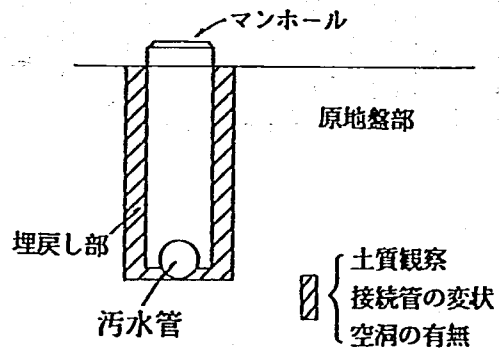


図2.1 現地調査の模式図

表2.2 浮上がり量に応じたマンホールの被災度の分類

被災度合の区分	突 出 量 (m)	マンホール箇所数 *
被 害 無	0	14
被 害 小	～ 0.15	7
被 害 中	～ 0.5	6
被 害 大	～ 1.0	3
被害 極大	1.0 ～	2
		計 32箇所

注) *復旧区間+補修区間の全マンホールを対象

- ニチイ側ルート：マンホール№62～73
- 石黒ホーマ側ルート：マンホール№89～ 5
- 札鶴ベニヤ側ルート：マンホール№ 7～14

3. 調査方法

3.1 マンホールの被災状況と周辺の地盤状況の調査

(1) 水準測量

マンホールとその周囲の地盤、及びボーリング実施位置における地盤高さを、雪裡太交差点歩道橋下の水準点（加賀ガソリンスタンド横ベンチマーク、 $H=TP.+3.678m$ ）を基準として測量した。この基準点の標高は地震前に測量されたものであるが、基準点の周辺では地震による変状は特に見られなかったことから、本調査では地震後も基準点が同じ標高であるものと仮定した。

(2) 機械ボーリング

ボーリングは、ロータリー式ハンドフールド型ボーリング機械を用い、地下水位確認までは原則として無水掘りにより、地下水位以深は循環泥水を用いた泥水掘りにより削孔した。標準貫入試験を行うための削孔径は $\phi 66mm$ 、トリプルチューブサンプラーを用いて試料採取を行うための削孔径は $\phi 116mm$ である。原地盤部では、原則として深度GL-2 m付近まで試掘し、埋設物の確認を行った。各ルート毎の地中管路の敷設標準図とボーリングの実施位置を図3.1に示す。

(3) 標準貫入試験

標準貫入試験は、JIS A 1219 “トンビ法”に基づいて、1 m毎に実施した。試験深度は、埋戻し部では原則として埋土の下端より1 m下位まで、原地盤部では液状化対象層の分布状況に応じて深度GL-10~20 mまでとした。

(4) 復旧工事時の調査

復旧工事時に、以下の点の観察調査を行い、結果をスケッチと写真撮影により記録した。調査実施箇所の工事内容を表3.1に、各ルート毎の開削工事時の土留仮設の概要を図3.2に示す。

- ・マンホール周囲の空洞の有無
- ・マンホールと井桁基礎の浮上がり量
- ・接続管路の変状
- ・地盤の変状（埋戻し部の土層内への原地盤部の土層の流入、砂脈等の液状化の痕跡の有無の調査）

№66, 92, 9, 11の4箇所のマンホールでは、深度GL-2 m付近における埋戻し部の現場密度測定をコアカッター法⁷⁾を用いて行い、さらに埋戻し部の下端付近（深度GL-3 m程度）においてブロック試料の採取を押切り法⁷⁾により行った。採取した試料は、上下端面を厚板で密封した後に現地で凍結させ、速やかに実験室まで運搬した。

なお、ニチイ側ルートの№65と札鶴ベニヤ側ルートの№9のマンホールでは、開削調査の一般公開を実

ボーリング調査位置図

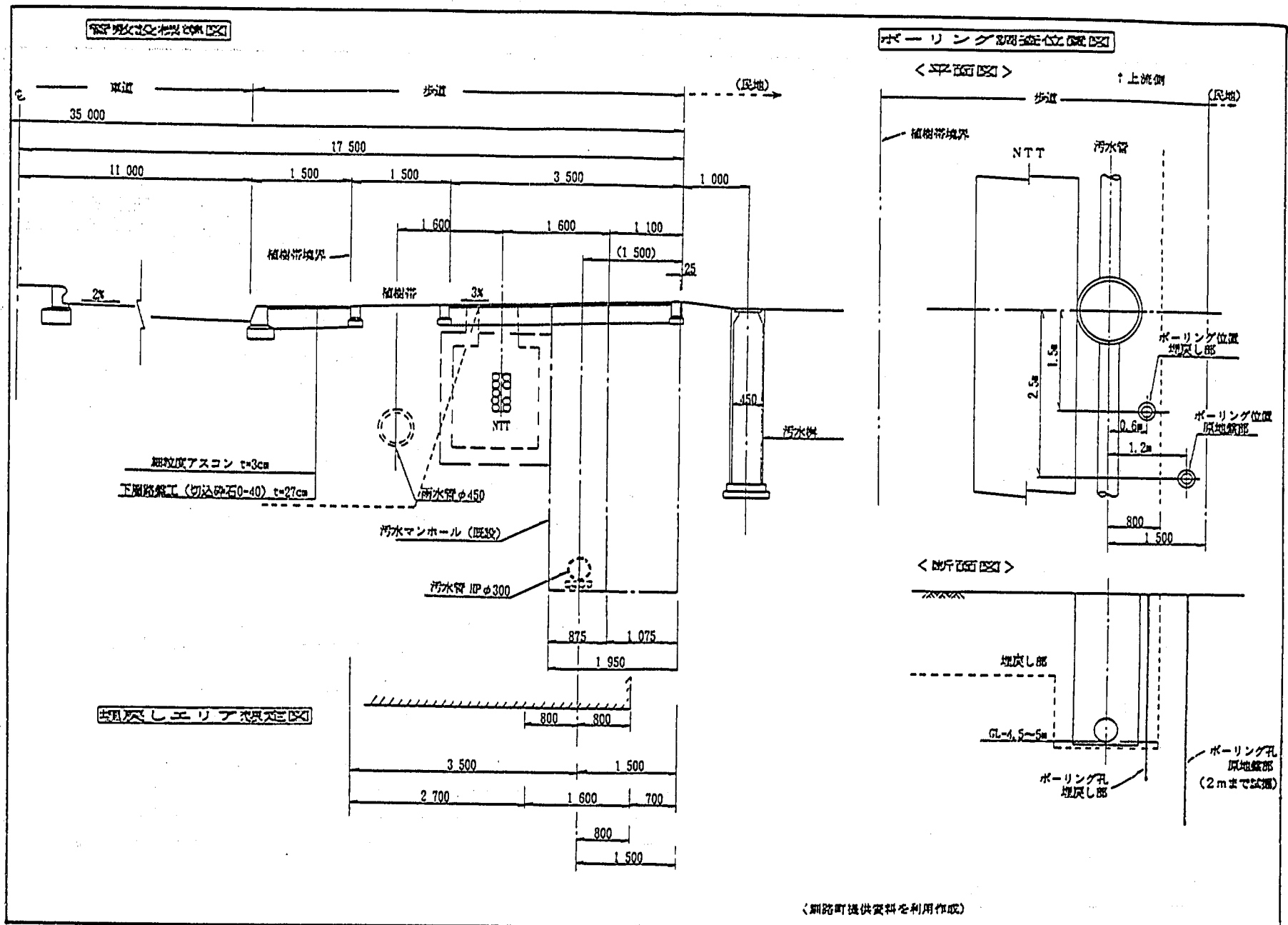


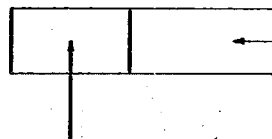
図3.1 (2) 石黒ホーム側ルート

図3.1 (3) 札鶴ベニヤ側ルート

表3.1 復旧工事の内容

ニチイ側ルート		石黒ホーム側ルート		札鶴ベニヤ側ルート	
№64	開削引上げ	№91	周囲掘削	№8	開削引上げ
№65	開削引上げ	№92	開削引上げ	№9	開削引上げ
№66	開削引上げ	№93	開削引上げ	№10	開削引上げ
		№94	開削引上げ	№11	周囲掘削
		№95	開削引上げ	№12	周囲掘削
				№13	周囲掘削

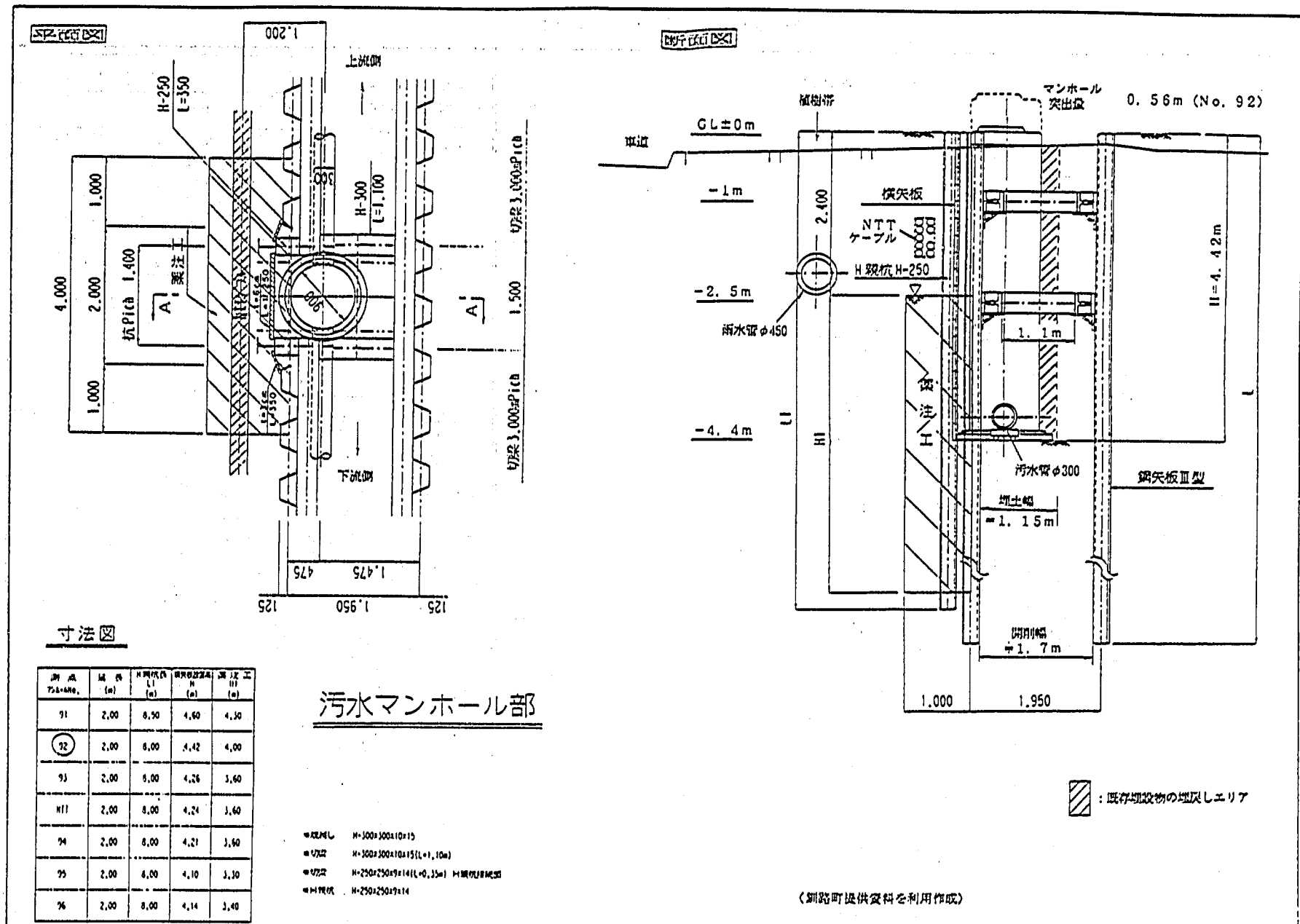
凡 例



マンホール№

復旧工事内容

- 開削引上げ：マンホール引き上げ
全面復旧
- 周囲掘削：マンホールは据え置き、管渠復旧用に側面までは掘削



(1) ニチイ側ルート

図3.2 開削工事時の土留仮設の概要

図3.2 (2) 石黒ホーマ側ルート

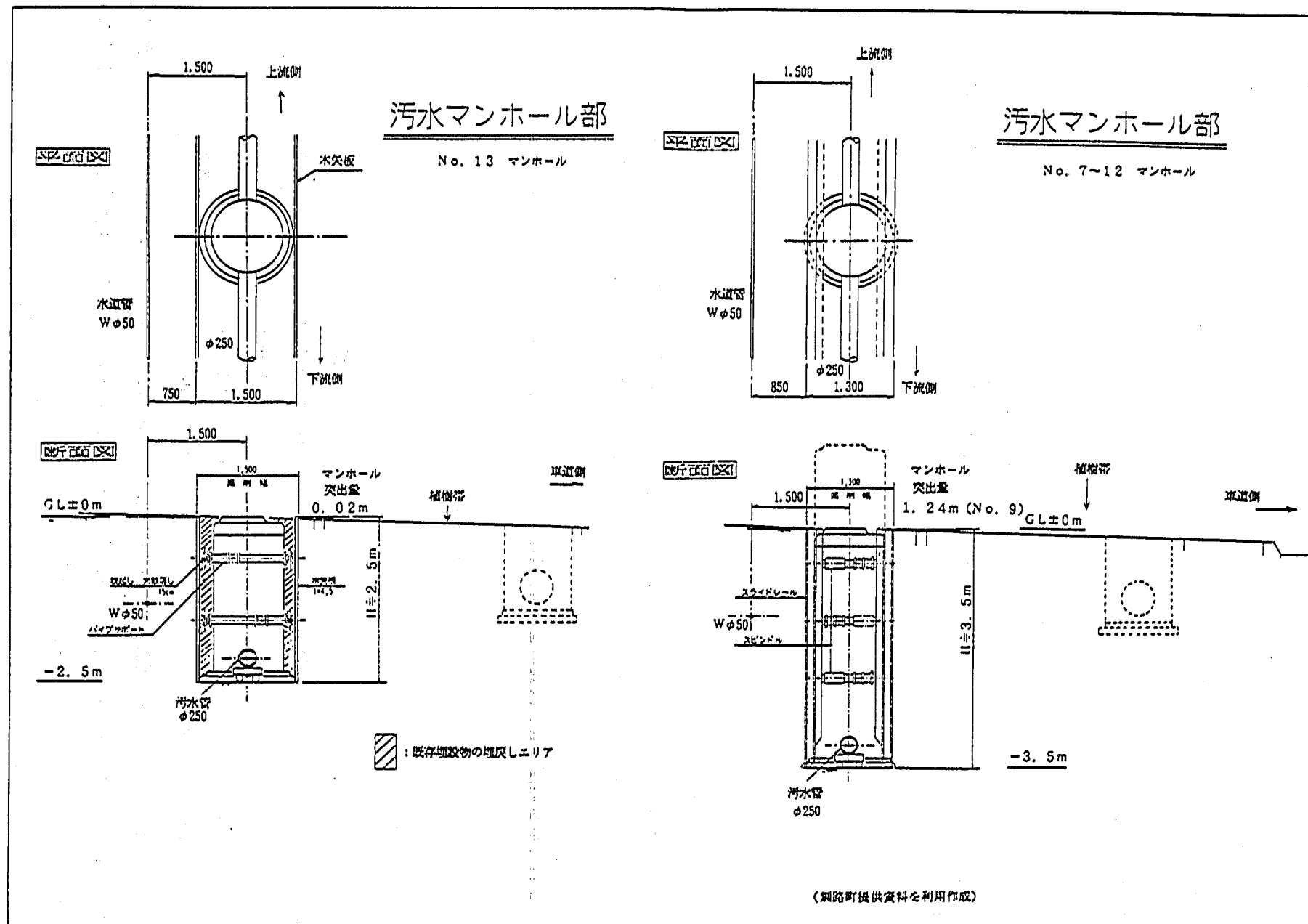


図3.2 (3) 札鶴ベニヤ側ルート

施した^{9) 10) 11)}。

(5) 粒度試験

粒度試験としてフルイ分析を、JIS A 1204-1990に基づいて実施した。

3.2 周辺地盤の液状化強度特性の調査

(1) 液状化抵抗率と液状化指数の算定

地下水位以深にあり平均粒径 D_{50} が 0.02mm 以上 2.0mm 以下である砂質土層を対象に、以下に示す手順で液状化抵抗率 F_L の算定を行った。主な計算方法は文献4)に従っているが、水平震度 k_s を3通りに仮定して用いている点が異なっている。

1) 地震時せん断応力比 L を次式により算定した。

$$L = r_d \cdot k_s \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma_v'}, \quad \dots \text{式(3.1)}$$

$$r_d = 1.0 - 0.015 \cdot z \quad \dots \text{式(3.2)}$$

ここに、 r_d ：深さ方向の補正係数、 k_s ：水平震度（ $=0.15, 0.20$ 及び 0.25 の3通りを設定した）、 σ_v 及び σ_v' ：着目点の上載圧及び有効上載圧（ kgf/cm^2 ）、 z ：着目点の深度（ m ）である。

2) 動的せん断強度比 R を次式により算定した。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad \dots \text{式(3.3)}$$

$$R_1 = 0.0882 \cdot \sqrt{\frac{N}{\sigma_v' + 0.7}} \quad \dots \text{式(3.4)}$$

$$R_2 = \begin{cases} 0.19 & (0.02\text{mm} \leq D_{50} \leq 0.05\text{mm}) \\ 0.225 \cdot \log_{10}(0.35/D_{50}) & (0.05\text{mm} < D_{50} \leq 0.6\text{mm}) \\ -0.05 & (0.6\text{mm} < D_{50} \leq 2.0\text{mm}) \end{cases} \quad \dots \text{式(3.5)}$$

$$R_3 = \begin{cases} 0.0 & (0\% \leq F_c \leq 40\%) \\ 0.004 \cdot F_c - 0.16 & (40\% < F_c \leq 100\%) \end{cases} \quad \dots \text{式(3.6)}$$

ここに、 R_1 ： N 値と有効上載圧 σ_v' の関数で表される動的せん断強度比の第1項（図3.3参照）、 R_2 ：平均粒径 D_{50} の関数で表される動的せん断強度比の第2項（図3.4参照）、 R_3 ：細粒分含有率 F_c の関数で表される動的せん断強度比の第3項（図3.5参照）である。

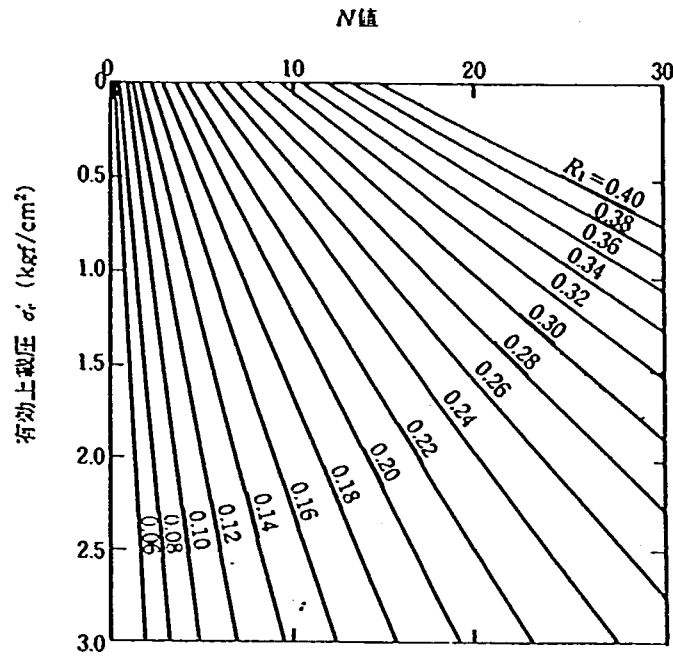


図3.3 N値及び有効上載圧と動的せん断強度比の第1項の関係¹⁾

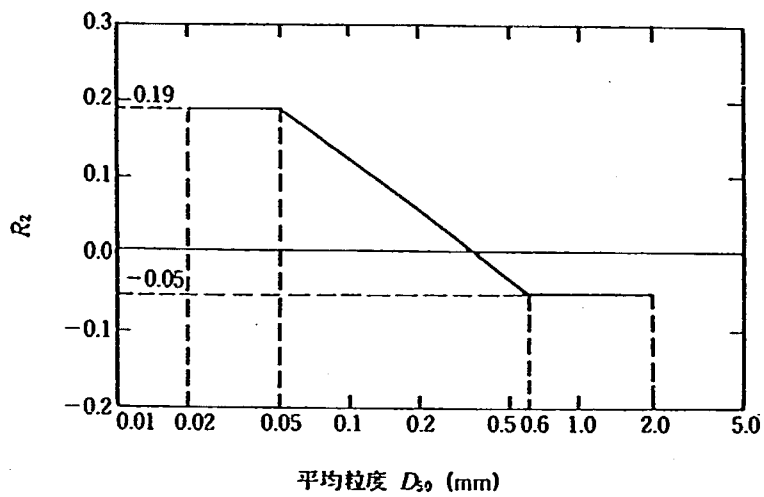


図3.4 平均粒径と動的せん断強度比の第2項の関係¹⁾

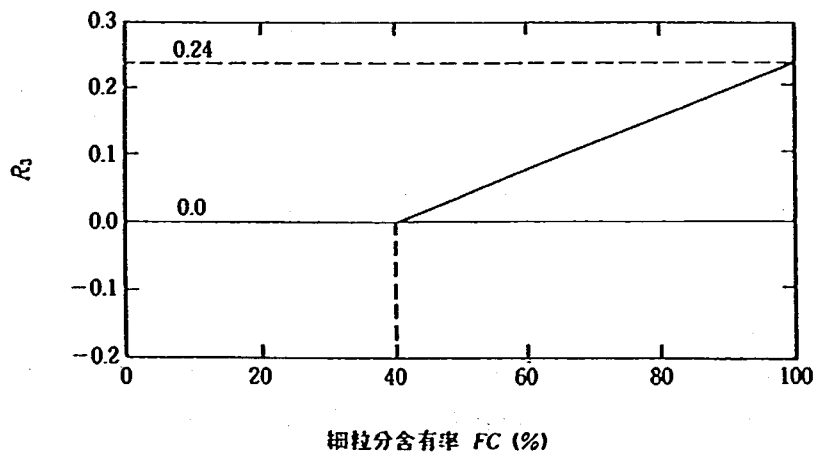


図3.5 細粒分含有率と動的せん断強度比の第3項の関係¹⁾

3) 液状化抵抗率 F_L を次式により求めた。

$$F_L = \frac{R}{L} \quad \dots \text{式(3.7)}$$

4) 液状化指数 $P_L^{(2)}$ を次式により求めた。

$$P_L = \sum_{i=1}^n F_i \cdot W(z_i) \cdot \Delta z_i \quad \dots \text{式(3.8)}$$

$$F_i = \begin{cases} 1 - F_{Li} & (F_{Li} < 1.0) \\ 0 & (F_{Li} \geq 1.0) \end{cases} \quad \dots \text{式(3.9)}$$

$$W(z_i) = 10 - 0.5 z_i \quad \dots \text{式(3.10)}$$

ここに、 n ：液状化抵抗率を算定した土層の総数、 F_{Li} ： i 番目の土層の液状化抵抗率、 z_i ： i 番目の土層の中間部分の地表面からの深度 (m)、 Δz_i ： i 番目の土層の層厚 (m) である。

(2) 原地盤部からの不攪乱試料の採取

N65, 92, 9, 11の4箇所のマンホールの原地盤部より、トリプルチューブサンプラーを用いた不攪乱試料の採取を行った。試料の採取深度は、原地盤部のボーリング及び標準貫入試験結果を参考にして、砂質土の現れる深度GL-4 mと-8 m付近とした。採取した試料は、余剰水を重力脱水した後にサンプリングチューブの両端をシールし、さらにウレタン等の保護材を使用して速やかに実験室まで運搬した。

(3) 非排水繰返し三軸試験（液状化試験）

(2)により原地盤部より採取した試料と、前節の(4)により埋戻し部より採取した試料の非排水繰返し三軸試験（以下では「液状化試験」と称する）を JSF T 541-1990 に基づいて実施した。圧密は等方圧密とし、有効拘束圧は試料採取深度における有効上載圧とした。ただし、調査地周辺の既存の調査結果に基づいて泥炭層の湿潤単位体積重量は 1.05 tf/m^3 とし、その他の各土層の単位体積重量は文献13) に基づいて設定した。

3.3 マンホールの地震時浮上がりに対する安定性の検討

(1) 浮上がり安全率の算定

文献6)では、共同溝の地震時の浮上がり安全率 F_s を次式により定義し、これが1.1未満である場合には液状化の詳細判定を行うものとしている（図3.6参照）。また、掘割道路のような半地下構造物に対しても同様に定義した浮上がり安全率が用いられており、最も危険な状態において1.0以上の浮上がり安全率を

確保することとされている¹⁴⁾ (図3.7参照)。

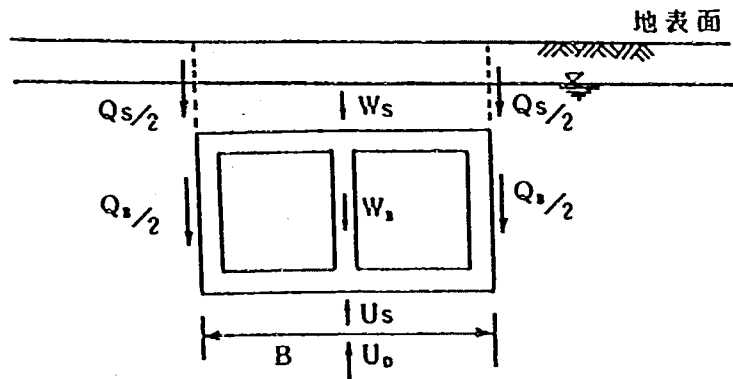


図3.6 共同溝の鉛直方向に作用する力⁶⁾

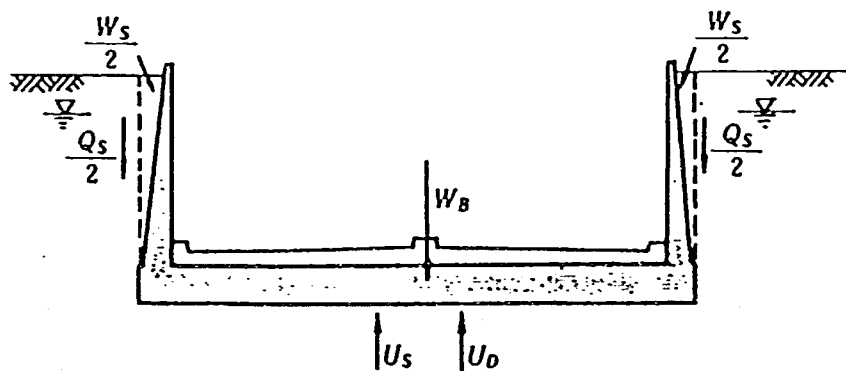


図3.7 掘割道路の鉛直方向に作用する力¹⁴⁾

$$F_s = \frac{W_s + W_B + Q_s + Q_B}{U_s + U_D} \quad \dots \text{式(3.11)}$$

ここに、 W_s ：上載土の荷重、 W_B ：共同溝の自重、 Q_s ：上載土のせん断抵抗、 Q_B ：共同溝側面の摩擦抵抗、 U_s ：共同溝底面に作用する静水圧による揚圧力、 U_D ：共同溝底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力である。

本調査で対象としたマンホールは半地下構造物であり、上載土が存在しないため、上式より W_s 及び Q_s を削除した次式により F_s を算定した。

$$F_s = \frac{W_B + Q_B}{U_s + U_D} \quad \dots \text{式(3.12)}$$

ここに、 W_B ：マンホールの自重、 Q_B ：マンホール側面の摩擦抵抗、 U_s ：マンホール底版面に作用する静水圧による揚圧力、 U_D ：マンホール底版に作用する過剰間隙水圧による揚圧力である。

抵抗となる W_B は、各マンホールの設置深度に応じて表3.2のように設定した。また、 Q_B は地下水位以浅の埋戻し部について考慮するものとし、次式により算定した。

$$Q_B = A_s \cdot \sigma_v' \cdot K_0 \cdot \tan(2\phi/3) \quad \dots \text{式(3.13)}$$

$$\phi = 15 + \sqrt{15 \cdot \bar{N}} \quad (\text{ただし } \phi \geq 20^\circ) \quad \dots \text{式(3.14)}$$

ここに、 A_s ：地下水位以浅のマンホールの側面積、 σ_v' ：埋戻し部の地表と地下水位の中間深度における有効上載圧、 K_0 ：静止土圧係数（=0.5とした）、 ϕ ：埋戻し部のせん断抵抗角、 $\bar{N}$ ：地下水位以浅の埋戻し部の平均 N 値である。

浮上がり力となる U_s は、マンホールの設置深度とボーリング調査による地下水位に基づいて算定した。また、 U_D は、マンホール底版と同深度の原地盤部で生じた過剰間隙水圧 Δu が伝播してくるものとして、次式により算定した。

$$U_D = \Delta u \cdot A \quad \dots \text{式(3.15)}$$

$$\Delta u = L_u \cdot \sigma_v' \quad \dots \text{式(3.16)}$$

$$\left. \begin{array}{l} L_u = \bar{F}_L - p \quad (F_L \geq 1) \\ L_u = 1 \quad (F_L < 1) \end{array} \right\} \quad \dots \text{式(3.17)}$$

ここに、 A ：マンホールの底面積（=0.866 m^2 ）、 σ_v' ：原地盤部のマンホール底版と同深度における有効上載圧、 L_u ：過剰間隙水圧比、 $\bar{F}_L$ ：原地盤部の液状化抵抗率の代表値、 p ：過剰間隙水圧の発生特性を示す係数である。

本調査では、過剰間隙水圧の発生特性として、文献6)で用いられている $p=7$ と、前節(3)の非排水繰返し三軸試験により得られた $p=2.1$ （4.3(3)参照）の2通りの特性を用いた。また、原地盤部の液状化抵抗率として、文献6)では地下水位以下の20mまでの土層のうち粘性土を除く1m毎の $\bar{F}_L$ の平均値を用いることとしているが、本調査では深部にある N 値30以上の土層を検討対象外とし、次に示す3通りの値を代表値 $\bar{F}_L$ として用いた。

- 1) 第一砂層（ A_{s1} 層、図4.10参照）以浅の全土層の $\bar{F}_L$ の平均値
- 2) マンホール底版よりも深部にある第1砂層以深の土層の $\bar{F}_L$ の平均値
- 3) マンホール底版よりも深部にある第1砂層以深の土層の $\bar{F}_L$ の最小値

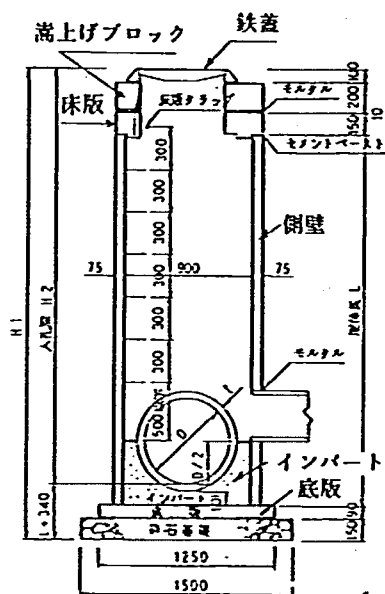
(2) 浮上がり安全率が1.0となる浮上がり量の逆算値の算定

マンホールの浮上がり安全率 F_s が1.0未満の場合には、抵抗よりも浮上がり力のほうが大きくなり、マンホールは浮上がり始め、浮上がり力の U_s と U_D はマンホールの底版位置が浅くなるほど減少するため、マンホールがある深度まで浮上がると、これらが抵抗と釣り合った状態となり浮上がりが停止すること

が予想される。このような深度を逆算して、浮上がり前の深度との差を浮上がり量の逆算値とした。

表3.2 マンホールの自重

ルート区分	マンホール No.	マンホール諸元		マンホール部材重量 (kgf)						マンホール 重量 (tf)
		全長 (m)	側壁長 (m)	鉄蓋	嵩上げ ブロック	床版	側壁	インバート	底版	
ニチイ側	63	4.95	4.40				2464			3.86
	64	4.77	4.22				2363			3.76
	65	4.60	4.05				2268			3.66
	66	4.45	3.90				2184			3.58
	67	4.32	3.77				2111			3.51
石黒ホーマ側	91	4.77	4.22				2363			3.76
	92	4.62	4.07				2279			3.67
	93	4.49	3.94	80	275	230	2206	550	260	3.60
	94	4.35	3.80				2128			3.52
	95	4.27	3.72				2083			3.48
札幌ベニヤ側	96	4.26	3.71				2078			3.47
	13	2.80	2.25				1260			2.66
	12	3.54	2.99				1674			3.07
	11	3.56	3.01				1686			3.08
	10	3.52	2.97				1663			3.06
	9	3.53	2.98				1669			3.06
	8	3.61	3.06				1714			3.11
	7	3.76	3.21				1798			3.19



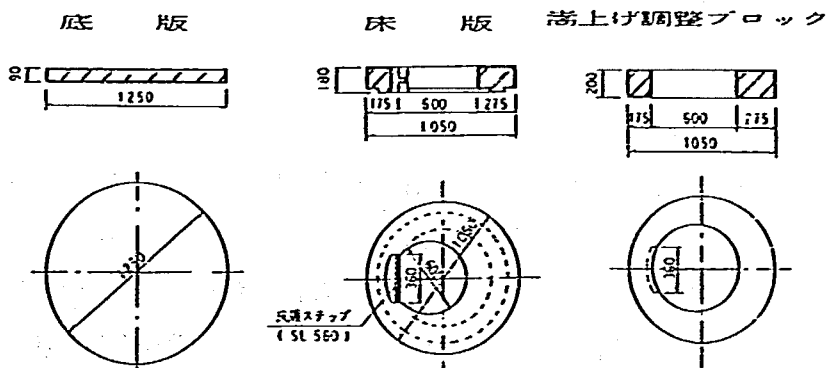
＜マンホール部材重量＞

コンクリート単体 $\gamma = 2.35 \text{ tf/m}^3$

ヒューム管重量 0.56 tf/m ($\gamma = 2.45 \text{ tf/m}^3$)
(呼び径 900)

- ・鉄蓋: 70~78 kgf → 80 kgf
- ・嵩上げブロック: $V = 0.117 \text{ m}^3$
275 kgf → 275 kgf
- ・床版: $V = 0.096 \text{ m}^3$
226 kgf → 230 kgf
- ・インバート → 550 kgf
- ・底版: $V = 0.110 \text{ m}^3$
259 kgf → 260 kgf
- ・側壁: 側壁長 $\times 0.56 \text{ tf/m}$

(釧路町提供資料を)
利用作成



4. 調査結果及び考察

4.1 地形・地質の概要とマンホールの諸元及び被災状況

(1) 地形・地質の概要

釧路地域の地形は、旧釧路川の東側に広がる台地と、阿寒川と旧釧路川に挟まれた沖積低地よりなる。沖積低地は、西方を白糠丘陵に、北方を鴨居丘陵に囲まれた低地であり、北側の泥炭地（釧路平原）と、南側の海岸沿いに分布する砂丘地に分けられる。釧路平原は、縄文海進期に海が内陸まで進入し、その後の海退期に河口付近に砂嘴・砂州性の砂丘地が内側の低地を閉塞するように形成されたことにより、潟湖として生成されたものである。本調査の対象箇所は、釧路平原南端の旧釧路川沿いの泥炭地に位置し、昭和37年頃に旧釧路川の浚渫砂を用いて造成された地域である。調査地周辺の地形分類を図4.1¹⁵⁾に示す。

低地部の地質の模式図を図4.2¹⁶⁾に示す。文献17)によれば、沖積層の厚さは最大で80mにも及び、下から順に「下部礫層」、「中部泥層」、「上部細礫層」、「最上部層」の4部層に区分されており、各地層の概要は以下のようになる。

1) 下部礫層

沖積層基底の礫層で、ときに泥炭、火山灰をはさむ。厚さは13m以下で、深度40m以下に分布する。

2) 中部泥層

シルト、粘土を主体としてやや頻雑に砂をはさみ、貝化石を含むことが多い。厚さは海岸付近で15~30m、内陸部で50mに達することがある。深度10数m~22m以深に分布する。

3) 上部細礫層

大豆~そら豆大のよくそろった円礫を主体とし、所々に多量の貝殻を含むことがある。厚さは海岸付近で10数mであり、内陸部に向かってレンズ状に消滅する。

4) 最上部層

海岸側では砂丘砂、内陸では泥炭、泥からなり、現在の地表を作っている。

これらの沖積層の基底深度分布図を図4.3¹⁶⁾に示す。調査地は、比較的急峻な谷跡の斜面上に位置することがわかる。

(2) マンホールの諸元

マンホールと污水管渠は昭和53年に開削工法により敷設され、周囲は旧釧路川の浚渫砂と山砂により埋め戻された。これらの諸元及び基礎構造と、マンホールの敷設深度を図4.4にまとめて示す（各ルートของマンホールの敷設標準図は図3.1参照）。マンホールは、側壁躯体が外径1050mm、内径900mmのヒューム管で、大半は2本継ぎ構造となっており、上部の嵩上げブロックにより設置深度に合わせた全長の調整を行っている。マンホールの基礎は2段組の井桁基礎で、隙間が碎石で充填されている。污水管渠はB形ヒューム

管で、継手としてソケット継手が、基礎としてはしご胴木がそれぞれ用いられている。

各ルートの路線計画図を図4.5に示す。ニチイ側ルートではNa68、石黒ホーム側ルートではNa96、札幌ベニヤ側ルートではNa12のそれぞれのマンホールの上流側の污水管渠の設置深度が浅くなっており、これらの区間で内径250mmのヒューム管が用いられ、設置深度の深い他の区間では内径300mmのものが用いられている。

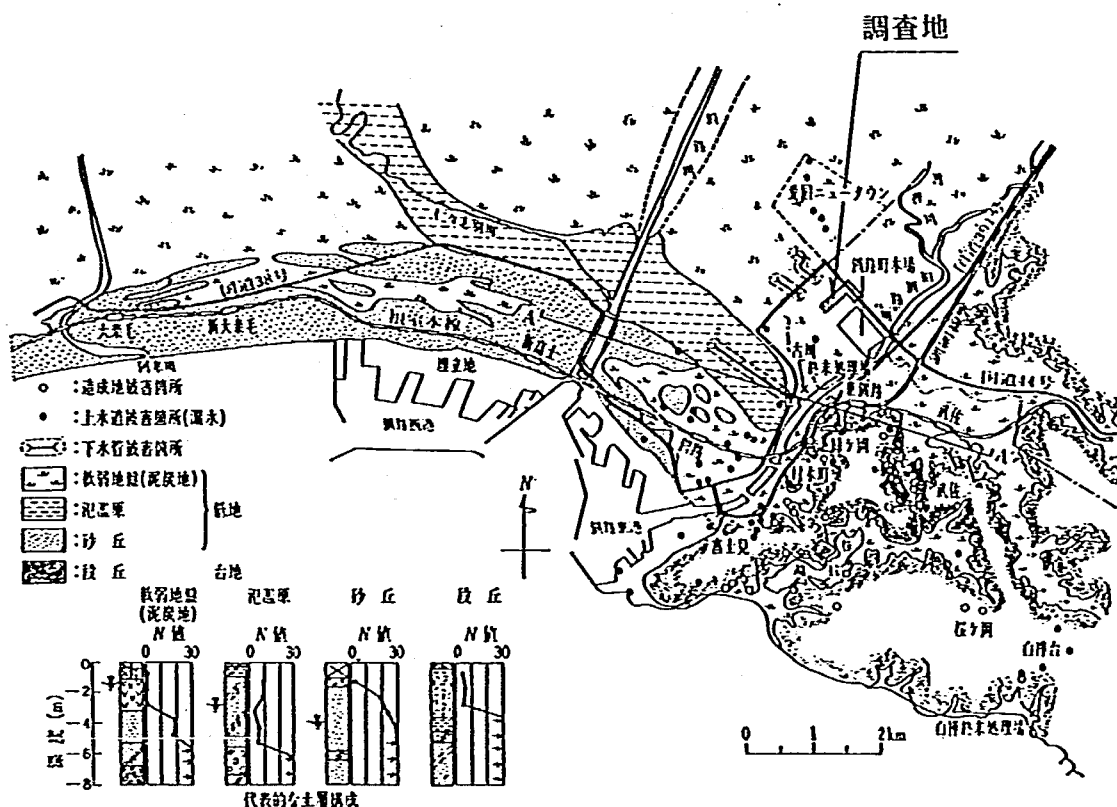


図4.1 調査地周辺の地形分類¹⁵⁾

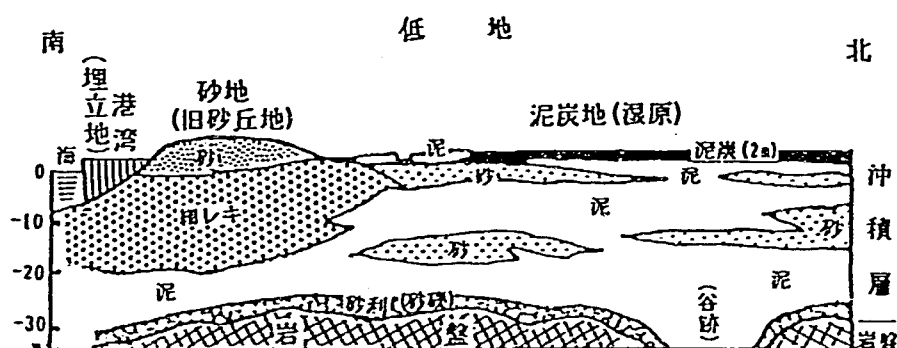


図4.2 低地部の地質の模式図¹⁶⁾

c) 沖積層の基底深度分布図
(岡崎⁵⁾を利用作成)

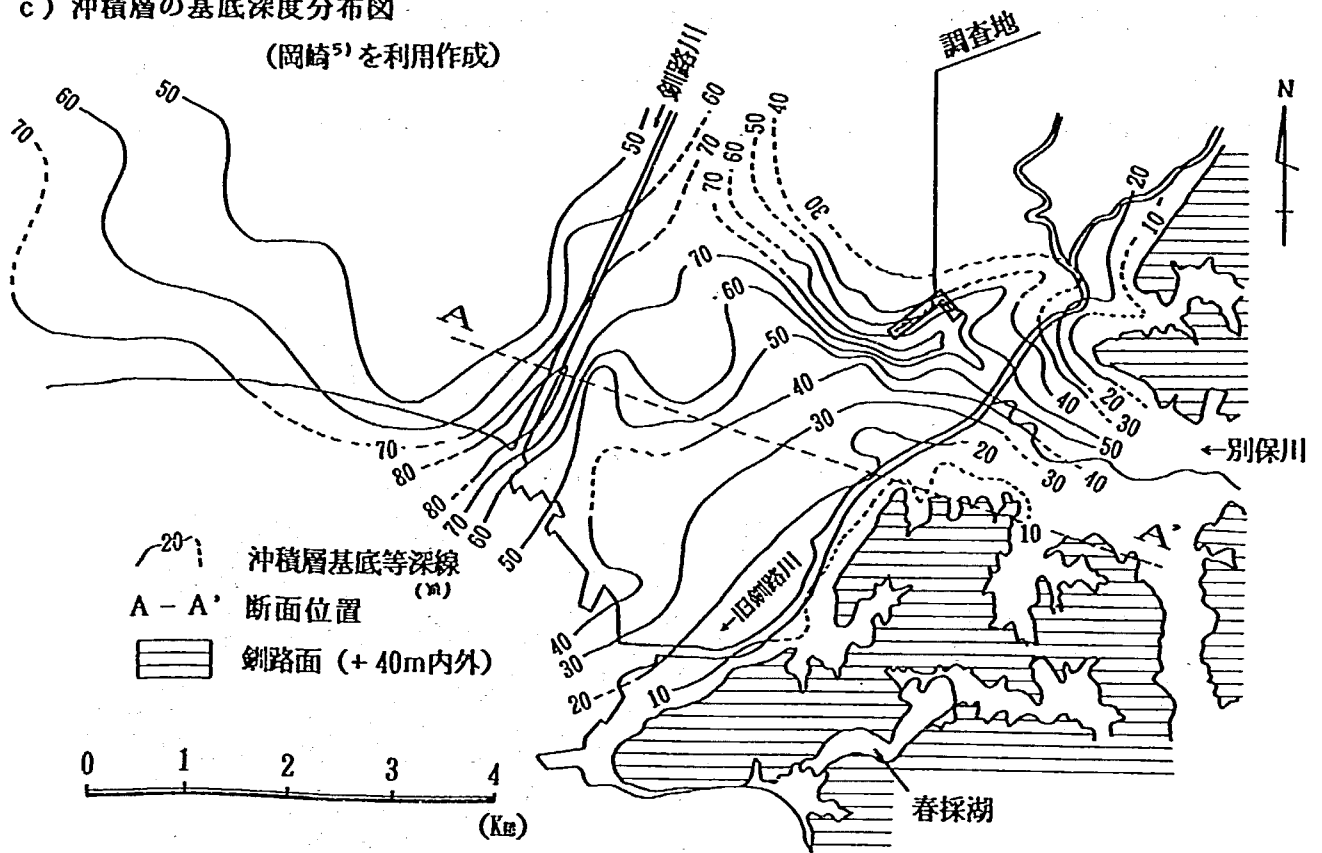
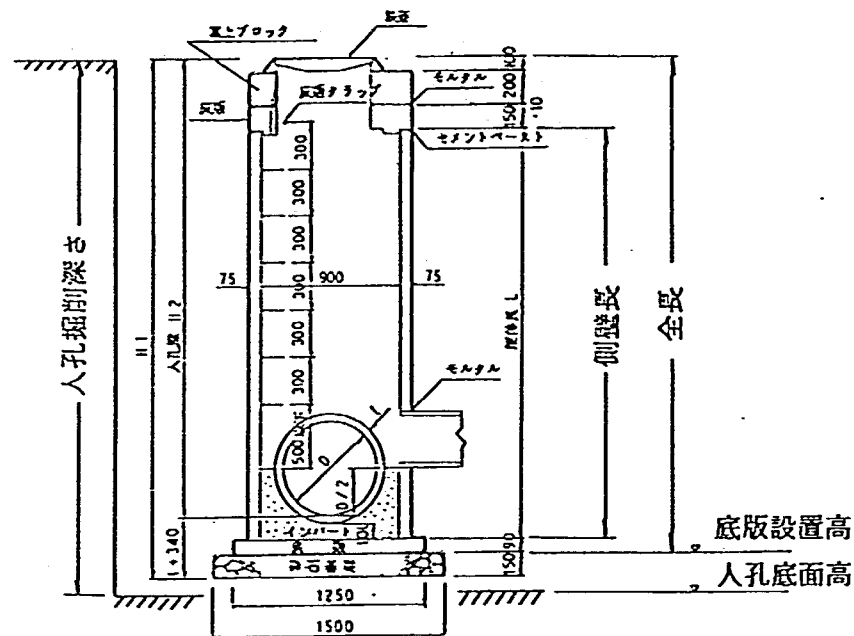


図4.3 沖積層の基底深度分布図¹⁶⁾

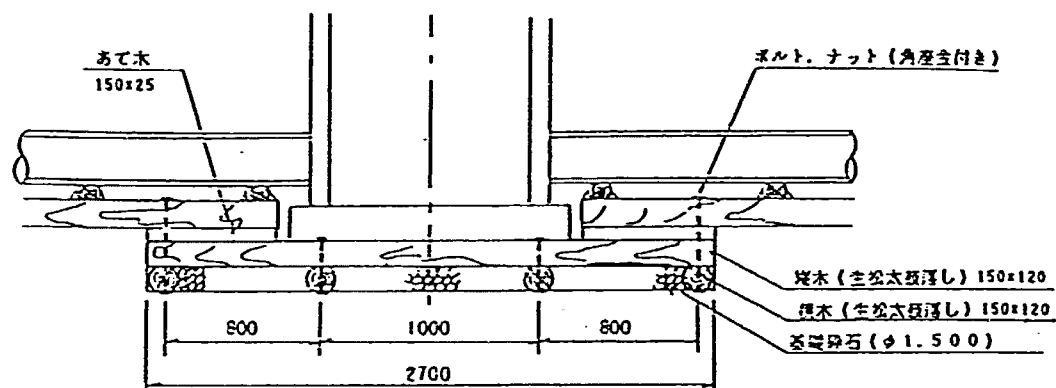
< マンホール諸元および設置標高 >

< マンホール諸元名称 >

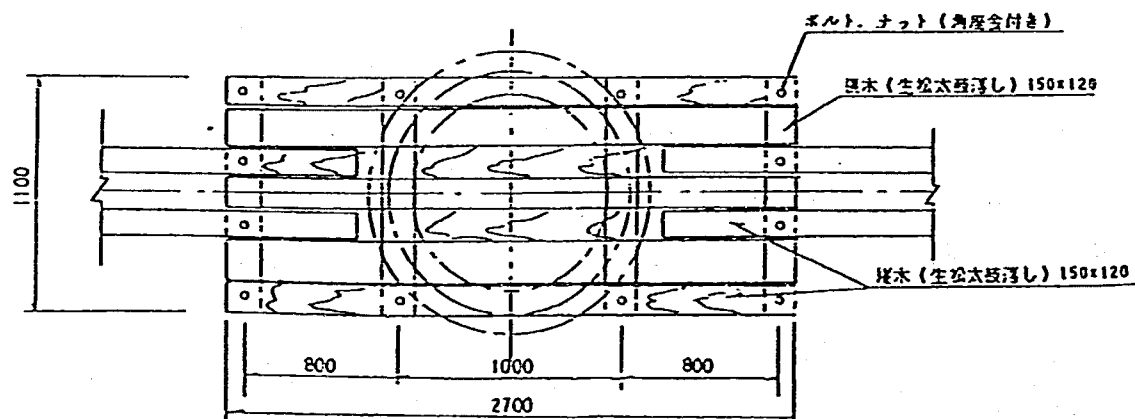


< マンホール井桁基礎 >

側面図



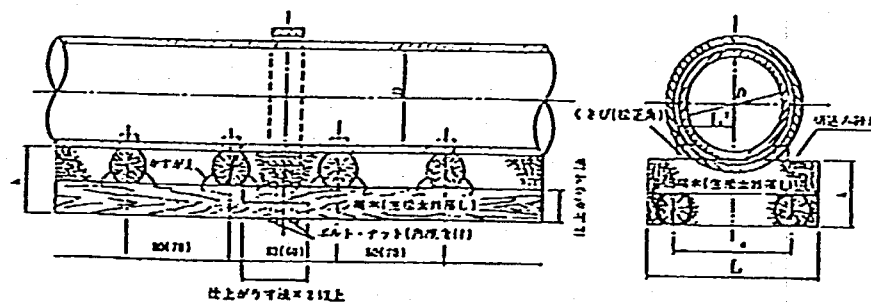
平面図



ルート区分	マンホール No.	マンホール諸元		人孔掘削 深さ (m)	マンホール設置標高TP. (m) (地震前)			マンホール 浮上がり量 (m)	地震後 底版高 TP. (m)
		全長 (m)	側壁長 (m)		天端 (m)	人孔底面高 (m)	底版設置高 (m)		
ニチイ側	62	5.17	4.62	5.41	3.21	-2.200	-1.96	0.06	-1.90 *
	63	4.95	4.40	5.19	3.11	-2.080	-1.84	0.16	-1.68
	64	4.77	4.22	5.01	3.05	-1.964	-1.72	0.55	-1.17
	65	4.60	4.05	4.84	2.99	-1.849	-1.61	1.31	-0.30
	66	4.45	3.90	4.69	2.98	-1.707	-1.47	0.28	-1.19
	67	4.32	3.77	4.56	2.97	-1.586	-1.35	0.02	-1.33
	68	4.17	3.62	4.41	2.93	-1.480	-1.24	0.00	-1.24 *
	69	2.91	2.36	3.15	3.23	0.080	0.32	0.06	0.38 *
	70	2.90	2.35	3.14	3.38	0.240	0.48	0.08	0.56 *
	71	2.71	2.16	2.95	3.34	0.390	0.63	0.00	0.63 *
	72	2.27	1.72	2.51	3.34	0.830	1.07	0.01	1.08 *
	73	2.18	1.63	2.42	3.35	0.930	1.17	0.00	1.17 *
石黒ホーム側	89	5.03	4.48	5.27	3.11	-2.160	-1.92	0.13	-1.79 *
	90	4.95	4.40	5.19	3.19	-2.000	-1.76	0.13	-1.63 *
	91	4.77	4.22	5.01	3.10	-1.911	-1.67	0.03	-1.64
	92	4.62	4.07	4.86	3.06	-1.801	-1.56	0.43	-1.13
	93	4.49	3.94	4.73	3.03	-1.702	-1.46	0.11	-1.35
	94	4.35	3.80	4.59	2.99	-1.596	-1.36	0.08	-1.28
	95	4.27	3.72	4.51	3.02	-1.494	-1.25	0.22	-1.03
	96	4.26	3.71	4.50	3.12	-1.379	-1.14	0.02	-1.12
	2	2.45	1.90	2.69	3.26	0.570	0.81	0.00	0.81 *
	3	2.47	1.92	2.71	3.40	0.690	0.93	0.00	0.93 *
	4	2.42	1.87	2.66	3.47	0.810	1.05	0.06	1.11 *
	5	2.26	1.71	2.50	3.55	1.050	1.29	0.01	1.30 *
札幌ベニヤ側	14	2.85	2.30	3.09	3.57	0.480	0.72	0.03	0.75 *
	13	2.80	2.25	3.04	3.43	0.390	0.63	-0.12	0.51
	12	3.54	2.99	3.78	3.31	-0.474	-0.23	-0.03	-0.26
	11	3.56	3.01	3.80	3.19	-0.614	-0.37	0.00	-0.37
	10	3.52	2.97	3.76	3.05	-0.712	-0.47	0.18	-0.29
	9	3.53	2.98	3.77	2.90	-0.867	-0.63	1.03	0.40
	8	3.61	3.06	3.85	2.83	-1.022	-0.78	0.36	-0.42
	7	3.76	3.21	4.00	2.79	-1.208	-0.97	0.05	-0.92

注) ・マンホール全長 : =天端標高-底版設置高
 ・マンホール側壁長 : 路線計画図記載
 ・人孔掘削深さ : 路線計画図記載
 ・人孔底面高 : 路線計画図記載
 ・底版設置高 : 人孔底面高-0.24m
 ・地震後底版高 : =底版設置高-浮上がり量
 *印のマンホール浮上がり量は突出量で記載

< はしご脚木基礎 >

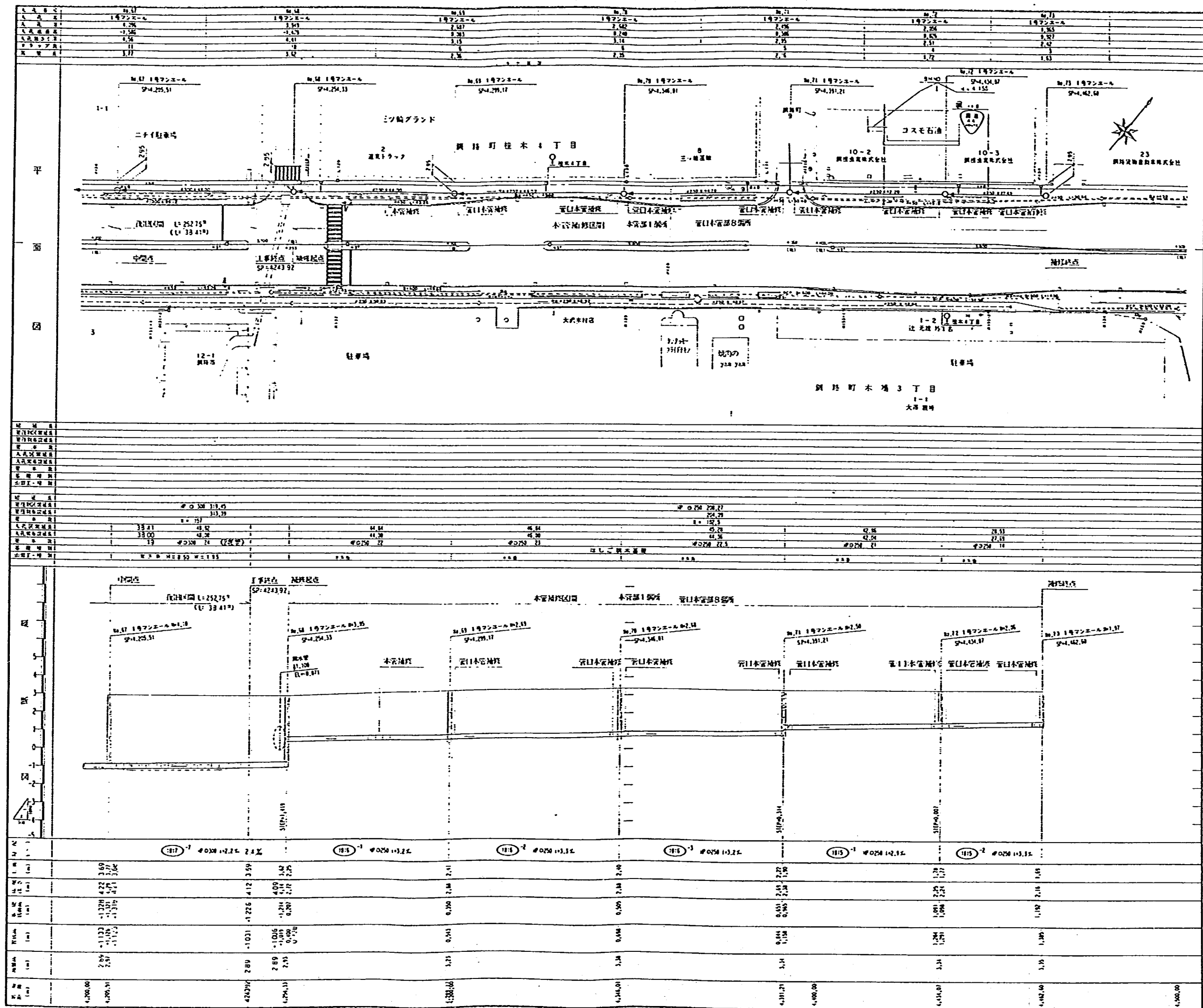


はしご脚木基礎寸法表

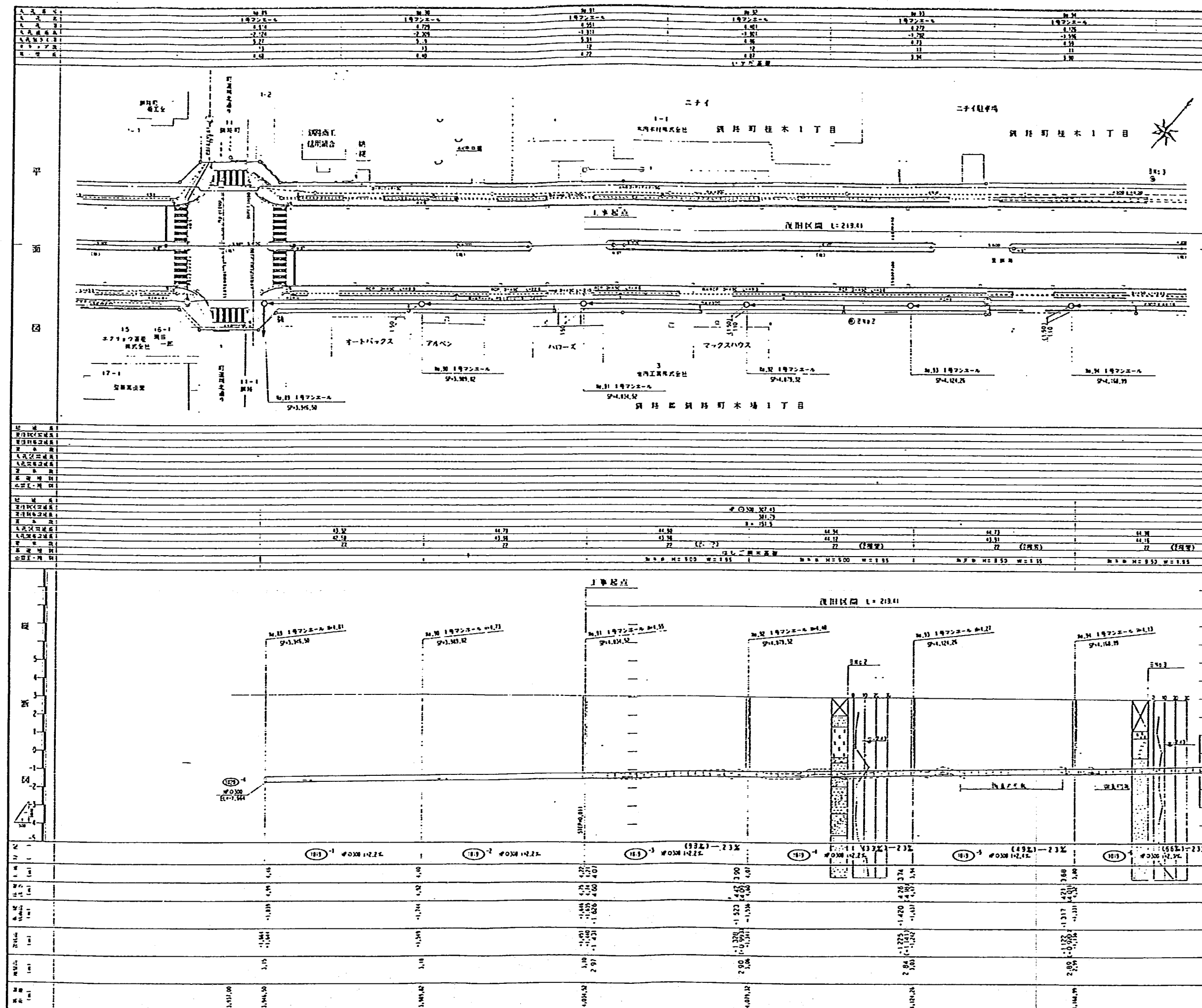
内径 (D) (mm)	縦木間隔 (a) (mm)	基礎幅 (L) (mm)	基礎厚 (h) (mm)
250 ~ 350	300	450	165

出典 : 釧路町提供資料
 を利用作成

図4.4 マンホールの構造諸元と設置深度

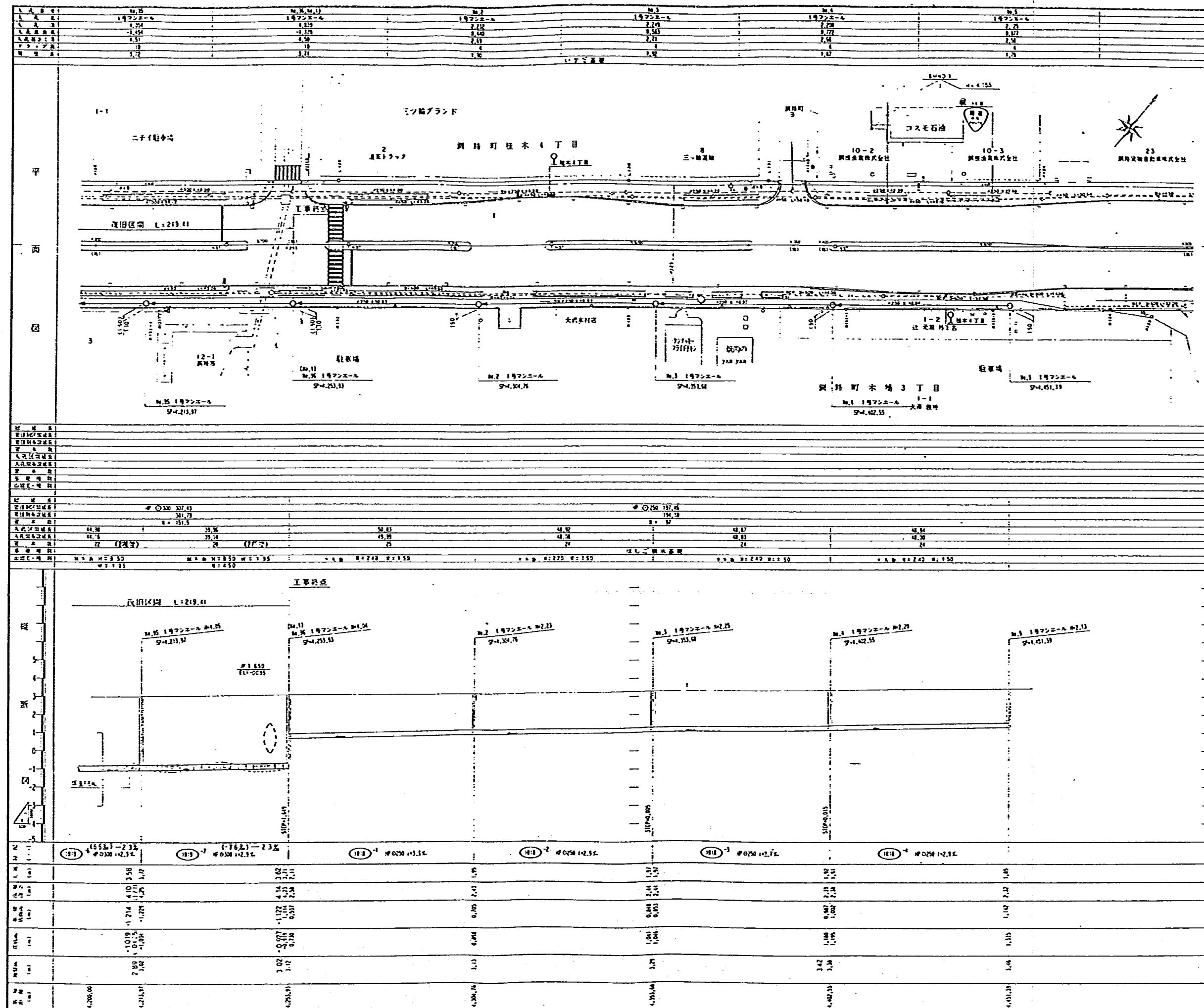


出典：釧路町提供資料



出典：釧路町提供資料

図4.5 (3) 石黒ホーム側ルート (その1)



出典：釧路町提供資料

図4.5 (4) 石黒ホーム側ルート (その2)

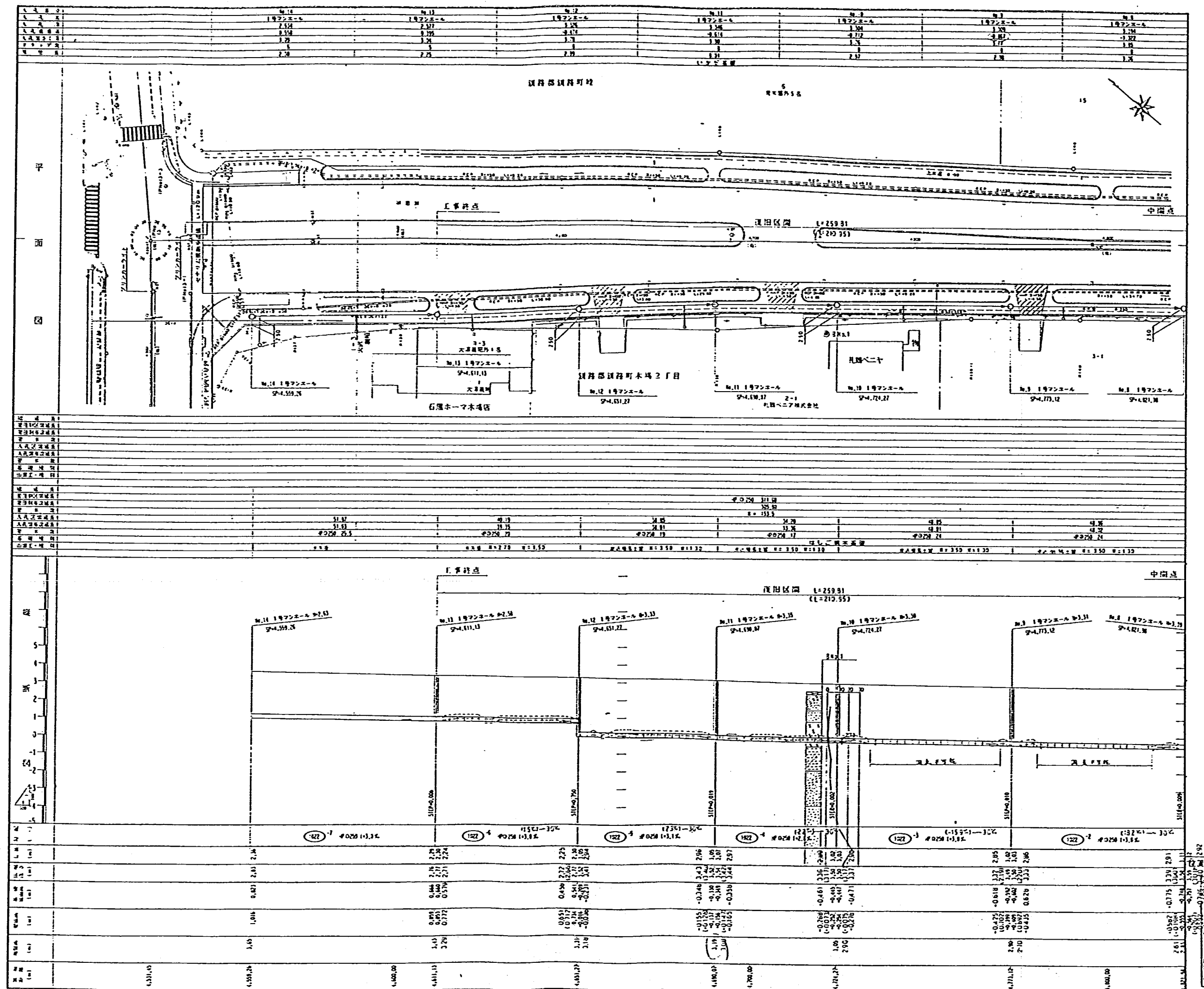


図4.5 (5) 札鶴ベニヤ側ルート (その1)

(3) マンホールと周辺地盤の被災状況

最も浮上がり量の大きかったマンホール№65の状況を写真4.1に示す。マンホールはほぼ垂直に浮上がっており、他のマンホールも同様であった。マンホール周辺地盤の被害は、(4)で述べる全体的な地盤沈下のほかは、写真4.2に見られるようにマンホール天端付近の舗装が剝離した程度であった。ただし、石黒ホーム側の№92～№93の区間では、写真4.3に示すような歩道部分の舗装の広範囲な破損と、縁石及び車道路肩部の不陸が生じた。また、№63の付近では歩道上に窪み（水溜り）が確認されたが、これが埋戻し部の沈下に起因するものかどうかは不明であった。なお、北海道開発局釧路開発建設部が実施した水準測量結果によれば、歩道部は各ルートとも10～20cm程度沈下していた。

マンホールの周囲からの噴砂及び噴水は、諸機関による地震直後の被災調査では確認されておらず、マンホール近くの歩道の舗装破損箇所等からの噴砂が確認されたのみである。既存の文献による噴砂の確認箇所をまとめて表4.1^{15) 16) 18) 19)}に示す。マンホールの浮上がりが周辺地盤（原地盤または埋戻し土）の液状化によって生じたと予想されている割には、噴砂の確認例が限られているが、これは、地震発生時に地表面が凍結していたためと考えられている¹⁹⁾。

ただし、地震発生時の凍結深度は30cm程度で、舗装箇所では舗装部分が外気温を遮断したためにその下の表土は凍結していなかったとする報告¹⁶⁾もある。舗装箇所の標準定規図を図4.6に示すが、車道部では舗装の下に合計60cmの厚さで切込碎石と凍土抑制層が設置され、歩道部でも舗装の下に27cmの厚さで切込碎石が設置されており、これらの存在からもマンホール周辺の舗装箇所の地盤は凍結していなかった可能性が高いものと判断される。

(4) マンホールの浮上がり量

水準測量結果に基づいて、図4.7で定義するマンホールの浮上がり量と突出量（地上への見かけの浮上がり量）、及び周辺地盤の沈下量の分布を図4.8にまとめて示す。

マンホールの突出量は、ニチイ側ルートの№65が146cmと最も大きく、ついで札鶴ベニヤ側ルートの№9が124cm、石黒ホーム側ルートの№92が56cmであった。各ルートとも、突出量の分布は上述した箇所を中心におおまかには山なりの形状を示しており、国道44号線に沿って平行するニチイ側ルートと石黒ホーム側ルートでは、ほぼ同じ場所でピークを示した。

一方、地盤沈下量は最大で23cm程度であり、マンホール突出量とほぼ対応した分布を示した。ただし、それぞれが最大値を示す箇所は必ずしも一致しなかった。

マンホールの設置深度と突出量の関係を図4.9に示す。深度3m未満の浅い位置に設置されたマンホールはいずれも突出量が小さかった。この理由として、地下水面に近づくと上部の不飽和土による土被り圧の影響で液状化が生じにくいこと、及び、仮に液状化が生じたとしてもその範囲が不飽和部に比べて小さいために浮上がりが生じにくいことが考えられる。一方で、地下水面に近づいて深度が浅くなると、地震時せん断応力比が増加することも考えられる（式(3.1)及び式(3.2)参照）が、マンホールの設置深度（2～5m）の範囲内では、先に述べた不飽和部の影響のほうが大きかったものと判断される。

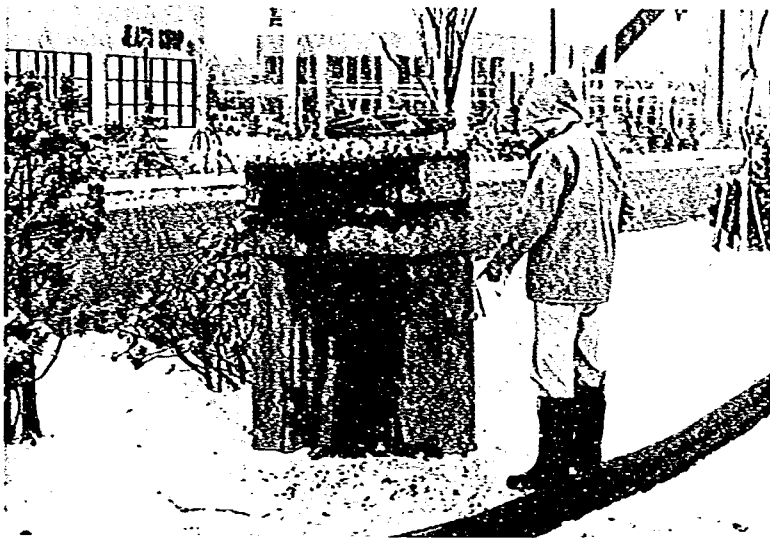


写真4.1

ニチイ側No.65の
マンホールの

地震直後の状況

(突出量146cm)

H5.1.26撮影



写真4.2

札鶴ベニヤ側No. 8
のマンホール

復旧前の状況

(突出量53cm)

H5.7.27撮影

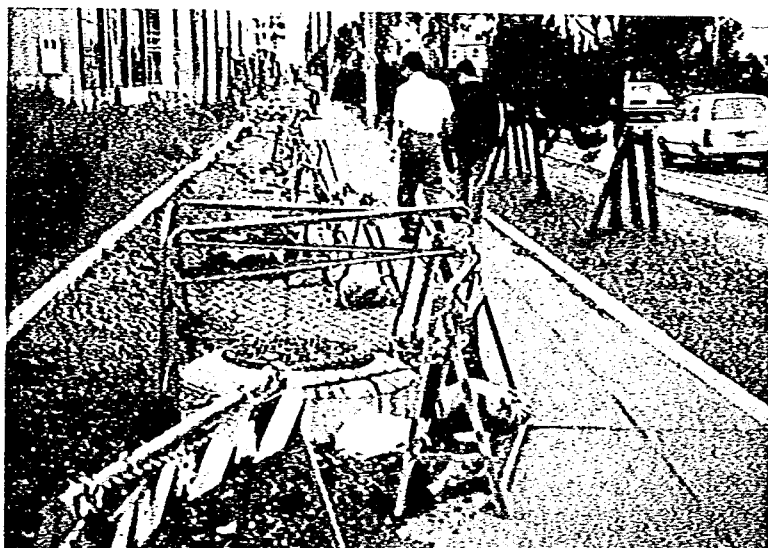


写真4.3

石黒ホーム側No.93
マンホール周辺地盤
(歩道)

被災状況

[上流側より撮影]

(突出量28cm)

H5.7.27撮影

表4.1 既存文献による噴砂等の確認状況^{15) 16) 18) 19)}

文 献	調査期間	噴 砂 確 認 箇 所	備 考
山下, 他 ¹⁵⁾	地震発生後 から一週間	○ 石黒ホーマ側№93～95 区間の歩道亀裂部。	○ マンホール周囲には 確認できず。
岡崎 ¹⁶⁾	—	○ 確認されず。	○ 地表面は約30cm程凍 結。但し、舗装部は 凍結していない。
森 ¹⁸⁾	H5. 1. 16 ～1. 19	○ 近隣駐車場の舗装亀裂 部、歩道隙間、植え込 み、近隣の裸地。	○ マンホール周囲に噴 砂、噴水の痕跡なし。 ○ 地表面の凍結は50cm (推測)。
中村, 他 ¹⁹⁾	H5. 1. 18 ～1. 26	○ №65付近 (ニチイ前)	—

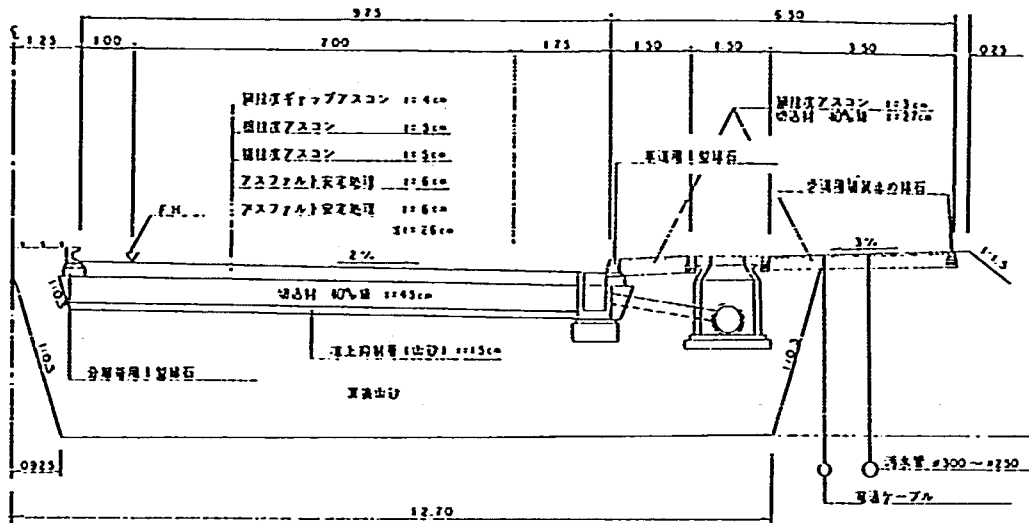


図4.6 舗装箇所の標準定規図（北海道開発局による）

注) ・地盤沈下量：＝地震前地盤高－地震後地盤高

・マンホール浮上がり量：＝マンホール突出量－地盤沈下量

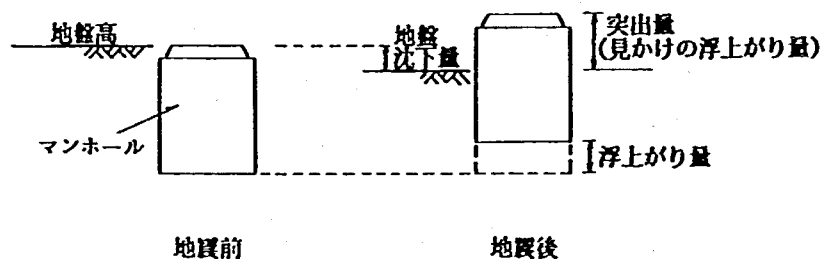
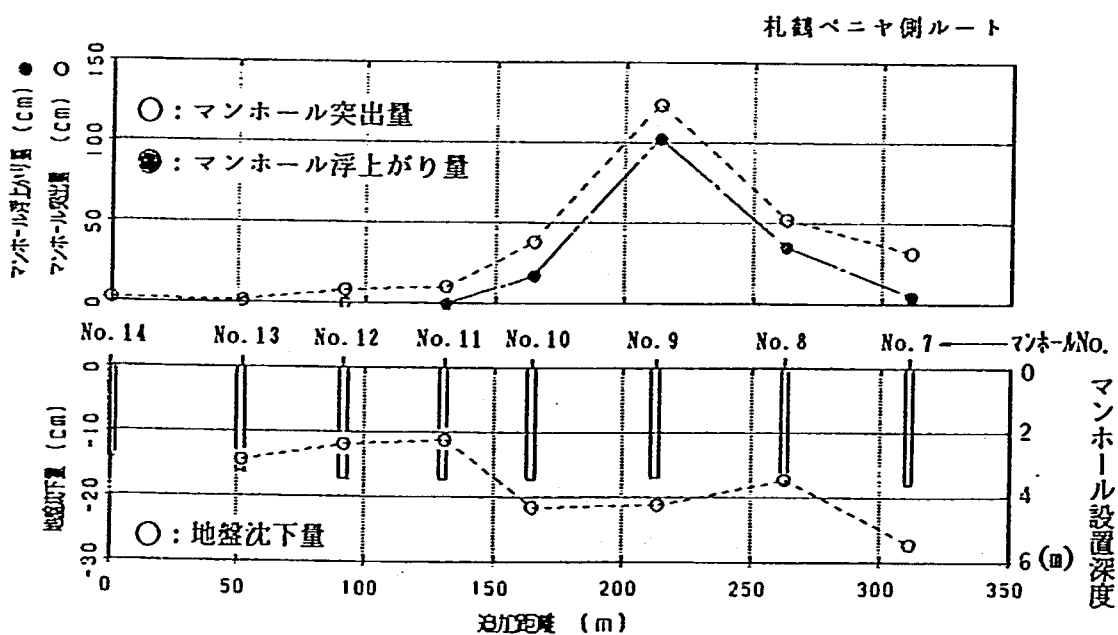
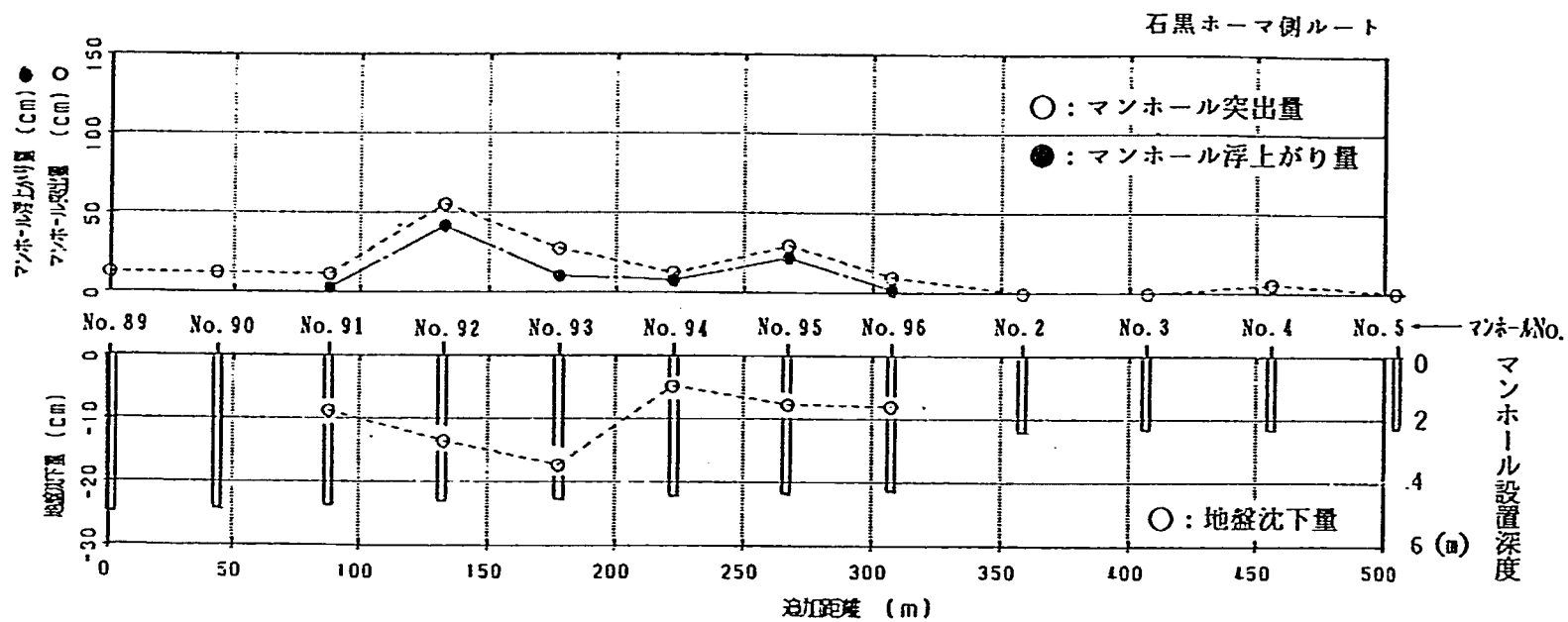
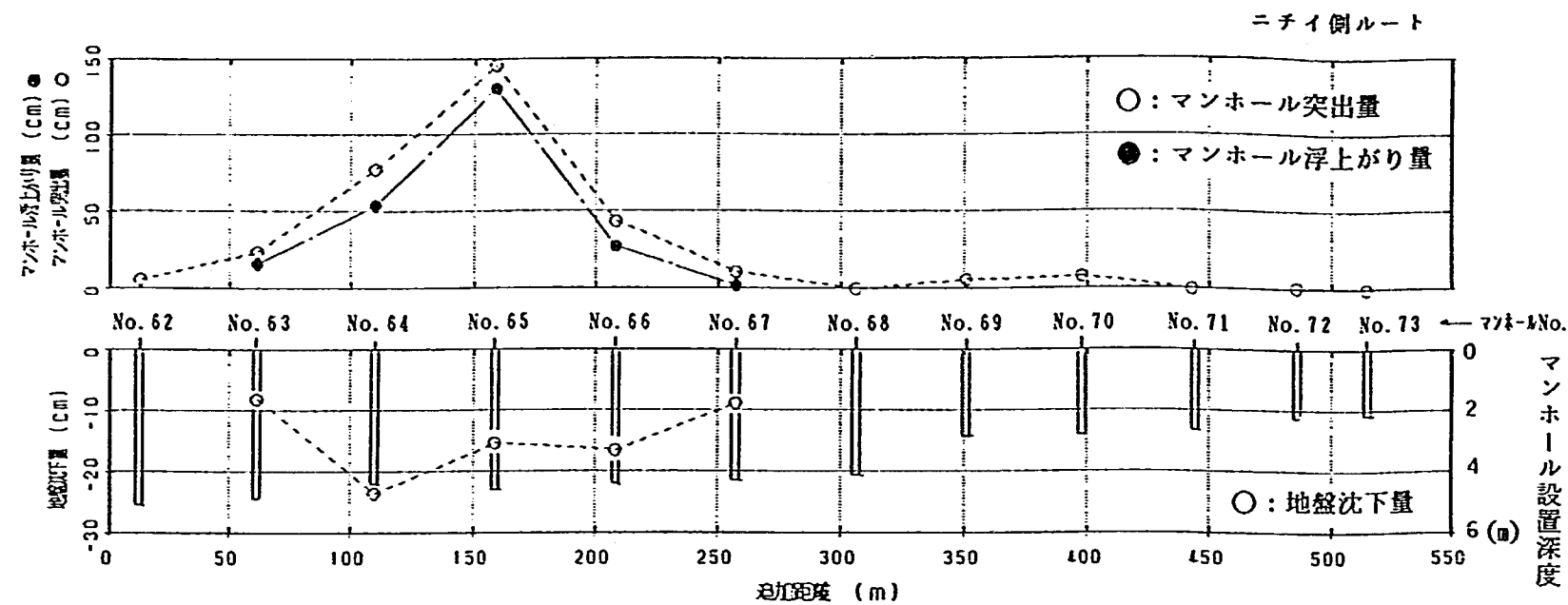


図4.7 マンホールの浮上がり量と突出量の定義

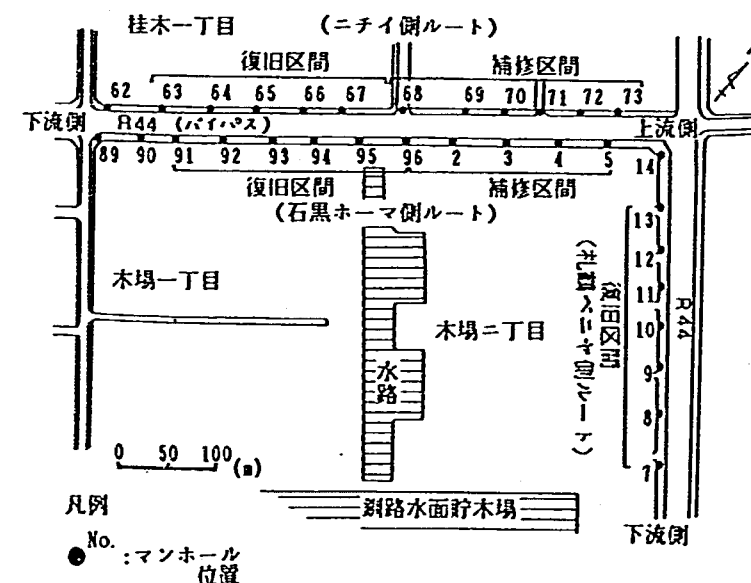


マンホールの突出量・浮上がり量および周辺地盤の地盤沈下量

ルート	マンホール No.	マンホール設置深度 GL-(m)	地盤沈下量 (cm)	マンホール突出量 (cm)	マンホール浮上がり量 (cm)
ニチイ側	62	5.17	—	6	—
	63	4.95	8	24	16
	64	4.77	23	78	55
	65	4.60	15	146	131
	66	4.45	16	44	28
	67	4.32	9	11	2
	68	4.17	—	0	—
	69	2.91	—	6	—
	70	2.90	—	8	—
	71	2.71	—	0	—
	72	2.27	—	1	—
	73	2.18	—	0	—
石黒ホーマ側	89	5.03	—	13	—
	90	4.95	—	13	—
	91	4.77	9	12	3
	92	4.62	13	56	43
	93	4.49	17	28	11
	94	4.35	5	13	8
	95	4.27	8	30	22
	96	4.26	8	10	2
	2	2.45	—	0	—
	3	2.47	—	0	—
	4	2.42	—	6	—
	5	2.26	—	1	—
札幌ベニヤ側	14	2.85	—	3	—
	13	2.80	14	2	-12
	12	3.54	12	9	-3
	11	3.56	11	11	0
	10	3.52	21	39	18
	9	3.53	21	124	103
	8	3.61	17	53	36
	7	3.76	27	32	5

注) ・マンホール設置深度 : マンホール全長 (図4.4 参照)

・マンホール浮上がり量 : マンホール突出量 - 地盤沈下量 (図4.7 参照)



凡例

・地盤沈下量, 設置深度
 ○ : 地盤沈下量
 T : マンホール設置深度

図4.8 マンホールの浮上がり量、突出量と周辺地盤の沈下量の分布

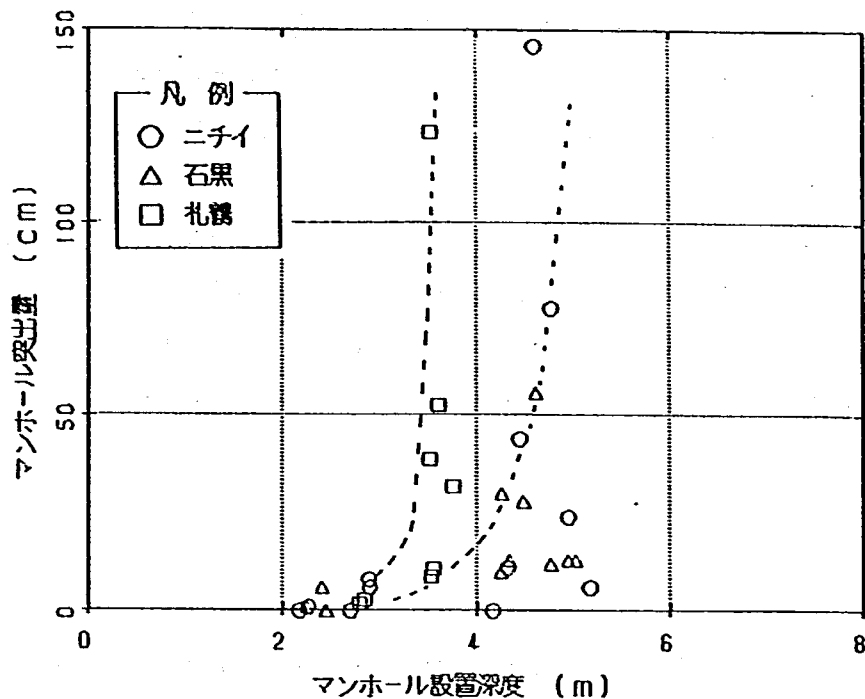


図4.9 マンホールの設置深度と突出量の関係

なお、北海道開発局釧路開発建設部が実施した調査結果によれば、汚水マンホールよりも浅い位置に設置されていた雨水管渠とマンホール（図3.1参照）は無被害であったが、これも上記と同様な理由か、あるいは地下水面よりも上に設置されていたことによるものと考えられる。

4.2 周辺地盤の状況

(1) 標準貫入試験結果

標準貫入試験結果を巻末資料1に示す。これらに基づいて推定した地盤断面図を図4.10に、各土層毎のN値の度数分布図を図4.11に示す。また、既存のボーリングデータとの比較を図4.12に示す。調査地域は、TP. + 3 m前後の地盤高であり、概ね一様な平坦面をなしている。

各ルート毎の土層構成は、N値30以上の砂質土層の出現深度に不陸がみられるものの、上位の土層は概ね成層状に分布している。なお、今回の調査深度までの土層は、4.1(1)で述べた地層区分を考慮すると「沖積層最上部層」及び「沖積層上部細礫層」に対応するものと判断されるが、層相及びN値等により土層を細区分して次に示す名称で表示するものとした。

- ・表層部に「埋土層(B)」が層厚2 m程度で分布し、その下位には旧表土となる「泥炭層 (AP)」が層厚0.5～2 mで層厚変化を伴いながらも一様に分布している。
- ・泥炭層の下位には、N値10以下で細粒分を比較的多く混入する「第一、第二砂質土層 (A c s₁, A c s₂)」が層厚3～6 mで分布している。なお、ニチイ側ルート及び石黒ホーム側ルートの中央部付

近では、 Acs_1 層と Acs_2 層との間に、粘性土層（AC）が層厚2m程度で介在している。

・第二砂質土層（ Acs_2 ）の下位には、N値10～20程度で細粒分が少なく粒径の均一な細砂を主体とした「第一砂層（ As_1 ）」が、層厚2.5～5mで分布している。ただし、ニチイ側ルート及び石黒ホーム側ルートの中央部付近では欠如している。

・今回の調査深度内で最下部層として出現する「第二砂層（ As_2 ）」は、細粒分が少なく粒径の不均一な細砂やシルト混じり細砂及び中砂を主体とし、N値は30以上を示す締まった土層である。出現深度は、ニチイ側ルート及び石黒ホーム側ルートでは、GL-7～13m程度であり、ルート中央部または下水管渠の下流側で深度を増している。また、札鶴ベニヤ側ルートでの出現深度は、GL-12～15m程度であり、下水管渠の下流側へ向かい順次深度を増している。

各土層の概要を以下にまとめる。

1) 原地盤部の埋土〔表土〕（B）

黄褐色、茶褐色の細砂やシルト混じり細砂などからなり、細粒分は少なく粒径は比較的均一である。また、所々に円礫（礫径 ϕ 2～10mm）を混入する。N値は、1～4（平均N値 $N=2$ ）であり、非常に緩い状態にある。

2) 泥炭層（Ap）

暗茶褐色の泥炭（高有機質土）で未分解の植物遺骸が主体であるが、粘性土（腐植土）も所々に多量に混入する。全体に含水量はやや少ない傾向にある。N値は1～3（ $N=2$ ）を示す。

3) 第一砂質土層（ Acs_1 ）

暗青灰色、暗灰色を呈するシルト質細砂やシルト混じり細砂及び礫混じり中砂（円礫 ϕ 2～10mm）などからなる土層であり、層相変化が激しい。また、最上部には乳灰色の火山灰質シルト（確認層厚80cm）を介在している。N値は1～21を示しているが概ね10以下であり（ $N=7$ ）、緩い状態にある。

4) 粘性土層（Ac）

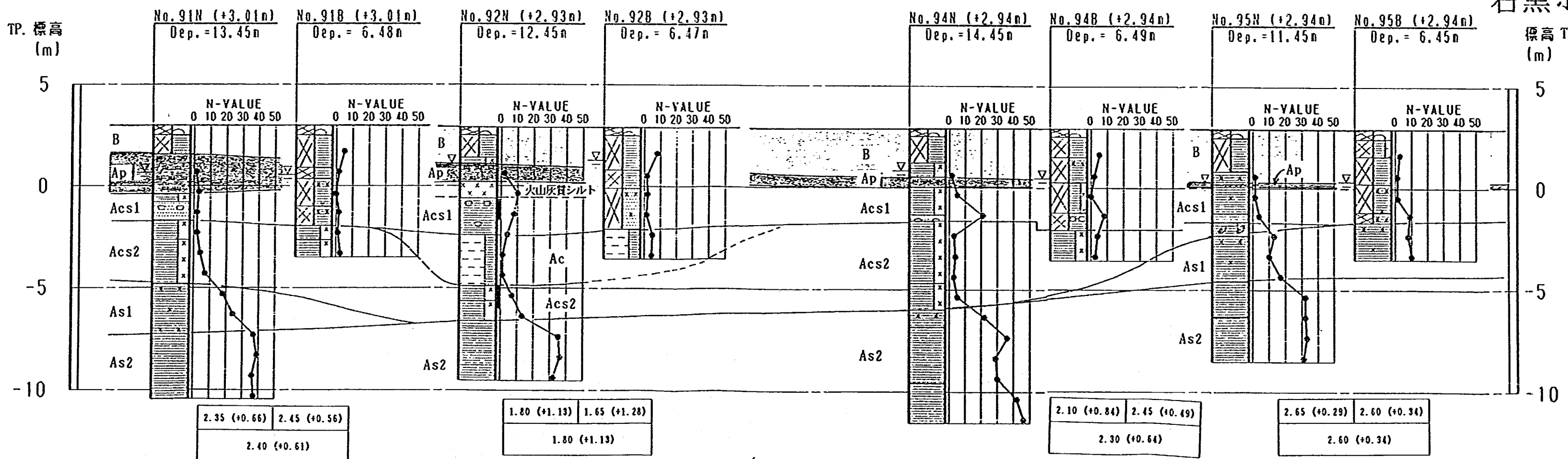
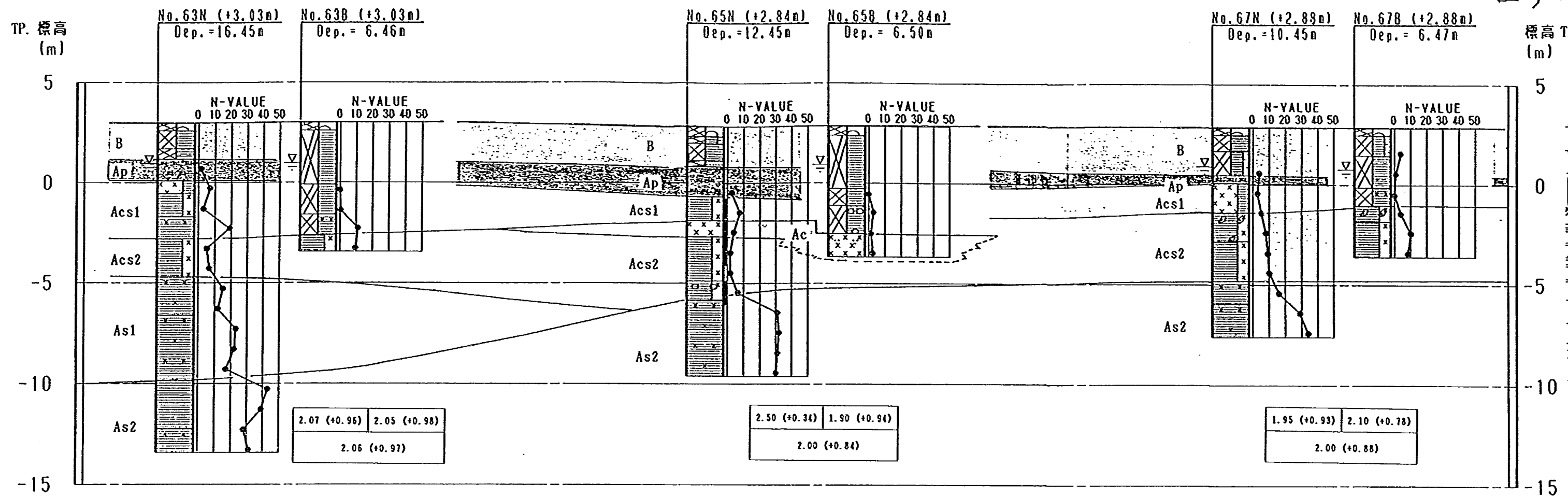
暗灰色のシルトや砂質粘土などからなる土層であり、細砂の薄層（2～3cm厚）及び浮石を不規則に介在する。本層は、マンホールNa65及びNa92の地点で Acs_1 層の下位に層厚2m程度で出現する土層であり、旧釧路川の支流等により生成された局所的な土層と判断される。N値は1～5（ $N=3$ ）を示し、コンシステンシーとしては対象土層の中では中位の状態にある。

5) 第二砂質土層（ Acs_2 ）

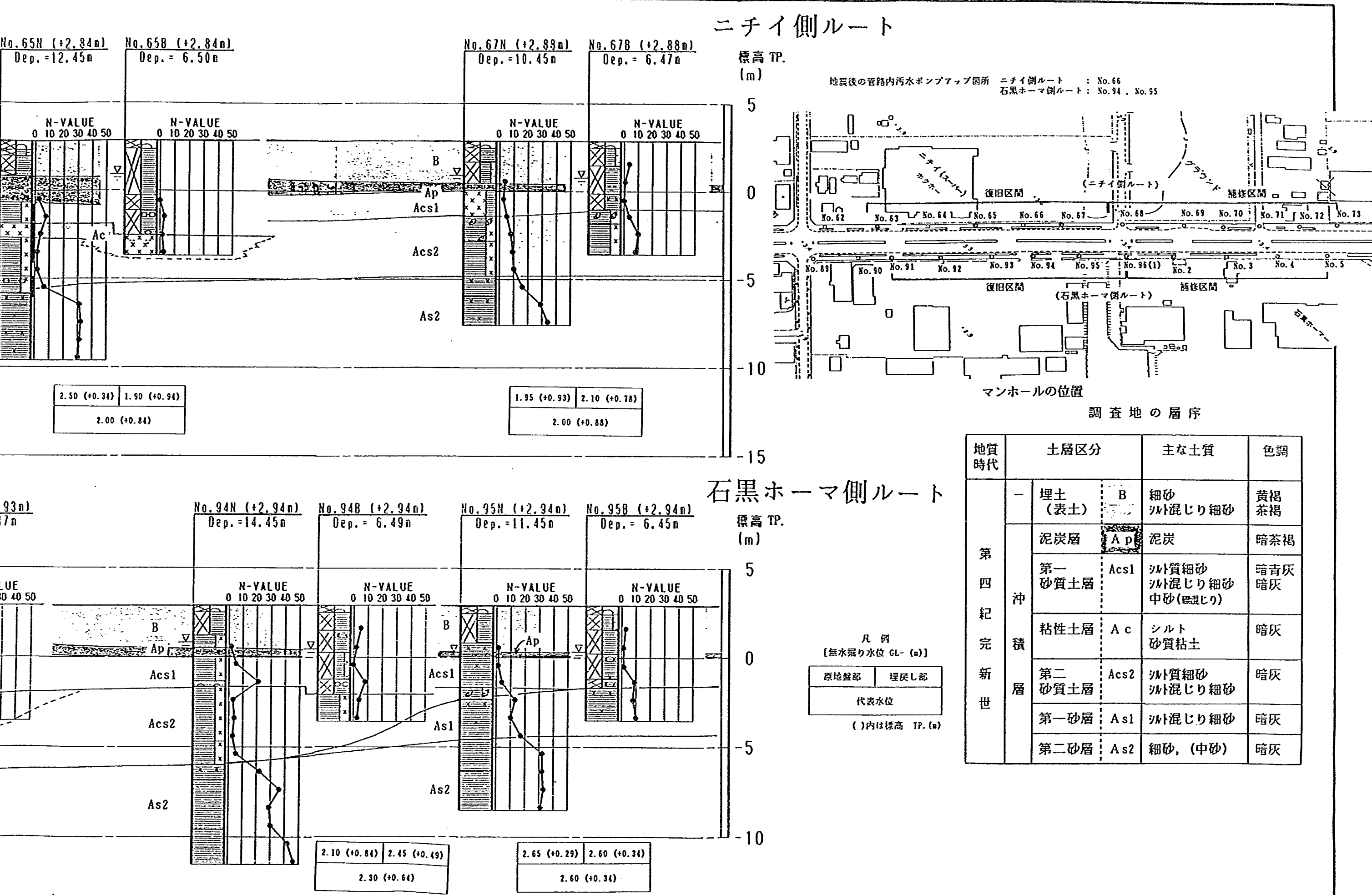
暗灰色のシルト質細砂やシルト混じり細砂などからなる土層であり、粒子が細かく粒径の均一な微細砂状の砂質土が主体である。ただし、細粒分含有量は変化に富み微妙な層相変化が見られる。また、全体に貝殻片を少量混入している。N値は1～13を示すが概ね3～6程度であり（ $N=5$ ）、緩い状態にある。

6) 第一砂層（ As_1 ）

暗灰色のシルト混じり細砂を主体とする土層であり、細粒分は少なく粒径は均一である。全体に腐植物を少量混入するほか、札鶴ベニヤ側ルートでは貝殻片の混入も見られる。本層は、ニチイ側ルートの中央

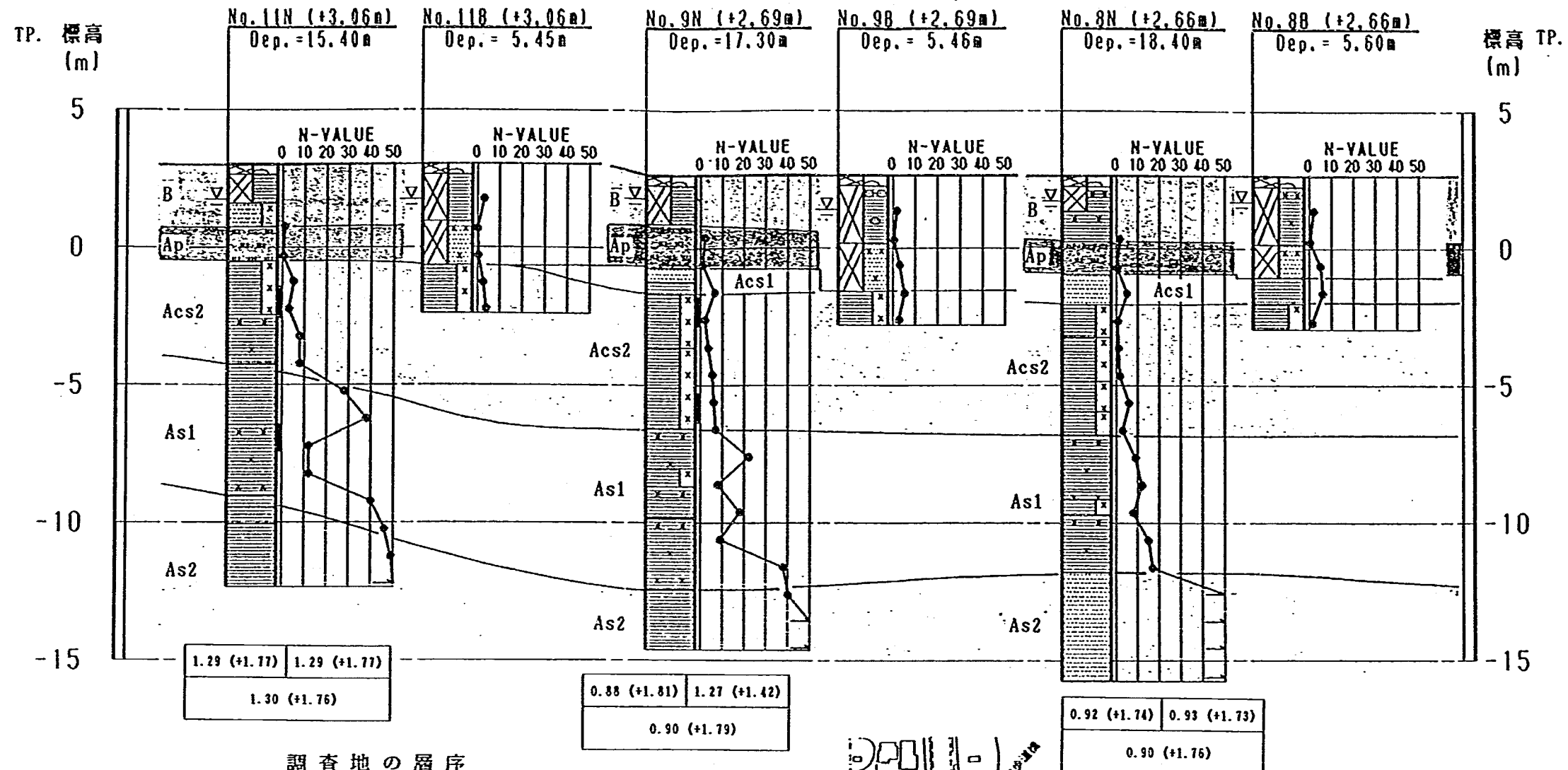


(1) ニチイ側ルート及び石黒ホー側ルート
図4.10 標準貫入試験結果に基づく地盤断面の推定図



(1) ニチイ側ルート及び石黒ホーム側ルート
図4.10 標準貫入試験結果に基づく地盤断面の推定図

札鶴ベニヤ側ルート



地質時代	土層区分	主な土質	色調
第四紀完新世	埋土 (表土)	B 細砂 シルト混じり細砂	黄褐 茶褐
	泥炭層	Ap 泥炭	暗茶褐
	第一砂質土層	Acs1 シルト質細砂 シルト混じり細砂 中砂 (混じり)	暗青灰 暗灰
	粘性土層	Ac シルト 砂質粘土	暗灰
	第二砂質土層	Acs2 シルト質細砂 シルト混じり細砂	暗灰
	第一砂層	As1 シルト混じり細砂	暗灰
	第二砂層	As2 細砂, (中砂)	暗灰

凡例
[無水掘り水位 GL- (m)]

原地盤部	埋戻し部
代表水位	

()内は標高 TP. (m)

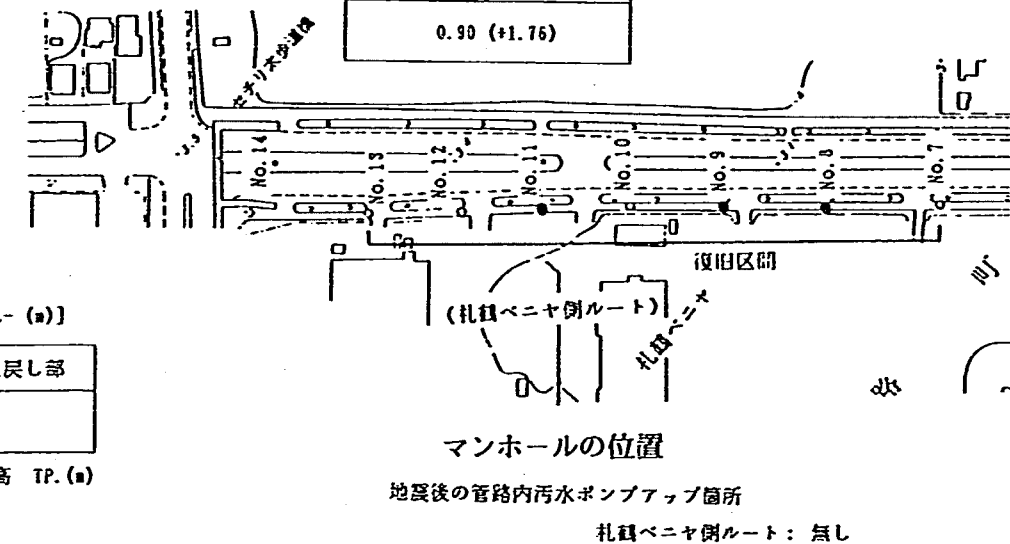
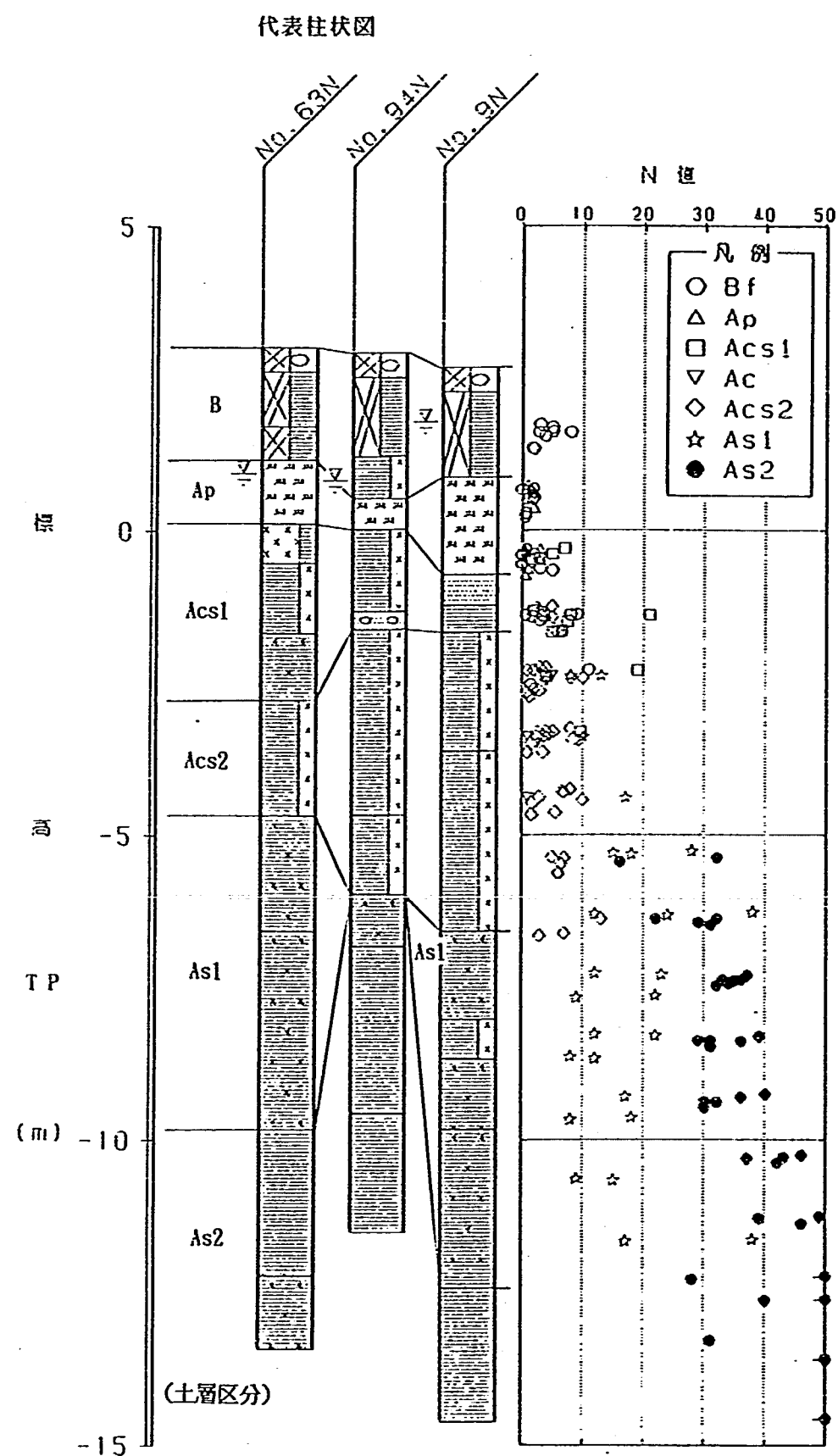
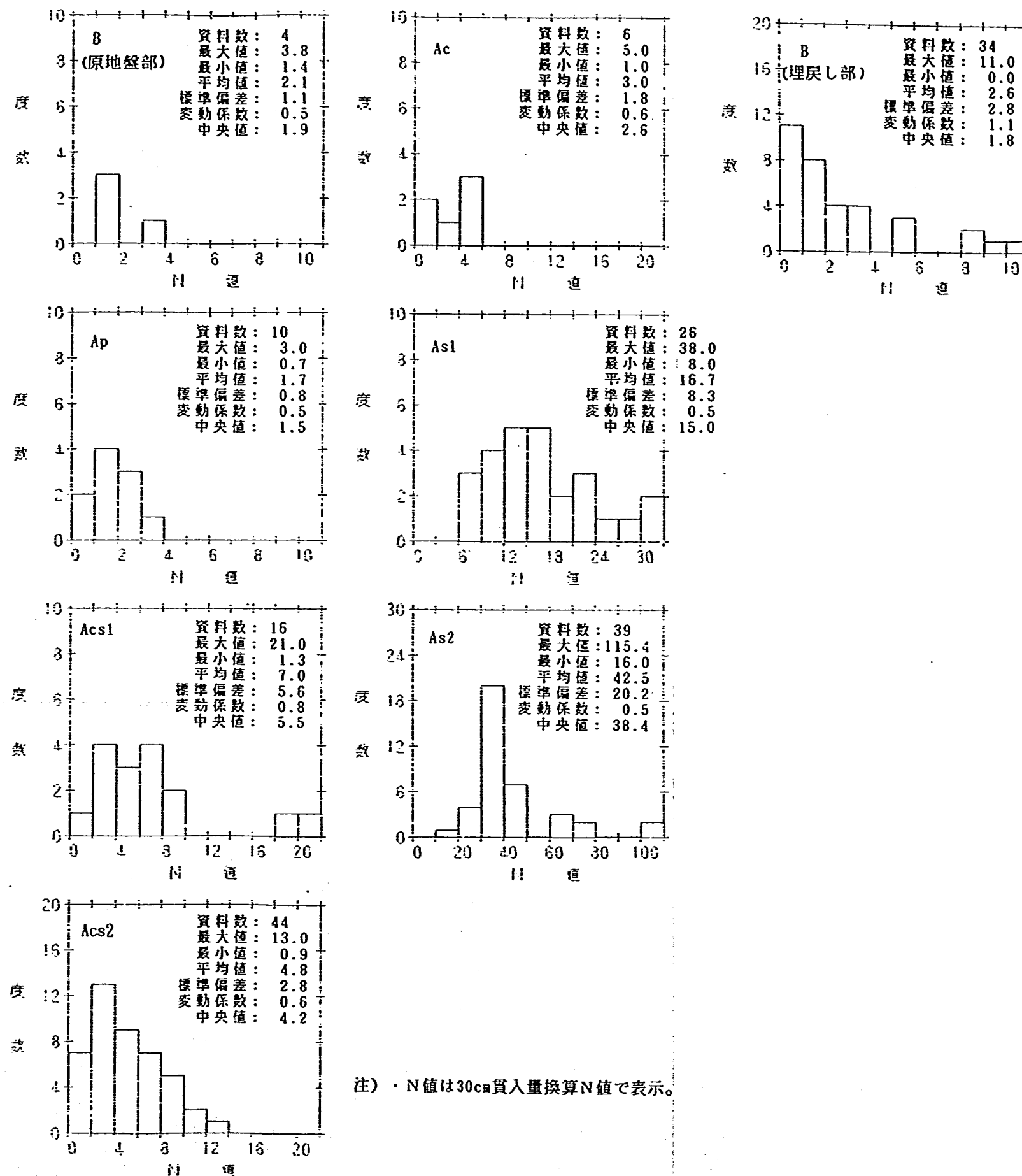


図4.10 (2) 札鶴ベニヤ側ルート

a) N値の深度方向分布

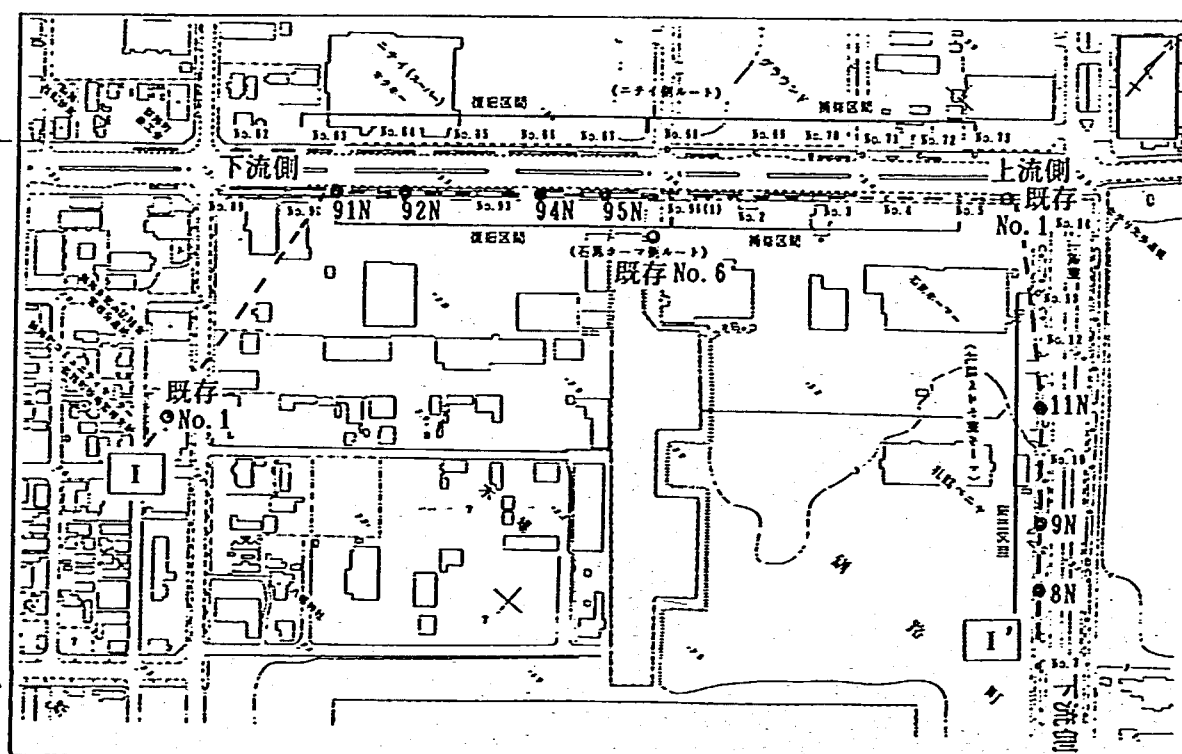
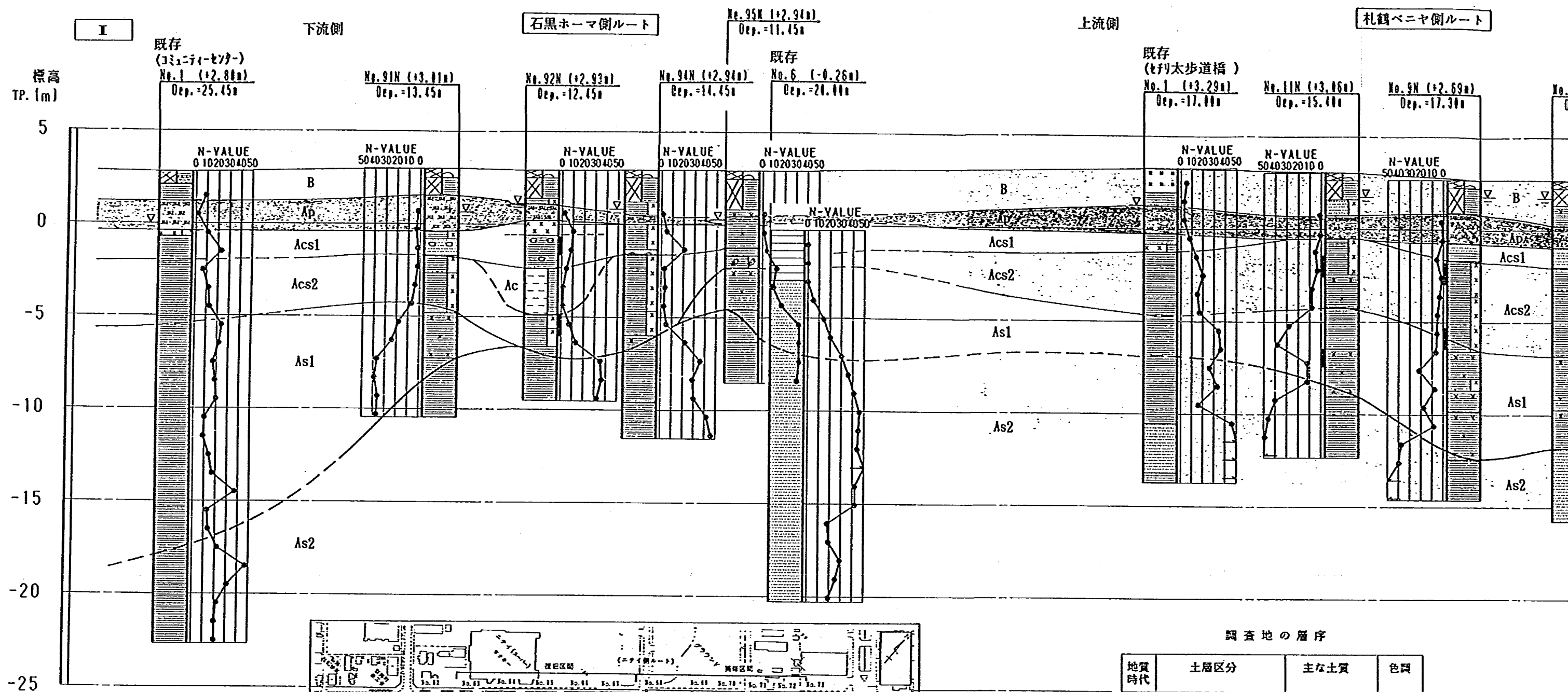


b) N値の層別度数分布



注)・N値は30cm貫入量換算N値で表示。

図4.11 各土層毎のN値の度数分布



調査地の層序

地質時代	土層区分		主な土質	色調	
第四紀完新世	—	埋土 (表土)	B 	細砂 シルト混じり細砂	黄褐 茶褐
	沖積層	泥炭層		泥炭	暗茶
		第一砂質土層	Acs1	シルト質細砂 シルト混じり細砂 中砂(微混じり)	暗青 暗灰
		粘性土層	Ac	シルト 砂質粘土	暗灰
		第二砂質土層	Acs2	シルト質細砂 シルト混じり細砂	暗灰
		第一砂層	As1	シルト混じり細砂	暗灰
		第二砂層	As2	細砂、(中砂)	暗灰

図4.12 既存のボーリングデータとの比較

部から上流側部分及び石黒ホーム側ルートの中流部では欠如しており、調査エリア内での連続性は乏しいものと考えられる。N値は8～38を示すが概ね13～20程度であり（N=17）、相対密度は対象土層の中では中位の状態にある。

7) 第二砂層 (As₂)

暗灰色の細粒やシルト混じり細砂からなる土層であるが、全体に細粒分は少なく所々に中砂や礫（円礫φ2～10mm）を混入し、粒径は不均一である。N値は16～50以上を示しているが概ね30以上であり（N=43）、密な状態にある。

8) 埋戻し土 [埋戻し部埋土]

シルト混じり細砂や礫混じり細砂及び中砂などからなり、全体に細粒分は少なく、比較的粒子の粗い砂である。混入する礫はφ2～10mmの円礫である。また、色調は、上部では黄褐色から暗茶褐色を呈するものの、下部（概ね地下水位以深）では暗灰色（暗青灰色）を呈し変化が見られている。さらに、地下水位以深では、含水量が多く流動性を示す箇所がほぼ全地点で確認された。N値は0～11（N=3）を示し、非常に緩い状態にある。

さらに、各マンホールの底版付近（地震前の位置）における地盤状況をまとめると以下ようになる。

[ニチイ側ルート]

1) マンホール№63

原地盤のGL-2.9～7.7mの約5mが第一及び第二砂質土層で、マンホール底版（GL-4.95m）付近のN値（GL-5.15～5.45m）のみが19で極めて高く、他は4～7であった。埋戻し土は、GL-4.65mまではN値が0～1であるが、底版付近のN値（GL-5.15～5.45m）が11と高く、原地盤と同様の傾向を示した。

2) マンホール№65

原地盤のGL-3.5～4.7mまで約2mがN値8の第一砂質土層で、下端はマンホールの底版深度（GL-4.60m）とほぼ一致した。その下は約1mが粘性土層、約3mがN値2～7の第二砂質土層であった。埋戻し土のN値は0～3で、その下は粘性土層であった。なお、第一砂質土層とその上の泥炭層の境界部には0.1m程度の厚さで火山灰質シルト層が存在することが、開削調査時に確認された。

3) マンホール№67

原地盤のGL-2.8～7.65mの約5mが第一及び第二砂質土層で、マンホール底版（GL-4.32m）よりも上部のN値は3～5、下部のN値は8～10で、№63とほぼ同様な地盤構成であった。埋戻し土のN値は0～1であった。なお、ボーリング結果では埋戻し土の下端はGL-3.9mの位置にあるが、これは施工図面から推定した上記の底版深度よりも浅くなっており、ボーリング結果と施工図面が整合していない。

[石黒ホーム側ルート]

4) マンホール№91

原地盤のGL-3.4~7.8mの約4mがN値2~7の第一及び第二砂質土層で、マンホール底板（GL-4.77m）よりも上部に礫混じりの粗砂層がある点がニチイ側の各マンホールとは異なっている。また、その上の泥炭層の厚さが約2mあり、ニチイ側及び石黒ホーム側の各マンホールのなかでは最も厚かった。埋戻し土のN値は2~3であった。

原地盤のGL-3.5~5.3mまで約2mがN値8の第一砂質土層で、マンホール底版（GL-4.62m）がその中にあった。第一砂質土層の下は約2.5mが粘性土層、約2mがN値7~13の第二砂質土層で、第一砂質土層とその上の泥炭層の間には約1mの火山灰質シルト層があった。第一砂質土層と第二砂質土層の間に粘性土層をはさんでいる点が、ニチイ側のNa65のマンホールと一致している。埋戻し土のN値は2~3（地下水面より上を除く）であった。

原地盤のGL-2.9~8.9mまで約6mが第一及び第二砂質土層で、マンホール底版（GL-4.35m）付近のN値（GL-4.15~4.45m）のみが21で極めて高く、他は3~5であった。この傾向は、ニチイ側のNa63のマンホールと同じであった。埋戻し土のN値はマンホール底版よりも上部は0~3であったが、底版付近のN値（GL-4.15~4.45m）は8で比較的高かった。

原地盤のGL-2.1～5.25まで約3mが第一及び第二砂質土層で、第一砂質土層の中に0.25m程度の泥炭層が挟まれている点が他のマンホールと異なっており、第一及び第二砂質土層の厚さも他と比較して小さい。マンホール底版（GL-4.27m）付近までのN値は2～4であったが、その下のGL-5.15m以深のN値は10以上であった。埋戻し土のN値はマンホール底版よりも上部は2～3であったが、底版付近（GL-4.15～4.45m）では9と比較的高く、前述したNa94のマンホールと同様な傾向を示した。

8) マンホール№ 8

原地盤のGL-3.6~9.45mの約6mがN値1~6の第一及び第二砂質土層で、マンホール底版(GL-3.61m)はこれらの上端部に位置する。埋戻し土のN値は1~5であった。

原地盤のGL-3.4~9.25mの約6mがN値2~7の第一及び第二砂質土層で、マンホール底版(GL-3.53m)はこれらの上端部に位置する。埋戻し土のN値は1~6であった。これらは、前述したNo.8のマンホールとほぼ同一の地盤条件である。

原地盤のGL-3.55~7.3mの約4mがN値3~8の第二砂質土層で、マンホール底版(GL-3.56m)はその上端部に位置する。埋戻し土のN値は1~3であった。

(2) 地下水位の測定結果

ボーリング時の無水掘り水位の測定結果をまとめて図4.10中に示した。図中には、地震発生後からボーリング時まで実施されていた污水管路内の污水のポンプアップ箇所も合わせて示した。各ルートの地下水位の状況を以下にまとめる。

1) ニチイ・石黒ホーム側ルート

ニチイ側ルート及び石黒ホーム側ルートの無水掘り水位は、標高TP. +1.28～+0.29mを示し、約1mの高低差が示されている。

前述したように、石黒ホーム側のマンホールNo.94, 95では、污水のポンプアップが実施されていた。また、No.93のマンホール周辺では、ボーリング調査時に歩道の陥没箇所から下水の一部が湧出していた（図4.13参照）。これは、下水の支管の破損等により表層の埋土層内へ下水の一部が流出していた可能性を示すものであり、それにより無水掘り水位は浅く求められていたことも考えられる（例えばNo.92の水位等）が、影響の程度は不明である。

以上により、原地盤部の無水掘り水位で、他の要因の影響を受けている可能性のある箇所以外の観測値をまとめると、無水掘り水位は概ねTP. +0.96～+0.66mとなる。また、深度ではGL-1.95～2.35mである（No.65Nを除く）。

ゆえに、両ルート地域の地下水は、上記の平均値として求めるとTP. +0.85m（GL-2.1m）付近となり、泥炭層（Ap）の上端付近に概ね位置するものと考えられる。

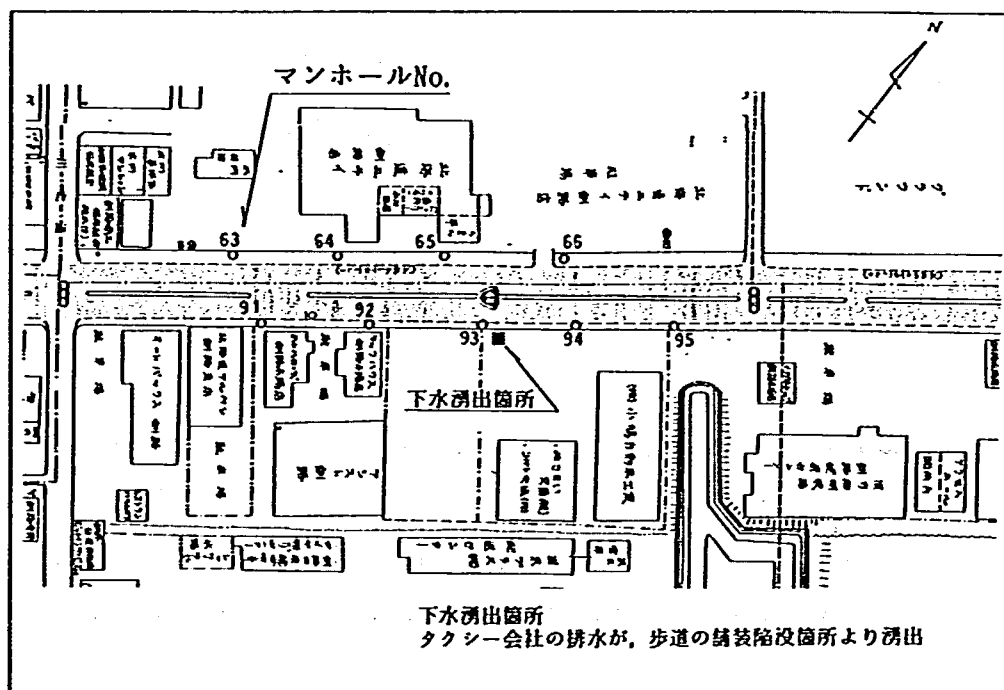


図4.13 歩道上への下水の流出箇所

2) 札鶴ベニヤ側ルート

札鶴ベニヤ側ルートの無水掘り水位は、TP. +1.81~+1.42mを示しており、マンホール№9の埋戻し部を除き概ね同様な値を示している。これより表層の自由地下水位は、平均値として求めるとTP. +1.75m (GL-1.1m) 付近で泥炭層の上位の埋土（表土）内に概ね位置しているものと考えられる。（札鶴ベニヤ側では、ポンプアップは実施されていない。）

なお、札鶴ベニヤ側ルートの地下水位は前述したニチイ・石黒ホーマ側ルートよりも90cm程度浅く求められている。これは、詳細は定かではないが、地形的に札鶴ベニヤ側ルートの方が旧釧路川に沿って上流側に位置するためとも考えられる。

(3) 粒度試験結果

標準貫入試験により得られた試料の粒度試験結果を土層毎にまとめて図4.14と表4.2に示す。また、細粒分含有率 F_c と平均粒径 D_{50} 及び自然含水比 W_n の深度方向分布を図4.15に、各土層の F_c の度数分布を図4.16に示す。各土層の傾向を以下にまとめる。

1) 第一砂質土層 (A c s₁)

層相変化の激しい土層であることを反映して、 F_c は2~76%、また D_{50} は0.001mm以下~0.556mmと広範囲にばらついている。なお、深度方向分布図に見られるように、細粒分含有率は全般的には深度方向に減少する傾向がある。

2) 第二砂質土層 (A c s₂)

上位のA c s₁層に比べて粒度組成に大きなばらつきは見られない土層である。ただし、 $F_c=11\sim54\%$ 、 $D_{50}=0.06\sim0.252\text{mm}$ でやや変動するが、これは介在する粘性土層の薄層の影響と判断され、土層全体としては $F_c=19\sim26\%$ 、 $D_{50}=0.12\sim0.18\text{mm}$ 程度の砂質土が大半を占めている。また、深度方向に大きな変化は見られない。

3) 第一砂層 (A s₁)

F_c は概ね10~15%程度、また D_{50} は概ね0.14~0.18mm程度であり、多少のバラツキはあるものの、粒径の均一な細砂が大半を占めている。

4) 埋戻し土 [埋戻し部埋土]

F_c は概ね10%以下であるが、 D_{50} は0.172~3.189mmと広範囲の値を示し、細粒~中礫に分類される土質で構成されている。また、最大粒径は19mm前後である。

なお、本層も含めた調査地の砂質土層の平均粒径は、概ね $D_{50}=0.1\sim1\text{m}$ の範囲にあり、いずれも道路橋示方書³⁾による液状化判定対象土層 ($0.02\text{mm}\leq D_{50}\leq 2.0\text{mm}$) に含まれる土質である。

(4) 復旧工事時の状況

復旧工事時の観察記録と、この際に採取した試料の粒径加積曲線を巻末資料2に示す。また、調査時の

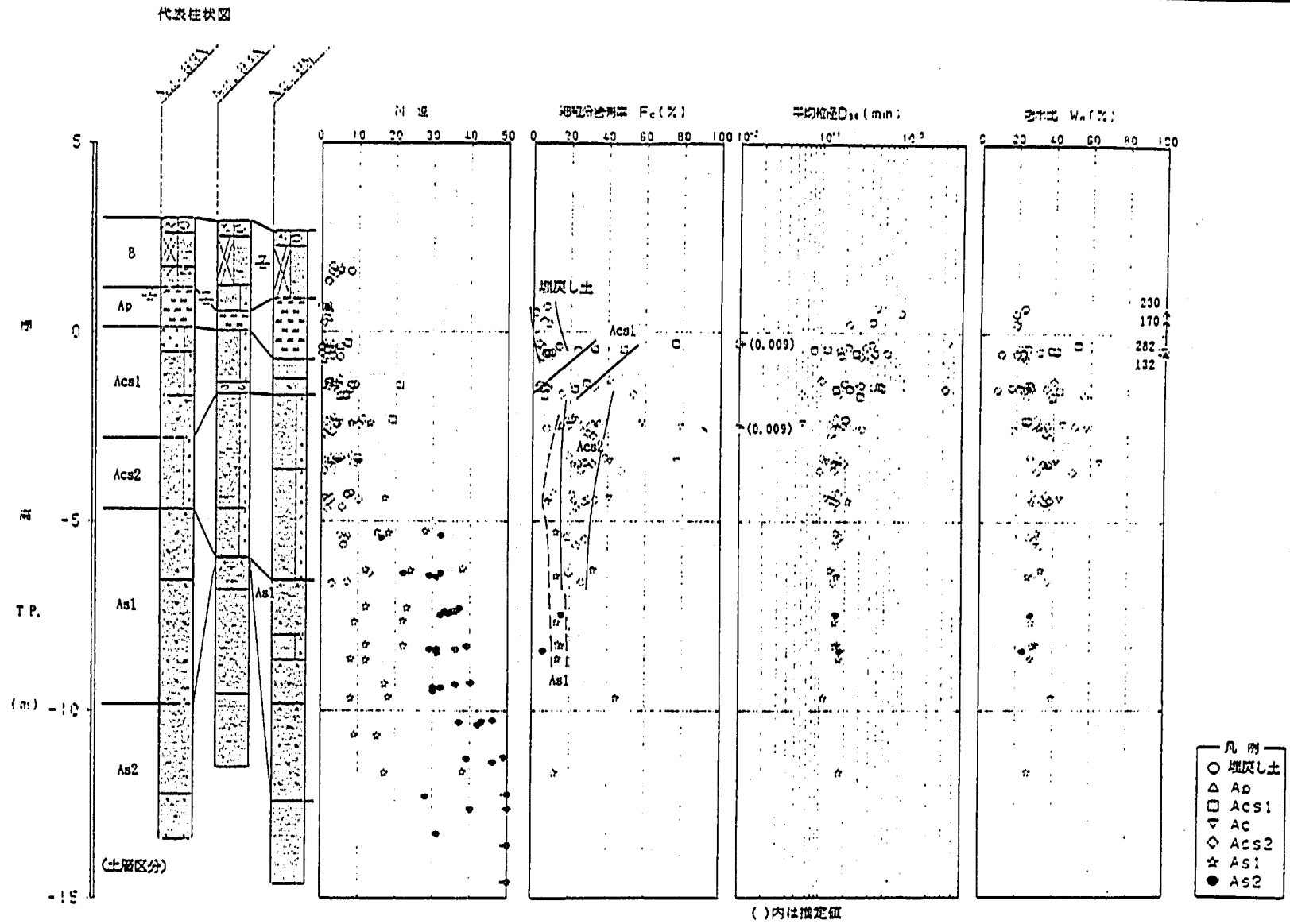


図4.14 標準貫入試験により得られた試料の粒度分布

表4.2 標準貫入試験により得られた試料の粒度試験結果

(a) 細粒分含有率 (%)

土層区分	平均値	標準偏差	最大値	最小値	試料数
埋戻し土	8.4	5.4	23.9	1.5	20
A c s ₁	23.0	22.8	76.1	2.3	11
A c s ₂	27.8	8.6	53.6	11.3	33
A s ₁	17.9	10.3	44.7	8.1	12
A s ₂	10.6	—	15.3	5.9	2

(b) 平均粒径 D_{50} (mm)

土層区分	平均値	標準偏差	最大値	最小値	試料数
埋戻し土	0.507	0.656	3.189	0.172	20
A c s ₁	0.239	0.169	0.556	—	11
A c s ₂	0.149	0.032	0.252	0.060	33
A s ₁	0.157	0.025	0.216	0.110	12
A s ₂	0.163	—	0.172	0.154	2

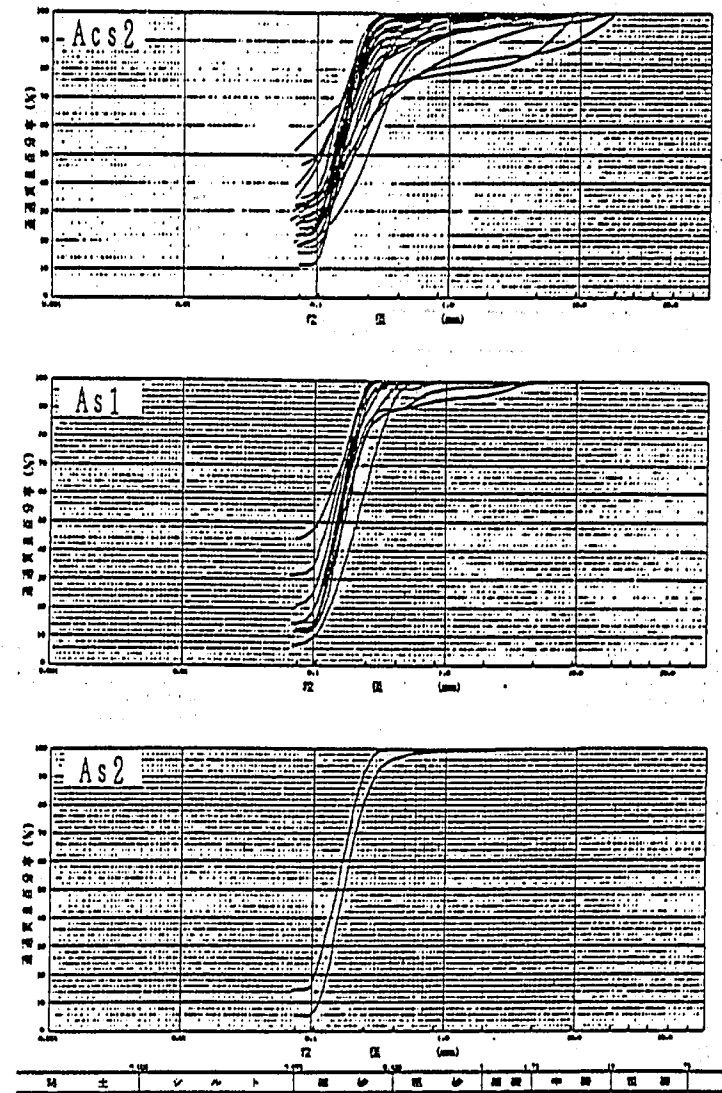
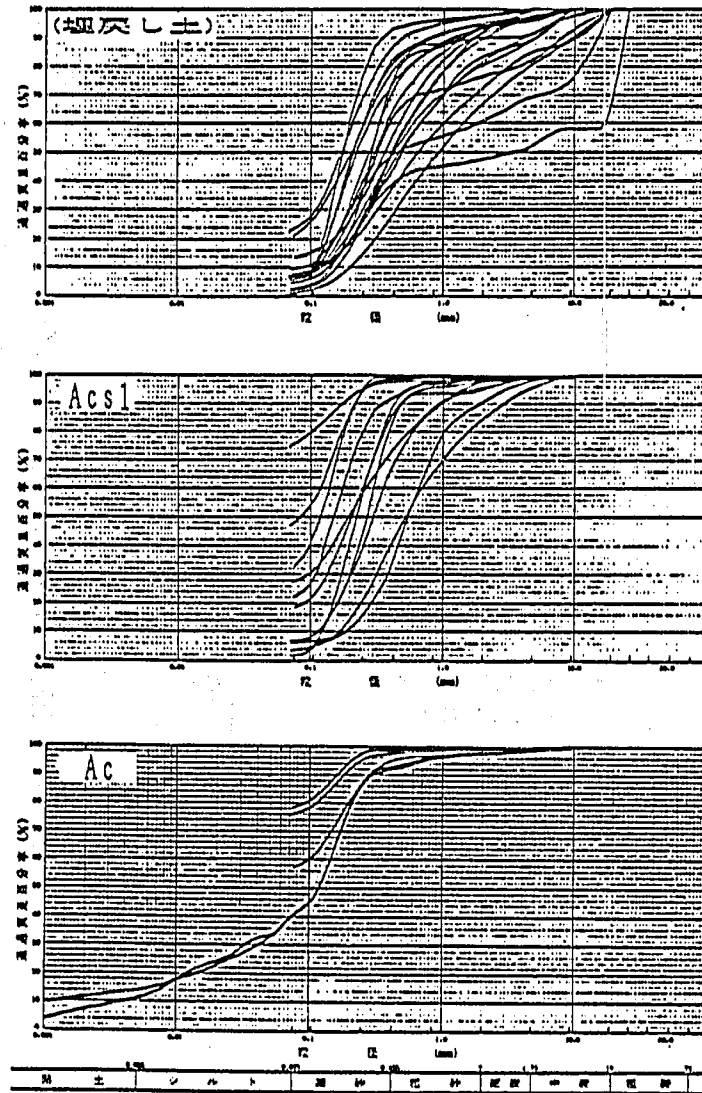
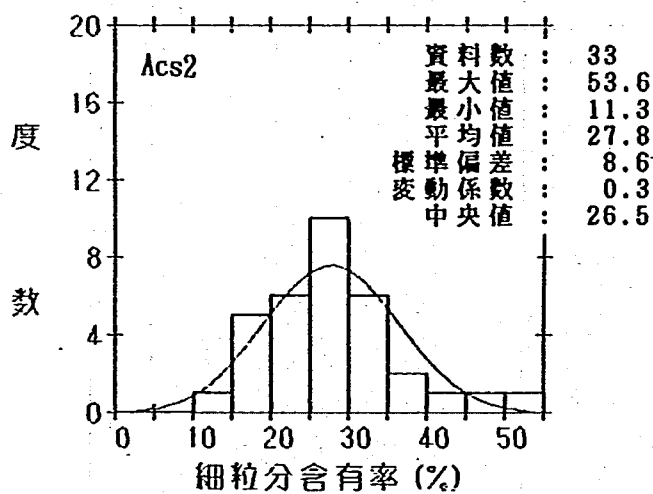
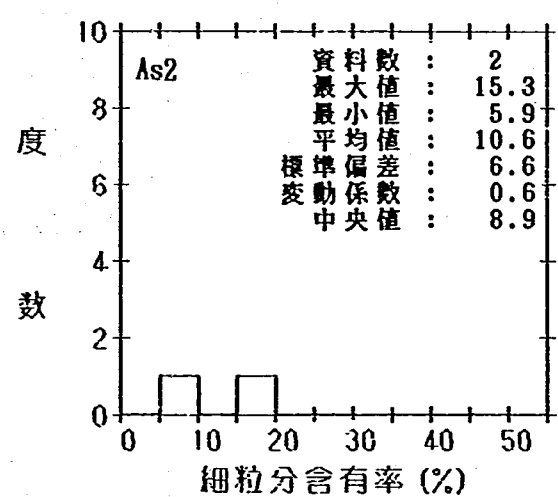
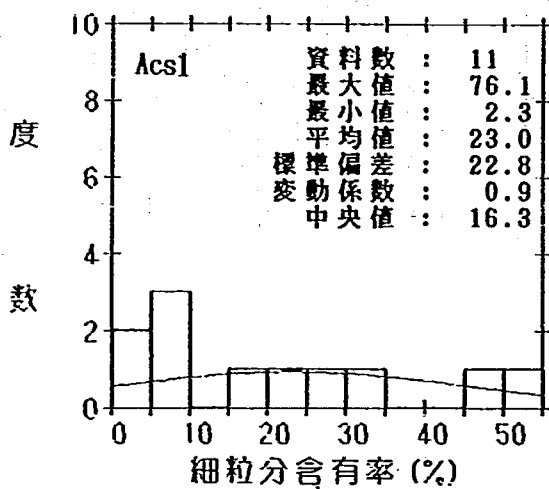
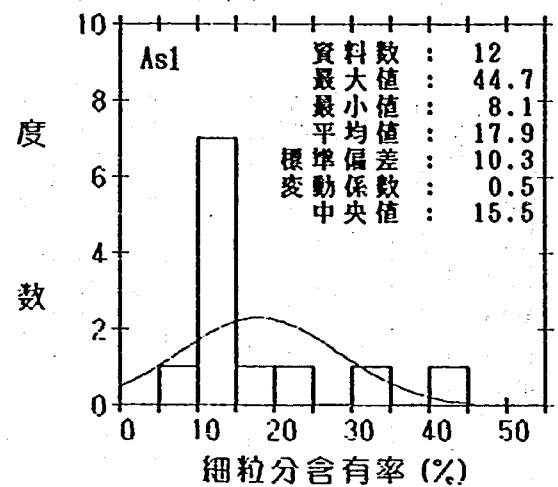
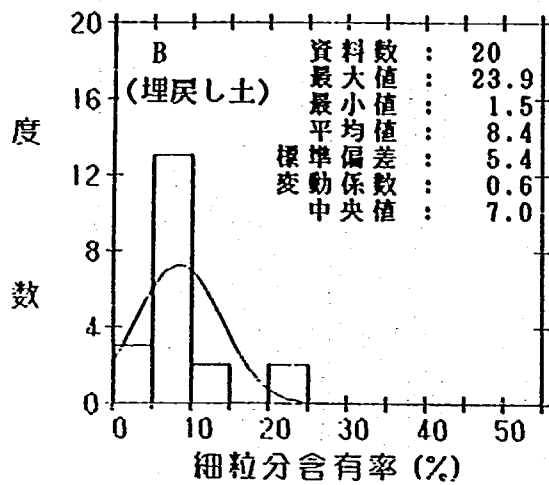


図4.15 細粒分含有率と平均粒径及び自然含水比の深度方向分布



凡例
 : 正規分布曲線

図4.16 各土層毎の細粒分含有率の度数分布

状況の例を写真4.4～4.9に示す。全般的な傾向として以下の点が挙げられる。

- ・マンホール周辺の埋戻し部及び埋戻し部に接する原地盤部に、砂脈などの液状化の痕跡と見られるような変状は確認できなかった。また、埋戻し部と原地盤部との境界面に、液状化により乱れたような変状も確認できなかった。
- ・浮上がったマンホールの底版下に、空洞は確認されなかった。また、底版下の土は、粒度、色調等から考えて大半が埋戻し部と同様な砂と判断された。
- ・地下水位以浅の埋戻し部は、全般に黄褐色系の色調を呈するのに対して、原地盤部に接する部分では幅20cm前後の帯状で暗青灰色を示していた。この暗青灰色の部分の粒度組成は周辺の埋戻し部と同じであり、単に色調が酸化・還元により変化しているものと判断される。
- ・マンホール躯体そのものの被害は、№94マンホールでクラックが発生していた以外には見られなかった。また、側壁ヒューム管の継手箇所にも異常は見られなかった。
- ・マンホールの下の方基礎は、ほとんどの場合では移動していないものと判断された。

各マンホールの調査結果をまとめて表4.3に示す。ただし、マンホールの底版付近に地下水がたまった状態で開削工事が行われた箇所もあり、確認できた範囲での状況を取りまとめているため、測定値はかなりの誤差を含んでいる可能性があることに留意する必要がある。

マンホール毎の状況を以下に示す。

[ニチイ側ルート]

1) マンホール№64

マンホール突出量は78cmであり、復旧工事時の底版の測定深度 (GL-3.7m) は設計深度から判断すると30cm程度浅く求められているものと考えられる。これは、開削工事により原状の地盤高さが不明確となっていたためと考えられる。また、井桁基礎の位置は確認されていない。

マンホール底版下の土は、土質及び粒度から判断すると、マンホール周囲の埋戻し土と同じである可能性が高い。

2) マンホール№65

マンホール突出量は146cmであり、設計深度から判断すると本箇所も底版の測定深度は30～35cm程度浅く求められているものと考えられる。このため、復旧工事時の井桁基礎の天端深度は、同誤差を補正するとGL-4.54mとなり、設計深度に比べ6cm上昇していることになる。ただし、同値は前述の測定誤差に含まれる範囲とも考えられ、井桁基礎が上昇したか否かは明確ではない。

一方、埋戻し部の下端深度は、上述した測定誤差を加味するとGL-4.84mとなり、設計深度と一致する。ただし、埋戻し部のボーリング調査からは、埋戻し部の下端深度は、GL-5.35mであり、50cm程深くなっている。この理由として、マンホール設置時の周辺地盤の掘削深度が必ずしも一定ではなかったことも考

表4.3 復旧工事時の開削調査結果の概要

ルート 区分	マンホール No.	地盤 沈下量 (cm)	マンホール 突出量 (cm)	マンホール 浮上量 (cm)	設計 底版深度 井桁基礎 天端 GL-(m)	設計 人孔深さ (埋戻し土 層厚) GL-(m)	開 削 調 査 結 果								
							マンホール 復旧工事 区分	底版 深度 GL-(m)	埋戻し土 下深さ GL-(m)	井桁基礎 天端深度 GL-(m)	底版 上昇量 (cm)	マンホール(底版)の出現深度評価	井桁基礎 上昇量 (cm)	井桁基礎出現深度の評価	マンホール底版下 の土層判定
ニ チ ノ 岡	6 4	23	78	55	4.77	5.01	開削引上	3.7	-	-	107 ?	突出量より30cm極浅い, 測定誤差	-	-	埋戻し土
	6 5	15	146	131	4.60	4.84	開削引上	2.8	4.5 (3.35)	4.2	180 ?	突出量より34cm極浅い, 測定誤差	40	突出量より6cmは上昇	埋戻し土, Acs1層? 逆に原地盤部へ埋戻し土が流入?
	6 6	16	44	28	4.45	4.69	開削引上	4.05	-	4.45	40	妥当	0	動いていない	側方Acs1層 逆に原地盤部へ埋戻し土が流入?
石 浜 カ ー ン 岡	9 1	9	12	3	4.77	5.01	周面掘削	4.5	(4.95)	-	27	妥当	-	-	-
	9 2	13	56	43	4.62	4.86	開削引上	4.1	(5.0)	4.45	52	妥当	17	17cm上昇	側方Acs1層
	9 3	17	28	11	4.49	4.73	開削引上	4.23	4.7	4.45	26	妥当	4	動いていない, 測定誤差	埋戻し土 埋戻し土の粒度は他と異なる
	9 4	5	13	8	4.35	4.59	開削引上	4.25	(5.0)	4.45	10	妥当	-10	動いていない, 測定誤差	-
	9 5	8	30	22	4.27	4.51	開削引上	4.0	4.7 (4.6)	4.43	27	妥当	-16	動いていない, 測定誤差	-
札 羽 ノ ビ ナ 岡	8	17	53	36	3.61	3.85	開削引上	3.0	(3.7)	-	67	妥当	-	-	埋戻し土, 但し原地盤土 は埋戻し土と同じ粒度
	9	21	124	103	3.53	3.77	開削引上	2.24	(4.25)	(3.6)	129	妥当	-7	動いていない, 測定誤差	埋戻し土
	1 0	21	39	18	3.52	3.76	開削引上	3.05	-	-	47	妥当	-	-	埋戻し土
	1 1	11	11	0	3.56	3.80	周面掘削	3.2	(3.7)	-	36	概ね妥当, 測定誤差?	-	-	埋戻し土
	1 2	12	9	-3	3.54	3.78	周面掘削	3.45	-	-	9	妥当	-	-	埋戻し土
	1 3	14	2	-12	2.80	3.04	周面掘削	2.6	-	-	20	概ね妥当, 測定誤差?	-	-	-

・埋戻し下深さ: 埋戻し土の下深さ
()内はボーリング調査結果



写真4.4
No65のマンホール
開削状況

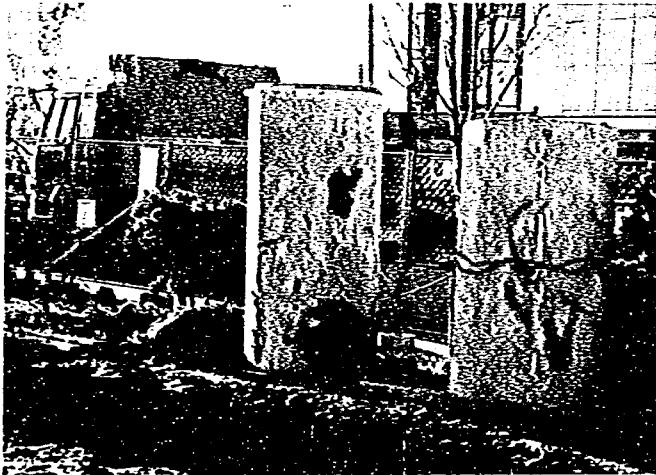


写真4.5 引上げたマンホール



写真4.6 汚水管渠の状況
(No65マンホールから下流側)

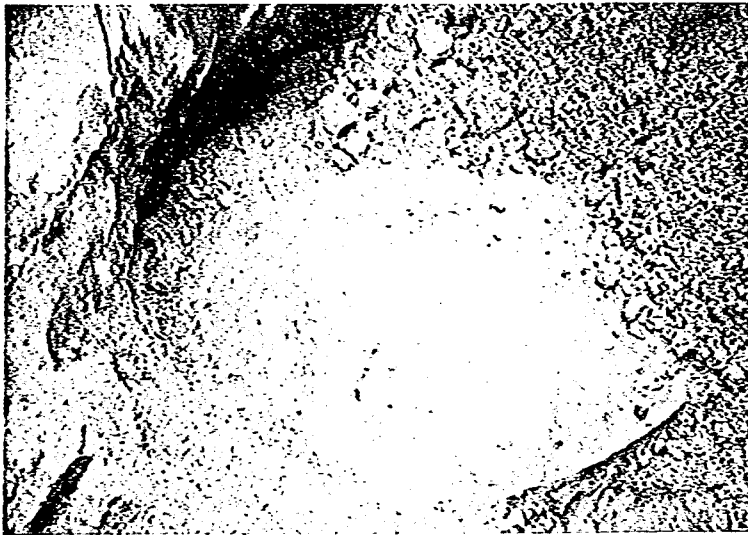


写真4.7
No.65のマンホール
底版下の土層
(空洞はみられない)

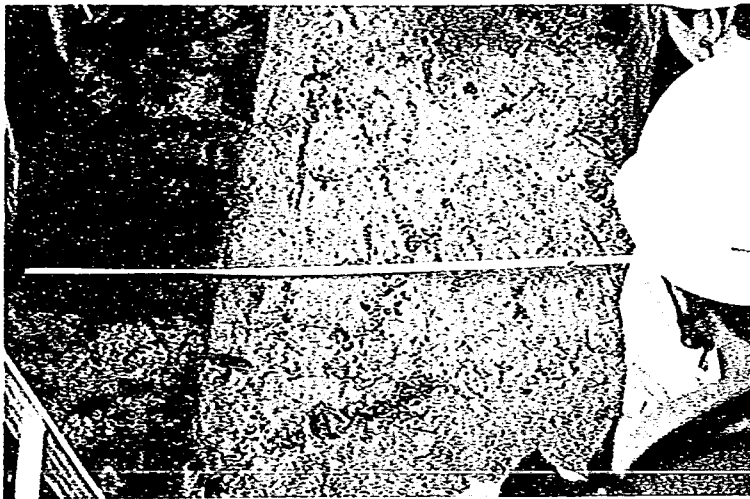


写真4.8
原地盤土と埋戻し土の
境界付近の状況
(埋戻し土の色調変化
がみられる)

原地盤土 (泥炭) → | ← 埋戻し土 (細砂)

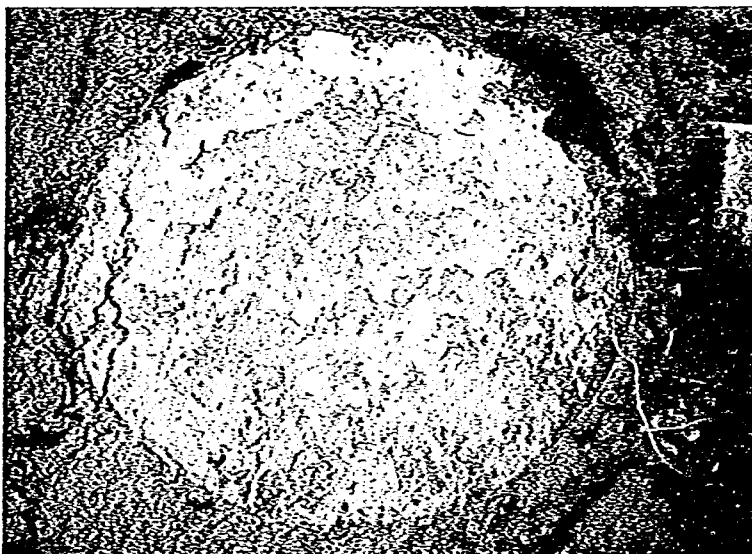


写真4.9
No.9のマンホール
底版下の土層
(
・空洞はみられない
・表面に細粒土の薄層および
軽石粒が分布している
)

えられる。

マンホール底版下の土は、底版付近の側方の原地盤部（A c s₁層）と同様な粒度を示した。一方、復旧工事時に採取した原地盤部の粒度は、同一土層のボーリング（№65N）時の粒度と細粒分含有率が異なっていた。これらより、マンホール底版下に原地盤部のA c s₁層が流入すると同時に埋戻し土が原地盤部へも流入し、混ざり合ったような状況にあった可能性が考えられる。

なお、同マンホールでは、復旧工事で採取した試料の鉱物判定と花粉化石の分析を実施し²⁰⁾、マンホール底版下の土の同定を試みた。その結果、原地盤土に含まれる岩細片がマンホール底版よりも上部（GL-1.8m付近）の埋戻し土には確認されなかったものの、マンホール底版下の土には確認された。また、底版下の土には、上部の埋戻し土と原地盤土の両者に特徴的に見られる花粉種が混在していた。これらは、前述した粒度分析結果と対応するが、一方で、観察記録によれば埋戻し部と原地盤部との境界面は乱れていないことから、原地盤土の流入の有無については明確な結論には至らなかった（以下に述べる他のマンホールについても同様）。

3) マンホール№66

マンホール突出量は44cmであり、設計深度から判断すると底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。また、復旧工事時の井桁基礎天端深度は設計深度と同値であり、同基礎は動いていないものと判断される。なお、埋戻し部の下端深度は確認されていない。

マンホール底版下の土は、粒度から判断すると、№65と同様に原地盤部（A c s₁層）が流入した（混ざり合っていた）可能性が考えられる。

なお、原地盤部に接する埋戻し部で暗青灰色を呈していた土は黄褐色の埋戻し土と同様な粒度を示している。また、暗青灰色の部分より採取した試料は、試験室へ搬入した段階では黄褐色を呈していたことから、これらの色調の違いは、酸化・還元状態の違いに起因するものと判断される。

[石黒ホーマ側ルート]

4) マンホール№91

マンホール突出量は12cmである。ボーリング調査結果（№91B）からは、埋戻し部下端深度はほぼ設計深度と同値である。また、マンホール底版深度等は、設計深度から判断するとほぼ妥当な値と考えられる。

5) マンホール№92

マンホール突出量は56cmであり、底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。復旧工事時の井桁基礎天端深度は設計深度より17cm上部にあり、測定精度の問題はあるものの、井桁基礎も上昇していた可能性が考えられる。

また、埋戻し部下端深度は、開削調査ではGL-4.62mであり、設計深度に比べ24cmほど上方に位置することになる。ただし、ボーリング調査（№92B）からは逆に14cmほど深くなっているが、これには土層判別の誤差の影響が含まれているものと考えられる。

マンホール底版下の土は、粒度から判断すると、側方の原地盤部（A c s₁層）が流入した可能性が考

られる。

6) マンホール№93

マンホール突出量は28cmであり、底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。復旧工事時の井桁基礎天端深度は設計深度に比べ4cm程上方に求められているが、これは測定誤差と判断される。なお、埋戻し土下端深度は、設計深度と概ね等しい。

マンホール底版下の土は、上部の埋戻し土と同様な粒度を示しており、埋戻し土の可能性が高い。

7) マンホール№94

マンホール突出量は13cmであり、底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。復旧工事時の井桁基礎天端深度は設計深度に比べ10cm程深くなっているが、これは測定誤差によるものと考えられ、井桁基礎は動いていないものと判断される。

また、ボーリング調査(№94B)による埋戻し部下端深度は、設計深度に比べ50cm程深くなっているが、これは、土層判別の誤差の影響が含まれているものと考えられる。

なお、本マンホールは、調査範囲内で唯一マンホール躯体に損傷が確認されており、管渠接続深度付近の側壁の水平方向に側面を一周する形でクラックが生じていた。

8) マンホール№95

マンホール突出量は30cmであり、底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。復旧工事時の井桁基礎天端深度は設計深度に比べ16cm程深くなっているが、これも№94と同様に測定誤差によるものと判断される。また、埋戻し部下端深度は、設計深度とほぼ等しい。

[札鶴ベニヤ側ルート]

9) マンホール№8

マンホール突出量は53cmであり、底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。なお、井桁基礎天端及び埋戻し部下端深度は確認されていない。

マンホール底版下の土は、他の札鶴ベニヤ側ルートの埋戻し土と同様な土質であることより、埋戻し土の可能性が高いものと考えられる。ただし、原地盤部(A c s₁層)も埋戻し土と同様な粒度を示していることから、№65、66、92と同様に原地盤土と埋戻し土が混ざり合った可能性も考えられる。

10) マンホール№9

マンホール突出量は124cmであり、底版の測定深度等はほぼ妥当な値と考えられる。復旧工事時の井桁基礎天端深度は設計深度とほぼ等しく、井桁基礎は動いていないものと判断される。また、埋戻し部下端深度は、開削調査では確認できなかったものの、埋戻し部のボーリング調査(№9B)では設計深度に比べ48cm程深く求められている。マンホール底版下の土は、埋戻し土の可能性が高い。

ここで、マンホール底版下の状況は、写真4.9に示したように、表面には細粒土の薄層(5cm厚程度)と軽石粒の分布が確認された。これは、液状化したことにより軽い粒子が分離浮上した結果と考えられる。ただし、その下位には周囲の埋戻し土と同様な中砂が分布していた。また、同表面には色調の異なる帯状

の分布が数本見られ、砂脈とも考えられたが確かではない。

なお、深度GL-1.5m付近では、マンホール周囲に沿って周囲の細砂と異なる中砂の分布が確認された。これは下位の埋戻し土（中砂）の砂脈とも考えられる変状である。

11) マンホール№10, 11, 12

各マンホールとも井桁基礎天端深度及び埋戻し土下端深度は確認していない。また、マンホール底板下の土は、埋戻し土の可能性が高い。

(5) 埋戻し部の現場密度

埋戻し部の密度測定結果を表4.4に示す。乾燥密度 ρ_d は1.277~1.481 g/cm³となりばらつきが大きかったが、大きくはずれた測定値を除いて算定した平均値として1.413 g/cm³が得られた。また、飽和度100%を仮定した湿潤密度 ρ_t の平均値として1.896 g/cm³が得られた。

表4.4 埋戻し部の密度測定結果

No		地下 水位 GL-(m)	試料No	測定 深度 GL-(m)	測 定 値			S r =100%設定		算定値
					乾燥密度 ρd (g/cm ³)	含水比 W (%)	湿潤密度 ρt (g/cm ³)	含水比 W (%)	湿潤密度 ρt (g/cm ³)	土粒子密度 ρs (g/cm ³)
ニ チ イ	66	2.0	66- ρt -1	2.35	1.370	18.5	1.623	36.0	1.863	(2.70)
			66-B-1	3.2	1.426	26.5	1.804	33.2	1.899	2.706
石 黒	92	1.8	92- ρt -1	2.2	1.474	22.0	1.798	30.6	1.926	(2.688)
			92-B-1	2.7	1.426	20.7	1.721	32.9	1.895	2.688
札 鶴 ベ ニ ヤ	9	0.9	9- ρt -1	1.5	1.277 [*]	19.9	1.531	41.1	1.801 [*]	(2.684)
			9-B-1	2.34	1.286 [*]	21.7	1.565	40.5	1.807 [*]	2.684
	11	1.3	11- ρt -1	1.2	1.371	15.4	1.583	(35.2)	(1.853) [*]	(2.648)
			11-B-1	2.9	1.481 [*]	24.3	1.841	29.8	1.922 [*]	2.648

○ 乾燥密度平均値 $\overline{\rho_d} = 1.413 \text{ g/cm}^3$ (*印を除く)

○ S r = 100%設定湿潤密度平均値 $\overline{\rho_t} = 1.896 \text{ g/cm}^3$ (*印を除く)

注) ○ 試料No ρ_t : 現場密度測定

B : ブロック試料

○ 土粒子の密度 () 内は推定値

○ No 11- ρ_t -1は、地下水位以浅の試料

4.3 地盤の液状化強度特性

(1) 液状化抵抗率の算定結果

1) 液状化抵抗率

液状化抵抗率 F_L の算定結果を巻末資料3に示す。これらの深度方向分布をまとめて図4.17に、また、3.3(1)で述べた3通りの方法による原地盤部の液状化抵抗率の代表値 $\overline{F_L}$ を、埋戻し部の液状化抵抗率の平均値及び各部の液状化層厚($F_L \leq 1.0$ となる土層の合計層厚)と合わせて表4.5に示す。なお、図4.17では、№65のマンホールの埋戻し部の一部に非液状化層が存在するが、これは試料に礫が混入していたために液状化判定の対象外となったものであり、実際には液状化層として評価できるものと考えられる。

3通りの水平震度に対する液状化層の分布状況を図4.18に示す。原地盤部で液状化の発生が想定される範囲は、水平震度の増大とともに拡大している。調査地点の付近では強震記録が得られていないが、調査地点(震央距離19km)と同程度の震央距離に位置する釧路川のり尻部(震央距離23km)の地盤上では最大加速度として320galが記録されている¹⁾ことから、調査地点の地表面最大加速度は少なくとも250gal以上(水平震度 $k_s = 0.25$ 以上)であったことが推測される。この場合、図4.18(3)より原地盤部はほぼ全体にわたり液状化したものと推定される。

図4.18(1)によれば、埋戻し土は水平震度 $k_s = 0.15$ でもほぼ全面的に液状化するものと判定され、実際にはかなり激しい液状化が生じたことが予想される。

同様に、 $k_s = 0.15$ における原地盤部の液状化層が実際には「激しい液状化」が生じた領域に対応するものとする、ニチイ側ルートでは№63の Acs_1 層の一部と№65の Acs_2 層で激しい液状化が想定されるものの、№67では発生しない。また、石黒ホーム側ルートでは№91, 92, 95の Acs_1 層の一部と Acs_2 層の一部で激しい液状化が想定されるが、№94では発生しない。さらに、札幌ベニヤ側ルートでは、№11は Acs_2 層のごく一部のみ液状化が想定されるのに対して、№9, 8では Acs_1 層と Acs_2 層の深度方向に比較的広い領域が激しく液状化したことが予想される。

以上より、激しい液状化が起こりやすい箇所として、ニチイ側ルートでは№65、石黒ホーム側ルートでは№91, 92、札幌ベニヤ側ルートでは№9, 8が挙げられ、これらの箇所の $k_s = 0.15$ における原地盤部の液状化層厚は2m以上である。これらの箇所は、表4.5に示したようにマンホールの突出が著しい(≒50~150cm)箇所とほぼ対応している。

水平震度 $k_s = 0.2$ 及び0.25における原地盤部の液状化層厚と周辺地盤の沈下量の関係を図4.19に示す。必ずしも明確な相関は見られないが、沈下量の大きい№9, 8のマンホールでは原地盤部の液状化層厚も10m程度と大きかった。液状化層厚が大きいほど、過剰間隙水圧の消散に起因する地盤沈下量も大きくなることが予想されることを考慮すると、おおまかには図中に破線で示した関係が得られる。

2) 液状化指数

原地盤部の F_L を用いて液状化指数 P_L を算定した結果を表4.6に示す。原地盤部の地下水位以深全体にわたって算定する従来の方法による計算値(「全層」と称する)に加えて、マンホール底版以深のみについ

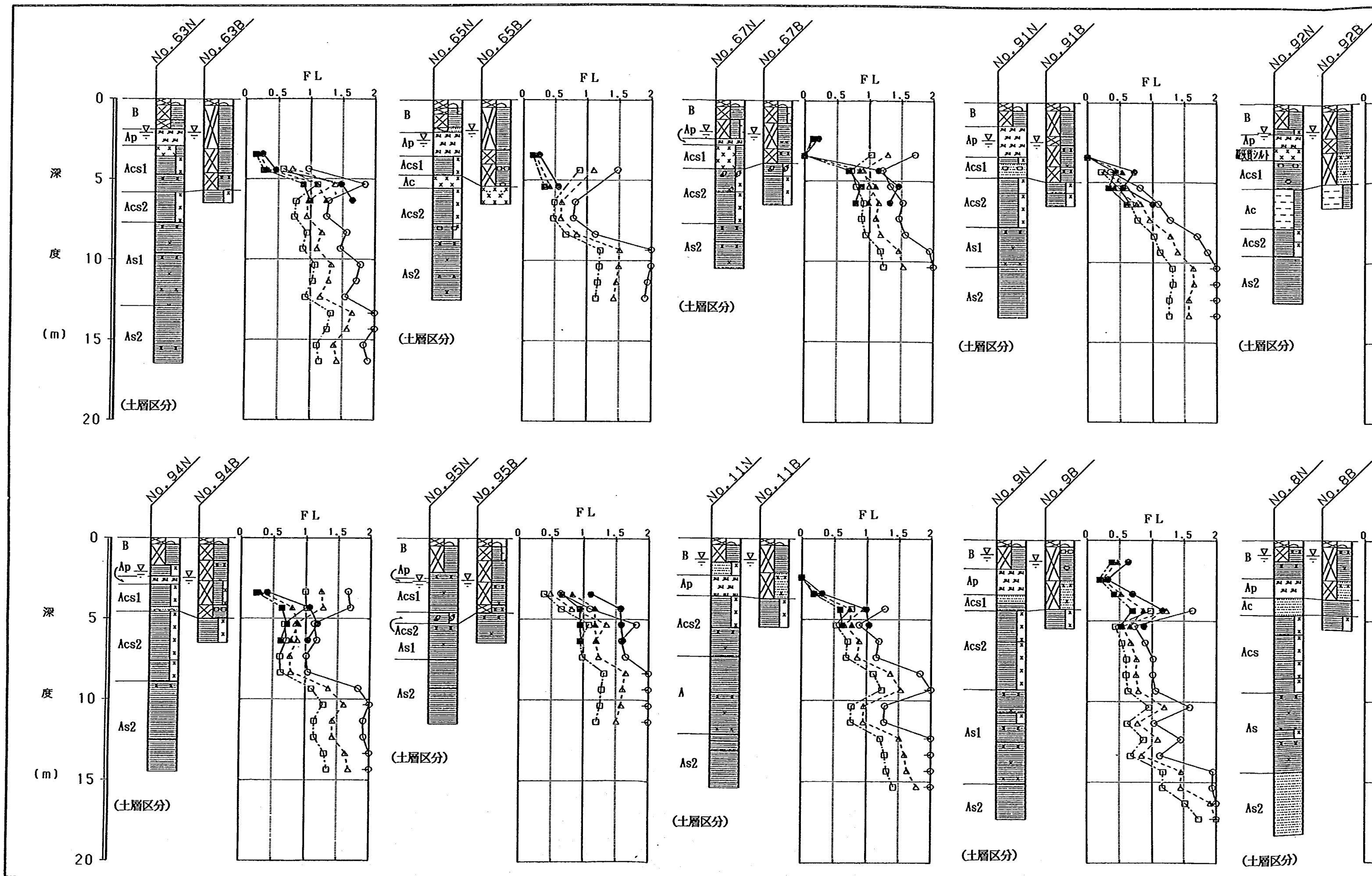
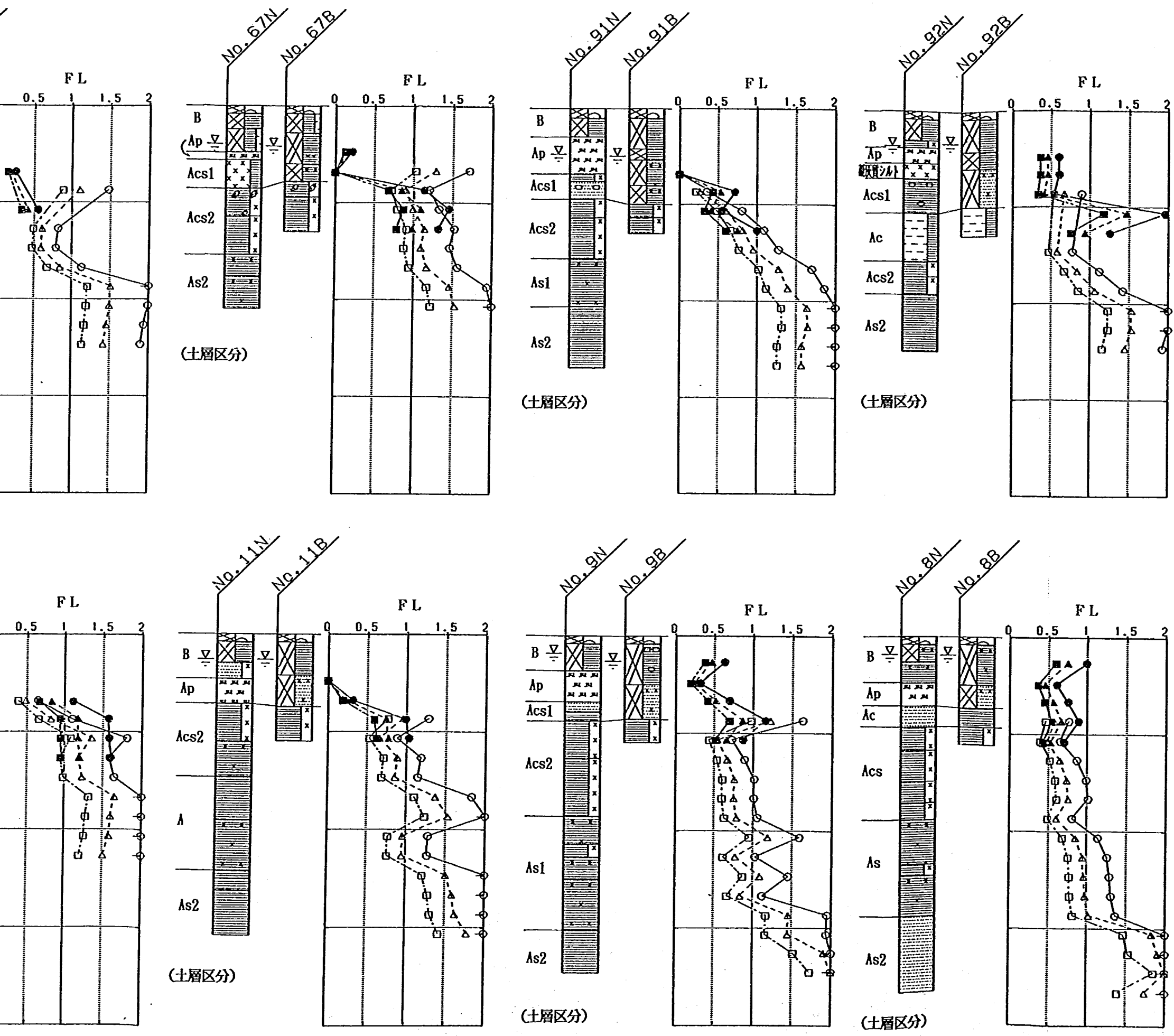
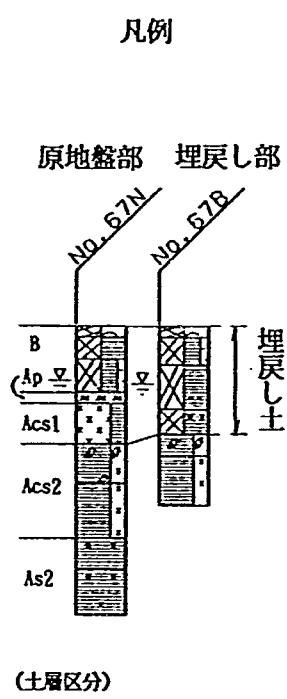


図4.17 液状化抵抗率 F_L の深度方向分布



調査地の層序

地質時代	土層区分		主な土質	色調	
第四紀 完新世	一	埋土 (表土)	B	細砂 シルト混じり細砂	黄褐 茶褐
	沖積層	泥炭層	Ap	泥炭	暗茶褐
		第一砂質土層	Acs1	シルト質細砂 シルト混じり細砂 中砂 (混じり)	暗青灰 暗灰
		粘性土層	Ac	シルト 砂質粘土	暗灰
		第二砂質土層	Acs2	シルト質細砂 シルト混じり細砂	暗灰
		第一砂層	As1	シルト混じり細砂	暗灰
		第二砂層	As2	細砂、(中砂)	暗灰



• FL

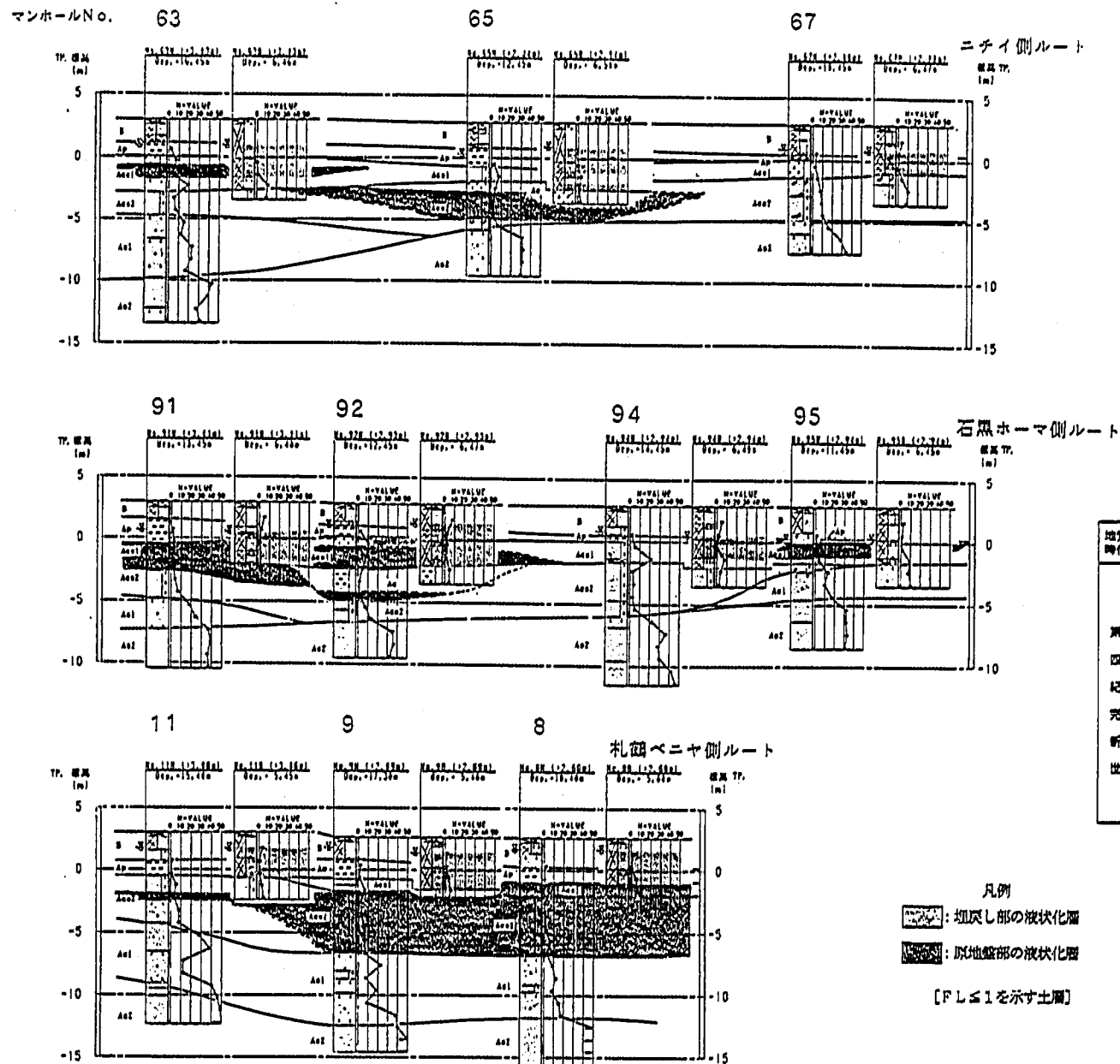
水平震度	原地盤部	埋戻し部
Ks=0.15	—○—	—●—
Ks=0.20	—△—	—▲—
Ks=0.25	—□—	—■—

図4.17 液状化抵抗率FLの深度方向分布

表4.5 液状化抵抗率 F_L の平均値と液状化層厚の計算結果

ル ー ト 区 分	マン ホールの 深 (cm)	地 盤 深 下 深 (cm)	マン ホールの 深 (cm)	厚マ ンホールの 深 (cm)	F _L 平均値・液状化層厚																	
					k s = 0.15					k s = 0.20					k s = 0.25							
					埋戻し土		原地盤土			埋戻し土		原地盤土			埋戻し土		原地盤土					
					液状化 層厚 (m)	F _L 平均値	液状化 層厚 (m)	F _L 平均値		液状化 層厚 (m)	F _L 平均値	液状化 層厚 (m)	F _L 平均値		液状化 層厚 (m)	F _L 平均値	液状化 層厚 (m)	F _L 平均値				
								全平均	底版下				最小値	全平均				底版下	最小値	全平均	底版下	最小値
高 ハ イ チ イ ン	63	8	24	16	2.5 [0]	0.73	1.1 [0]	1.49	1.56	1.27	2.5 [0]	0.55	3.0 [1.9]	1.12	1.17	0.96	3.6 [0.7]	0.44	6.0 [4.9]	0.90	0.94	0.77
	65	15	146	131	2.6 [0.6]	0.41	2.2 [2.2]	1.06	0.91	0.91	2.6 [0.6]	0.31	3.2 [3.2]	0.79	0.69	0.69	2.6 [0.6]	0.24	4.4 [3.3]	0.64	0.55	0.56
	67	9	11	2	1.9 [0]	0.11	0 [0]	1.46	1.47	1.44	1.9 [0]	0.08	1.4 [1.4]	1.10	1.10	1.08	1.9 [0]	0.07	4.5 [4.5]	0.88	0.88	0.86
高 ハ イ チ イ ン	91	9	12	3	2.6 [0.2]	0.36	2.3 [0.9]	1.18	1.35	1.06	2.6 [0.2]	0.27	4.4 [3.0]	0.89	1.01	0.80	2.6 [0.2]	0.22	4.4 [3.0]	0.71	0.81	0.64
	92	13	56	43	3.2 [0.4]	0.58	2.8 [1.7]	1.06	1.11	0.79	3.2 [0.4]	0.44	3.6 [2.5]	0.79	0.83	0.59	3.2 [0.4]	0.35	4.5 [3.4]	0.63	0.66	0.47
	94	5	13	8	1.9 [0]	0.74	0 [0]	1.36	1.23	1.09	2.7 [0.7]	0.55	4.3 [4.3]	1.02	0.92	0.82	2.7 [0.7]	0.44	6.0 [4.0]	0.81	0.74	0.65
	95	8	30	22	0 [0]	1.34	1.6 [0]	1.36	1.68	1.62	1.5 [0]	1.01	1.6 [0.3]	1.02	1.26	1.22	2.0 [0.3]	0.81	4.9 [3.2]	0.82	1.01	0.97
高 ハ イ チ イ ン	11	11	11	0	2.4 [0.1]	0.16	0.7 [0.7]	1.18	1.18	1.13	2.4 [0.1]	0.12	6.3 [6.3]	0.88	0.88	0.84	2.4 [0.1]	0.10	6.3 [6.3]	0.71	0.71	0.68
	9	21	124	103	3.4 [0.7]	0.55	4.9 [4.9]	1.15	1.15	0.94	3.4 [0.7]	0.41	8.0 [8.0]	0.86	0.86	0.70	3.4 [0.7]	0.33	10.4 [10.4]	0.69	0.69	0.56
	8	17	53	36	2.8 [0.1]	0.79	5.9 [5.9]	1.04	1.04	0.77	2.8 [0.1]	0.59	10.9 [10.9]	0.78	0.78	0.58	2.8 [0.1]	0.47	10.9 [10.9]	0.63	0.63	0.46

注) 液状化層厚: $F_L \leq 1$ の土層の合計層厚, []内は、マンホール底版下の合計層厚
 F_L 平均値: 全平均: 1m毎の平均値
(原地盤土) 底版下: マンホール底版下の 1m毎の平均値
最小値: マンホール底版下の土層毎の F_L 平均値の内の最小値

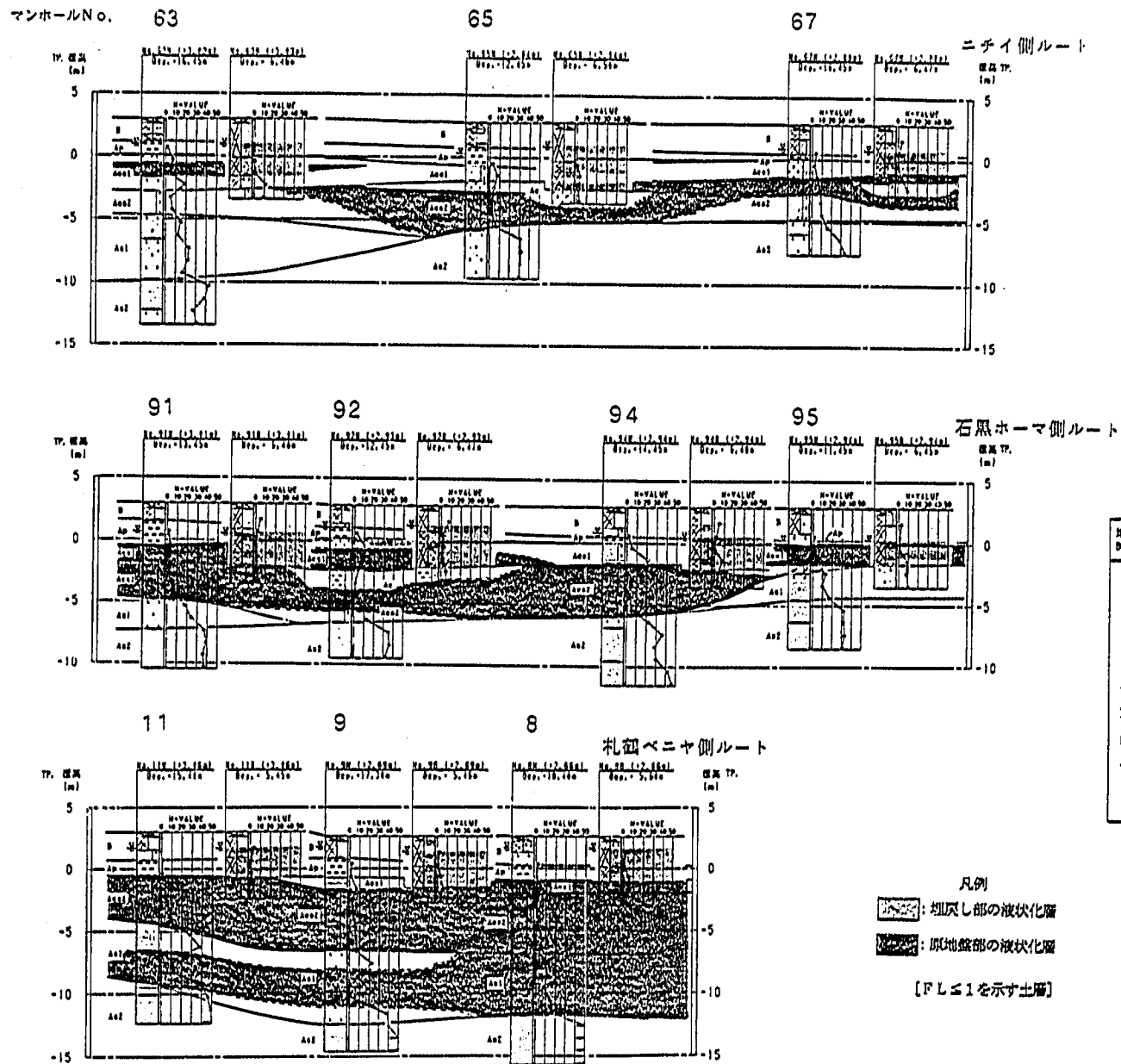


調査地の層序

地質時代	土層区分		主な土質	色調	
第四紀 完新世	一	埋土 (表土)	B	細砂 砂と泥じり細砂	黄褐 茶褐
	沖積層	泥炭層	A p	泥炭	暗茶褐
		第一砂質土層	Acs1	砂質細砂 砂と泥じり細砂 中砂(細砂じり)	暗黄灰 暗灰
		粘性土層	A c	シルト 砂質粘土	暗灰
		第二砂質土層	Acs2	砂質細砂 砂と泥じり細砂	暗灰
		第一砂層	Ae1	砂と泥じり細砂	暗灰
		第二砂層	Ae2	細砂、(中砂)	暗灰

図4.18 $F_L \leq 1.0$ となる液状化層の分布

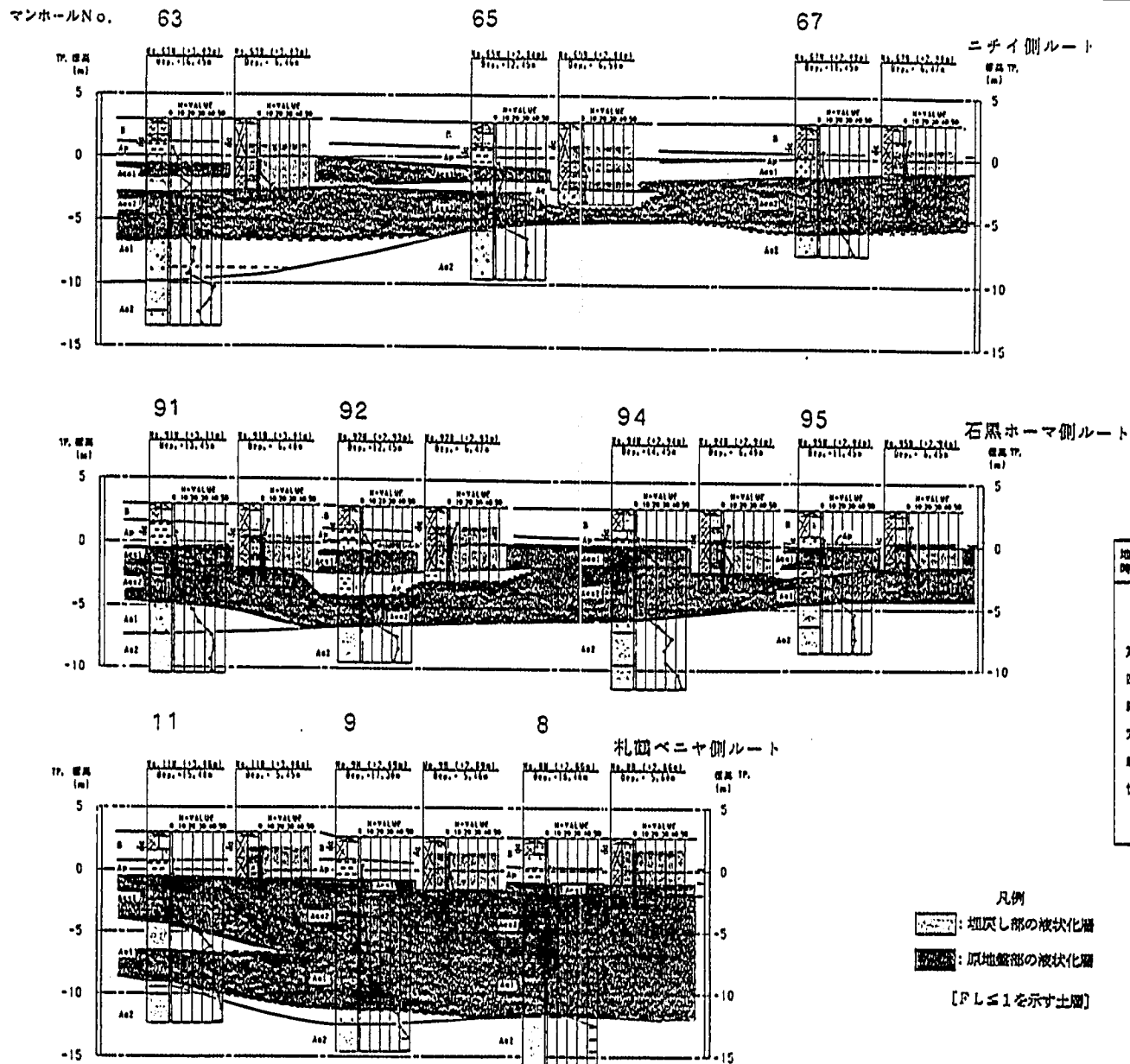
(1) 水平震度 $k_s = 0.15$ の場合



調査地の層序

地質時代	土層区分	主な土質	色調
第四紀 完新世	埋土 (表土)	B 細砂 細砂混じり細砂	黄褐 茶褐
	死灰層	Ap 死灰	暗茶褐
	第一砂質土層	Aca1 細砂質細砂 細砂混じり細砂 中砂 (細砂混じり)	暗黄灰 暗灰
	粘性土層	Ac シルト 砂質粘土	暗灰
	第二砂質土層	Aca2 細砂質細砂 細砂混じり細砂	暗灰
	第一砂層	As1 細砂混じり細砂	暗灰
	第二砂層	As2 細砂, (中砂)	暗灰

図4.18 (2) 水平震度 $k_s = 0.20$ の場合



調査地の層序

地質時代	土層区分	主な土質	色調
第四紀 完新世	埋土(表土)	B 細砂 中砂	黄褐色 茶褐色
	泥炭層	Ap 泥炭	暗茶褐色
	第一砂質土層	Aa1 細砂 中砂(微細じり)	暗青灰 暗灰
	粘性土層	Ac シルト 砂質粘土	暗灰
	第二砂質土層	Aa2 細砂 中砂	暗灰
	第一砂層	Aa1 細砂	暗灰
	第二砂層	Aa2 細砂	暗灰

図4.18 (3) 水平震度 $k_s = 0.25$ の場合

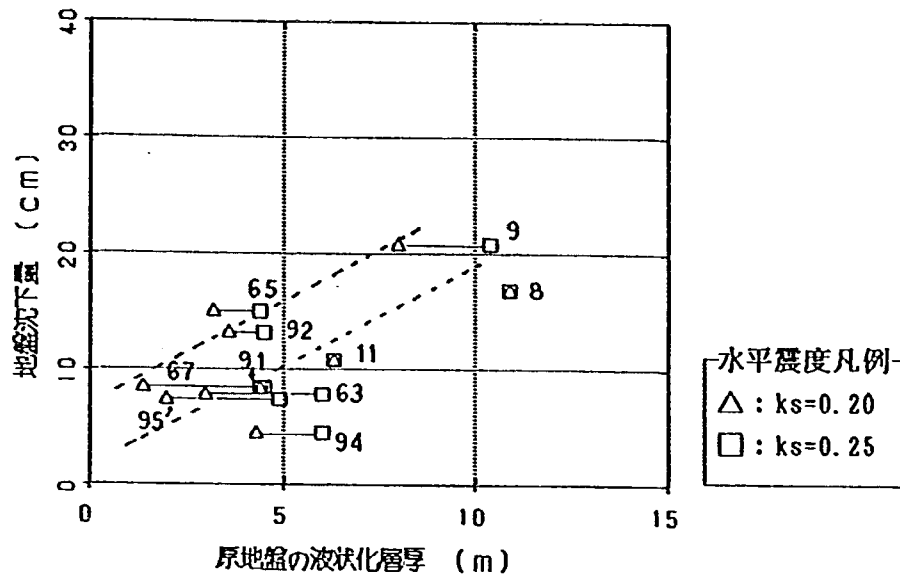


図4.19 原地盤部の液状化層厚と周辺地盤の沈下量の関係

表4.6 液状化指数 P_L の計算結果

ルート区分	マンホールNo	地盤沈下量 (cm)	マン突出量 (cm)	浮マシがかり量 (cm)	P_L					
					$k_s=0.15$		$k_s=0.20$		$k_s=0.25$	
					F_L 全層	F_L 底版下	F_L 全層	F_L 底版下	F_L 全層	F_L 底版下
ニチイ側	63	8	24	16	0.3	0	3.0	0.6	7.8	4.2
	65	15	145	131	2.8	2.8	6.6	6.6	10.4	9.4
	67	9	11	2	0	0	0.4	0	4.2	3.1
石黒ホーマ側	91	9	12	3	8.3	1.3	12.2	4.2	16.1	7.5
	92	13	55	43	2.7	1.3	8.0	3.4	12.1	5.6
	94	5	13	8	0	0	5.2	5.2	9.9	9.8
	95	8	30	22	4.7	0	7.3	0	9.6	0.4
札幌ベニヤ側	11	11	11	0	0.6	0.6	4.1	4.1	11.0	11.0
	9	21	124	103	2.7	2.7	10.7	10.7	17.1	17.1
	8	17	53	35	6.3	6.3	15.9	15.9	24.5	24.5

注)・ F_L 区分 : F_L 全層 : 1 m 毎の平均値
: F_L 底版下 : マンホール底版下 1 m 毎の平均値

・ P_L 区分 $P_L=0$: 液状化の危険度は極めて低い
 $0 < P_L \leq 5$: 液状化の危険度は低い
 $5 < P_L \leq 15$: 液状化の危険度は高い
 $15 < P_L$: 液状化の危険度は極めて高い

て算定した値も（「底版下」と称する）示した。また、表中には、 P_L に応じた液状化危険度の評価基準¹²⁾も合わせて示した。

「全層」の場合には、水平震度 $k_s = 0.15$ では N_{63} 及び N_{65} のマンホールの原地盤部で $P_L > 5$ となり、液状化の危険度が高いことを示している。また、 $k_s = 0.20$ では、これらに加えて N_{65} 、石黒ホーム側ルート全箇所（ N_{92} , 94, 95）及び N_{63} で $P_L > 5$ となる。さらに、 $k_s = 0.25$ では N_{67} を除く全箇所（ N_{11} , 9, 8）では $P_L > 10$ となる。これらの結果は、前述した「激しい液状化」が起こりやすい箇所とほぼ対応している。

「底版下」の場合には、 N_{63} , 91, 95 の P_L が「全層」の場合の $1/2$ 程度以下に低下する。その結果、 $k_s = 0.25$ では N_{67} に加えて N_{63} 及び 95 で $P_L < 5$ となり、特に N_{95} の P_L は 0.4 と極めて小さく、同箇所では中程度（突出量 30cm）の浮上がりが生じた事実と必ずしも対応しなくなる。

(2) 液状化試験結果

液状化試験結果を巻末資料 4 に示す。これらの概要を表 4.7 に、各試料の液状化強度曲線を図 4.20 に示す。以下では、 N 値等に基づいて F_L を算定する過程で求めた動的せん断強度比 R （3.2(1)参照）と対応する指標として、繰返し回数 $N = 20$ で両振幅軸ひずみが 5% となるような繰返しせん断応力比 $R_L (= \sigma_d / 2\sigma_c')$ 、以下では「液状化強度比」と称する）を用いて比較を行う。

1) 原地盤部

a. 液状化強度比

Acs_1 層の液状化強度比 R_L は 0.31~0.33（平均値 0.32）、 Acs_2 層では 0.24~0.36（平均値 0.29）で、 Acs_1 層の方が若干高めの液状化強度比であった。これらは、両層の N 値の相違（ Acs_1 層： $N = 7$ ， Acs_2 層： $N = 5$ ）に対応しているが、各試料とも供試体毎の物性値（特に乾燥密度 ρ_d ）のバラツキが大きいことを考慮すると、さほど有意な差ではないものと考えられる。一方、 As_1 層は試料採取深度の N 値（ $N = 12$ ）が深度が大きいことを考慮しても他よりも比較的大きいにもかかわらず、 R_L は 0.21 で最も小さかった。これは、 As_1 層の細粒分含有率が他よりも少なく、粒径も比較的そろっており、液状化の生じやすい粒度であったことに起因するものと考えられる。

各試料の相対密度は、 Acs_1 層で $D_r = 72 \sim 76\%$ 、 Acs_2 層で $D_r = 86 \sim 104\%$ であり、全般的にかなり高いが、これは各試料とも細粒分を多く含有する（ $P_c = 15 \sim 52\%$ ）ためと考えられる。液状化強度比とその目安を文献から引用し表 4.8¹¹⁾ に示すが、これによれば原地盤部（ Acs_1 層、 Acs_2 層）の液状化強度は“中位”程度に区分される。また、最も R_L が小さい As_1 層の液状化試験結果の例を図 4.21 に示すが、過剰間隙水圧比が 1.0 近くまで上昇した後の軸ひずみ振幅の増加傾向は比較的緩やかで、他の層についても同様な結果であった。

b. 各供試体毎の物性値

各供試体毎の乾燥密度と細粒分含有率の分布状況をまとめ、図 4.22 に示す。原地盤部では、同一サンプ

表4.7 液状化試験結果の概要

(a) 原地盤土 (不攪乱試料)

試料No	試料No	平均深度 GL (m)	土層区分	土質名	平均物性値				拘束圧 σ_c' (kgf/cm ²)	液状化強度比 $\left(\frac{\sigma_d}{2\sigma_c'}\right)_{DA=5\%, N=20}$	対応深度 N値	備考 (採用供試体No)
					Fc (%)	D ₅₀ (mm)	ρ_d (g/cm ³)	Dr (%)				
65N	65N-1	4.01	Acs1	シルト質細砂	15.3	0.185	1.192	72	0.41	0.305	8	4, 5, 6
	65N-3	6.35	Acs2	シルト質細砂	36.2	0.128	1.279	94	0.59	0.30	2	3, 4
					52.2	0.069	1.189	97		0.36		
92N	92N-1	4.01	Acs1	細粒状中砂	35.7	0.130	1.315	76	0.45	0.33	8	1, 3, 4
	92N-2	8.35	Acs2	シルト質細砂	14.7	0.162	1.449	86	0.78	0.29	7	1, 2, 4
9N	9N-1	5.05	Acs2	シルト質細砂	28.1	0.143	1.359	104	0.40	0.27	2	1, 2, 3, 4
	9N-2	8.55	Acs2	シルト質細砂	20.9	0.150	1.421	91	0.68	0.24	6	1, 2, 3, 4
11N	11N-1	5.05	Acs2	シルト質細砂	23.3	0.152	1.399	96	0.44	0.305	3	1, 2, 3, 4
	11N-2	9.98	As1	シルト質中砂	12.6	0.165	1.471	76	0.88	0.21	12	1, 2, 3

注) ○ 平均物性値は、R~N曲線設定に採用した供試体の平均値。

Fc: 細粒分含有率, D₅₀: 平均粒径, ρ_d : 圧密後乾燥密度, Dr: 圧密後の相対密度

○ No. 65N-3は、物性値の異なる二種類の土質に区分できるため、二種類の液状化強度比を設定した。

(b) 埋戻し土 (ブロック採取試料)

試料No	試料No	平均深度 GL (m)	土層区分	土質名	平均物性値				拘束圧 σ_c' (kgf/cm ²)	液状化強度比 $\left(\frac{\sigma_d}{2\sigma_c'}\right)_{DA=5\%, N=20}$	対応深度 N値	備考 (採用供試体No)
					Fc (%)	D ₅₀ (mm)	ρ_d (g/cm ³)	Dr (%)				
66	66B-1	3.20	B	シルト質中砂	8.1	0.197	1.426	65	0.48	0.14	1	4, 5
92	92B-1	2.70	B	細粒状中砂	13.2	0.427	1.426	68	0.41	0.21	2	3, 4, 5
					10.2	0.458	1.492	84		0.275		
9	9B-1	2.34	B	細粒状中砂	6.5	0.342	1.266	56	0.31	0.18	1	2, 3, 4
11	11B-1	2.90	B	細粒状中砂	4.7	0.489	1.481	92	0.40	0.40	1	1, 2, 4

注) ○ 平均物性値は、R~N曲線設定に採用した供試体の平均値。

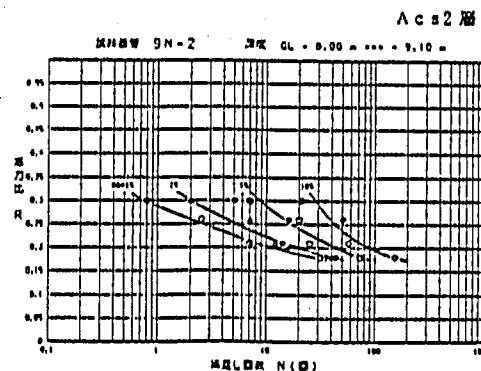
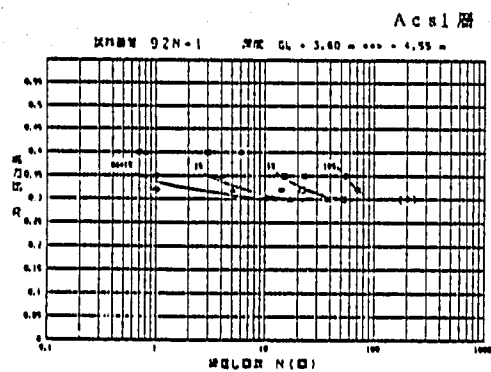
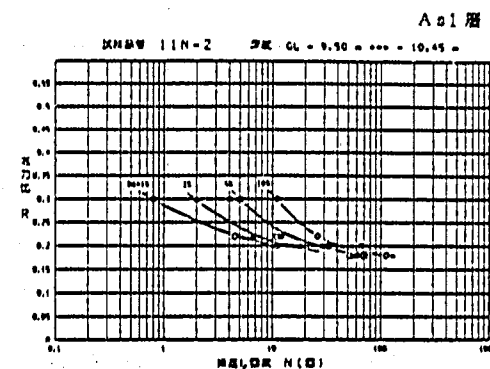
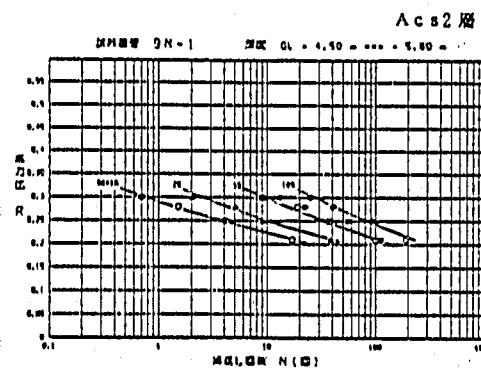
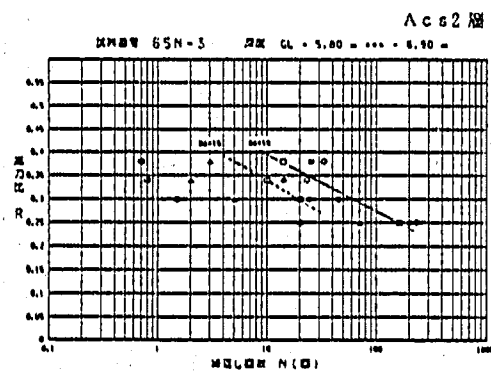
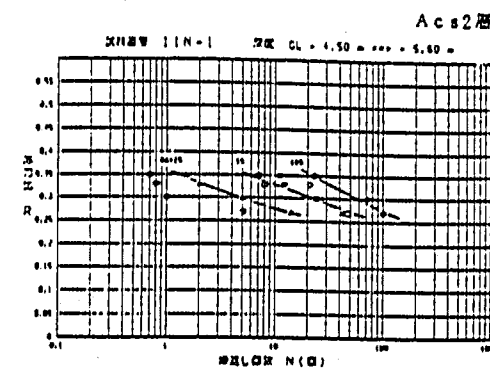
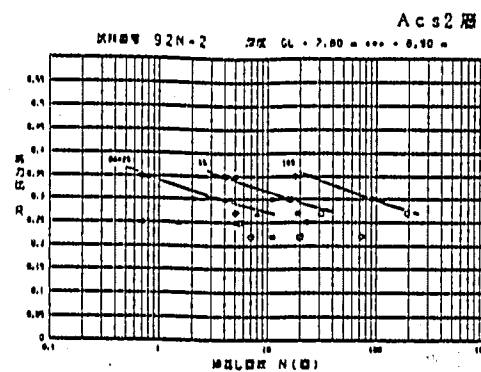
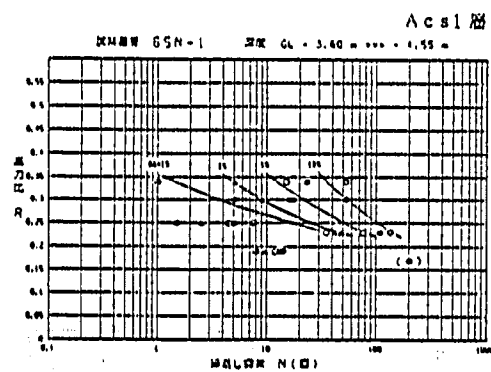
Fc: 細粒分含有率, D₅₀: 平均粒径, ρ_d : 圧密後乾燥密度, Dr: 圧密後の相対密度

○ No. 92B-1は、物性値の異なる二種類の土質に区分できるため、二種類の液状化強度比を設定した。

表4.8 液状化強度比とその目安²⁾⁾

液状化の強さ	液状化強度比 R_L			
	0.2	0.3	0.4	0.5
小さい	_____			
中位	_____			
大きい	_____			

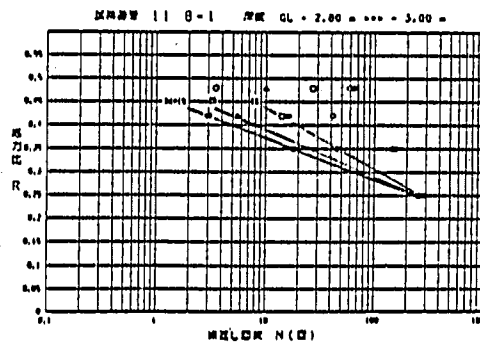
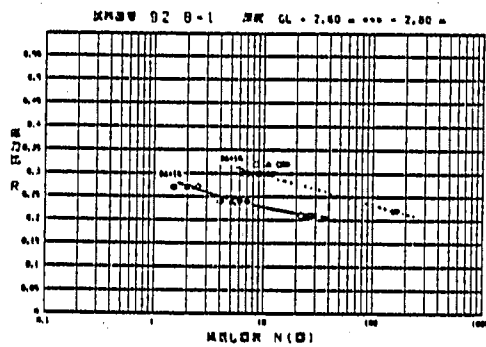
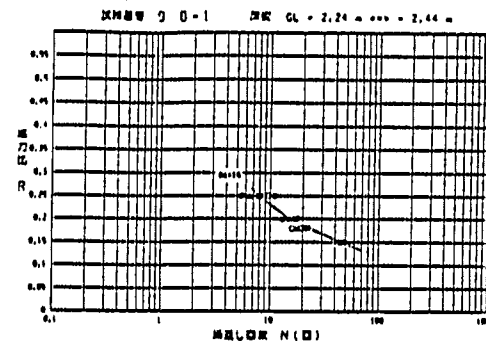
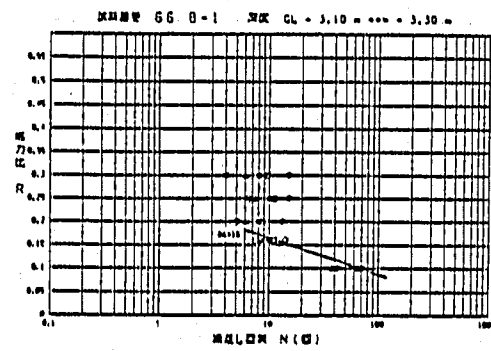
(注) ここでの液状化強度比は等方応力では有効拘束圧, 異方応力では平均有効主応力を分母とし, 正弦波の繰返しせん断力を分子とした値である。



- 図例
- 1.0%剪ひずみ
 - △ 2.0%剪ひずみ
 - 5.0%剪ひずみ
 - ◇ 10.0%剪ひずみ
 - 平均値(95%)

(1) 原地盤部

図4.20 不攪乱試料の液状化強度曲線



- 凡例
- 1.0%埋戻し
 - △ 2.0%埋戻し
 - 5.0%埋戻し
 - ◇ 10.0%埋戻し
 - 埋戻し95%

図4.20 (2) 埋戻し部

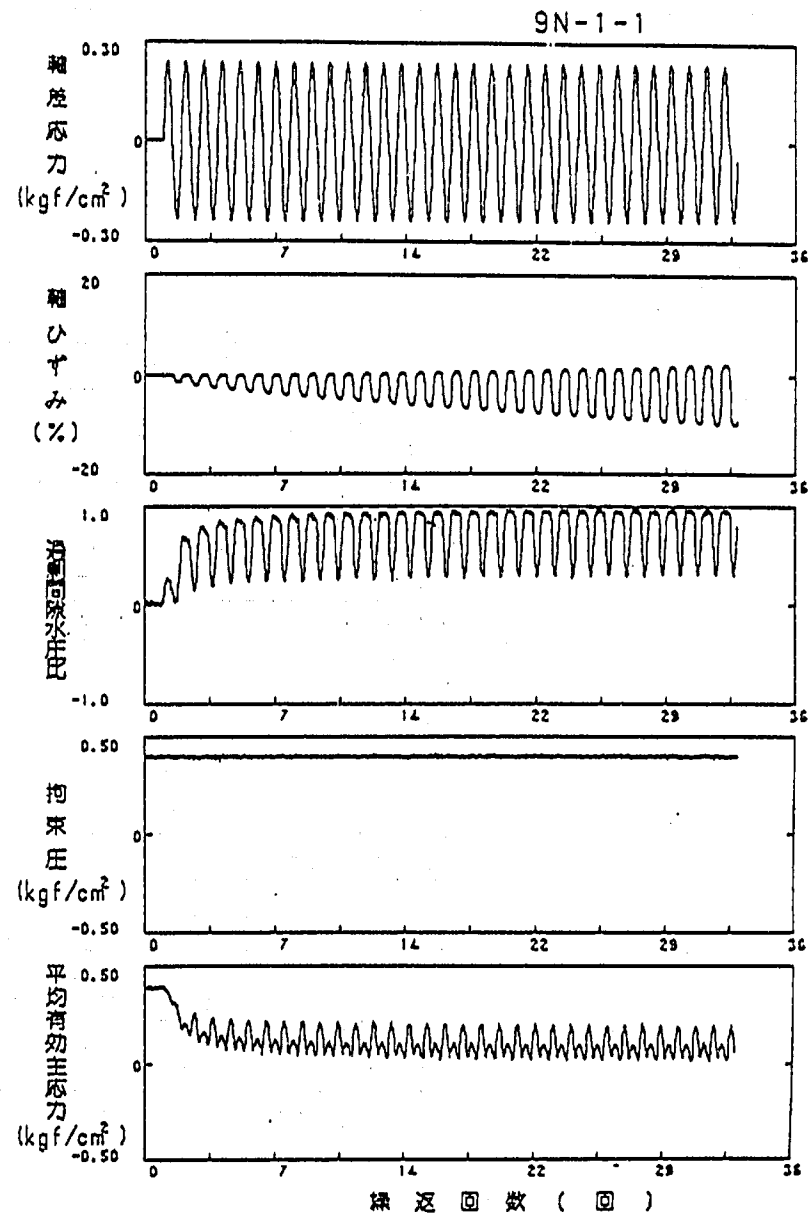
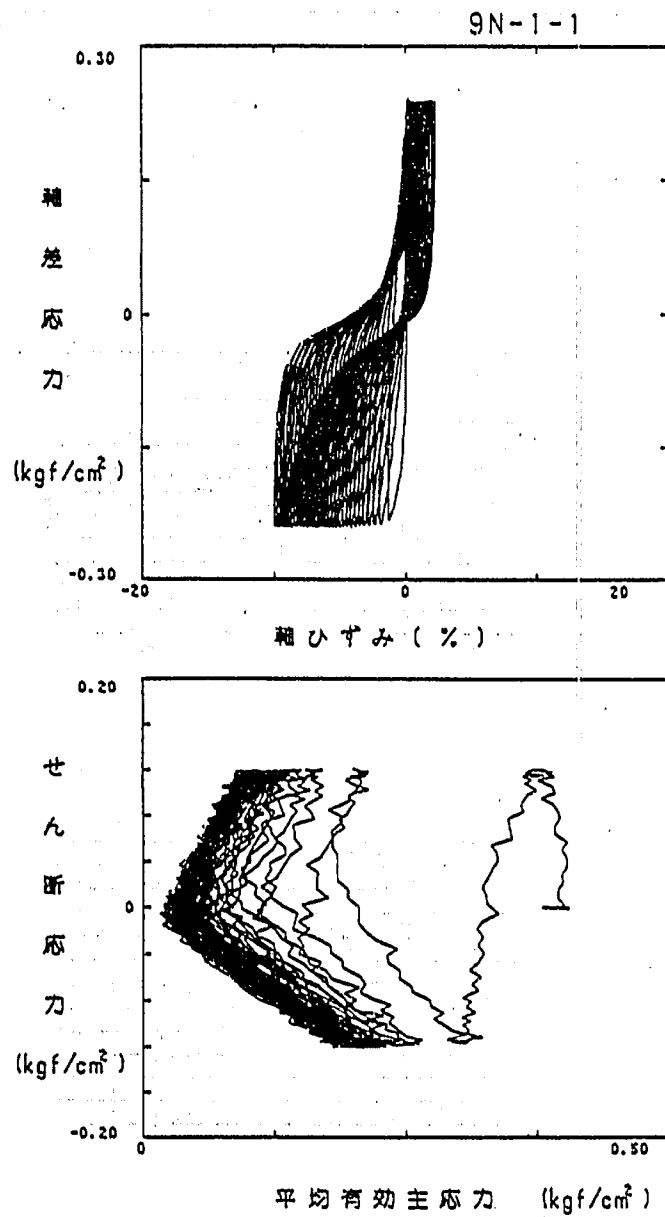
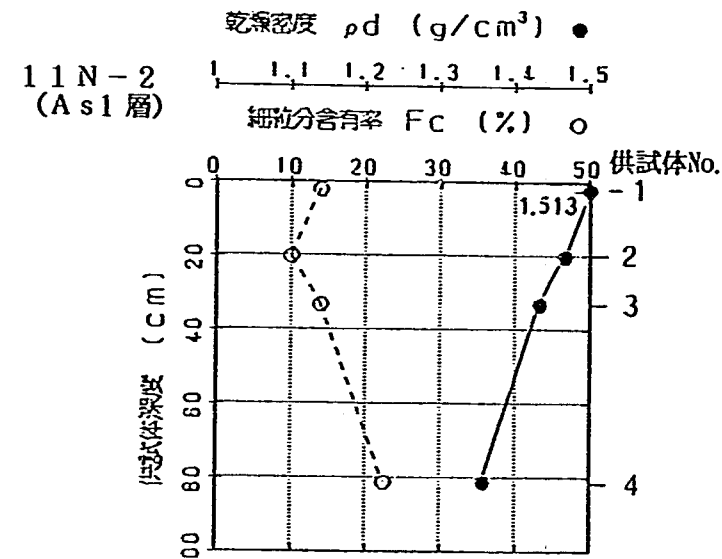
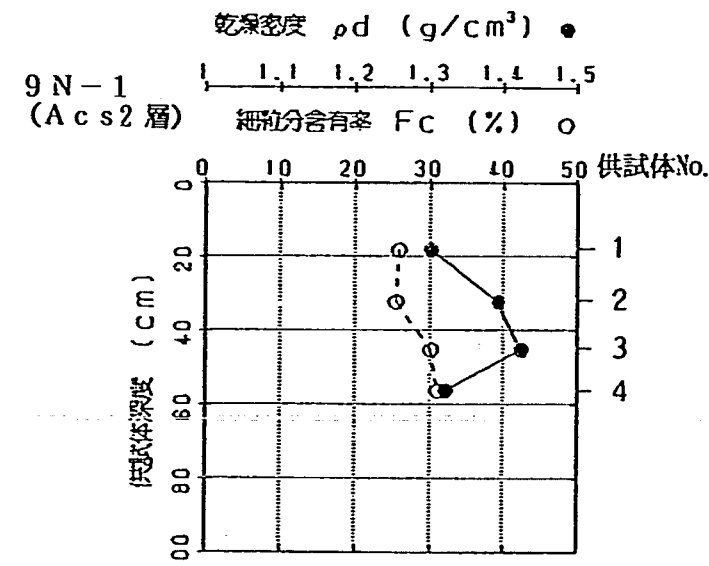
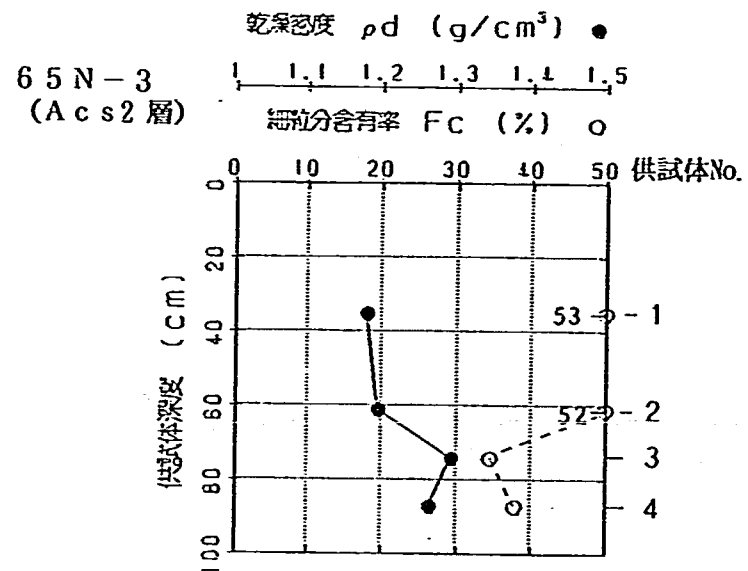
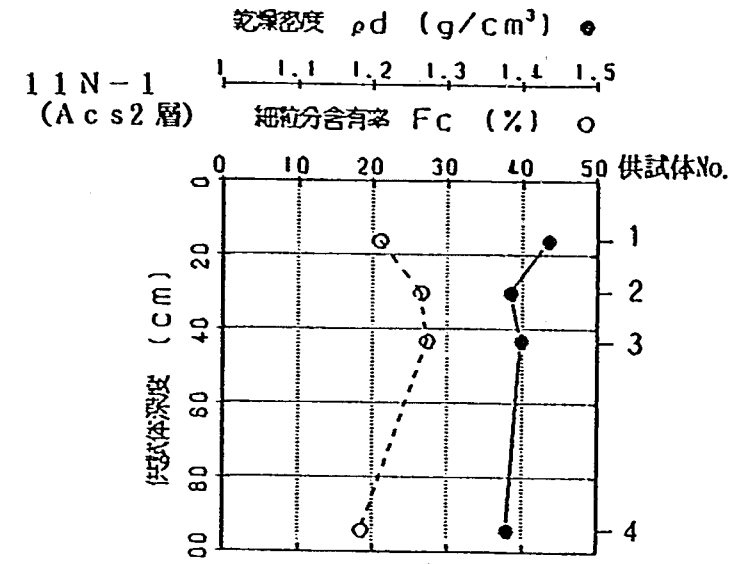
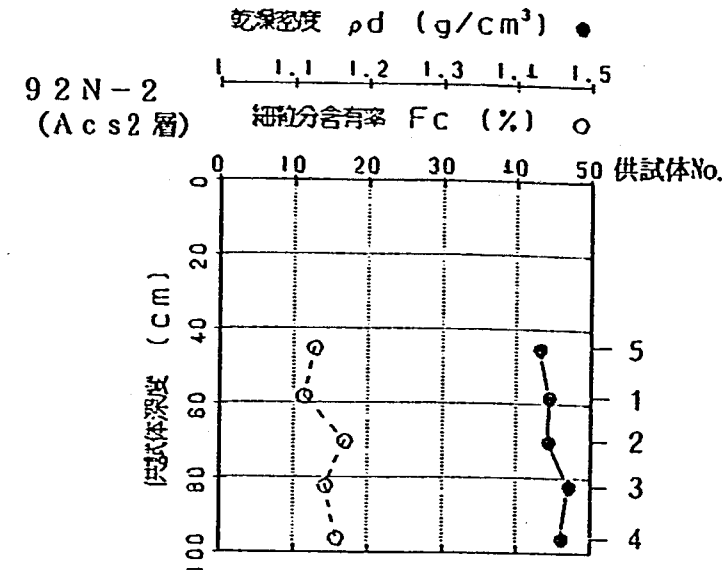
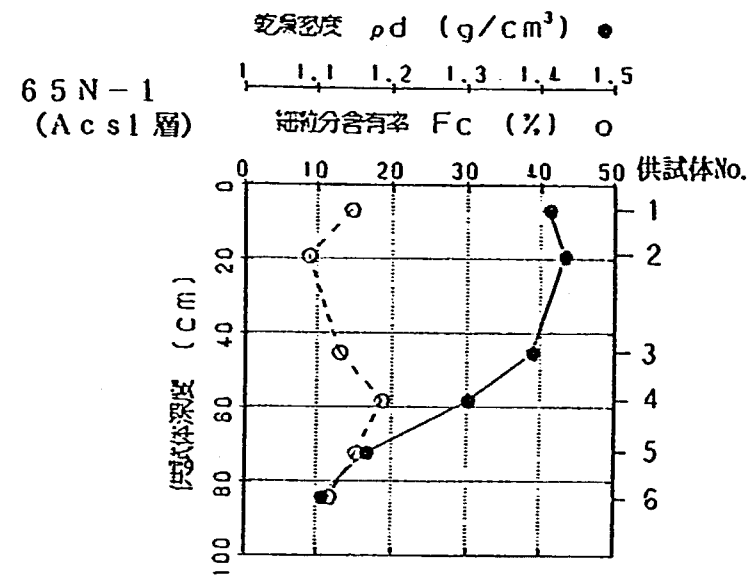


図4.21 原地盤部のA s₁層の液状化試験の結果の例



—凡例—

試料採取(ツリガシキリ)

注) 乾燥密度 ρ_d は、
圧密後の乾燥密度

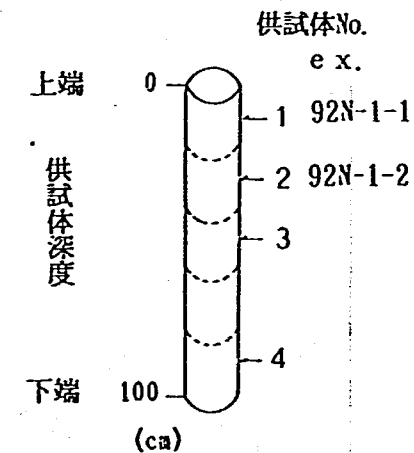
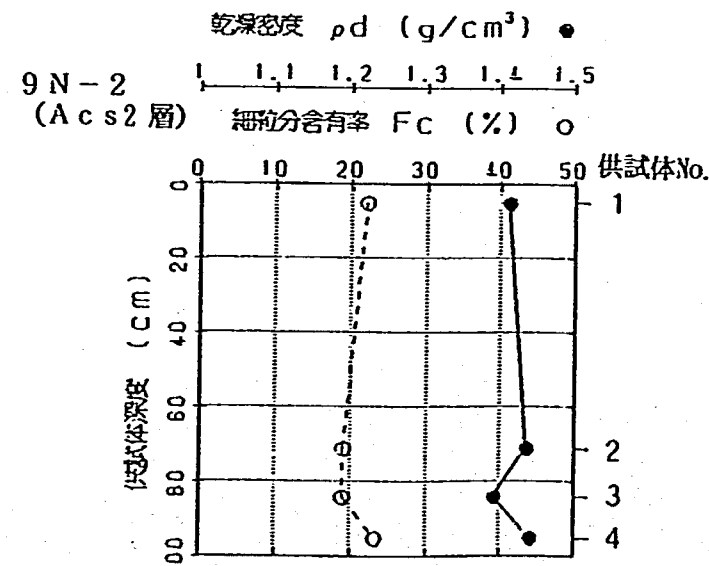
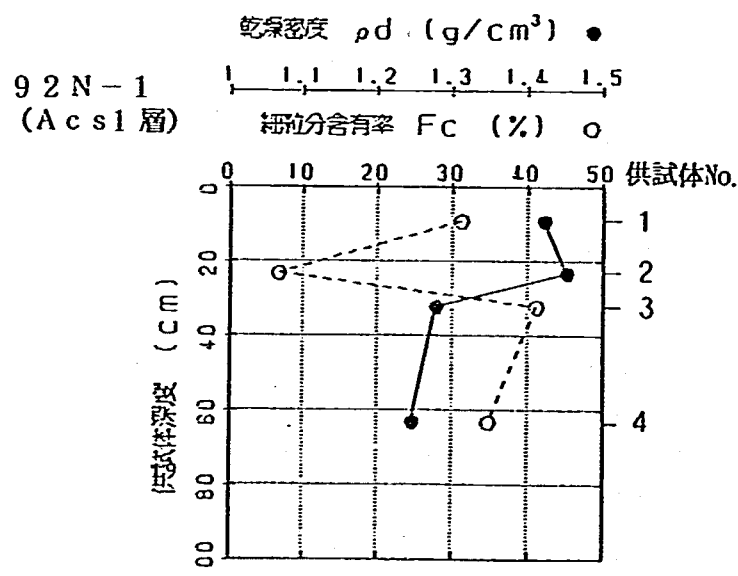


図4.22 原地盤部の不攪乱試料の乾燥密度と細粒分含有率の分布

リング試料（長さ1 m弱）においても、密度と細粒分含有率がかなりばらついている。このため、前述した液状化強度曲線の設定においては、物性の類似した供試体を採用している。

c. 液状化試験結果とN値等に基づく動的せん断強度比の予測値との比較

液状化試験による液状化強度比 R_L と、N値等から求められる動的せん断強度比 R （3.2(1)参照）の比較を表4.9(1)及び図4.23に示す。 R の算定のためのN値及び粒度として、液状化試験に用いた試料の採取深度近傍における標準貫入試験時の値を採用したが、粒度（特に細粒分含有率 F_c ）は必ずしも対応していなかったことから、液状化試験試料の粒度を適用した場合の液状化強度比 R' もあわせて算定した。

図4.23より、N値等から求められる R は液状化試験による R_L よりも全般的に小さくなったが、液状化試験試料の粒度を適用した R' は R_L と比較的よく一致した。

2) 埋戻し部

a. 液状化強度比

埋戻し部の液状化強度比 R_L を表4.9(2)に示す。マンホールNa11を除くと R_L は0.14～0.28（平均値0.20）となり、表4.8によれば液状化強度は「小さい」に区分される。また、最も R_L が大きいNa92の液状化試験結果の例を図4.24に示すが、過剰間隙水圧比が1.0近くまで上昇した後は軸ひずみ振幅が急激に増加しており、きれいな緩い砂に見られる液状化時の特徴が現れていた。これは、埋戻し部の他の試験結果についても同様であり、前述した原地盤部の液状化時の挙動（図4.21参照）とは明らかに異なっていた。

b. 各供試体毎の物性値

原地盤部と同様に、各供試体毎の乾燥密度、細粒分含有率及び礫分含有率の分布状況をまとめて図4.25に示す。ただし、同一深度からのブロック採取試料であるため、図の縦軸として供試体Noを用いている。同一ブロックにおいても乾燥密度と粒度には相違が見られるが、この理由としては、埋戻し施工時に生じた不均一性に加えて、液状化時の攪乱の影響も考えられる。

さらに、各マンホール毎の乾燥密度 ρ_d を比較すると、Na11の試料の ρ_d は他の地点よりも全般的に大きい。これは、同試料の R_L が0.40と著しく大きかったこと、及び同地点のマンホールの浮上がり量が少なかった（突出量11cm）ことと対応するが、一方で、表4.9(2)に示したように対応深度のN値は1で他の地点と同程度に低い値を示している。このため、同試料は、開削工事とそれに付随する地下水位低下等により密度が増加した可能性があるものと考えられる。

c. 液状化試験結果とN値等に基づく動的せん断強度比の予測値との比較

表4.9(2)には試料採取深度近傍のN値等から求められる動的せん断強度比 R をあわせて示したが、N値が1～2と低いために、 R は対応する R_L の $\frac{1}{2}$ 以下と非常に小さかった。ブロックサンプリングした試料は、前述した開削工事とそれに付随する地下水位低下の影響、及びサンプリング時の乱れの影響により、Na11以外の地点でも密度が増加していた可能性が考えられる。一方、N値等に基づく予測値も、N値が著しく小さいために推定精度が必ずしも十分ではない。これらを考慮すると埋戻し部の液状化強度比は最大でも0.2程度であったものと予想され、原地盤部よりも液状化がかなり生じやすかったものと判断される。

なお、以上の検討に用いたN値は地震後に計測したものであり、液状化が生じた場合にはその影響によ

表4.9 液状化試験による液状化強度比とN値等に基づく動的せん断強度比

(1) 原地盤土（不攪乱試料）

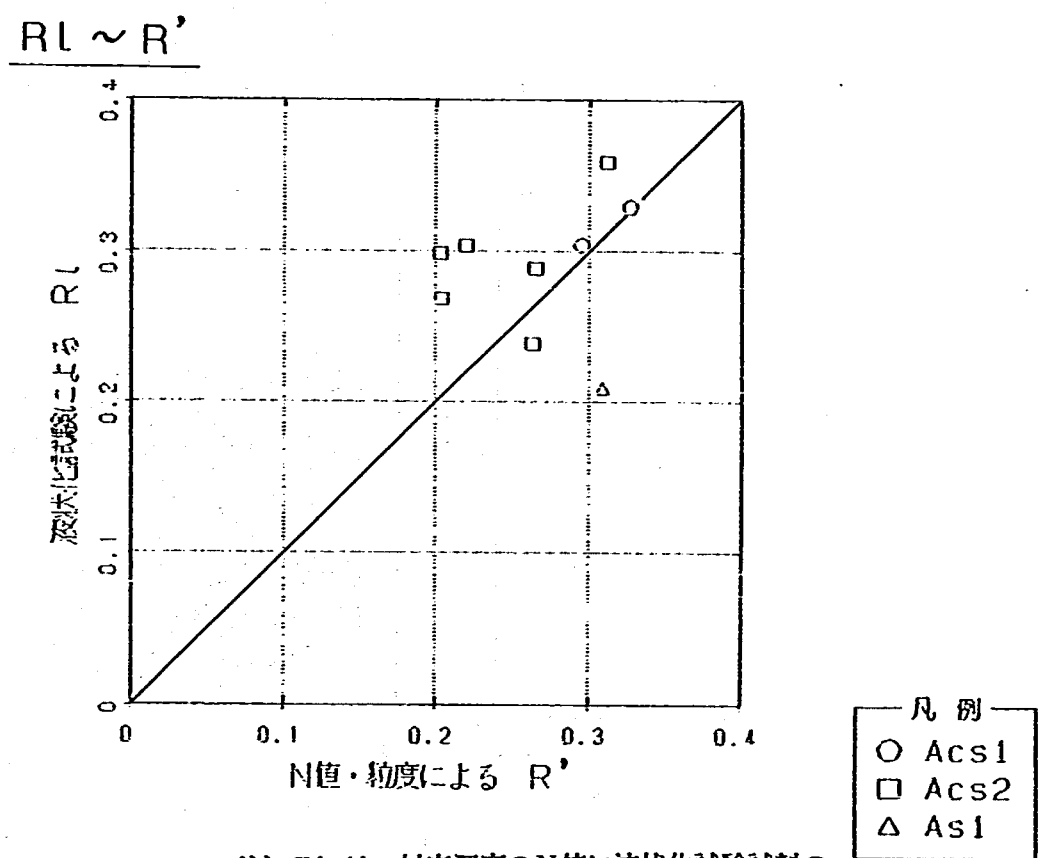
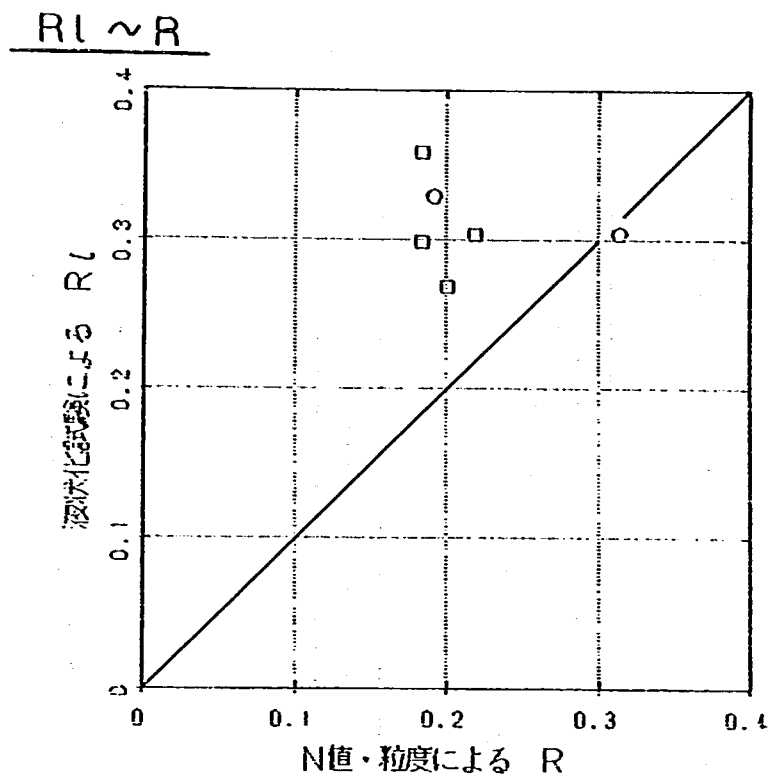
ボーリング 地点No	液状化試験による液状化強度比 R_L					N値・粒度による液状化強度比 R					
	試料 No	平均深度 GL— (m)	F_c (%)	D_{50} (mm)	液状化強度比 R_L $\left(\frac{\sigma_d}{2\sigma'_c}\right)$ $DA=5\%$ $N=20$	深度 GL— (m)	F_c (%)	D_{50} (mm)	N値	液状化 強度比 R	液状化 強度比 R'
65N	65N-1	4.01	15.3	0.185	0.305	4.31	22.5	0.153	8	0.134	0.295
	65N-3	6.35	36.2	0.128	0.30	7.32	27.2	0.155	2	0.184	0.203
			52.2	0.069	0.36						0.312
92N	92N-1	4.01	35.7	0.130	0.33	4.30	4.0	0.518	8	0.192	0.327
	92N-2	8.35	14.7	0.162	0.29	8.30	—	—	7	—	0.265
9N	9N-1	5.05	28.1	0.143	0.27	5.30	26.7	0.148	2	0.201	0.204
	9N-2	8.55	20.9	0.150	0.24	8.30	—	—	6	—	0.263
11N	11N-1	5.05	23.3	0.152	0.305	5.30	21.8	0.155	3	0.219	0.220
	11N-2	9.98	12.6	0.165	0.21	10.30	—	—	12	—	0.309

注) R' は、対応深度のN値の液状化試験試料の粒度を適用して算定した液状化強度比。

(2) 埋戻し土（ブロック採取試料）

ボーリング 地点No	液状化試験による液状化強度比 R_L						N値・粒度による液状化強度比 R					
	試料 No	平均深度 GL— (m)	F_c (%)	D_{50} (mm)	相対密度 D_r (%)	液状化強度比 R_L $\left(\frac{\sigma_d}{2\sigma'_c}\right)$ $DA=5\%$ $N=20$	深度 GL— (m)	F_c (%)	D_{50} (mm)	N値	相対密度 D_r (%)	液状化 強度比 R
66	66B-1	3.20	8.1	0.197	65	0.14	2.33 (67B)	1.5	0.923	1	20	0.034
92	92B-1	2.70	13.2	0.427	68	0.21	2.40	13.2	0.427	2	28	0.100
			10.2	0.458	84	0.275						
9	9B-1	2.34	6.5	0.342	58	0.18	2.39	6.1	0.426	1	21	0.068
11	11B-1	2.90	4.7	0.489	92	0.40	3.36	3.4	0.415	1	20	0.066

注) N値・粒度による相対密度: $D_r = 21\sqrt{(N/\sigma'_v + 0.7)}$



注) R' は, 対応深度の N 値に液状化試験試料の
粒度を適用して算定した液状化強度比。

図4.23 原地盤部の液状化試験による液状化強度比と N 値等に基づく動的せん断強度比の比較

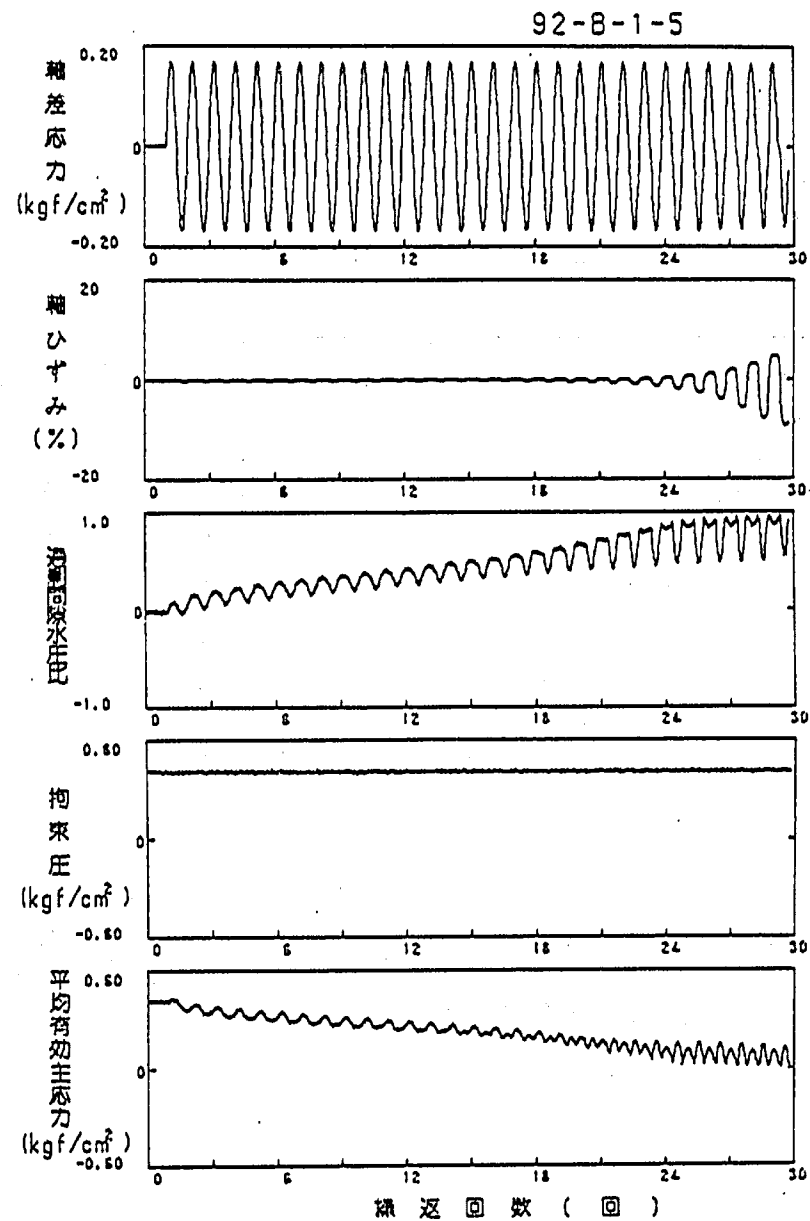
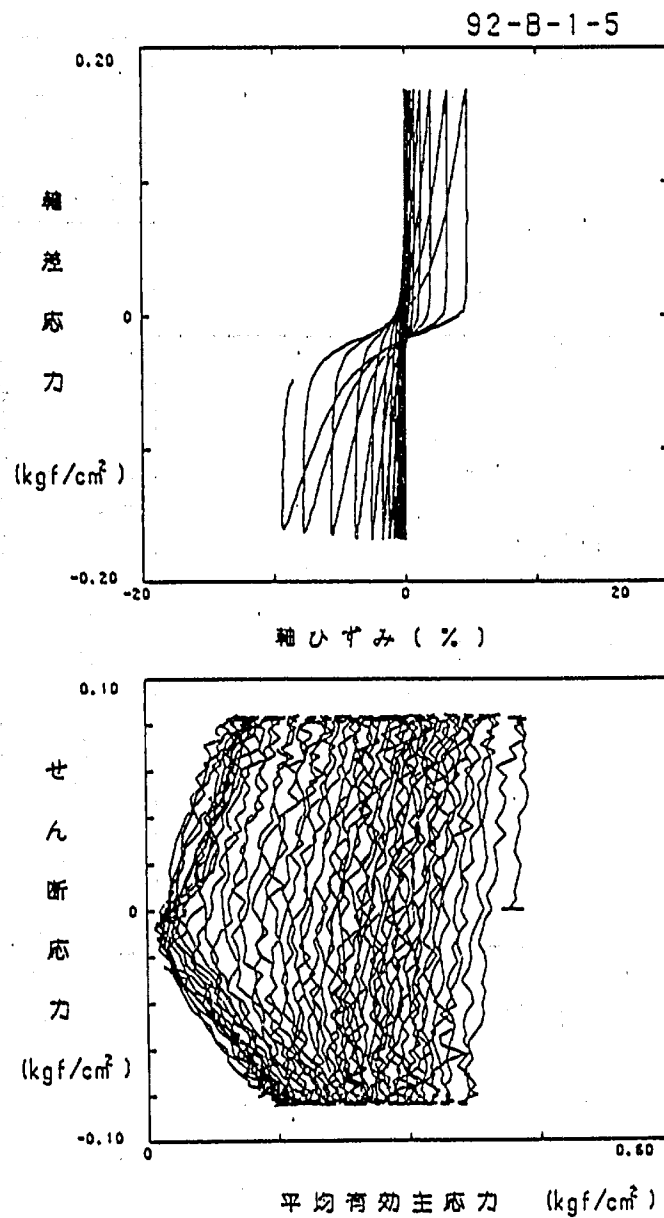
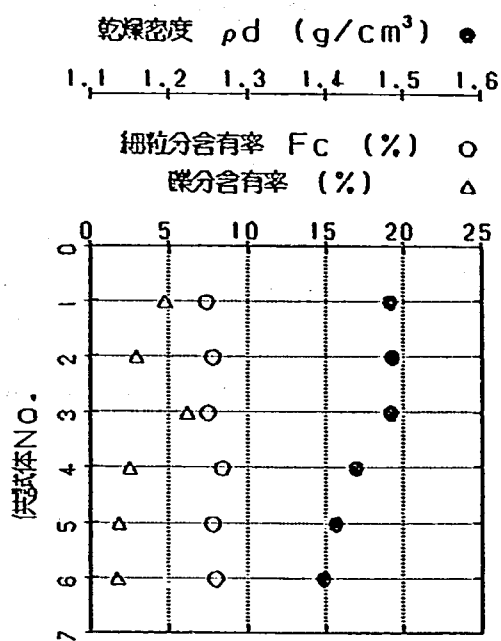
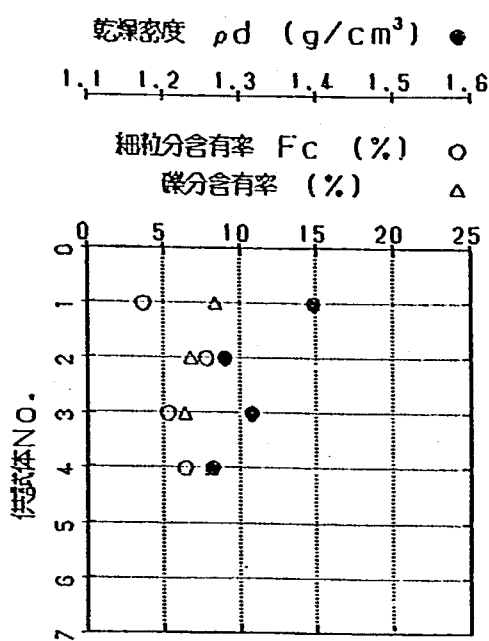


図4.24 No.92の埋戻し部の液状化試験結果の例

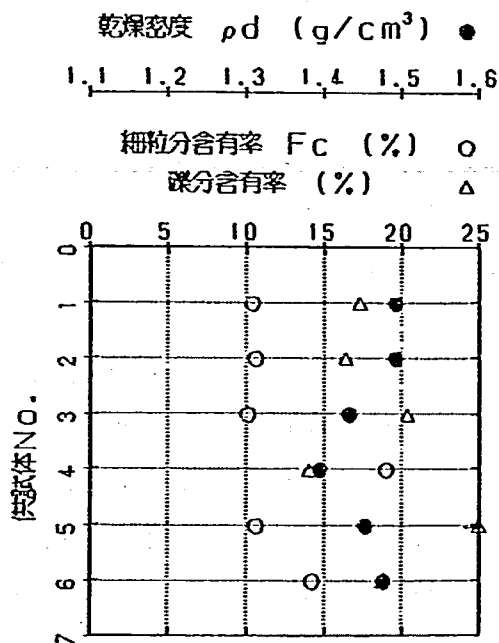
66 B-1



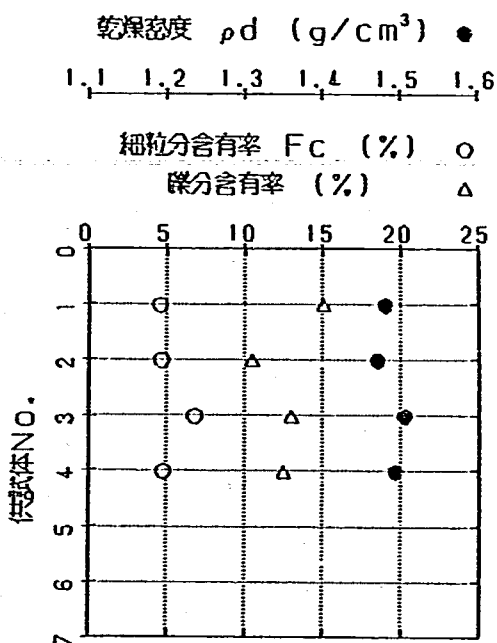
9 B-1



92 B-1



11 B-1



注) 乾燥密度 ρ_d は、圧密後の乾燥密度

図4.25 埋戻し部の不攪乱試料の乾燥密度と細粒分布含有率の分布

りN値が変化した可能性も考えられるが、この点に関しては、図4.26²²⁾に示すように、N値が比較的小さい領域では地震後のN値は地震前とほぼ同様か、または最大2倍程度まで増加した事例が報告されている。

(3) 過剰間隙水圧の発生特性

文献23)に示された方法に基づいて、原地盤部の液状化試験で得られた液状化強度曲線を両対数軸上で直線として近似し、さらに過剰間隙水圧比と繰返し回数比の関係の平均曲線を求めることにより、式(3.17)中の係数 p の逆算を行った。結果を表4.10に示す(詳細は巻末資料4参照)。液状化抵抗率 F_L と過剰間隙水圧比 L_v の関係は試料毎に異なったが、全てをまとめて示すと図4.27となり、平均的には $p=2.1$ が得られた。文献6)で設定されている $p=7$ の場合の関係も図中に示したが、 $p=2.1$ の場合のほうが同じ液状化抵抗率では L_v がかなり大きくなるのがわかる。

4.4 マンホールの浮上がり安定性

(1) 浮上がり安全率及び浮上がり量の逆算値

マンホールの浮上がり安全率 F_s と浮上がり量の逆算値の計算結果をまとめて表4.11に示す。このなかで、第一砂層以浅の全土層の F_L の平均値を用いて F_s を算定した場合(3.3(1)参照、以下では「全平均」と称する)のルート毎の分布を図4.28に示す。また、各条件における浮上がり力及び浮上がり抵抗力を表4.12にまとめて示す。

(2) 浮上がり判定方法の妥当性の検討

水平震度 $k_s=0.2$ 及び 0.25 に対して「全平均」を用いた場合のマンホールの浮上がり安全率 F_s と突出量の関係を図4.29に示す。過剰間隙水圧の発生特性として文献6)で設定されている特性($p=7$)を用いた場合、及び液状化試験より逆算した特性($p=2.1$)を用いた場合の2通りを示したが、いずれの場合も $k_s=0.25$ に対する F_s は、全地点において 1.0 以下となった。また、 $k_s=0.2$ に対する F_s は、 $p=7$ を用いた場合には突出量の比較的小さい地点のうちいくつかで 1.0 以上となったが、 $p=2.1$ を用いた場合には全地点とも 1.0 以下のままであった。前述したように、調査地点の k_s は 0.25 相当以上であったことが推測されるが、このときの F_s が 1.0 以下となっている点で、 F_s に基づく浮上がり判定は安全側の評価であるものと判断される。ただし、ここで用いた F_s は原地盤部の条件のみを用いて算定される指標であり、実際には原地盤部がマンホールの浮上がりにどのように関与したかが必ずしも明確になっていない点に留意する必要がある(4.5参照)。

$k_s=0.25$ に対して「全平均」と $p=2.1$ を用いた場合のマンホールの浮上がり量の逆算値と実際の突出量の関係を図4.30に示す。 N_{65} 以外では、逆算値は実際の突出量と同程度かそれ以上となり、多くの場合には計算上の F_s が 1.0 に回復する以前に浮上がりが停止していることがわかる。この理由としては、表層のアスファルト舗装部と接続管渠による浮上がりの拘束効果、表層地盤の凍結による付着力の増加、マンホー

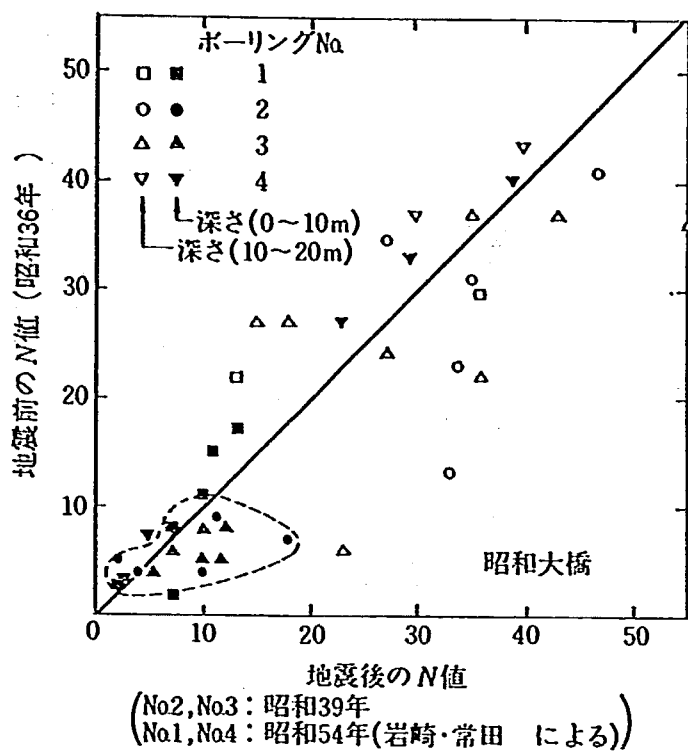


図4.26 新潟地震の前後における昭和大橋近傍の地盤のN値の変化²²⁾

表4.10 過剰間隙水圧の発生特性を示す係数の算定結果

試料 No	液状化強度比 R_L	$\log R = a + b \cdot \log N$		$Lu = F_L^p$	
		a	b	p	安田による p
65N-1	0.305	-0.573	-0.014	-32.3	-2.9
65N-3	0.30	-0.324	-0.127	-2.9	-3.0
92N-1	0.33	-0.347	-0.103	-2.8	-2.4
92N-2	0.29	-0.457	-0.098	-3.0	-3.3
9N-1	0.27	-0.369	-0.152	-1.6	-3.9
9N-2	0.24	-0.327	-0.226	-1.1	-5.2
11N-1	0.305	-0.359	-0.123	-2.5	-2.9
11N-2	0.21	-0.429	-0.178	-2.8	-7.1
全試料平均				-2.1	

注) ○ 安田²¹⁾ による $F_L \sim r_u$ 関係の推定

$$Lu = F_L^{-0.163R_L^{-2.42}} \quad \dots \quad R_L \leq 0.35$$

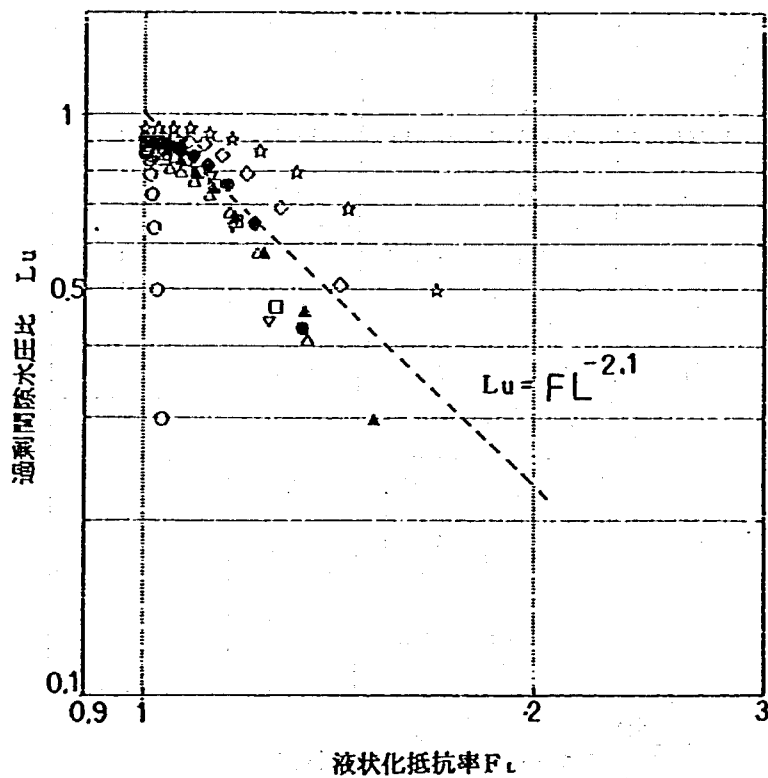
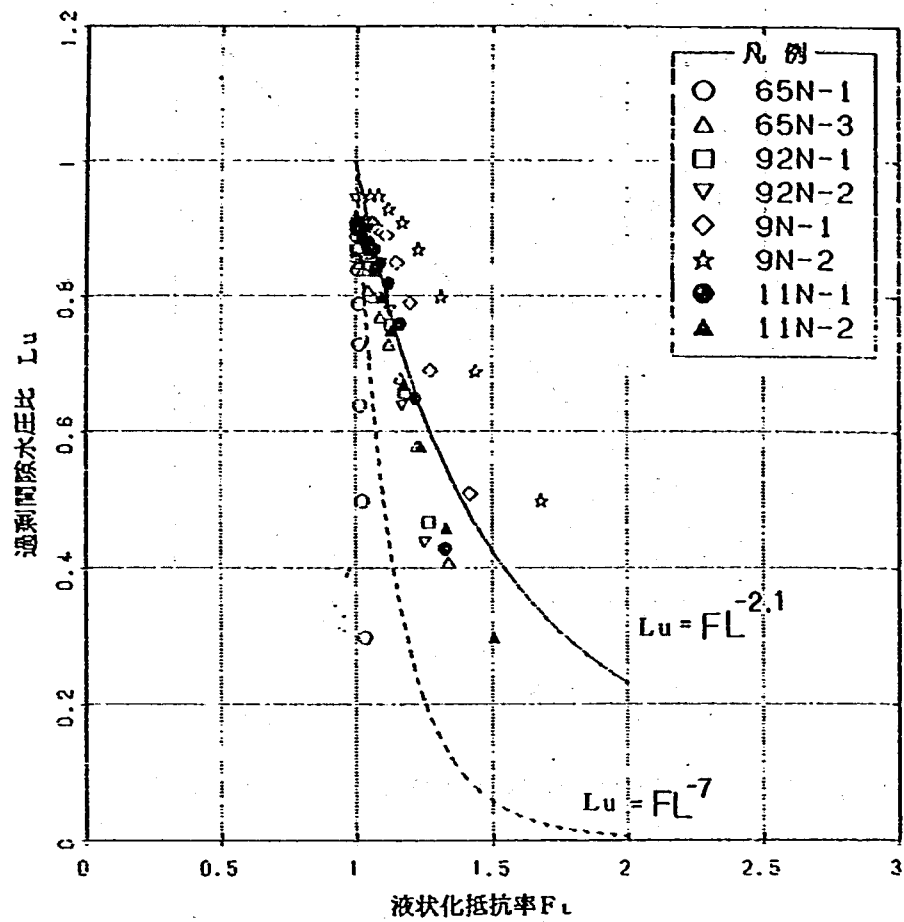


図4.27 原地盤部の液状化抵抗率 F_L と過剰間隙水圧比 L_u の関係

表4.11 マンホールの浮上がり安全率F_sと浮上がり量の逆算値の計算結果

ルート 区分	マンホール No.	地盤 沈下量 (cm)	マンホール 突出量 (cm)	マンホール 浮上 がり量 (cm)	地下 水位 GL-(m)	安全率 F_s (浮上がり量計算値 [cm])																	
						$L u = F L^{-7}$ (共同溝設計指針)									$L u = F L^{-2.1}$ (液状化試験結果)								
						$K_s = 0.15$			$K_s = 0.20$			$K_s = 0.25$			$K_s = 0.15$			$K_s = 0.20$			$K_s = 0.25$		
						FL 全平均	FL 底版下	FL 最小値	FL 全平均	FL 底版下	FL 最小値	FL 全平均	FL 底版下	FL 最小値	FL 全平均	FL 底版下	FL 最小値	FL 全平均	FL 底版下	FL 最小値	FL 全平均	FL 底版下	FL 最小値
ニナイ川	63	8	24	16	2.06	1.92	1.99	1.58	1.15	1.31	0.73 (116)	0.73 (116)	0.73 (116)	0.73 (116)	1.17	1.22	0.99 (4)	0.85 (61)	0.90 (41)	0.73 (116)	0.73 (116)	0.73 (116)	
	65	15	146	131	2.00	1.03	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.87 (48)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)	0.81 (74)		
	67	9	11	2	2.00	2.14	2.16	2.11	1.15	1.15	1.07 (98)	0.76 (98)	0.76 (98)	0.76 (98)	1.23	1.24	1.21 (50)	0.87 (50)	0.87 (59)	0.85 (98)	0.76 (98)	0.76 (98)	
石川 ホーヤ川	91	9	12	3	2.40	1.71	2.27	1.18 (33)	0.91 (16)	0.96 (33)	0.91 (33)	0.91 (33)	0.91 (33)	1.14	1.34	0.99 (4)	0.91 (33)	0.93 (28)	0.91 (33)	0.91 (33)	0.91 (33)	0.91 (33)	
	92	13	56	43	1.80	0.94 (23)	1.10	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.79 (80)	0.54 (60)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)	0.74 (104)		
	94	5	13	8	2.30	2.39	1.91	1.26 (25)	0.93 (61)	0.84 (61)	0.84 (61)	0.84 (61)	0.84 (61)	1.29	1.14	0.96 (14)	0.87 (50)	0.84 (61)	0.84 (61)	0.84 (61)	0.84 (61)		
	95	8	30	22	2.60	3.02	3.88	3.78	1.05	2.50	2.27 (20)	0.95 (1)	1.00 (1)	0.95 (20)	1.50	1.95	1.87 (9)	0.98 (9)	1.35	1.29	0.95 (20)	0.96 (15)	0.95 (20)
札幌 八雲川	11	11	11	0	1.30	1.28	1.28	1.15	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.91 (38)	0.91 (38)	0.87 (60)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	0.75 (129)	
	9	21	124	103	0.90	1.06	1.06	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.83 (65)	0.83 (65)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	0.73 (128)	
	8	17	53	36	0.90	0.78 (108)	0.78 (108)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.71 (141)	0.71 (141)	0.58 (152)	0.58 (152)	0.58 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	0.68 (152)	

注) ・FL区分 : FL全平均 : 1 m毎の平均値
 : FL底版下 : マンホール底版下 1 m毎の平均値
 : FL最小値 : マンホール底版下土層毎の平均FLの最小値

・安全率F_s欄 ()内は、浮上がり量計算値 [cm]

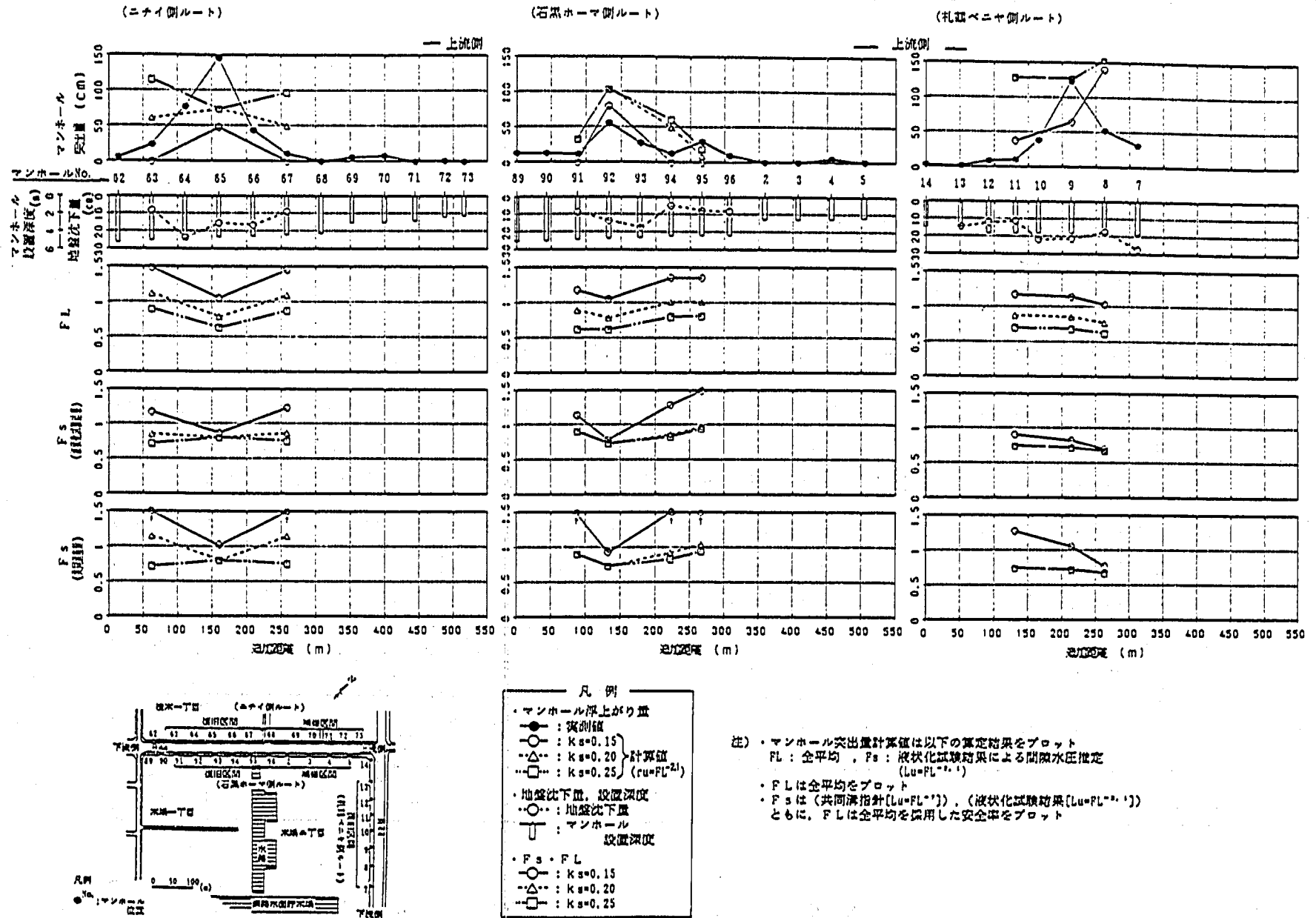


図4.28 マンホールの浮上がり安全率 F_s の分布

表4.12 浮上がり力と浮上がり抵抗力の計算結果

(1-1) $K_s=0.15$ $L_u=FL^{-7}$

ルート区分	772-M No.	浮上がり抵抗力			浮上がり力 (揚圧力)								浮上がり安全率 F_s	
		重量 WB (tf)	周面 摩擦係力 QB (tf)	WB+QB (tf)	静水圧 US (tf)	過剰間隙水圧 UD (tf)				US+UD (tf)				
						FL区分				FL区分				
						FL区分				FL区分				
						FL区分				FL区分				
ニタイ側	63	3.86	1.52	5.38	2.50	0.30	0.21	0.91	2.80	2.71	3.41	1.92	1.99	1.58
	65	3.66	1.48	5.14	2.25	2.75	4.13	4.13	5.00	6.38	6.38	1.03	0.81	0.81
	67	3.51	1.47	4.98	2.01	0.32	0.30	0.35	2.33	2.31	2.36	2.14	2.16	2.11
	91	3.76	2.12	5.88	2.05	1.38	0.54	2.92	3.43	2.59	4.97	1.71	2.27	1.18
	92	3.67	1.34	5.01	2.44	2.91	2.11	4.37	5.35	4.55	6.81	0.94	1.10	0.74
石黒ホーム側	94	3.52	2.07	5.59	1.78	0.56	1.14	2.65	2.34	2.92	4.43	2.39	1.91	1.26
	95	3.48	2.65	6.13	1.45	0.58	0.13	0.17	2.03	1.58	1.62	3.02	3.88	3.78
	11	3.08	0.61	3.69	1.96	0.92	0.92	1.25	2.88	3.88	3.21	1.28	1.28	1.15
	9	3.06	0.31	3.37	2.28	0.89	0.89	2.36	3.17	3.17	4.64	1.06	1.06	0.73
	8	3.11	0.33	3.44	2.35	2.08	2.08	2.74	4.43	4.43	5.09	0.78	0.78	0.68

(2-1) $K_s=0.15$ $L_u=FL^{-2.1}$

ルート区分	772-M No.	浮上がり抵抗力			浮上がり力 (揚圧力)								浮上がり安全率 F_s	
		周面 重量 WB (tf)	摩擦係 数 QB (tf)	WB+QB (tf)	静水圧 US (tf)	過剰間隙水圧 UD (tf)				US+UD (tf)				
						FL区分		FL区分		FL区分		FL区分		
						全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均		底版下最小値
ニタイ側	63	3.86	1.52	5.38	2.50	2.09	1.90	2.92	4.59	4.40	5.42	1.17	1.22	0.99
	65	3.66	1.48	5.14	2.25	3.65	4.13	4.13	5.90	6.38	6.38	0.87	0.81	0.81
	67	3.51	1.47	4.98	2.01	2.04	2.01	2.10	4.05	4.02	4.11	1.23	1.24	1.21
	91	3.76	2.12	5.88	2.05	3.10	2.34	3.88	5.15	4.39	5.93	1.14	1.34	0.99
	92	3.67	1.34	5.01	2.44	3.87	3.51	4.37	6.31	5.95	6.81	0.79	0.84	0.74
石黒ホーム側	94	3.52	2.07	5.59	1.78	2.54	3.13	4.04	4.32	4.91	5.82	1.29	1.14	0.96
	95	3.48	2.65	6.13	1.45	2.64	1.69	1.83	4.09	3.14	3.28	1.50	1.95	1.87
	11	3.08	0.61	3.69	1.96	2.08	2.08	2.28	4.04	4.04	4.24	0.91	0.91	0.87
	9	3.06	0.31	3.37	2.28	1.76	1.76	2.36	4.04	4.04	4.64	0.83	0.83	0.73
札幌ベニヤ側	8	3.11	0.33	3.44	2.35	2.52	2.52	2.74	4.87	4.87	5.09	0.71	0.71	0.68

(1-2) $K_s=0.20$ $L_u=FL^{-7}$

ルート区分	772-M No.	浮上がり抵抗力				浮上がり力 (揚圧力)								浮上がり安全率 F _s
		772-M 重量 WB (tf)	周面 摩擦係力 QB (tf)	WB+QB (tf)	静水圧 US (tf)	過剰間隙水圧 UD (tf)				US+UD (tf)				
						F L 区分				F L 区分				
						F L 区分				F L 区分				
						F L 区分				F L 区分				
ニタイ側	63	3.86	1.52	5.38	2.50	2.19	1.61	4.83	4.69	4.11	7.33	1.15	1.31	0.73
	65	3.66	1.48	5.14	2.25	4.13	4.13	4.13	6.38	6.38	6.38	0.81	0.81	0.81
	67	3.51	1.47	4.98	2.01	2.32	2.32	2.63	4.33	4.33	4.64	1.15	1.15	1.07
	91	3.78	2.12	5.88	2.05	4.39	4.09	4.39	6.44	6.14	6.44	0.91	0.96	0.91
	92	3.67	1.34	5.01	2.44	4.37	4.37	4.37	6.81	6.81	6.81	0.74	0.74	0.74
石黒ホーム側	94	3.52	2.07	5.59	1.78	4.21	4.84	4.84	5.99	6.62	6.62	0.93	0.84	0.84
	95	3.48	2.65	6.13	1.45	4.38	1.00	1.25	5.83	2.45	2.70	1.05	2.50	2.27
	11	3.08	0.61	3.69	1.96	2.94	2.94	2.94	4.90	4.90	4.90	0.75	0.75	0.75
	9	3.06	0.31	3.37	2.28	2.36	2.36	2.36	4.64	4.64	4.64	0.73	0.73	0.73
札幌ベニヤ側	8	3.11	0.33	3.44	2.35	2.74	2.74	2.74	5.09	5.09	5.09	0.68	0.68	0.68

(2-2) $K_s=0.20$ $L_u=FL^{-2.1}$

ルート区分	772-M No.	浮上がり抵抗力			浮上がり力 (揚圧力)								浮上がり安全率 F_s	
		重量 WB (tf)	周面 摩擦係 QB (tf)	WB+QB (tf)	静水圧 US (tf)	過剰間隙水圧 UD (tf)				US+UD (tf)				
						F L 区分		F L 区分		F L 区分		F L 区分		
						全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均		底版下最小値
ニタイ側	63	3.86	1.52	5.38	2.50	3.81	3.47	4.83	6.31	5.97	7.33	0.85	0.90	0.73
	65	3.66	1.48	5.14	2.25	4.13	4.13	4.13	6.38	6.38	6.38	0.81	0.81	0.81
	67	3.51	1.47	4.98	2.01	3.69	3.69	3.84	5.70	5.70	5.85	0.87	0.87	0.85
石黒ホーム側	91	3.76	2.12	5.88	2.05	4.39	4.30	4.39	6.44	6.35	6.44	0.91	0.93	0.91
	92	3.67	1.34	5.01	2.44	4.37	4.37	4.37	6.81	6.81	6.81	0.74	0.74	0.74
	94	3.52	2.07	5.59	1.78	4.64	4.84	4.84	6.42	6.62	6.62	0.87	0.84	0.84
	95	3.48	2.65	6.13	1.45	4.83	3.10	3.31	6.28	4.55	4.76	0.98	1.35	1.29
	11	3.08	0.61	3.69	1.96	2.94	2.94	2.94	4.90	4.90	4.90	0.75	0.75	0.75
札幌ベニヤ側	9	3.06	0.31	3.37	2.28	2.36	2.36	2.36	4.64	4.64	4.64	0.73	0.73	0.73
	8	3.11	0.33	3.44	2.35	2.74	2.74	2.74	5.09	5.09	5.09	0.68	0.68	0.68

(1-3) $K_s=0.25$ $L_u=FL^{-7}$

ルート区分	772-M No.	浮上がり抵抗力			浮上がり力 (揚圧力)								浮上がり安全率 F_s	
		772-M 重量 WB (tf)	周面 摩擦係 Q8 (tf)	WB+Q8 (tf)	静水圧 US (tf)	過剰間隙水圧 UD (tf)				US+UD (tf)				
						FL区分		FL区分		FL区分		FL区分		
						全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均		底版下最小値
ニタイ側	63	3.86	1.52	5.38	2.50	4.83	4.83	4.83	7.33	7.33	7.33	0.73	0.73	0.73
	65	3.66	1.48	5.14	2.25	4.13	4.13	4.13	6.38	6.38	6.38	0.81	0.81	0.81
	67	3.51	1.47	4.98	2.01	4.51	4.51	4.51	6.52	6.52	6.52	0.76	0.76	0.76
	91	3.76	2.12	5.88	2.05	4.39	4.39	4.39	6.44	6.44	6.44	0.91	0.91	0.91
石黒ホーム側	92	3.67	1.34	5.01	2.44	4.37	4.37	4.37	6.81	6.81	6.81	0.74	0.74	0.74
	94	3.52	2.07	5.59	1.78	4.84	4.84	4.84	6.62	6.62	6.62	0.84	0.84	0.84
	95	3.48	2.65	6.13	1.45	5.03	4.69	5.03	6.48	6.14	6.48	0.95	1.00	0.95
	11	3.08	0.61	3.69	1.96	2.94	2.94	2.94	4.90	4.90	4.90	0.75	0.75	0.75
札幌ベニヤ側	9	3.06	0.31	3.37	2.28	2.36	2.36	2.36	4.64	4.64	4.64	0.73	0.73	0.73
	8	3.11	0.33	3.44	2.35	2.74	2.74	2.74	5.09	5.09	5.09	0.68	0.68	0.68

(2-3) $K_s=0.25$ $L_u=FL^{-2.1}$

ルート区分	772-M No.	浮上がり抵抗力				浮上がり力 (揚圧力)								浮上がり安全率 F _s
		重量 WB (tf)	周面 摩擦係 QB (tf)	WB+QB (tf)	静水圧 US (tf)	過剰間隙水圧 UD (tf)				US+UD (tf)				
						FL区分		FL区分		FL区分		FL区分		
						全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	全平均	底版下最小値	
ニタイ側	63	3.86	1.52	5.38	2.50	4.83	4.83	4.83	7.33	7.33	7.33	0.73	0.73	0.73
	65	3.66	1.48	5.14	2.25	4.13	4.13	4.13	6.38	6.38	6.38	0.81	0.81	0.81
	67	3.51	1.47	4.98	2.01	4.51	4.51	4.51	6.52	6.52	6.52	0.76	0.76	0.76
	91	3.76	2.12	5.88	2.05	4.39	4.39	4.39	6.44	6.44	6.44	0.91	0.91	0.91
	92	3.67	1.34	5.01	2.44	4.37	4.37	4.37	6.81	6.81	6.81	0.74	0.74	0.74
石黒ホーム側	94	3.52	2.07	5.59	1.78	4.84	4.84	4.84	6.62	6.62	6.62	0.84	0.84	0.84
	95	3.48	2.65	6.13	1.45	5.03	4.93	5.03	6.48	6.38	6.48	0.95	0.96	0.95
	11	3.08	0.61	3.69	1.96	2.94	2.94	2.94	4.90	4.90	4.90	0.75	0.75	0.75
	9	3.06	0.31	3.37	2.28	2.36	2.36	2.36	4.64	4.64	4.64	0.73	0.73	0.73
	8	3.11	0.33	3.44	2.35	2.74	2.74	2.74	5.09	5.09	5.09	0.68	0.68	0.68
札幌ニタイ側														

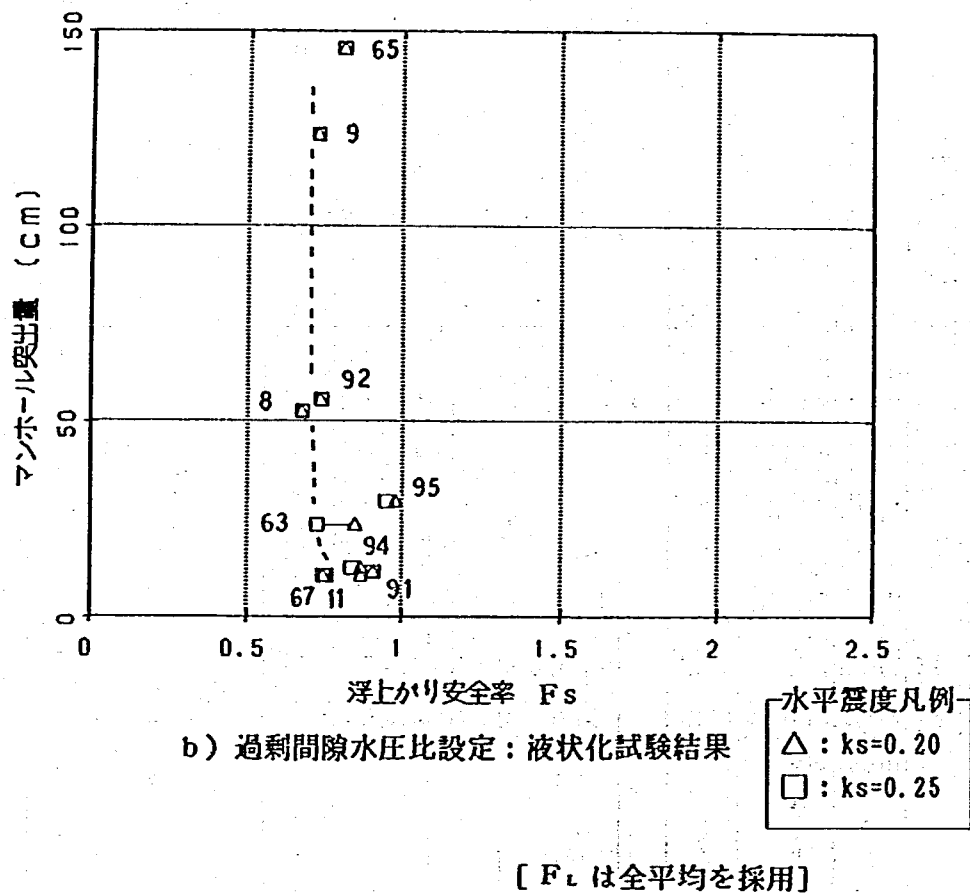
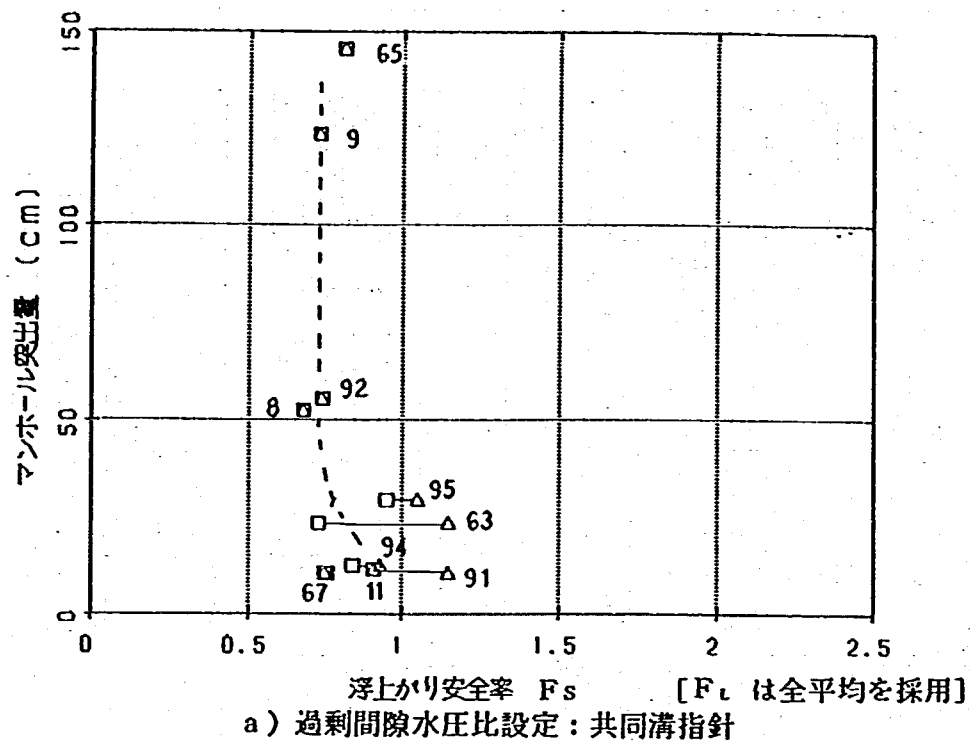
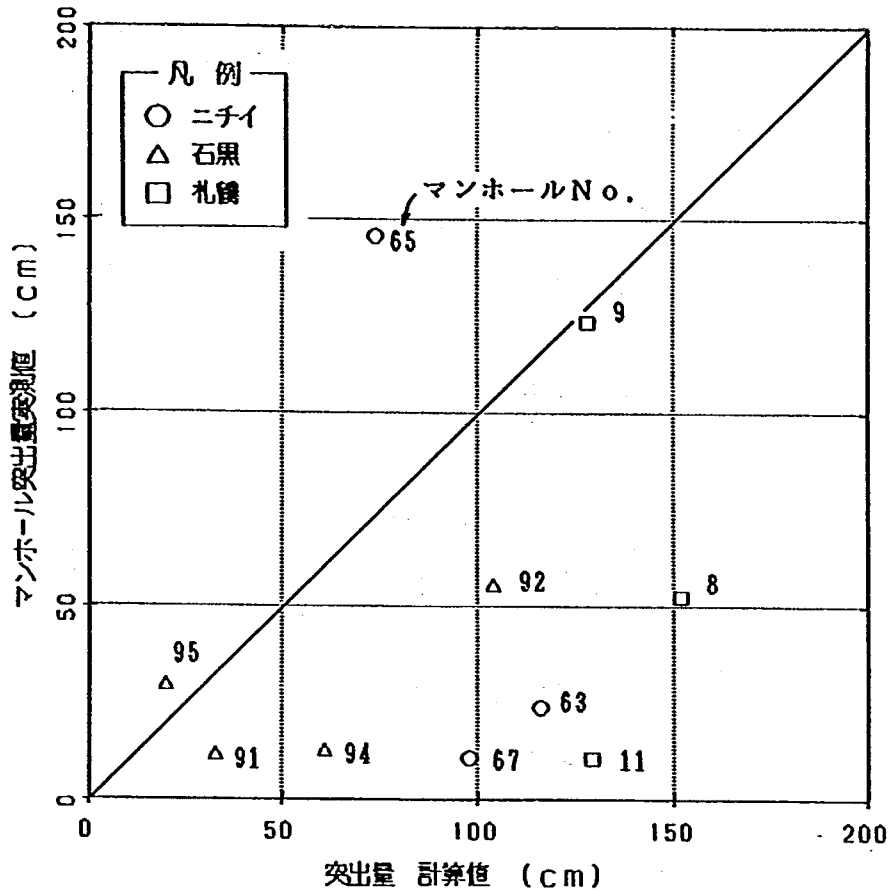


図4.29 マンホールの浮上がり安全率 F_s と突出量の関係



マンホール突出量計算値：

$k_s = 0.25$,

F_s は液状化試験結果による間隙水圧推定 ($Lu = F \cdot \bar{\sigma}' \cdot l$) の結果を利用

図4.30 マンホールの浮上がり量の逆算値と実際の突出量の関係

ルの内容物の存在による自重の増加など計算上は考慮していない浮上がり抵抗力の影響が考えられる。

なお、No.65について、埋戻し部の単位体積重量を用いて浮上がり量の逆算値の再計算を行ったところ138cmが得られ、実際の突出量(146cm)とほぼ同程度の大きさとなった。これは、マンホールの浮上がり挙動に及ぼす影響は、原地盤部よりも埋戻し部のほうが大きいことを示唆するものと考えられる。

(3) その他の指標と浮上がり量の関係

水平震度 $k_s = 0.2$ 及び 0.25 に対して「全平均」を用いた場合の原地盤部及び埋戻し部のそれぞれの液状化抵抗率 F_L の平均値とマンホールの突出量の関係を図4.31に示す。また、同じ場合について各部の液状化層厚 ($F_L \leq 1.0$ となる土層の合計層厚) とマンホールの突出量の関係を図4.32に、液状化指数 P_L とマンホールの突出量の関係を図4.33に示す。 P_L は原地盤部のみの場合、及び原地盤部と埋戻し部の和を

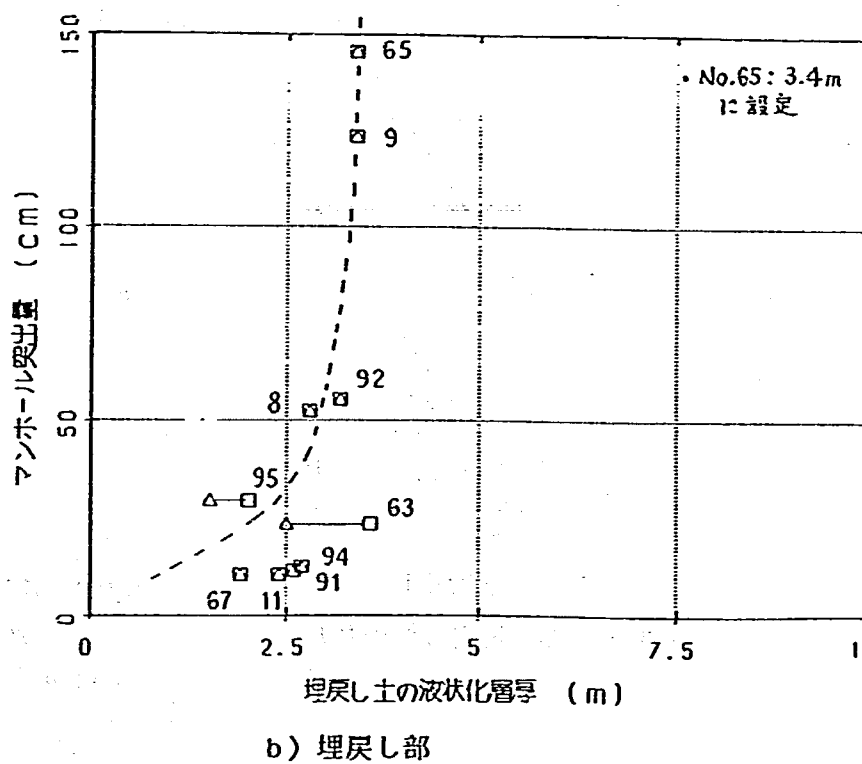
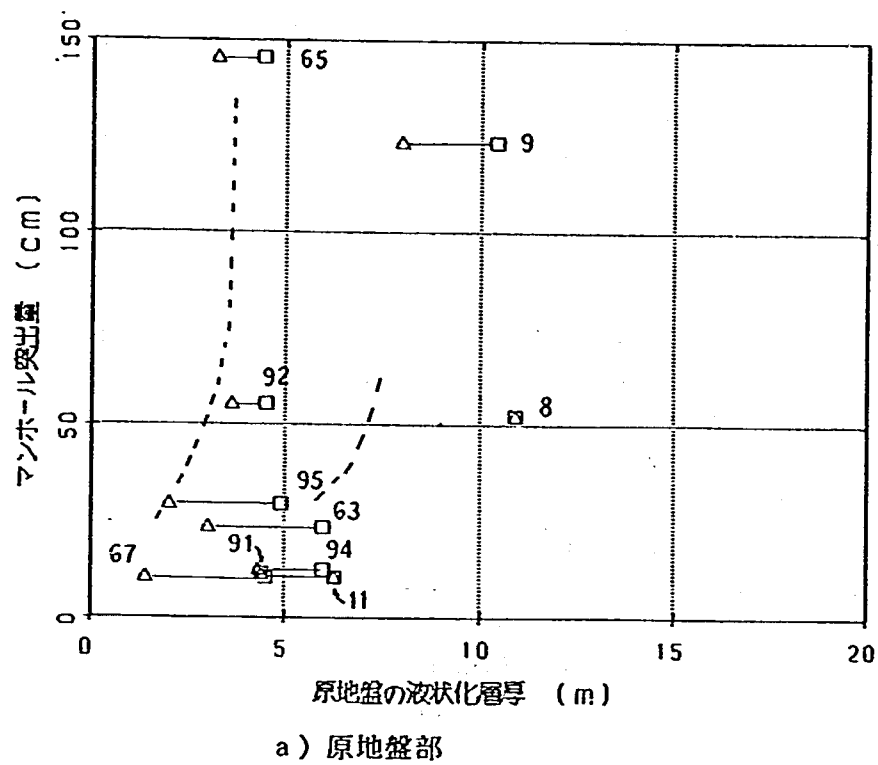
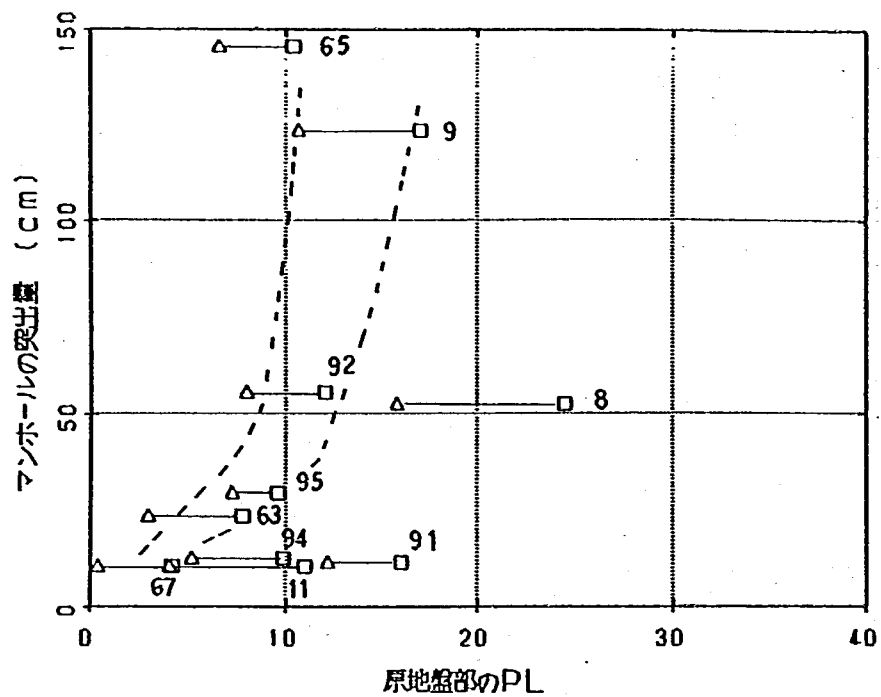
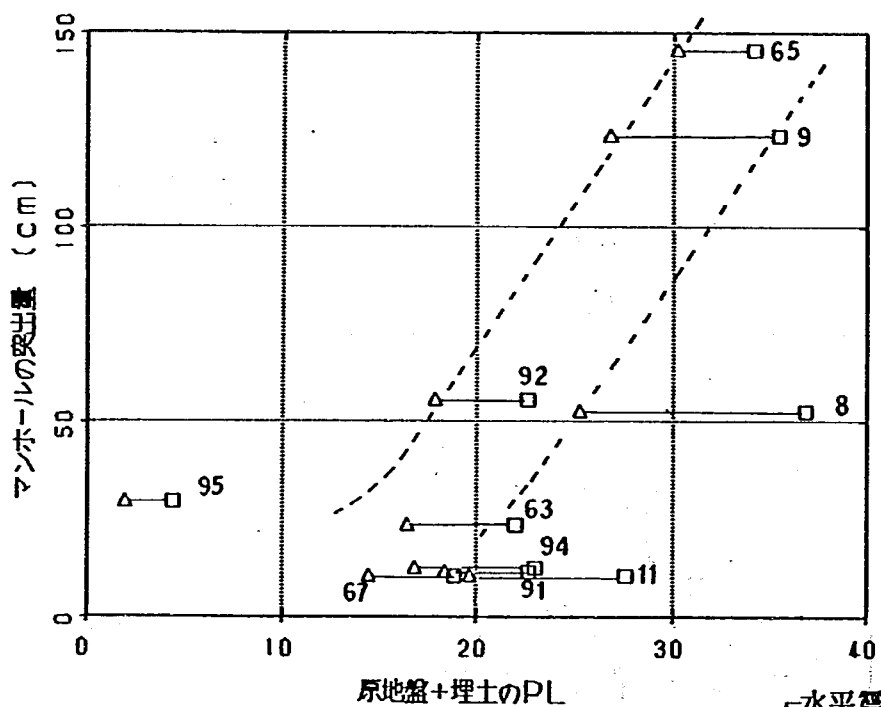


図4.32 液状化層厚とマンホールの突出量の関係



a) 原地盤部の P L



b) 原地盤部+埋戻し部の P L

水平震度凡例

△ : $k_s=0.20$

□ : $k_s=0.25$

図4.33 液状化指数PLとマンホールの突出量の関係

とった場合の2通りについて示した。いずれの図においても、必ずしも明確な相関は見られないが、 F_L が小さくなるほど、あるいは液状化層厚及び P_L が大きくなるほどマンホールの突出量が大きくなることが予想されることを考慮すると、おおまかには図中に破線で示した関係が得られる。

4.5 マンホールの浮上がりメカニズムに関する考察

(1) 想定される浮上がりメカニズムと考慮すべき要因

本調査で明らかとなったマンホールの浮上がり状況と地盤条件を、周辺施設の被災状況とあわせてまとめると以下のようになる。

- 1) 復旧工事時には浮上ったマンホールの底版下には空洞は観察されず、底版下の土は大半が埋戻し土と同様な砂と判断された。また、埋戻し部と原地盤部との境界面の乱れは観察されなかった。
- 2) マンホールの下の方基礎は、ほとんどの場合には動いていないものと判断された。
- 3) N値等に基づいて算定した液状化抵抗率によれば、埋戻し部では激しい液状化が生じ、原地盤部でもマンホールの浮上がりが著しい箇所では深度方向に比較的広い領域で激しい液状化が生じたことが推測された。
- 4) 不攪乱試料の液状化試験では、埋戻し部のほうが原地盤部よりも液状化強度が低く、液状化後の軸ひずみ振幅の増加も急激に進行した。
- 5) マンホールの突出量と周辺地盤の沈下量は、ほぼ対応した分布を示した。N値等に基づいて推測した原地盤部の液状化層厚が大きい地点では、地盤沈下量も大きかった。
- 6) 接続管渠はマンホールとともに浮上っており、マンホールの浮上がりがほとんど生じない区間においても管渠の浮上がりが中間部分で生じていた(図4.34参照)。
- 7) 各ルートに平行して浅い位置に設置されていた雨水管渠及びそのマンホールは無被害であった。また、深度3m未満に設置された汚水マンホールの突出量も極めて小さかった。
- 8) 沖積層の基底深度分布図(図4.3参照)によれば、調査地点は比較的急峻な谷跡の斜面上に位置する。
- 9) 調査地点の周辺に汚水管渠が浮上がり被害を受けた箇所があったが、マンホールの突出量は小さく、突出の原因は周辺地盤の沈下に起因するものと推定された³⁾。

以上を考慮した場合に、調査対象マンホールの浮上がりメカニズムとして想定される状況を図4.35に示す。これは、マンホールと井桁基礎の間に激しく液状化した埋戻し土がまわり込む形で浮上がるもので、上記の1)~4)が反映されている。さらに、今回の調査対象の深度範囲においては、汚水管渠のある深部のほうが雨水管渠のある浅部よりも上部の不飽和土による土被り圧の影響が相対的に小さいためにマンホール底部付近の埋戻し土が液状化しやすく、また、液状化部の範囲が大きいためにまわり込みも生じやすい(4.1(4)参照)と考えられることから、上記の6)及び7)もこのメカニズムに基づく説明が可能である。なお、図4.35は2次元的な模式図であるが、実際には3次元的な変形が生じ、特に接続管渠の方向には埋戻

し部が連続的に存在するため、マンホールの底版下へのまわり込みは図に示した以上に生じやすいものと予想される。

しかしながら、浮上がりの生じなかった他のマンホール（上記の9を含む）においても、埋戻し土の条件はほぼ同様であったことが予想されるため、上記のメカニズムだけでは大きな浮上がりが生じたマンホールと生じなかったマンホールの違いを説明することができない。これは、埋戻し部の液状化抵抗率 F_L の平均値とマンホールの突出量の関係に必ずしも明確な相関が見られなかったこと（図4.31(2)参照）からも明らかである。この違いを説明できる要因として、上記の5)に関連して原地盤部の影響が、また、8)に関連して地震動の局所性の影響が考えられ、それぞれについて以下に考察する。

(2) 原地盤部の影響に関する考察

前述した3)によれば原地盤部でも液状化が生じた可能性が高いが、原地盤部の液状化抵抗率 F_L の平均値、液状化層厚、あるいは液状化指数 P_L とマンホールの突出量の関係には必ずしも明確な相関は見られなかった（図4.31～図4.33参照）。また、2)より、井桁基礎よりも深部にある地盤は動いていないものと判断され、さらに1)より、マンホールの側方の原地盤部が埋戻し部に混入した可能性も低いことが推測された。しかし、マンホールの側方の原地盤部が液状化すると、図4.36に示すように埋戻し部を絞り込むような形で原地盤部が変形することが予想され、このような変形の有無は復旧工事時の境界面の観察からは判別できなかった可能性も考えられる。各マンホールの底版深度付近（浮上る前の底版深度を意味する、以下同様）の原地盤部の土質と細粒分含有率を以下に述べる諸要因とあわせて表4.13に示す。図4.37は、この細粒分含有率とマンホールの突出量の関係であるが、大きく浮上ったマンホールの底版深度付近の原地盤部には、細粒分含有率が20%以下の比較的きれいな砂が存在していたことがわかる。

一般に、液状化判定の対象となる砂質土が細粒分を比較的多く含む場合には、 N 値が小さければ F_L は1.0以下となり得るが、細粒分が粘着性を有するために、きれいな砂の場合よりも液状化時の変形が進行しにくい。そこで、図4.37を参考にして細粒分含有率が20%以下の比較的きれいな砂に着目し（ N 値の違いは考慮しない）、その層厚とマンホールの突出量の関係を図4.38に示す。図の(1)はマンホールの底版付近に存在する比較的きれいな砂の全層厚を用いた場合、(2)は底版よりも上方にある部分の層厚を用いた場合であるが、いずれも明確な相関は見られなかった。しかし、図の(1)より、大きく浮上ったマンホール周辺の原地盤部には、比較的きれいな砂が1 m以上の厚さで存在していたことがわかる。

なお、原地盤部における液状化以外の影響要因として考えられるものに、透水性の影響がある。すなわち、原地盤部の透水性が低くなると、埋戻し部が液状化する際に発生する過剰間隙水圧が消散しにくくなり、その結果としてマンホールが浮上がりやすくなることが予想される。図4.39は、地下水面からマンホールの底版深度までの間に存在する泥炭層とシルト層を不透水層として、その層厚とマンホールの突出量の関係を示したものである。大きく浮上ったマンホール周辺の原地盤部には、1 m以上の厚さの不透水層があり、さらに、これが厚くなるほど浮上がり量も増加する傾向が見られる。ただし、No.95のマンホールでは、原地盤部に不透水層が存在しないにもかかわらず、中程度の規模の突出（30cm）が生じている。

札幌ベニヤ側ルート

上流側

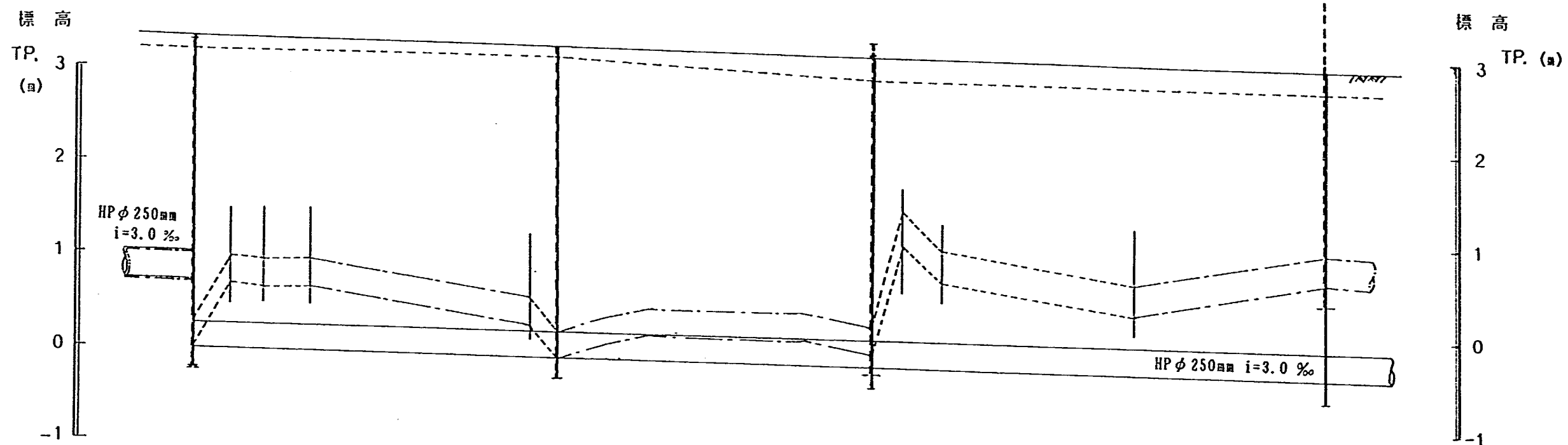
マンホールNo.

12

11

10

9



3.05					3.07					3.02					3.02	地震前	管渠土被り(m)
2.9	2.2	2.3	2.2		2.6	3.0				2.6	1.4	1.8			3.1	地震後(実測値)	

ルート	マンホール No.	地盤 沈下量 (cm)	マンホール 突出量 (cm)	マンホール 浮上がり量 (cm)
札幌 ベニヤ側	14	—	3	—
	13	14	2	-12
	12	12	9	-3
	11	11	11	0
	10	21	39	18
	9	21	124	103
	8	17	53	36
	7	27	32	5

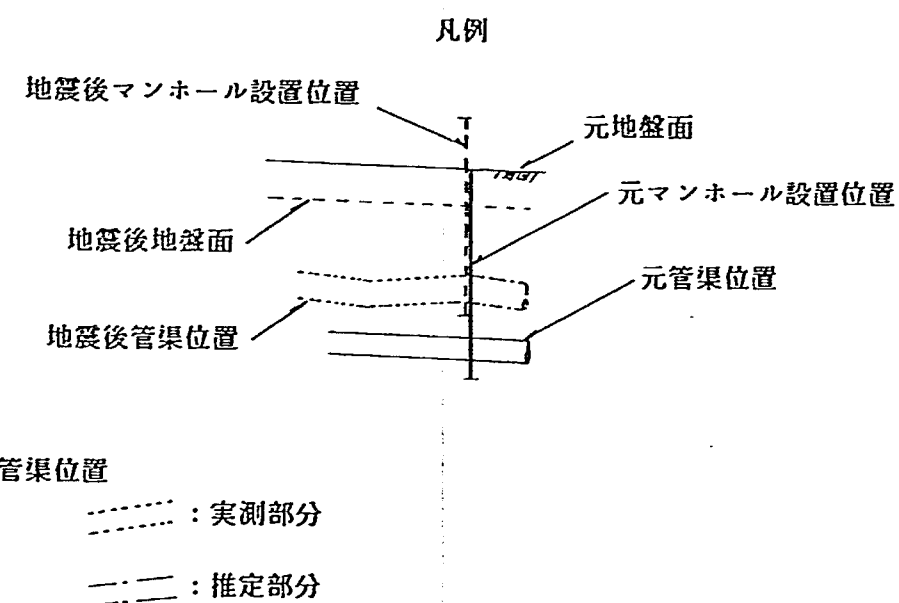
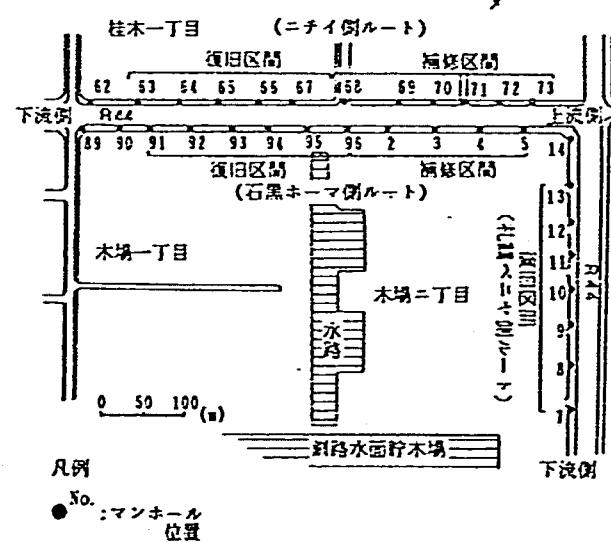


図4.34 接続管渠の浮上がり状況

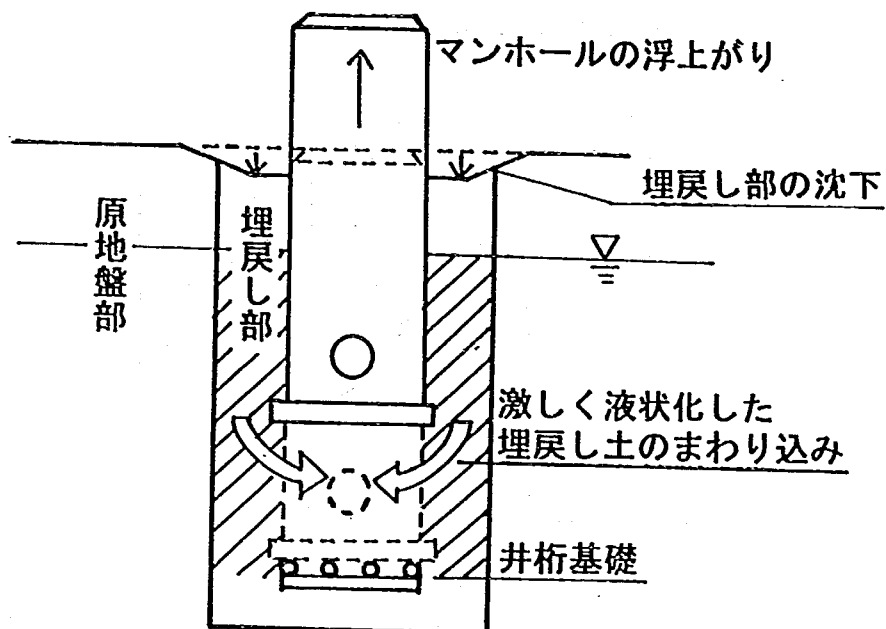


図4.35 想定されるマンホールの浮上がりメカニズム

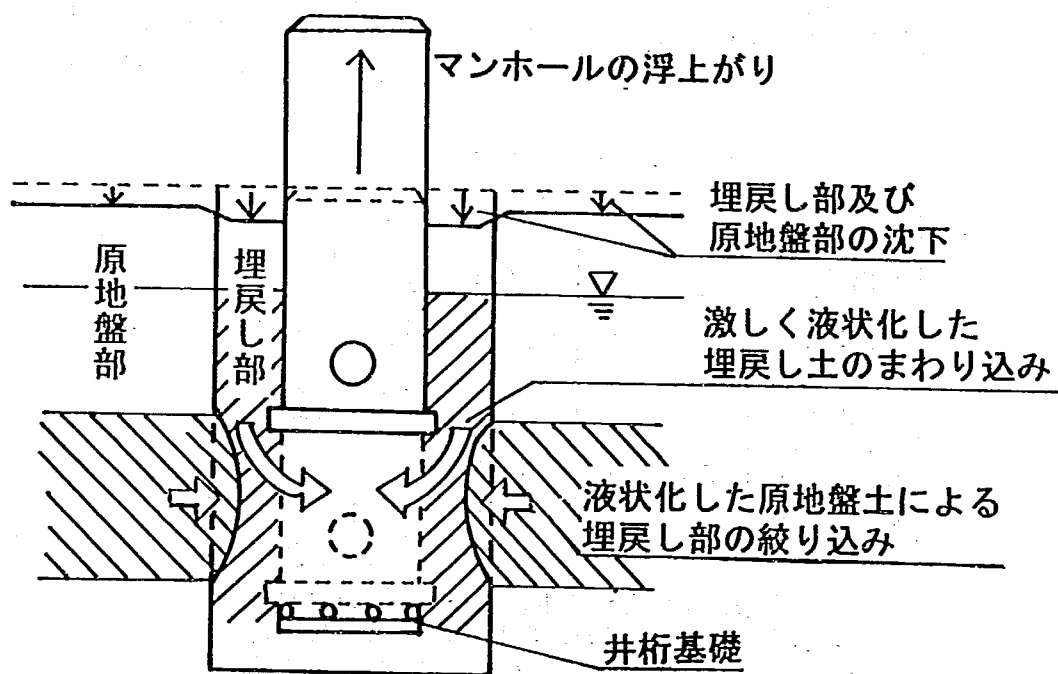


図4.36 マンホール側方の原地盤部が液状化した場合の影響

表4.13 ボーリング実施箇所におけるマンホール周辺の原地盤部の状況

(1) ニチイ側ルート

マンホール	No. 63	No. 65	No. 67
底版深度	-4.95m	-4.60m	-4.32m
突出量	24cm	146cm	11cm
浮上がり量	16cm	131cm	2cm
底版付近の土質 (Fc)	シルト混じり細砂, 20%	シルト質細砂, 平均14%	シルト質細砂, 32%
飽和部分の不透水層厚	0.8m	1.8m (シルト含)	0.4m
比較的きれいな砂の層厚及び範囲	1.10m (-4.70~ -5.80m)	1.20m (-3.50~ -4.70m)	存在せず

(2) 石黒ホーマ側ルート

マンホール	No. 91	No. 92	No. 94	No. 95
底版深度	-4.77m	-4.62m	-4.35m	-4.27m
突出量	12cm	56cm	13cm	30cm
浮上がり量	3cm	43cm	8cm	22cm
底版付近の土質 (Fc)	シルト質細砂, 31%	礫混じり細砂, 4%	礫混じり中砂, 8%	細砂, 2%
飽和部分の不透水層厚	1.05m	1.65m (シルト含)	0.5m	存在せず
比較的きれいな砂の層厚及び範囲	0.90m (-3.80~ -4.70m)	1.80m (-3.50~ -5.30m)	0.30m (-4.25~ -4.55m)	1.95m (-2.65~ -4.60m)

(3) 札鶴ベニヤ側ルート

マンホール	No. 11	No. 9	No. 8
底版深度	-3.56m	-3.53m	-3.61m
突出量	11cm	124cm	53cm
浮上がり量	0cm	103cm	36cm
底版付近の土質 (Fc)	シルト質細砂, 41%	粗砂, 9%	粗砂, 7%
飽和部分の不透水層厚	1.25m	1.6m	1.2m
比較的きれいな砂の層厚及び範囲	存在せず	0.95m (-3.40~ -4.35m)	1.1m (-3.60~ -4.70m)

注) 不透水層は泥炭とシルト、比較的きれいな砂は細粒分含有率20%以下の砂質土である。いずれも、マンホール底版深度付近よりも上方を対象とする。
No. 65では不攪乱試料の細粒分含有率Fcを用いた。

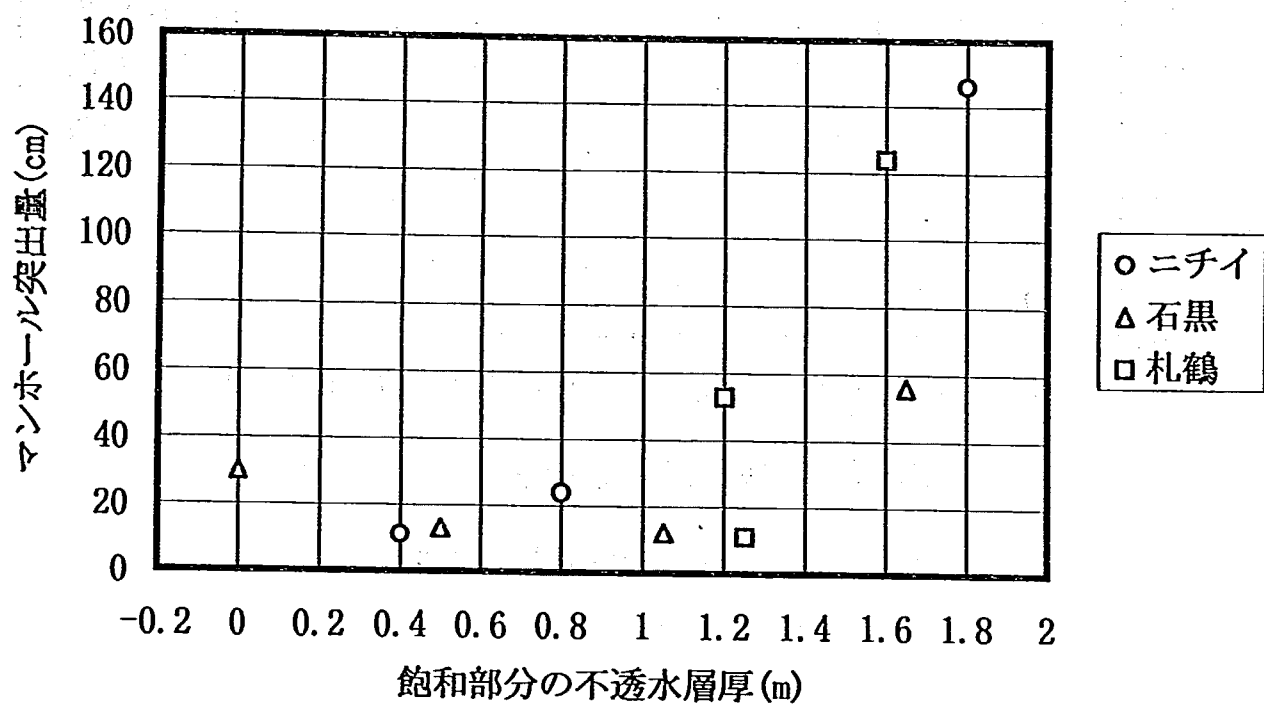
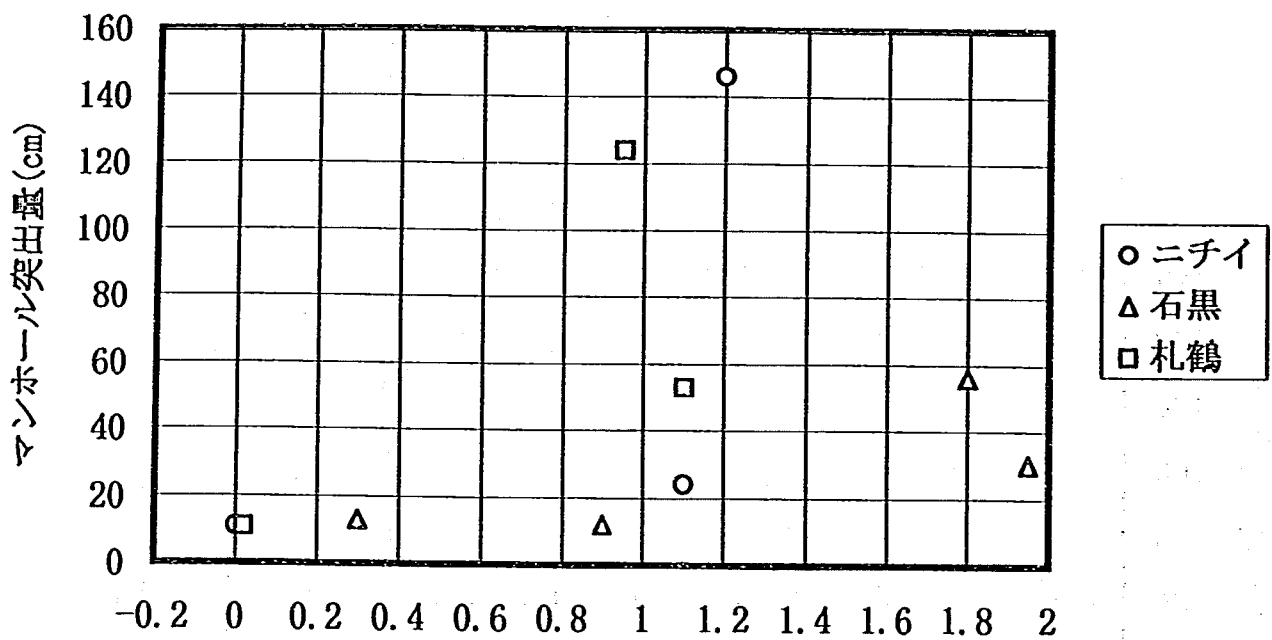
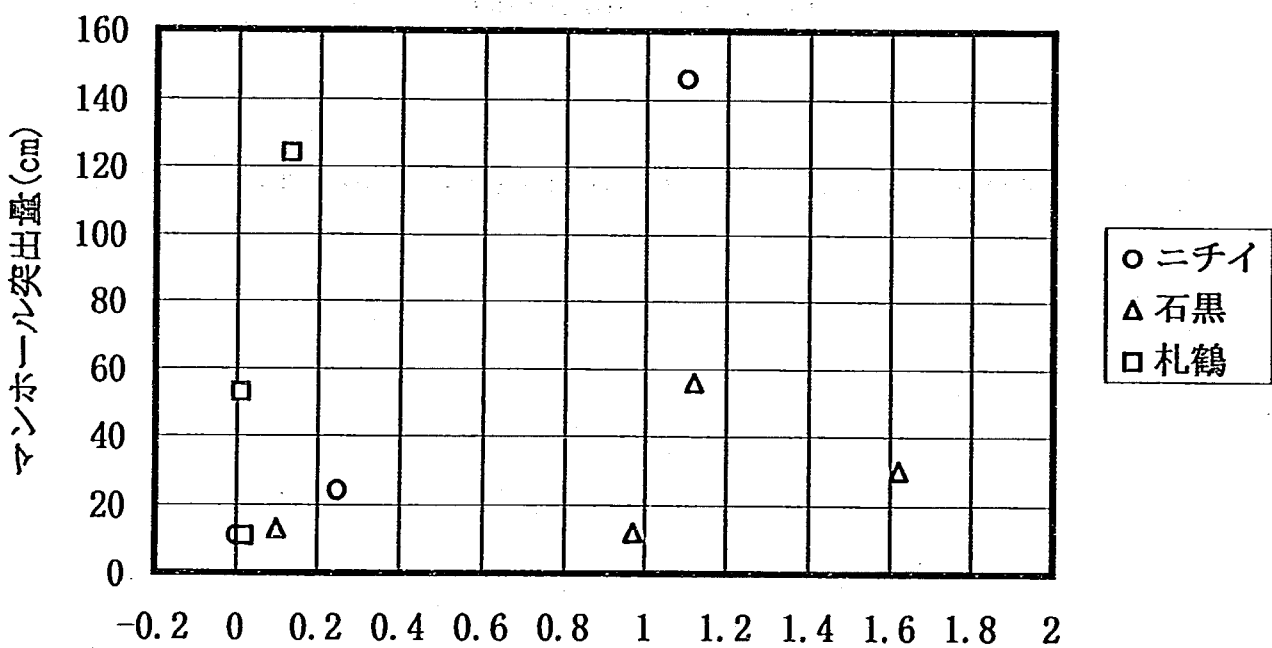


図4.37 マンホールの底版深度付近の原地盤土の細粒分含有率とマンホールの突出量の関係



比較的きれいな砂の層厚 (m)

(1) 底版付近に存在する全層厚を用いた場合



底版よりも上方にある比較的きれいな砂の層厚 (m)

(2) 底版よりも上方にある部分の層厚を用いた場合

図4.38 細粒分含有率20%以下の比較的きれいな砂の層厚とマンホールの突出量の関係

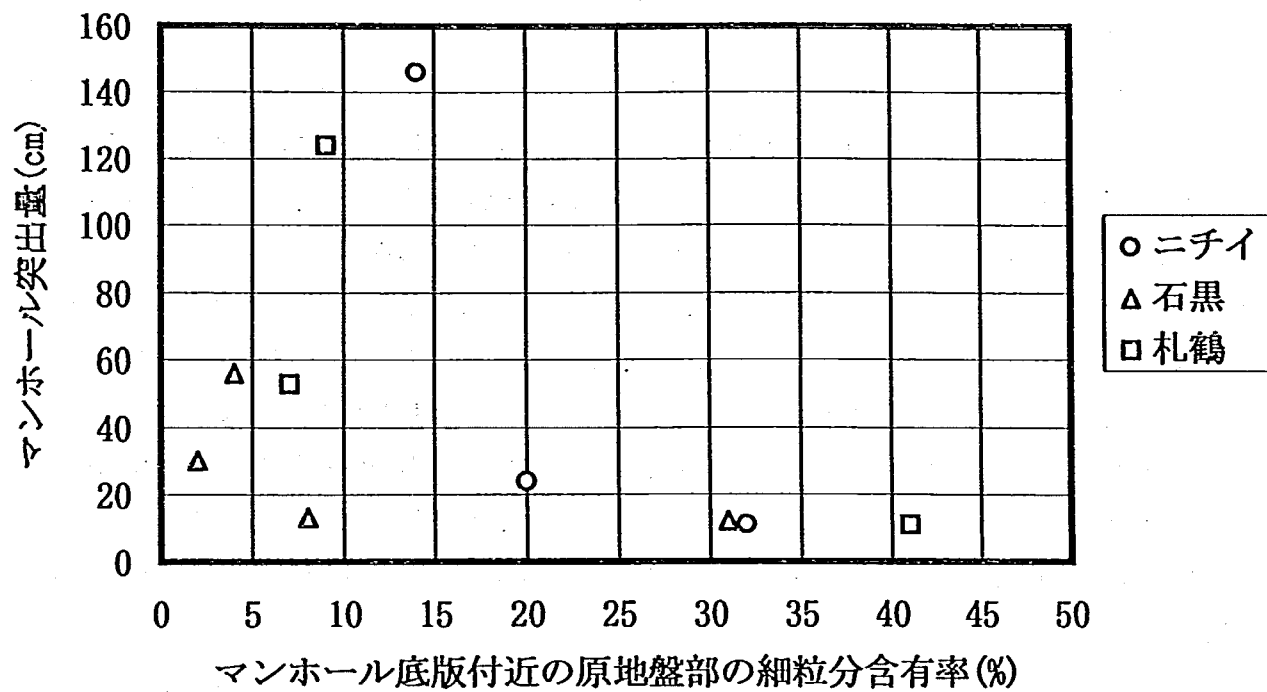


図4.39 原地盤部の不透水層厚とマンホールの突出量の関係

以上より、原地盤部の比較的きれいな砂層と不透水層の存在がマンホールの浮上がりに影響を及ぼしていた可能性が明らかとなったが、今後は、これらの影響の程度を定量的に評価するための検討を実施する必要がある。

(3) 地震動の局所性に関する考察

前述した8)及び9)より、調査地点のみにおいて著しいマンホールの突出が生じた原因として、調査地点の沖積層の基底深度が急激に変化しているために、地震動が局所的に増幅した可能性が考えられる。しかし、今回の調査からは基底深度や地盤の応答特性に関する情報が得られず、また、周辺の建築物、電柱、道路構造物などの被害も特に報告されていないことから、詳細は不明である。

地震動の局所性をもたらすその他の要因として、原地盤部の深部の液状化の影響が考えられる。ゆるい砂地盤の模型振動実験においては、ある層が液状化すると、それよりも上部の層に地震動が伝播しにくくなる現象が観察されているが、液状化に至る途中の時点においては、軟化した地盤の固有周期が地震動の周期に近づくために地震動が増幅されて伝播する場合もある。N値等に基づいて算定した液状化抵抗率によれば、調査地点では最大深度15mの深部まで液状化したものと推測され(図4.18参照)、深部が液状化に至る際に上記のような地震動の増幅が生じたと仮定すると、調査地点のみで著しいマンホールの突出が生じた原因の一つとなり得る。

以上のような地震動の局所性に関して、調査地点近傍で常時微動特性の測定がいくつかの研究グループによって行われており、その成果も踏まえた検討を今後実施する必要がある。

4.6 マンホールの浮上がり対策に関する考察

(1) 地中構造物の浮上がり対策の概要

液状化による地中構造物の浮上がり対策として考えられる工法は、以下の2種類に大きく分類することができる²⁴⁾。

1) 液状化の発生を防止する工法

液状化の発生そのものを防止するもので、以下のようなものがある。

- ・液状化の恐れのある地盤を締め固めて密度を増加させる。
- ・地盤をセメントなどにより固結させる。
- ・碎石ドレーンなどの排水部材により地盤中の過剰間隙水圧を速やかに消散させる。
- ・地下水位を下げて飽和度を低下させる。
- ・液状化の恐れのない材料で地盤を置き換える。

2) 構造物側で浮上がりに対して抵抗させる工法

液状化の発生は許容するが、構造物側で浮上がりに対して抵抗させるもので、以下のようなものがある。

- ・杭基礎、アンカーなどの引抜き抵抗により浮上がりに対して抵抗させる。

- ・構造物の部材厚の変更、バラストの追加などにより自重を増加させる。
- ・構造物側壁の下方への延長、あるいは締切矢板の打設により液状化した地盤のまわり込みを抑制する。

以上のほかに、広義の浮上り対策として以下のようなものが考えられる。

- ・地中構造物の埋設深度または平面的な埋設位置を液状化の生じない地盤内に変更する。
- ・管路などのネットワークを形成する地中構造物においては、系統を複数化することにより、一部が浮上り被害を受けても構造物の集合体としての機能が確保できるようにする。

(2) 下水道マンホールに対して適用性の高い浮上り対策

(1)に挙げた各種の対策のなかで、施工性（必要な用地面積が小さいこと、また、工期が短いこと）、周辺環境に対する影響（騒音・振動等の制約の強い市街地で施工できること）、及び経済性を考慮した場合に、現時点で適用性が高いと考えられる工法とその特徴を以下に示す。

1) 砕石による埋戻し

透水性の高い砕石を埋戻し材料として用いることにより、埋戻し土自体の液状化を防止するもので、一般には最も安価な工法である。周辺の原地盤土が液状化した場合でも、砕石部分が過剰間隙水圧の消散を速めるとともに、液状化した地盤のまわり込みに対してせん断抵抗を発揮する効果がある。

マンホールの底部が非常に深い位置にある場合、あるいは埋戻し幅が狭い場合には、排水性能が相対的に低下するため原地盤土の液状化に対して十分な効果が得られない恐れがある。また、砕石は角張っているため、接続管渠等に損傷を与えないように留意する必要がある。

2) 安定処理土による埋戻し

あらかじめセメント等の固化材を混入した埋戻し材料を用いて、埋戻し部を固結させるもので、一般には効果の確実性が最も高い工法である。周辺の原地盤土が液状化した場合でも、マンホールと埋戻し部が一体化することにより、マンホール単体の場合よりも見かけの単位体積重量が増加して浮上りにくくなる効果が得られる。一般に埋戻し材料の単位体積あたりの単価は砕石より高いが、大都市において現地発生土や建設残土を有効に利用した場合には、総合的な施工コストがかえって低減できる可能性もある。

施工にあたっては、固化材の混入作業を実施するスペースや、そのための資材置場を確保する必要がある。また、埋戻し部を将来再掘削する場合には、その際の施工性も考慮して固化材の混入量を設定する必要がある。

3) 矢板による締切

マンホールの周辺を矢板で締切ることにより、液状化した地盤のまわり込みを抑制するもので、既設のマンホールに対する適用性が上記の2工法よりも高い。

矢板とマンホールの間隔が広い場合には、その間の地盤が液状化した際に十分な効果が得られない恐れがある。そのため、新設のマンホールに対して仮設用の土留め矢板を残置する場合には、埋戻し土の液状化対策として上記のいずれかの工法を併用することが望ましい。

5. まとめ

平成5年1月15日に発生した釧路沖地震により、釧路町管内の污水管のマンホールの一部が最大約1.5 mも地上に突出した。被災したマンホール周辺のボーリング調査、復旧工事時の開削調査、及び採取試料の室内土質試験等を実施した結果をまとめると以下のようになる。

(1) マンホールの被災状況と周辺地盤の状況について

- ・マンホール本体は損傷せずにはほぼ垂直に浮上がり、底版下には大半が埋戻し土と考えられる砂がまわり込んでいた。その下の井桁基礎はほとんどの場合動いていないものと判断された。埋戻し部と原地盤部との境界面の乱れは観察されず、砂脈などの液状化の痕跡と見られるような変状も確認できなかった。
- ・原地盤部は、表層から順に埋土層、泥炭層、細粒分の比較的多い砂質土層、及び細粒分の比較的小さい砂層より構成され、マンホールの底版は砂質土層中にあった。埋戻し部は細粒分の少ない砂質土であった。周辺地盤の沈下量は最大で23cm程度であり、マンホール突出量とほぼ対応した分布を示した。
- ・マンホールに接続する污水管渠はマンホールとともに浮上がっており、マンホールの浮上がり量がほとんど生じない区間においても管渠の浮上がりが中間部分で生じていた。浅い位置に設置されていた雨水管渠及びマンホールは無被害で、深度3 m未満に設置された污水マンホールの突出量も極めて小さかった。

(2) 周辺地盤の液状化強度特性について

- ・N値等に基づいて算定した液状化抵抗率 F_L によれば、埋戻し部では激しい液状化が生じ、原地盤部でもマンホールの浮上がりが著しい箇所では比較的広範囲にわたって激しい液状化が生じたことが推測された。原地盤部の F_L より推定した液状化層厚が大きい地点では、地盤沈下量も大きかった。
- ・不攪乱試料の液状化試験では、埋戻し部のほうが原地盤部よりも液状化強度が低く、液状化後の軸ひずみ振幅の増加も急激に進行した。原地盤部のN値と試験試料の粒度に基づく動的せん断強度比は、液状化試験による液状化強度と比較的よく一致したが、埋戻し部の動的せん断強度比は液状化強度の $\frac{1}{2}$ 以下であった。
- ・原地盤部の液状化試験より、 F_L と過剰間隙水圧比 L_v の平均的な関係として $L_v = F_L^{-2.1}$ ($F_L \geq 1.0$) が得られ、共同溝設計指針⁶⁾で設定されている関係よりも同じ F_L における L_v が大きかった。

(3) マンホールの浮上がり安定性と浮上がりメカニズムについて

- ・原地盤部のN値等に基づいて算定したマンホールの浮上がり安全率 F_s は、水平震度 k_s が0.25の場合には突出量によらず全地点で1.0以下となった。実際の k_s は0.25相当以上と推測され、マンホールの浮上がりに原地盤部が関与したと仮定した場合、 F_s に基づく浮上がり判定は安全側の評価であると判断された。
- ・ F_s が1.0に回復する位置として算定した浮上がり量の逆算値は、実際の突出量と同程度かそれ以上と

なった。ただし、№65のマンホールでは埋戻し部の単位体積重量を用いて逆算値を算定する必要があった。

- ・以上の調査結果より、マンホールの浮上がりメカニズムとして、マンホールと井桁基礎の間に激しく液状化した埋戻し土がまわり込む形が想定された。ただし、大きく浮上がったマンホールの底版深度付近の原地盤部には、細粒分含有率が20%以下の比較的きれいな砂が1 m以上の厚さで存在し、また、その上方にある透水性の著しく低い泥炭層とシルト層の厚さが1 mよりも大きくなるほどマンホールの突出量も大きくなる傾向が見られ、原地盤部の比較的きれいな砂層と不透水層が浮上がり量に影響を及ぼしている可能性も考えられた。さらに、その他の影響要因として、調査地点の沖積層の基底深度が急激に変化しているために地震動が局所的に増幅した可能性、及び、原地盤部の深部が液状化に至る際に地震動の増幅が生じた可能性が考えられる。

(4) マンホールの浮上がり対策について

- ・碎石による埋戻しは、一般には最も安価な工法である。ただし、周辺の原地盤土が液状化した場合には十分な効果が得られない恐れがあり、また、角張った碎石による接続管渠等の損傷にも留意する必要がある。
- ・固化材を混入した安定処理土による埋戻しは、一般には最も効果の確実性が高い工法である。ただし、安定処理のための用地の確保と、場合によって将来の再掘削性を考慮した混入量の設定が必要である。
- ・矢板による締切は、既設のマンホールに対する適用性が高い。新設のマンホールに対して仮設用の土留め矢板を埋殺す場合には、埋戻し土の液状化対策と併用することが望ましい。

今後の課題として、以下の項目が挙げられる。

- ・表層地盤の凍結の影響に関する検討
- ・原地盤部の比較的きれいな砂層及び不透水層の影響に関する検討
- ・地震動の局所的な増幅特性の影響に関する検討
- ・他の地域、あるいは他の地震における下水道マンホールの被災状況との比較検討
- ・管渠も含めた下水道管路施設の合理的な液状化対策工法の検討

謝 辞

本調査にご協力頂いた釧路町水道課と、石黒ホーマ側ルートの調査を実施しその結果を提供して頂いた日本下水道事業団、及び雨水管の調査結果などのデータを提供して頂いた北海道開発局釧路開発建設部の関係各位に厚く感謝の意を表する。また、浮上がりメカニズムの推定に関して貴重な御意見を頂いた東京電機大学の安田進教授に深謝の意を表する。

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) 土木研究所第一次調査団：平成5年釧路沖地震災害調査速報、土木技術資料、Vol.35, No.4, pp.60-71, 1993.
- 3) 釧路町水道課：釧路沖地震下水道施設災害復旧記録、1994.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、pp.38-42, 1991.
- 5) 土質工学会：土質調査法、pp.321-322, 1987.
- 6) 日本道路協会：共同溝設計指針、pp.64-68, 1986.
- 7) 木暮敬二、山田清臣：土質調査関係の学会基準案の公示と「固定ピストン式シンウォールサンプラーによる土の乱さない試料の採取方法」、「コアカッターによる土の密度試験方法」および「シートによる土の密度試験方法」について、土と基礎、Vol.41, No.3, pp.89-92, 1993.
- 8) 木暮敬二、山田清臣：新規制定の学会基準案「ブロックサンプリングによる土の乱さない試料の採取方法」、「岩盤を対象とした湧水圧試験方法」、「変位杭を用いた軟弱地盤の地表面変位測定方法」および「水管式地盤傾斜計を用いた地表面の傾斜変動量測定方法」について、土と基礎、Vol.41, No.8, pp.78-80, 1993.
- 9) 塩路勝久：釧路沖地震により浮上したマンホールの復旧開削工事現場公開、土木学会誌、第78巻、第14号、pp.28-29, 1993.
- 10) 二宮嘉朗：釧路沖地震浮上りマンホールの公開開削調査、土木技術資料、Vol.36, No.1, pp.14-15, 1994.
- 11) 古関潤一：釧路沖地震による被災マンホールの公開開削、土と基礎、Vol.42, No.1, p.51, 1994.
- 12) 岩崎敏男、龍岡文夫、常田賢一、安田進：地震時地盤液状化の程度の予測について、土と基礎、Vol.28, No.4, pp.23-29, 1980.
- 13) 文献4)と同じ、p.114.
- 14) 日本道路協会：道路土工—軟弱地盤対策工指針、pp.78-80, 1986.
- 15) 山下正良、斉藤和夫、稲直美、小西彰：1993年釧路沖地震における住宅地及びライフラインの被害、土と基礎、Vol.41, No.6, pp.21-32, 1993.
- 16) 岡崎由夫：地盤地質からみた釧路沖地震、第5回地質及び土質講習会資料集、北海道立地下資源調査所、1994.
- 17) 北海道建築士会釧路支部編：釧路市の地盤、1982.
- 18) 森伸一郎：1993年1月15日釧路沖地震による液状化調査、第28回土質工学研究発表会、pp.1091-1094, 1993.
- 19) 中村裕昭、稲葉宏幸、陶野郁雄、福元俊一、内田明彦：1993年釧路沖地震地盤災害地域調査（その2）、pp.1089-1090, 1993.

- 20) 古関潤一、二宮嘉朗、吉田正、窪田洋司：1993年釧路沖地震による下水道マンホールの被災事例調査（その2）、土木学会第49回年次学術講演会投稿中、1994.
- 21) 安田進：液状化の調査から対策工まで、鹿島出版会、p.59、1988.
- 22) 足立紀尚、龍岡文夫：新体系土木工学18 土の力学（Ⅲ）、技報堂、p.309、1981.
- 23) 文献21) と同じ、pp.156-159.
- 24) 土質工学会：液状化対策の調査・設計から施工まで、現場技術者のための土と基礎シリーズ20、pp.138-152、1993.

卷末資料 1

標準貫入試験結果

(ニチイ側ルート)

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

調 査 名				釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査		備	考
ボーリング番号		No. 63B				U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目					
調 査 年 月 日		平成5年10月14日					
孔 □ 標 高		+3.03m	基	準	TP.		
ボーリング工法		ロータリー式					
突 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫			

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土質記号	土質名	色調	記事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験										標尺 (m)				
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値									
													10	20	30	0	10	20	30	40		50			
1	+2.63	0.40	0.40	8/6 2.05 × 無水泥り水位		XO	埋戻し土石	暗灰	上部5cmアスファルトコンクリート	-													1		
2			2.70			X	埋戻し土砂	暗黄褐	所々小礫混じる。下部含水量多い。粒径均一。	-														2	
3	-0.07	3.10				X	埋戻し土砂	暗灰	所々円礫φ2~5mm混じる。全体に含水量多く、流動状。粒径不均一。	非常に硬い	3.15	0	0											3	
4			1.50			X	埋戻し土砂	暗灰			3.65	50	50												4
5	-1.57	4.60	1.05			X	埋戻しシルト混じり砂	暗褐	貝殻少量混じる。所々シルト挟む。4.60~4.80m、小礫多く混じる。含水量多い。粒径不均一。	中位	4.15	1	1												5
6	-2.62	5.65				X	埋戻しシルト質細砂	暗灰	貝殻少量混じる。所々中砂混じり。含水量多い。粒子細かく粒径均一。	中位	4.85	50	50												6
	-3.43	6.46	0.81			X					5.15	11	3	4	4										7
										5.45	30		12	8											
										6.15	10	3	4	3											
										6.46	31		11												

Bor. No. 63B

株式会社東京ソイルリサーチ

調査名	釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査			備考
ボーリング番号	No. 63N			U・・・不攪乱試料採取
所在地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目			D・・・攪乱試料採取
調査年月日	平成5年10月14日～平成5年10月15日			標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。
孔口標高	+3.03m	基準	TP.	
ボーリング工法	ロータリー式			
実施者	橋本 忠 義	責任者	牧原 依 夫	

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シー	標準貫入試験										標 尺 (m)				
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値									
													10	20	30	0	10	20	30	40		50			
	+2.63	0.40	0.40	8/6 2.07 無水掘り水位		⊗	埋土	暗 灰	上部3cmアスファルトコンクリート	-													1		
1	+1.73	1.30	0.90		⊗	埋土	暗 黄 褐	粒径均一。	-															2	
2	+1.18	1.85	0.55		⊗	埋土	暗 茶 褐	所々円礫φ2～10mm混じる。	-															3	
			1.05		⊗	粘土混じり 細砂	暗 茶 褐	木片少量混じる。含水量少ない。	非常に 軟らかい	2.15	2	1	1												4
3	+0.13	2.90	0.65		⊗	泥炭	暗 茶 褐	腐植物少量混じる。含水量少ない。	中 位	2.55	40	25	15												5
	-0.52	3.55	1.15		⊗	砂質シルト	暗 青 灰	腐植物少量混じる。所々細砂混入。 含水量多い。	中 位	3.15	7	1	2	4											6
4					⊗	シルト質細砂	暗 灰	含水量多い。粒径均一。	非常に硬い	3.45	30														7
	-1.67	4.70	1.10		⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト不規則に混じる。 目録極く少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	中 位	4.15	4	1	1	2											8
5	-2.77	5.80	1.90		⊗	シルト質細砂	暗 灰	目録極く少量混じる。 所々中砂混入。互層状に混む。 含水量多い。粒子細かく粒径均一。	緩 い	4.52	37			17											9
	-4.67	7.70	1.90		⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト薄くレンズ状に混む。 含水量多い。粒径均一。	中 位	5.15	19	6	5	8											10
6					⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト薄くレンズ状に混む。 含水量多い。粒径均一。	中 位	5.45	30														11
	-6.57	9.80	2.40		⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	6.15	6	2	2	2											12
7			1.20		⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	6.49	34		13	11											13
	-9.82	12.85			⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	7.15	7	2	3	2											14
8					⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	7.46	31		12	9											15
	-12.22	15.25			⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	8.15	15	4	5	6											16
9					⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	8.45	30														17
	-13.42	16.45		⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	9.15	12	3	4	5											18	
10				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	9.45	30														19	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	10.15	23	5	8	10											20	
11				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	10.45	30														21	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	11.15	22	6	7	9											22	
12				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	11.45	30														23	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	12.15	17	4	6	7											24	
13				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	12.45	30														25	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	13.15	43	12	16	15											26	
14				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	13.45	30														27	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	14.15	39	10	13	16											28	
15				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	14.45	30														29	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	15.15	28	8	10	10											30	
16				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	15.45	30														31	
				⊗	細砂	暗 灰	一部中砂混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	16.15	31	8	10	13											32	
17				⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	16.45	30														33	

Bor. No. 63N

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査		備	考
ボーリング番号		No. 65B				U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目。二丁目。桂木一丁目					
調 査 年 月 日		平成5年10月12日					
孔 口 標 高		+2.84m	基 準	TP.			
ボーリング工法		ロータリー式					
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫			

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土質記号	土質名	色調	記事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験										標尺 (m)		
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数				N 値						
													10	20	30	0	10	20	30	40		50	

1	+2.39	0.45	0.45	8/4 1.90 × 無水飽和水位		埋砕土	暗灰	上部アスファルト。	-													1	
2			2.65			埋細土	黄灰	所々小礫混じる。 下部含水量多い。粒径均一。	-														2
3	-0.26	3.10	0.85			埋細土	暗黄灰	所々シルト不規則に混じる。 所々中砂や礫混じる。 含水量非常に多い。	非常に硬い	3.15	0	0											3
4	-1.11	3.95				埋混じり砂	暗青灰	円礫φ2~20mm多量混じる。 砂質シルト不規則に混じる。 含水量非常に多い。粒径不均一。	非常に硬い	3.65	50	50											4
5	-2.51	5.35	1.40							4.15	3	1	1	1									5
6	-3.66	6.50	1.15				砂混じりシルト	暗灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 一部円礫φ2~5mm混じる。	軟らかい	4.45	30											6
7										5.15	2	1	1										7
									5.55	40	20	20											
									6.15	3	1	1	1										
									6.50	35	12	13											

モンケン自記

Bor. No. 65B

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				備 考	
ボーリング番号		No. 65N		U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目			
調 査 年 月 日		平成5年10月12日～平成5年10月13日			
孔 口 標 高		+2.84m 基 準 TP.			
ボーリング工法		ロータリー式		泥水水位・・・8/5 1.00m	
実 施 者		橋 本 忠 義 責 任 者 牧 原 依 夫			

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔 内 水 位 (m)	試 料 採 取 深 度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)
											貫 入 深 度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40	

1	+2.34	0.50	0.50	8/4 2.50 泥水 水位			埋設土	暗 灰	上部5cmアスファルト。	-												1	
	+1.99	0.85	0.35				埋設土	暗 黄 褐	所々細砂を互層状に挟む。	-													
			0.85				粘土質細砂	暗 黄 灰	所々円礫φ2～5mm混じる。	-													
			0.30				埋設土	暗 黄 灰	小礫混じる。	-													
2	+1.14	1.70	2.00				埋設土	暗 黄 灰	小礫混じる。	-												2	
	+0.84	2.00					埋設土	暗 黄 灰	小礫混じる。	-													
3			1.50		3.60			泥 炭	茶 褐	所々木片混じる。下部に浮石2～3cm挟む。含水量少ない。	軟らかい	3.15	3	1	2								3
	-0.66	3.50										3.46	31	20	11								
4			1.20		U-1			シルト質細砂	暗 灰	貝殻・炭植物少量混じる。含水量多い。粒径均一。	緩 い	4.15	8	2	3	3							4
	-1.86	4.70			4.33							4.47	32	12									
5			0.80		U-2			シルト	暗 灰	所々細砂ブロック状に2～3cm厚で挟む。含水量多い。	中 位	5.15	4	1	1	2							5
	-2.66	5.50										5.45	30										
6			2.20		U-3			シルト質細砂	暗 灰	貝殻・炭植物極く少量混じる。所々シルト不規則に混じる。所々砂分多い所有り。含水量多い。粒子細かく粒径均一。	非常に緩い	6.15	2	1	1								6
				6.90							6.49	34	22	12									
7				7.75							7.15	2	1	1								7	
	-4.86	7.70									7.47	32	20	12									
8			0.95	U-4			炭 混 じ り シルト質細砂	暗 灰	所々小礫混じる。含水量多い。貝殻多量混じる。粒子細かく粒径均一。	緩 い	8.15	7	2	2	3							8	
	-5.81	8.65		8.85							8.47	32			12								
9											9.15	31	8	10	13							9	
											9.45	30											
10			3.80				シルト混じり 細 砂	暗 灰	全体に粒子細かい。含水量多い。粒径均一。	締っている	10.15	32	8	10	14							10	
											10.45	30											
11											11.15	31	8	10	13							11	
											11.45	30											
12											12.15	30	8	10	12							12	
	-9.61	12.45									12.45	30											
13																						13	

Bor. No. 65N

株式会社東京ソイルリサーチ

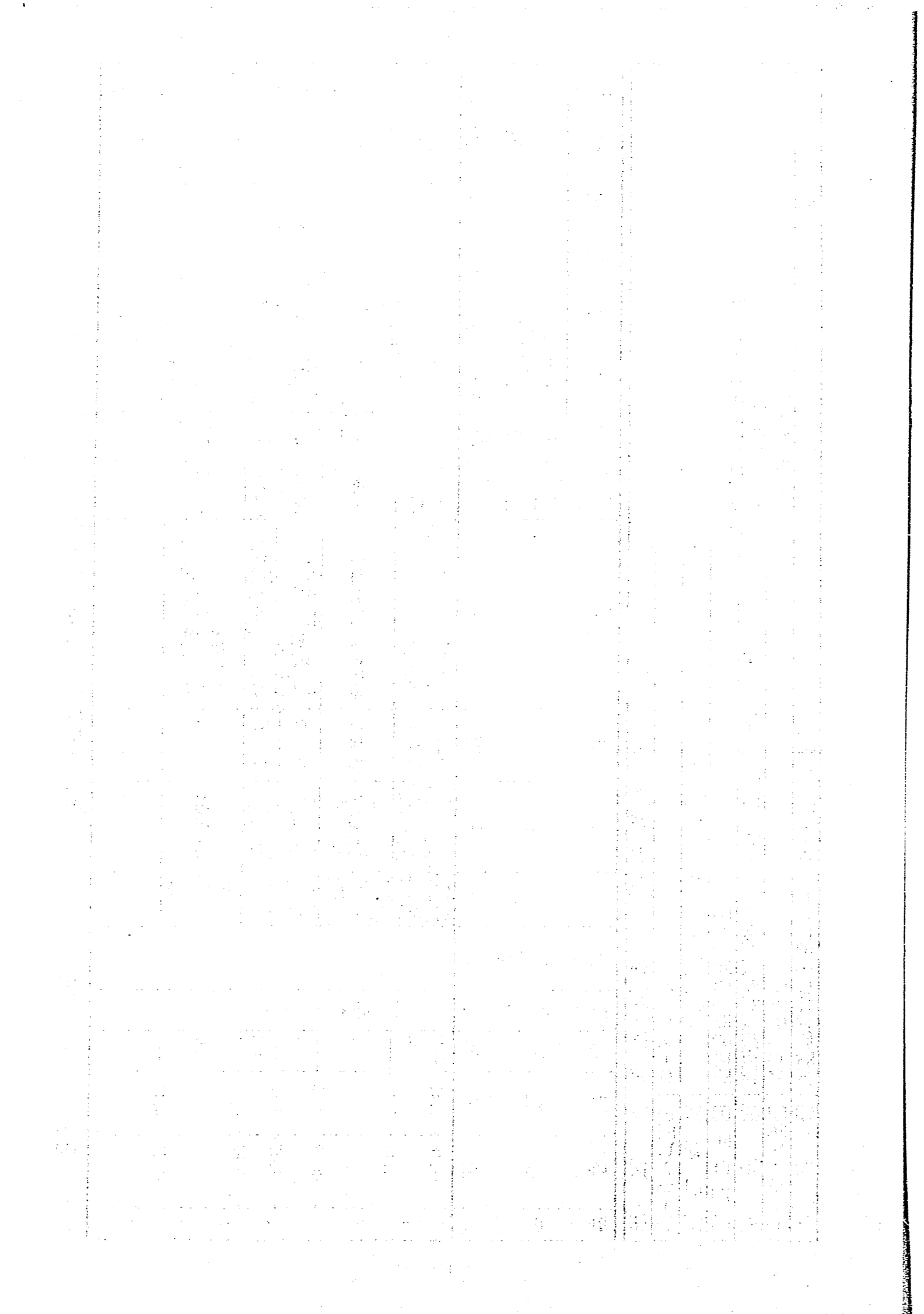
調 査 名	釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査			備	考
ボーリング番号	No. 67B			U・・・不攪乱試料採取	D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目。二丁目。桂木一丁目				
調 査 年 月 日	平成5年10月15日				
孔 □ 標 高	+2.88m	基 準	TP.		
ボーリング工法	ロータリー式				
実 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫		

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シー	標準貫入試験										標 尺 (m)
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40	

1	+2.48	0.40	0.40	8/7 2.10 × 無水露り水位		⊗	埋石土	暗 灰	上部3cmアスファルトコンクリート	-	非常に硬い	1.15	4	1	2	1		1		
	+1.48	1.40	1.00				埋石土	暗 茶 褐	瓦礫少量混じる。	1.46		31		13	8	2				
2			1.60				⊗	埋石土	暗 茶 褐	所々円礫φ2~10mm混じる。	非常に硬い	2.15	1	1						3
												2.52	37	37						
3	-0.12	3.00	0.90				⊗	埋石土	暗 灰	所々円礫φ2~5mm混じる。 全体に含水量多く、流動状。 粒径不均一。	非常に硬い	3.15	0	0						4
												3.85	50	50						
4	-1.02	3.90	0.80				⊗	貝殻混じり シルト質細砂	暗 灰	4.20~4.30m、木片有り。 含水量多い。粒子細かく粒径均一。	軟らかい	4.15	4	1	1	2				5
												4.47	32	15	5	12				
5	-1.82	4.70	1.77	⊗	シルト質細砂	暗 灰	貝殻少量混じる。 所々細砂互層状に挟む。 含水量多い。粒子細かく粒径均一。	中 位	5.15	10	4	3	3			7				
									5.45	30	12		8				8			
6	-3.59	6.47							6.15	9	3	3	3							
									6.47	32		11	11							
7																				

Bor. No. 67B

株式会社東京ソイルリサーチ



調 査 名	釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査				備	考
ボーリング番号	No. 67N				U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目					
調 査 年 月 日	平成5年10月15日～平成5年10月16日					
孔 口 標 高	+2.88m	基	準	TP.		
ボーリング工法	ロータリー式					
実 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫			

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土質記号	土質名	色調	記事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験										標尺 (m)		
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値							
													10	20	30	0	10	20	30	40		50	
	+2.48	0.40	0.40	8/7 1.95 地下水水位		埋戻し土	暗 灰	上部3cmアスファルトコンクリート	-													1	
1	+1.68	1.20	0.80		⊗	粘土混じり砂	暗 茶 褐	所々小礫混じる。	-														2
2	+0.48	2.40	1.20		⊗	埋戻し土	暗 茶 褐	円礫φ2~10mm混じる。 所々ローム混じる。	非常に硬い	2.15	4	1	2	1									3
3	+0.08	2.80	0.40		⊗	粘土質細砂	暗 茶 褐	1.45~1.60m、互層多い。	-	2.47	32	1	15	7									4
4			1.45		⊗	砂質シルト	暗 青 灰	所々細砂不規則に混じる。 含水量多い。	軟らかい	3.15	3	1	1	1									5
5	-1.37	4.25			⊗	貝殻混じり シルト質細砂	暗 灰	所々シルトの薄層を挟む。 含水量多い。粒子細かく粒径均一。	硬い	3.47	32	12	1	1									6
6	-2.82	5.70			⊗	シルト質細砂	暗 灰	所々シルト薄く互層状に挟む。 含水量多い。粒径均一。	中位	4.15	5	1	2	2									7
7			1.45		⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	所々シルト薄く互層状に挟む。 含水量多い。粒径均一。	中位	4.45	30	3	3	2									8
8	-4.77	7.65			⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている	5.15	8	3	3	2									9
9	-5.92	8.80			⊗	シルト混じり 細砂	暗 灰			5.45	30												10
10	-7.57	10.45								6.15	10	3	3	4									11
11									6.47	32			12										
									7.15	10	2	3	5										
									7.45	30													
									8.15	16	4	4	8										
									8.45	30													
									9.15	29	7	10	12										
									9.45	30													
									10.15	34	9	12	13										
									10.45	30													

Bor. No. 67N

株式会社東京ソイルリサーチ

(石黒ホーマ側ルート)

調 査 名	改築に関する技術調査業務委託			備	考
ボーリング番号	No. 91B			U・・・不攪乱試料採取 O・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目				
調 査 年 月 日	平成5年10月16日				
孔 □ 標 高	+3.01 m	基 準	TP.		
ボーリング工法	ロータリー式				
実 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫		

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験										標 尺 (m)			
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値								
													10	20	30	0	10	20	30	40		50		
1	+2.51	0.50	0.50	8/8 2.45 × 無水掘り水位		⊗	埋戻 土	暗 灰	上部3cmアスファルト。	-													1	
			1.60			⊗	埋戻 土	黄 茶 褐	所々小礫混じる。粒径均一。	緩 い	1.15 1.45	5 30	1	2	2									2
2	+0.91	2.10				⊗	埋戻 土	暗 黄 褐	全体に中砂・礫混じる。	非常に硬い	2.15 2.47	2 32	1	1										3
	+0.36	2.65	0.55			⊗	埋戻 シルト混じり砂	暗 灰	全体に含水量多く流動状。小礫混じる。粒径不均一。	非常に硬い	3.15 3.65	0 50	0 50											4
3			1.35			⊗	埋戻 シルト混じり砂	暗 灰	全体に小礫混じる(円礫φ2~20mm)。含水量多い。粒径不均一。	非常に硬い	4.15 4.47	2 32	1 20	1 12										5
4	-0.99	4.00				⊗	シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。所々シルト不規則様状。含水量多い。	非常に硬い	5.15 5.45	1 30	0 20	1										6
	-2.64	5.65	0.70			⊗	シルト質細砂	暗 灰	腐植物極少量混じる。含水量多いシルト薄く互層状に挟む。	非常に硬い	6.15 6.48	3 33	1 11	1 11	1 11									7
5	-1.94	4.95																						
6	-2.64	5.65	0.83																					
7	-3.47	6.48																						

Bor. No. 91B

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名		改築に関する技術調査業務委託		備	考
ボーリング番号		No. 91N		U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。 泥水水位・・・8/9 1.10m	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目			
調 査 年 月 日		平成5年10月16日～平成5年10月17日			
孔 口 標 高		+3.01m	基 準 TP.		
ボーリング工法		ロータリー式			
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者 牧 原 依 夫		

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内 水位 (m)	試料 採取 深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)			
											貫入 深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値								
													10	20	30	0	10	20	30	40		50		
1	+2.51	0.50	0.50	8/ 8 2.35 ≡ 無水掘り水位			埋設 埋設 土石 土砂	暗 灰	上部3cmアスファルト。 小礫(円礫φ2~10mm)・中砂 混じる。所々粘土層に接む。 下部含水量多い。	-													1	
2	+1.56	1.45	0.95				泥 炭	暗 茶 褐	粘土が多く、黒泥に類似。 上部黒褐色のシルト混じる。 下部含水量多い。	軟らかい	2.15 2.50	2 35	1 20	1 15										2
3	-0.39	3.40	1.95				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	3.15 3.45	3 30	1 1	1 1										3
4	-0.79	3.80	0.40				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	4.15 4.45	2 30	1 12	1 18										4
5	-1.69	4.70	0.90				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	5.15 5.45	2 30	1 17	1 13										5
6	-2.64	5.65	0.95				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	6.15 6.45	4 30	1 14	2 6										6
7	-4.79	7.80	2.15				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	7.15 7.45	7 30	2 12	3 8										7
8	-7.24	10.25	2.45				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	8.15 8.45	18 30	4 7	7 7										8
9	-10.44	13.45	3.20				シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	9.15 9.45	24 30	5 9	9 10										9
10							シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	10.15 10.45	37 30	12 14	11 11										10
11							シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	11.15 11.45	39 30	12 16	11 11										11
12							シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	12.15 12.45	36 30	10 12	14 14										12
13							シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	13.15 13.45	37 30	8 13	16 16										13
14																								14

Bor. No. 91N

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				改築に関する技術調査業務委託		備 考	
ボーリング番号		No. 92B				U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目。二丁目。桂木一丁目					
調 査 年 月 日		平成5年10月17日					
孔 □ 標 高		+2.93m		基 準	TP.		
ボーリング工法		ロータリー式					
実 施 者		橋 本 忠 義		責 任 者	牧 原 依 夫		

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40	

1	+2.53	0.40	0.40	8/9 1.65 ✕ 無水掘り水位		XO	埋砕 土石	暗 灰	上部3cmアスファルト。粗砂混じる。	-												1	
2	+0.83	2.10	1.70			XO	埋細 土砂	暗 黄 灰	1.50m付近より、含水量多い。 粒径均一。	緩 い	1.15 1.45	8 30	2	3	3								2
3	-0.07	3.00	0.90			XO	埋細 土砂	黄 茶 褐	所々円礫φ2~20mm混じる。 一部中砂混じる。 含水量多い。粒径不均一。	非常に緩い	2.15 2.65	3 50	1	1	1						止		3
4			2.00			XO	埋 シルト混じり 中 砂	暗 灰	所々円礫φ2~10mm混じる。 含水量多い。粒径不均一。	非常に緩い	3.15 3.45	2 30	1	1									4
5	-2.07	5.00									4.15 4.50	2 35	1	1									5
6			1.47					砂質粘土	暗 灰	腐植質有り。腐植物極く少量混じる 所々細砂薄く不規則に挟む。 含水量少ない。 下部は砂分多くなる。	中 位	5.15 5.45	5 30	2	2	1							6
7	-3.54	6.47									6.15 6.47	5 32	2	1	2								7

Bor. No. 92B

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名	改築に関する技術調査業務委託			備	考
ボーリング番号	No. 92N			U・・・不攪乱試料採取 O・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目				
調 査 年 月 日	平成5年10月17日～平成5年10月18日				
孔 口 標 高	+2.93m	基 準	TP.		
ボーリング工法	ロータリー式				
実 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫		

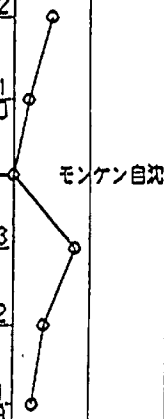
標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内 水位 (m)	試料採取 深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名 調	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)
											貫入 深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40	

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	+2.53	0.40	0.40	8/9 1.80 ▽ 地下水水位			埋土 灰	暗 灰	上部3cmアスファルト。	-													1	
	+1.43	1.50	1.10				埋土 砂	黄 茶 褐	所々円礫φ2~10mm混じる。	-														2
	+1.08	1.85	0.35				シルト質細砂	暗 青 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。	-														3
	+0.23	2.70	0.85				泥 炭	暗 茶 褐	粘土分多く、黒泥に類似。 含水量少ない。	軟らかい	2.15 2.45	2 30	17 17	13 13										4
	-0.57	3.50	0.80		3.60		シルト	乳 灰	火山灰質。含水量多い。	硬 い	3.15 3.45	10 30	3 3	3 3	4 4									5
			1.80		U-1 4.55		礫混じり 細砂	暗 灰	所々円礫φ2~10mm混じる。 含水量多い。粒径不均一。	緩 い	4.15 4.45	8 30	2 2	3 3	3 3									6
	-2.37	5.30					砂質粘土	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 所々細砂不規則に挟む。一部浮石を 多量混じる所有り。含水量多い。 下部は砂分多くなる。	非 常 に 軟らかい	5.15 5.45	4 30	2 2	1 5	15 15									7
			2.50		7.80		シルト質細砂	暗 灰	貝殻少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	緩 い	6.15 6.45	1 30	0 0	1 20										8
	-4.87	7.80	0.75		U-2 8.90		シルト質細砂	暗 灰	含水量多い。粒径均一。	中 位	7.15 7.45	1 30	1 30											9
	-5.62	8.55	0.95				シルト質細砂	暗 灰	含水量多い。粒径均一。	中 位	8.15 8.45	7 30	2 2	2 2	3 3									10
	-6.57	9.50					細 砂	暗 灰	上部シルト分含む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	9.15 9.45	13 30	3 3	4 4	6 6									11
			2.95									10.15 10.45	35 30	10 10	12 12	13 13								12
	-9.52	12.45										11.15 11.45	36 30	10 10	13 13	13 13								13
												12.15 12.45	32 30	10 10	10 10	12 12								

Bor. No. 92N

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名			改築に関する技術調査業務委託		備	考
ボーリング番号		No. 94B			U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目				
調 査 年 月 日		平成5年10月18日				
孔 □ 標 高		+2.94m	基 準	TP.		
ボーリング工法		ロータリー式				
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫		

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土質記号	土質名	色調	記事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験											標尺 (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
													10	20	30	0	10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	+2.54	0.40	0.40	8/10 2.45 × 無水籠り水位		埋戻し土	暗 灰	上部3cmアスファルト。	-		1.15	5	1	2	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Bor. No. 94B

株式会社東京ソイルリサーチ

調査名	改築に関する技術調査業務委託			備考
ボーリング番号	No. 94N			U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。 泥水水位・・・8/12 2.03m
所在地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目。二丁目。桂木一丁目			
調査年月日	平成5年10月18日～平成5年10月20日			
孔口標高	+2.94m	基準	TP.	
ボーリング工法	ロータリー式			
実施者	橋本 忠 義	責任者	牧 原 依 夫	

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔 内 水 位 (m)	試 料 採 取 深 度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)	
											貫入深度(m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値						
													10	20	30	0	10	20	30	40		50

1	+2.54	0.40	0.40	8/10 2.10 ✕ 無水掘り水位		埋土	埋土	暗 灰	上部3cmアスファルト。 粗砂混じる。	-													1	
			1.30				埋土	細砂	暗 黄 灰	所々小砂混じる。粒径均一。	-													
2	+1.24	1.70	0.70			×	シルト質細砂	暗 青 灰	暗 青 灰	所々腐植物少量混じる。 一部シルト層く探む所有り。	非常に 軟らかい	2.15	2	1	1									2
	+0.54	2.40	0.50			×	泥 炭	暗 茶 褐	暗 茶 褐	含水量多い。粒径均一。 含水量少ない。	-	2.55	40	18	22									
3	+0.04	2.90				×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	下部砂分多い。含水量多い。 粒子細かく粒径不均一。	緩 い	3.15	5	1	2	2								3
			1.35			×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	下部砂分多い。含水量多い。 粒子細かく粒径不均一。	緩 い	3.45	30											
4	-1.31	4.25	0.30			×	砂 混 じ り 中 砂	暗 灰	暗 灰	上部に腐植物少量混じる。含水量多 い。円径2～1.0mm混じる。	中 位	4.15	21	5	8	8								4
	-1.81	4.55				×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 下部に行くに従い砂分多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に 軟い	4.45	30											
5			3.05			×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 下部に行くに従い砂分多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に 軟い	5.15	3	1	1	1								5
						×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 下部に行くに従い砂分多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に 軟い	5.45	30											
6						×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 下部に行くに従い砂分多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に 軟い	6.15	4	1	1	2								6
			1.30			×	シルト質細砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 下部に行くに従い砂分多い。 粒子細かく粒径均一。	緩 い	6.47	32			12								
7	-4.66	7.60				×	シルト混じり 細 砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 粒径均一。	中 位	7.15	3	1	1	1								7
			0.85			×	シルト混じり 細 砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 粒径均一。	中 位	7.46	31	11										
8	-5.96	8.90				×	シルト混じり 細 砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 粒径均一。	中 位	8.15	5	1	2	2								8
	-6.81	9.75			×	シルト混じり 細 砂	暗 灰	暗 灰	目録少量混じる。含水量多い。 粒径均一。	中 位	8.45	30												
9			2.75		×	細 砂	暗 灰	暗 灰	上部に目録少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている 中 位	9.15	22	5	8	9								9	
					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	上部に目録少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	締っている 中 位	9.45	30												
10			1.95		×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	10.15	36	8	10	18								10	
					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	10.45	30												
11	-9.56	12.50			×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	11.15	29	9	10	10								11	
					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	11.45	30												
12					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	12.15	30	10	10	10								12	
					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	12.45	30												
13					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	13.15	42	10	14	18								13	
					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	13.45	30												
14	-11.51	14.45			×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	14.15	46	10	14	22								14	
					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている	14.45	30												
15					×	細 砂	暗 灰	暗 灰	所々シルト質細砂層く探む。 含水量多い。粒径均一。	締っている													15	

Bor. No. 94N

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				改築に関する技術調査業務委託		備	考	
ボーリング番号		No. 95B		U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。				
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目。二丁目。桂木一丁目						
調 査 年 月 日		平成5年10月21日						
孔 □ 標 高		+2.94m	基 準					TP.
ボーリング工法		ロータリー式						
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫				

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コン シ ス テ ン シー	標 準 貫 入 試 験										標 尺 (m)			
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値								
													10	20	30	0	10	20	30	40		50		
1	+2.44	0.50	0.50	8/13 2.60 ▽ 無水掘り水位			埋 土 アスファルト	暗 灰	上部アスファルト。	-	1.15	3	1	1	1								1	
	+1.59	1.35	0.85				埋 土 粘土質細砂	黄 茶 褐	全体に円礫φ2~15mm混じる。	非常に硬い	1.47	32				12								
2			1.35				埋 土 細砂	暗 黄 灰	2.25m以深、含水量多い。 粒径均一。	非常に硬い	2.15	2	1	1										2
3	+0.24	2.70	1.40				埋 シルト混じり 細砂	暗 褐 灰	一部円礫φ2~10mm混じる。 含水量多い。粒径均一。	非常に硬い	2.60	45			35									3
4	-1.16	4.10	0.50				埋 シルト混じり 細砂	暗 褐 灰	中砂混じる。含水量多い。粒径均一。	緩 い	3.15	3	2	1										4
5	-1.66	4.60					埋 シルト混じり 細砂				3.70	55			45									5
6			1.85				埋 シルト混じり 細砂				4.15	9	2	3	4									6
7	-3.51	6.45								4.45	30												7	
											5.15	8	2	3	3									
											5.45	30												
											6.15	10	3	3	4									
											6.45	30												

Bor. No. 95B

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				改築に関する技術調査業務委託		備 考	
ボーリング番号		No. 95N		U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。 泥水水位・・・8/14 1.80m			
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目					
調 査 年 月 日		平成5年10月21日～平成5年10月22日					
孔 □ 標 高		+2.94m	基 準 TP.				
ボーリング工法		ロータリー式					
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫			

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内 水位 (m)	試料採取 深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)		
											貫入 深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値							
													10	20	30	0	10	20	30	40		50	
1	+2.49	0.45	0.45	8/13 2.65 ✕ 無水泥り水位		⊗	埋 土 石	暗 灰	上部3cmアスファルト。	-													1
2	+0.84	2.10	1.65		⊗	埋 土 砂	暗 褐 灰	所々腐植土混じる。粒径均一。 2.10m付近より、含水量多い。	-														2
3			2.05		⊗	シルト混じり 細 砂	暗 青 褐	腐植物少量混じる。 2.50~2.75m、泥炭挟む。 含水量多い。粒子粗く粒径不均一。	非常に細い	2.15 2.58	2 43	1 18	1 25										3
4	-1.21 -1.66	4.15 4.60	0.45		⊗	細 砂	暗 灰	貝殻・浮石少量混じる。 含水量多い。粒径不均一。	非常に細い	3.15 3.81	2 46	1 22	1 24										4
5	-2.31	5.25	0.65		⊗	貝殻混じり シルト質細砂	暗 灰	含水量多い。粒径均一。	中 位	4.15 4.47	4 32	2 12	1 1										5
6			2.25		⊗	シルト混じり 細 砂	暗 灰	所々シルトの層(2~3cm) 挟む。腐植物薄く挟む。 含水量多い。粒径均一。	中 位	5.15 5.45	13 30	4 4	4 5										6
7	-4.56	7.50			⊗					6.15 6.45	10 30	3 3	3 4										7
8			1.75		⊗	細 砂	暗 灰	貝殻・浮石極く少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	解っている	7.15 7.45	17 30	4 4	6 7										8
9	-6.31	9.25			⊗					8.15 8.45	32 30	7 30	11 14										9
10			2.20		⊗	細 砂	暗 灰	所々腐植物薄く挟む。 含水量多い。粒径均一。	解っている	9.15 9.45	32 30	9 30	10 13										10
11	-8.51	11.45			⊗					10.15 10.45	33 30	9 30	11 13										11
12										11.15 11.45	31 30	8 30	10 13										12

Bor. No. 95N

株式会社東京ソイルリサーチ

(札鶴ペニヤ側ルート)

(1) (2) (3) (4) (5)

調 査 名				釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査		備	考
ボーリング番号		No. 8B				U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用錘はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目					
調 査 年 月 日		平成5年10月30日					
孔 口 標 高		+2.66m	基 準	TP.			
ボーリング工法		ロータリー式					
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫			

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コン シ ス テ ン シー	標 準 貫 入 試 験										標 尺 (m)			
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値								
													10	20	30	0	10	20	30	40		50		
1	+2.26	0.40	0.40	8/21 0.93 無水飽り水位			埋 込 土 石	暗 灰	上部3cmアスファルト コンクリート	-	1.15	2	1	1								1		
2			2.10				埋 シルト混じり 細 砂	暗 黄 褐	所々円礫φ2~10mm混じる。 1.20m付近より、含水量多くなる。	非常に硬い	1.45	30	15	15									2	
3	+0.16	2.50	1.20				埋 シルト混じり 中 砂	暗 褐 灰	所々円礫φ2~10mm混じる。 含水量多い。	緩 い	2.15	1	0	1									3	
4	-1.04	3.70	0.95				細 砂	暗 灰	貝殻・浮石少量混じる。含水量多い 所々円礫φ2~5mm混じる。	緩 い	2.68	53	11	42									4	
5	-1.99	4.65	0.95				シルト質細砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 含水量多い。粒子細かく粒径均一。	非常に硬い	3.15	5	1	2		2								5
6	-2.94	5.60											3.45	30										6
											4.15	6	2	2	2									
											4.45	30												
											5.15	2	1	1										
											5.60	45	25	20										

Bor. No. 8B

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名	釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査			備	考
ボーリング番号	No. 8N			U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。 泥水水位・・・8/21 0.90m	
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目				
調 査 年 月 日	平成5年10月29日～平成5年10月30日				
孔 □ 標 高	+2.66m	基 準	TP.		
ボーリング工法	ロータリー式				
突 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫		

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土質記号	土質名	色調	記事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験										標尺 (m)	
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数				N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40		50

1	+2.26	0.40	0.40	8/20 0.92 無水泥り水位		埋設土	暗 灰	上部3cmアスファルトコンクリート	-		2.15	2	1	1								1
	+1.36	1.30	0.90			埋設土	暗 黄 灰	所々円礫φ2~10mm混じる。 1~20cm付近より、含水量多い。	-		2.49	34	18	16								2
2			1.10			シルト混じり砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒径不均一。	-													3
	+0.26	2.40				泥 炭	暗 茶 褐	粘土分やや多い。含水量少ない。	非常に 軟らかい		3.15	1	1									4
	-0.94	3.60									3.58	43	43									5
4			1.10			粗 砂	暗 灰	腐植物・浮石少量混じる。 所々円礫φ2~10mm混じる。 所々シルト3~10cm挟む。 含水量多い。粒径不均一。	緩 い		4.15	5	2	2	1							6
	-2.04	4.70									4.45	30	12	8								7
5			1.20			シルト質細砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 含水量多い。粒子細かく粒径均一。	非常に緩い		5.15	1	1									8
	-3.24	5.90									5.47	32	32									9
6			1.60			シルト質細砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 シルト不規則に混じる。含水量多い。	非常に緩い		6.15	1	1									10
	-4.84	7.50									6.45	30	30									11
7			1.10			シルト質細砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 含水量多い。粒径均一。	緩 い		7.15	2	1	1								12
	-5.94	8.60									7.49	34	18	16								13
8			0.85			シルト質細砂	暗 灰	腐植物少量混じる。含水量多い。 粒子細かく粒径均一。	非常に緩い		8.15	6	2	2	2							14
	-6.79	9.45									8.45	30										15
9			2.35			シルト混じり砂	暗 灰	貝殻・腐植物極く少量混じる。 所々シルト薄く挟む。 含水量多い。粒径均一。	緩 い 中 位		9.15	3	1	1	1							16
	-9.14	11.80									9.45	30										17
10			0.55			シルト質細砂	暗 灰	粒子細かく粒径均一。含水量多い。	緩 い		10.15	9	2	4	3							18
	-9.69	12.35									10.45	30	12	8								19
11			2.10		シルト混じり砂	暗 灰	貝殻少量混じる。所々シルト混じる。 含水量多い。粒径均一。	中 位 非常に 締っている		11.15	12	4	4	4							20	
	-11.79	14.45								11.45	30										21	
12			3.95		中 砂	暗 灰	貝殻少量混じる。所々円礫混じる。 一部礫分の多い所有り。 含水量多い。粒子粗く粒径不均一。	非常に 締っている		12.15	8	1	2	5							22	
	-15.74	18.40								12.45	30										23	
13										13.15	15	4	4	7							24	
										13.45	30										25	
14										14.15	17	5	6	6							26	
										14.45	30										27	
15										15.15	50	19	23	8							28	
										15.37	22										29	
16										16.15	50	22	28								30	
										16.35	20										31	
17										17.15	50	38	12								32	
										17.28	13		3								33	
18										18.15	50	16	20	14							34	
										18.40	25			5							35	

Bor. No. 8N

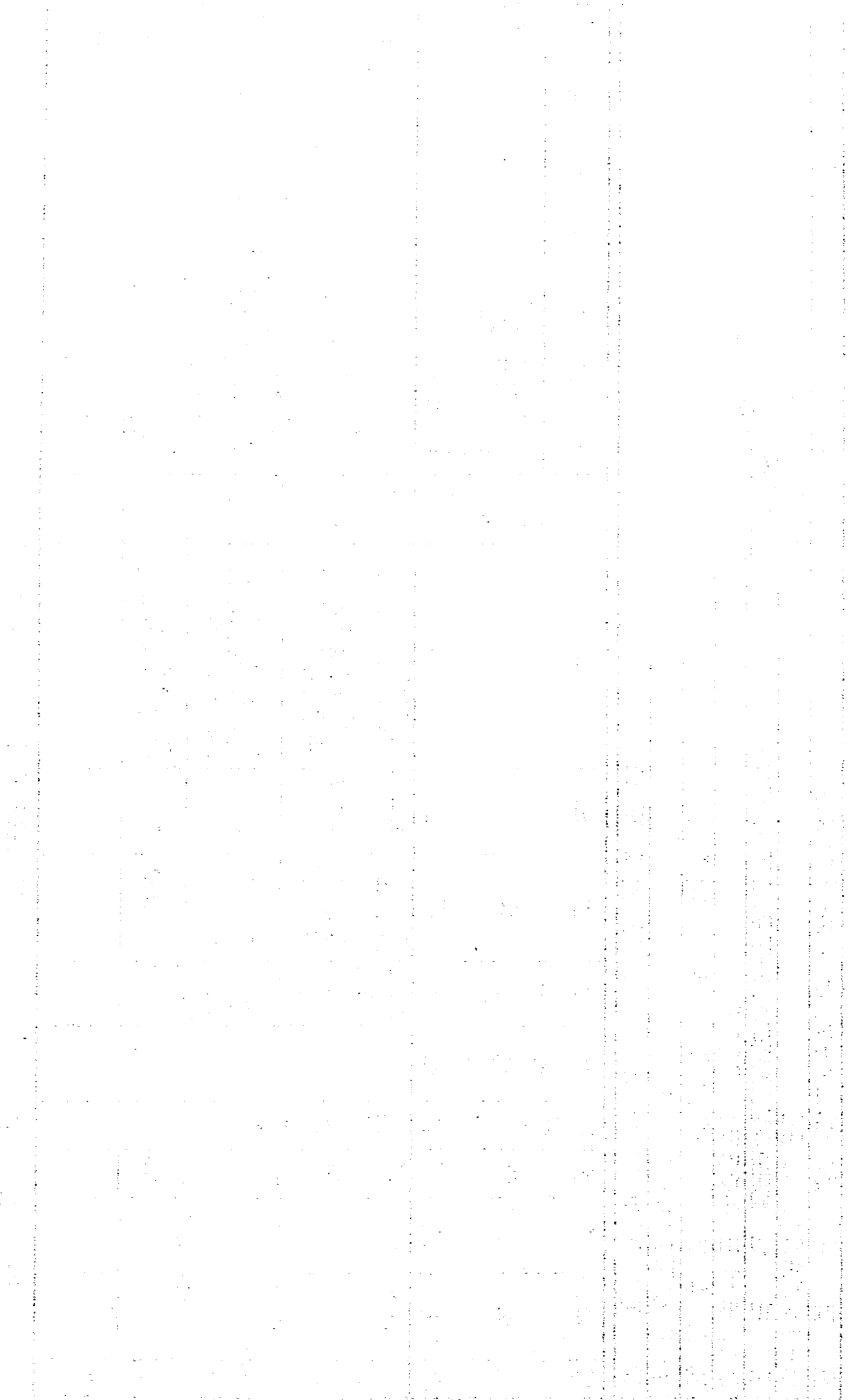
株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名	釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査			備	考
ボーリング番号	No. 9B			U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目。二丁目。桂木一丁目				
調 査 年 月 日	平成5年10月27日				
孔 □ 標 高	+2.69m	基 準	TP.		
ボーリング工法	ロータリー式				
実 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫		

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
													10	20	30	0	10	20	30	40		50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	+2.29	0.40	0.40	8/18 1.27 ✕ 無水掘り水位			埋 込 土 石	暗 灰	上部3cmアスファルト。 粗砂混じる。	-	1.15	2	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Bor. No. 9B

株式会社東京ソイルリサーチ



調 査 名	釧路沖地震によるマンホール被災事例調査			備 考
ボーリング番号	No. 9N			U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。 泥水水位・・・8/19 0.80m
所 在 地	北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目			
調 査 年 月 日	平成5年10月27日～平成5年10月28日			
孔 □ 標 高	+2.69m	基 準	TP.	
ボーリング工法	ロータリー式			
実 施 者	橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫	

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内 水位 (m)	試料採取深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シー	標準貫入試験										標 尺 (m)
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40	

1	+2.29	0.40	0.40	8/19 0.88 無水飽り水位			埋 込 土 石	暗 灰	上部3cmアスファルト。	-												1
2	+0.89	1.80	1.40				埋 込 土 砂	暗 黄 灰	所々円礫φ2~10mm混じる。 1.00m付近より、含水量多くなる。	-												2
3			1.60					泥 炭	暗 茶 褐	粘土分多く、黒泥に類似。 含水量少ない。	非 常 に 軟 らかい	2.15 2.45	2 30	1 15	1 15							3
4	-0.71	3.40	0.50					粗 砂	暗 灰	所々円礫φ2~10mm混じる。 含水量多い、粒径不均一。	-	3.15 3.45	1 30	1 30								4
5	-1.21	3.90	0.45		4.50			細 砂	暗 灰	腐植物少量混じる。下部シルトを不 規則に挟む。含水量多い、粒径均一。	緩 い	4.15 4.47	7 32	1 1	4 12	2 12						5
6			1.95		U-1			シルト質細砂	暗 灰	上部シルト不規則に挟む。 貝殻・腐植物少量混じる。 含水量多い、粒子細かく粒径均一。	非 常 に 緩 い	5.15 5.45	2 30	1 15	1 15							6
7	-3.61	6.30			5.60							6.15 6.48	4 33	1 1	1 13	2 13						7
8			2.95		8.00			シルト質細砂	暗 灰	貝殻少量混じる。含水量多い。 一部シルトの薄層2~5cm挟む所 有り。粒子細かく粒径均一。	緩 い	7.15 7.47	6 32	1 1	2 12	3 12						8
9					U-2							8.15 8.45	6 30	2 1	2 1	2 2						9
10	-6.56	9.25			9.10			シルト混じり 細 砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。所々シル トの薄層挟む。含水量多い。 粒径均一。	中 位	9.15 9.45	7 30	2 15	1 5	4 5						10
11	-8.01	10.70	0.65					シルト質細砂	暗 灰	貝殻・腐植物少量混じる。 含水量多い、粒径均一。	緩 い	10.15 10.45	22 30	7 7	7 8	8 8						11
12	-8.66	11.35	1.15					シルト混じり 細 砂	暗 灰	貝殻少量混じる。12.00~ 12.20m付近、シルトの薄層を 挟む。含水量多い、粒径均一。	中 位	11.15 11.45	8 30	2 2	2 4	4 4						12
13	-9.81	12.50						シルト混じり 細 砂	暗 灰	貝殻少量混じる。シルト不規則に 混じる。含水量多い、粒径均一。	緩 い 締 っている	12.15 12.45	18 30	6 6	6 6	6 6						13
14			2.60					シルト混じり 細 砂	暗 灰			13.15 13.45	9 30	3 3	3 3	3 3						14
15	-12.41	15.10										14.15 14.45	38 30	12 12	12 14	14 14						15
16			2.20					粗 砂	暗 灰	所々中砂・円礫φ2~10mm混じ る。一部礫が多い所々有り。 含水量多い、粒径均一。	締 っている 非 常 に 締 っている	15.15 15.45	40 30	10 24	14 26	16 26					75	16
17	-14.61	17.30										16.15 16.35	50 20	24 24	26 26						100	17
18												17.15 17.30	50 15	24 5	26 5							18

Bor. No. 9N

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				釧路沖地震によるマンホールの被災事例調査		備	考	
ボーリング番号		No. 11B		U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。				
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目						
調 査 年 月 日		平成5年10月25日						
孔 □ 標 高		+3.06m	基 準					TP.
ボーリング工法		ロータリー式						
実 施 者		橋 本 忠 義	責 任 者	牧 原 依 夫				

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	孔内水位 (m)	試料採取深度 (m)	土質記号	土質名	色調	記事	相対密度及び コンシステンシー	標準貫入試験										標尺 (m)			
											貫入深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値								
													10	20	30	0	10	20	30	40		50		
1	+2.66	0.40	0.40	8/16 1.23 ✕ 無水泥り水位			埋土 砕石	暗 灰	上部3cmアスファルトコンクリート、粗砂混じる。	-	1.15	3	1	1	1								1	
2	+0.96	2.10	1.70				埋土 細砂	暗黄褐色	所々円礫φ2~10mm混じる。 粒径均一。	非常に硬い	1.45	30											2	
3			1.60				埋土 シルト混じり中	暗 灰	所々円礫φ2~5mm混じる。 所々腐植土を薄くラミナ状に挟む。 含水量非常に多い。粒径不均一。	非常に硬い	2.15	0	0										3	
4	-0.64	3.70						シルト質細砂	暗 灰	腐植物・浮石少量混じる。 シルト不規則に挟む。下部砂分多い 含水量多い。粒径均一。	非常に硬い	2.58	43	43										4
5			1.75								3.15	1	1										5	
6	-2.39	5.45									3.57	42	42										6	
										4.15	3	1	1	1										
										4.51	36	14	12											
										5.15	4	1	2	1										
										5.45	30		12	8										

モンケン自記

Bor. No. 11B

株式会社東京ソイルリサーチ

調 査 名				備 考	
ボーリング番号		No. 11N		U・・・不攪乱試料採取 D・・・攪乱試料採取 標準貫入試験の落下用具はトンビを使用した。	
所 在 地		北海道釧路郡釧路町木場一丁目、二丁目、桂木一丁目			
調 査 年 月 日		平成5年10月25日～平成5年10月26日			
孔 口 標 高		+3.06m 基 準 TP.			
ボーリング工法		ロータリー式		泥水水位・・・8/17 1.15m	
実 施 者		橋 本 忠 義 責 任 者 牧 原 依 夫			

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	層 厚 (m)	孔内 水位 (m)	試料採取 深度 (m)	土 質 記 号	土 質 名	色 調	記 事	相 対 密 度 及 び コ ン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										標 尺 (m)
											貫入 深度 (m)	N 値	10cm毎の 打撃回数			N 値					
													10	20	30	0	10	20	30	40	

1	+2.66	0.40	0.40	8/16 1.29 × 泥水 泥り 水位		⊗	埋 砕 埋 細	暗 灰	上部3cmアスファルト、 粗砂混じる。	-												1	
2	+1.61	1.45	1.05			⊗	埋 砕 埋 細	暗 灰	浮石少量混じる。 所々円礫2~10mm混じる。	-													2
3	+0.76	2.30	0.85			⊗	シルト質粗砂	暗 灰	浮石少量混じる。所々中砂混じる。 含水量多い。粒径不均一。	非常に 細かい	2.15	1	1										3
4	-0.49	3.55	1.25			⊗	泥 炭	暗 茶 褐	所々粘土・細砂混じる。 含水量少ない。	非常に 細かい	2.45	30	30										4
5			1.95		4.50	⊗	シルト質細砂	暗 灰	貝殻・炭化物・浮石少量混じる。 所々シルトの層状構造。 含水量多い。粒径不均一。	非常に 細かい	3.15	1	1										5
6	-2.44	5.50			U-1	⊗	シルト質細砂	暗 灰	貝殻・炭化物・浮石少量混じる。 所々シルトの層状構造。 含水量多い。粒径不均一。	非常に 細かい	3.58	43	43										6
7			1.80		5.60	⊗	シルト混じり 細 砂	暗 灰	貝殻少量混じる。シルト不規則に 混じる。含水量多い。粒径不均一。	緩 い	4.15	5	2	1	2								7
8	-4.24	7.30				⊗	細 砂	暗 灰	上部に貝殻少量混じる。 含水量多い。粒径不均一。	中 位 結 合 している	4.45	30	12	8									8
9			2.20		9.50	⊗	細 砂	暗 灰	上部に貝殻少量混じる。 含水量多い。粒径不均一。	中 位 結 合 している	5.15	3	1	1	1								9
10	-6.44	9.50			U-2	⊗	シルト混じり 細 砂	暗 灰	貝殻極く少量混じる。 含水量多い。粒径不均一。	中 位 結 合 している	5.45	30											10
11			2.60		10.45	⊗	シルト混じり 細 砂	暗 灰	貝殻極く少量混じる。 含水量多い。粒径不均一。	中 位 結 合 している	6.15	8	2	3	3								11
12	-9.04	12.10	0.40			⊗	細 砂	暗 灰	貝殻極く少量混じる。含水量少ない 上部にシルト混じり。粒径不均一。	結 合 している	6.45	30	8	10	10								12
13	-9.44	12.50	0.60			⊗	細 砂	暗 灰	所々シルト混じる。 含水量少ない。粒径不均一。	結 合 している	7.15	8	2	2	4								13
14	-10.04	13.10				⊗	細 砂	暗 灰	貝殻極く少量混じる。含水量少ない 上部にシルト混じり。粒径不均一。	結 合 している	7.45	30	12	8									14
15			2.30			⊗	細 砂	暗 灰	貝殻極く少量混じる。 含水量少ない。粒径不均一。	結 合 している	8.15	28	8	10	10								15
16	-12.34	15.40				⊗	細 砂	暗 灰	貝殻極く少量混じる。 含水量少ない。粒径不均一。	結 合 している	8.45	30	8	10	10								16

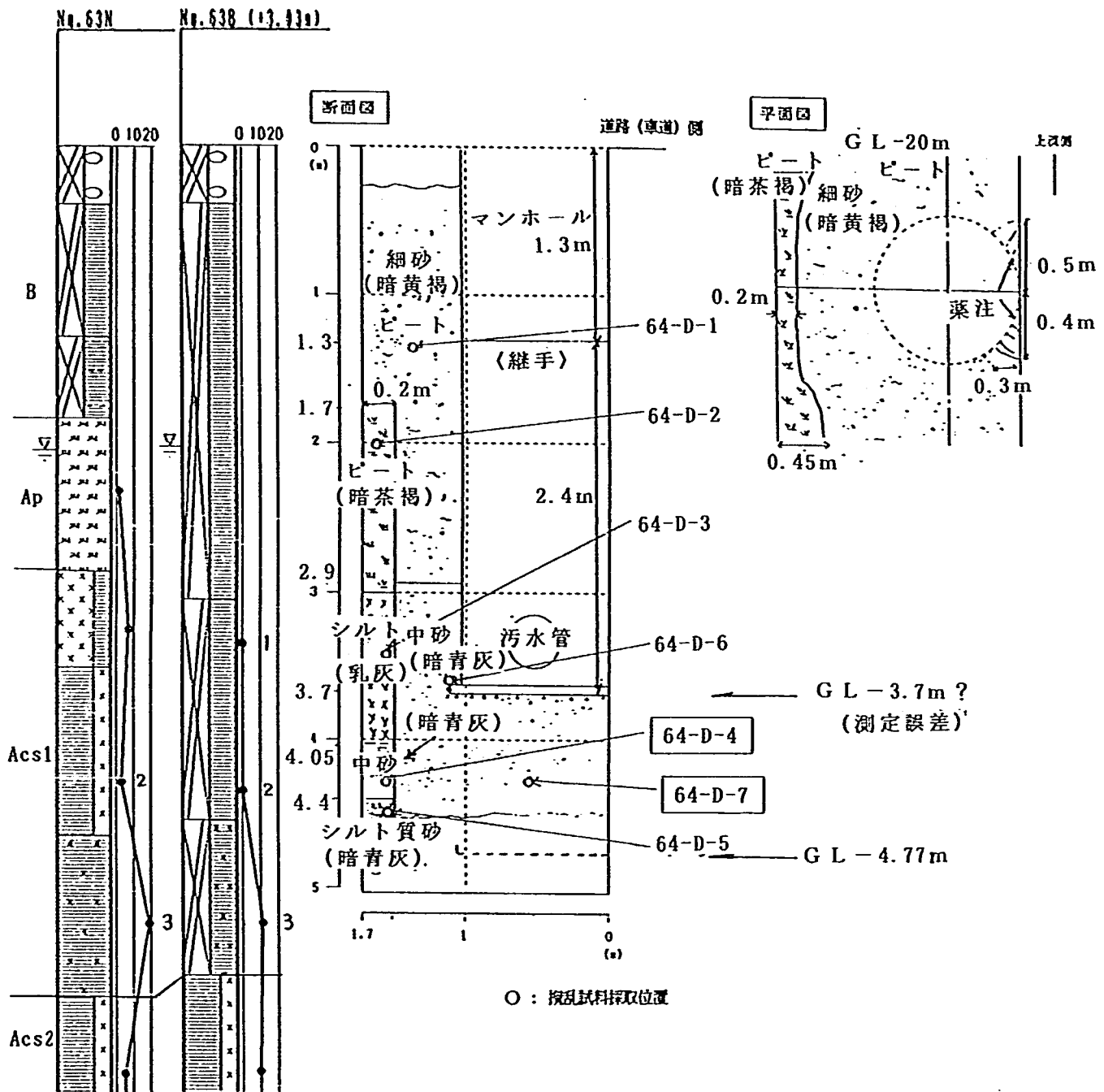
2.15	1	1																				
2.45	30	30																				
3.15	1	1																				
3.58	43	43																				
4.15	5	2	1	2																		
4.45	30	12	8																			
5.15	3	1	1	1																		
5.45	30																					
6.15	8	2	3	3																		
6.45	30																					
7.15	8	2	2	4																		
7.45	30	12	8																			
8.15	28	8	10	10																		
8.45	30																					
9.15	38	9	14	15																		
9.45	30																					
10.15	12	4	4	4																		
10.45	30																					
11.15	12	4	4	4																		
11.45	30																					
12.15	40	14	16	10																		
12.45	30																					
13.15	46	10	14	22																		
13.45	30																					
14.15	49	10	18	21																		
14.45	30																					
15.15	50	16	20	14																		
15.40	25			5																60		

Bor. No. 11N

株式会社東京ソイルリサーチ

卷末資料 2

開削調査結果



地盤沈下量 : 23 cm
 マンホール突出量 : 78 cm
 マンホール浮上がり量 : 55 cm
 底版設置深度(設計) : GL-4.77 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-5.01 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版付近

- ・ GL-2.9mまでは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫やビートが少々混じる。
- ・ GL-2.9~4.4mまでは、暗青灰の中砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ 程度の円礫や軽石が所々に混じり、特にマンホール底版付近に円礫や軽石が集中している。

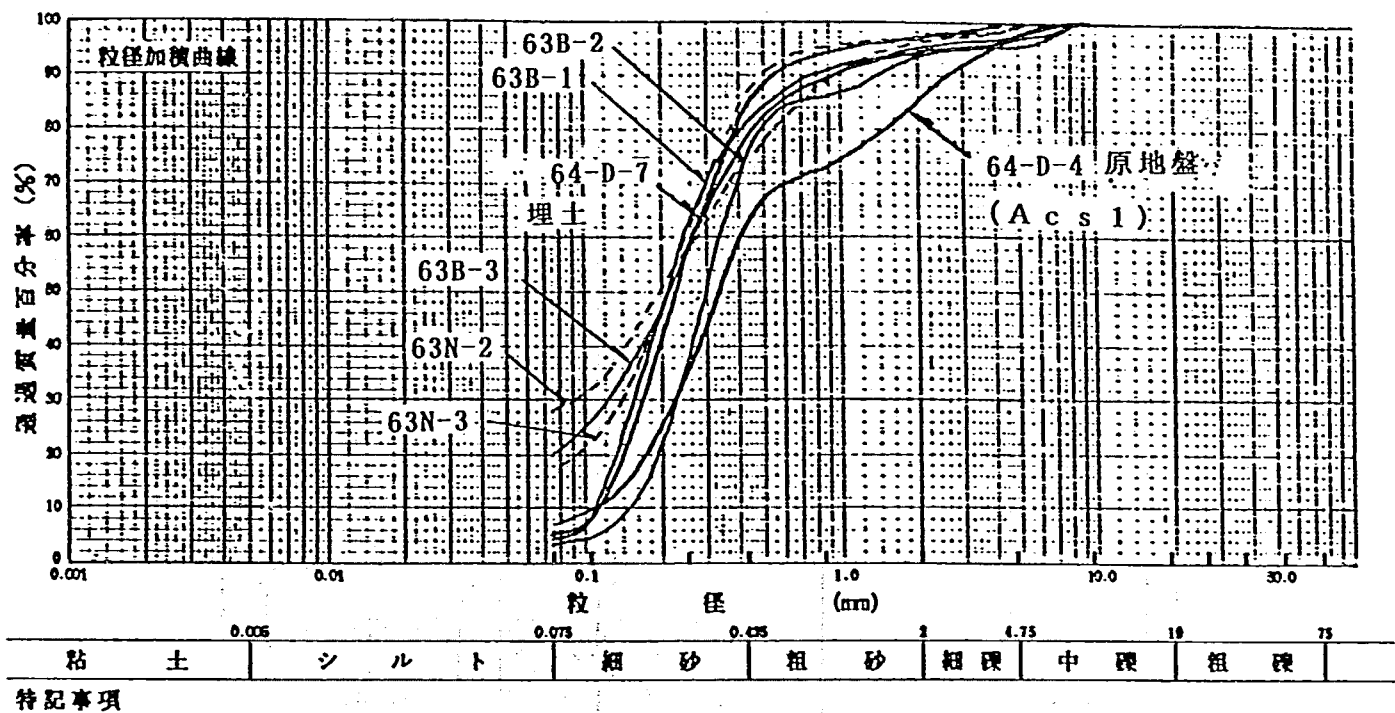
2. その他

- ・ 道路側 GL-2.7mより地下水が流れ込む。
- ・ サンプルングした試料を表に示す。

表 サンプルング試料

試料番号	深度(m)	土質	色	位置
64-D-1	1.3	細砂	暗黄褐	マンホール周辺
64-D-2	2.0	ビート	暗茶褐	原地盤
64-D-3	3.5	シルト	乳灰	原地盤
64-D-4	4.3	中砂	暗青灰	原地盤
64-D-5	4.5	シルト質砂	暗青灰	原地盤
64-D-6	3.6	中砂	暗青灰	マンホール底版付近
64-D-7	4.3	中砂	暗青灰	マンホール底版下

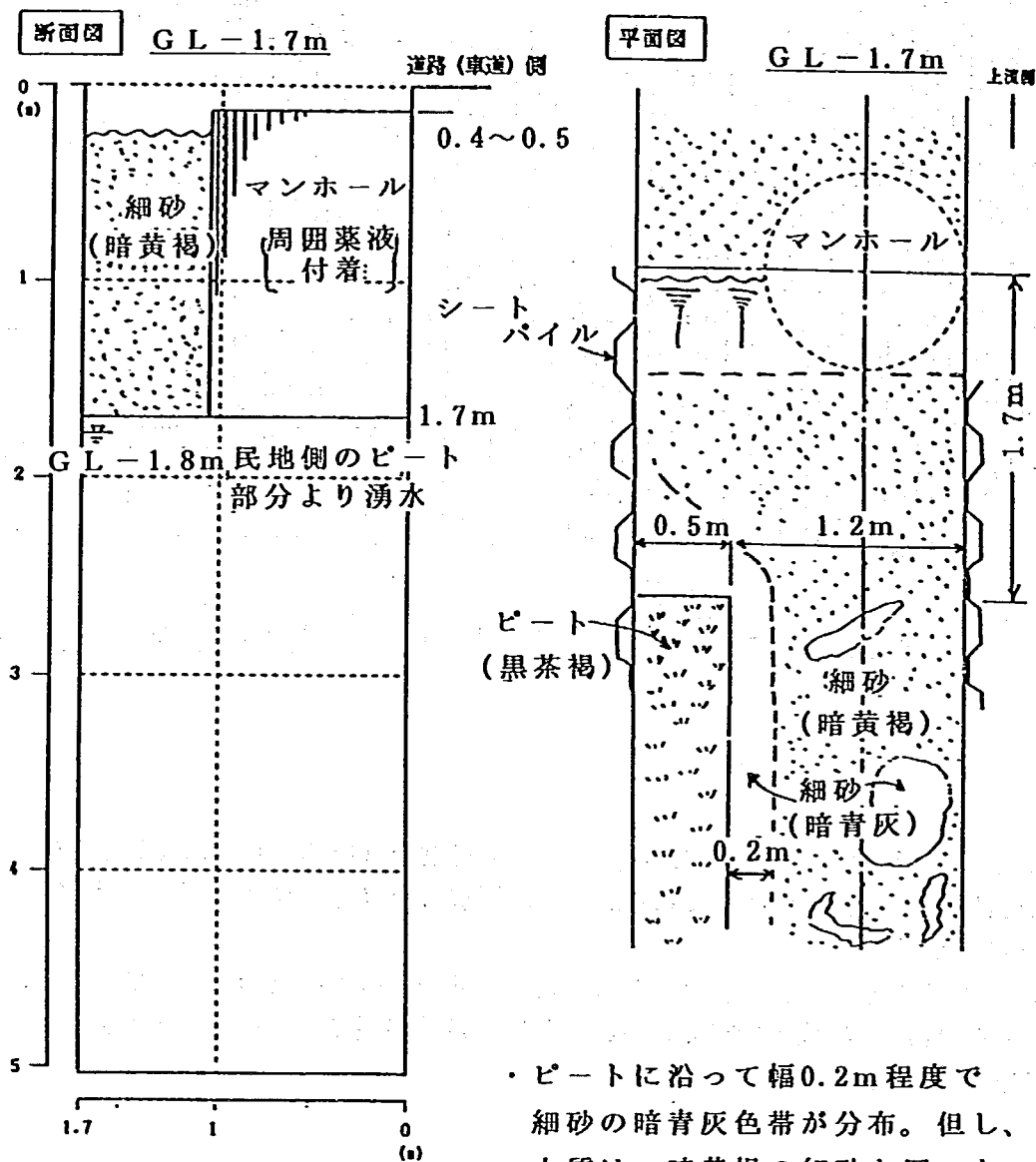
粒度試験結果 (マンホールNo. 64)



No. 64

マンホール底版下の土 (64-D-7) は、側方の原地盤土 (64-D-4) とは異なる。但し、バラツキの多いAcs1層の粒径曲線には含まれる。また、埋戻し土 (B) の粒度にも含まれる。一方、下位のAcs2層とは異なる。

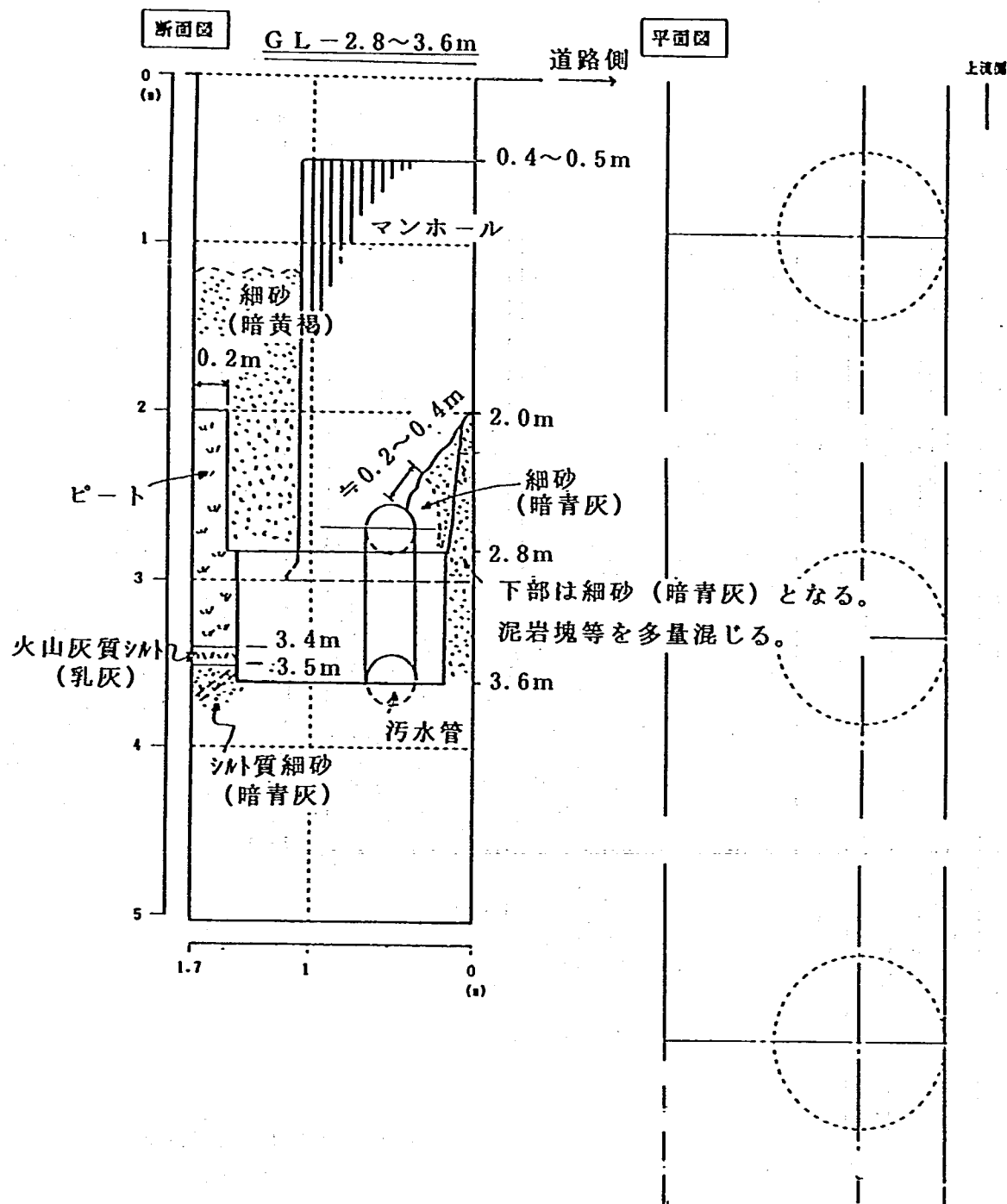
故に、底版下の土は、Acs1層の土とも考えられるが、直近の64-D-4と異なること、更には、No. 63B-1と同様であるが原地盤のNo. 63N-2, -3とは細粒分が異なること等を考慮すると、埋戻し土の可能性が高いと判断される。



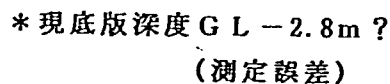
・マンホール周囲の土層に、変化は確認できず。

・ビートに沿って幅0.2m程度で細砂の暗青灰色帯が分布。但し、土質は、暗黄褐の細砂と同一と判断される。両者の境界は明瞭ではなく、漸移的（ぼやけている）。

・埋土（細砂〔暗黄褐〕）面内にも、暗青灰色の細砂が、帯状、ブロック状に分布。両者の境界も漸移的。



- ・ 原地盤部のピート層下位に火山灰質シルト層 (乳灰色) 10cm 厚程度確認。
更にその下位に原地盤のシルト質細砂 (暗青灰) を確認。同層は、埋土部に現れる暗青灰の細砂とは、明らかに異なる土層。
- ・ 埋設管の周囲 0.2 ~ 0.4m 程度は、暗青灰色 (細砂) となる。
- ・ 細砂 (暗青灰) 中に、泥岩塊等混入。(GL - 3m 付近より)
- ・ マンホール、埋設管取付け部 (破損) より汚水流出。



* 井桁基礎の出現深度および、
井桁基礎下の粘性土層（A c）の出現
深度が浅い？
→ 井桁基礎および A c 層の上昇？
または、測定誤差。

1. マンホール底版以下

- ・マンホール底版下 (GL-2.8m) は、全体として暗青灰の細砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が混じる。また、貝殻片も見られた。
- ・GL-3.3~4.3mまでは、暗青灰の中砂で、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。
- ・GL-3.3~4.0mの道路側には、暗青灰の中砂で $\phi 50 \sim 100\text{mm}$ の円礫や軽石が多量に混じる。

2. 井桁付近

- ・井桁付近は、暗青灰の中砂と $\phi 20 \sim 50\text{mm}$ の碎石である。

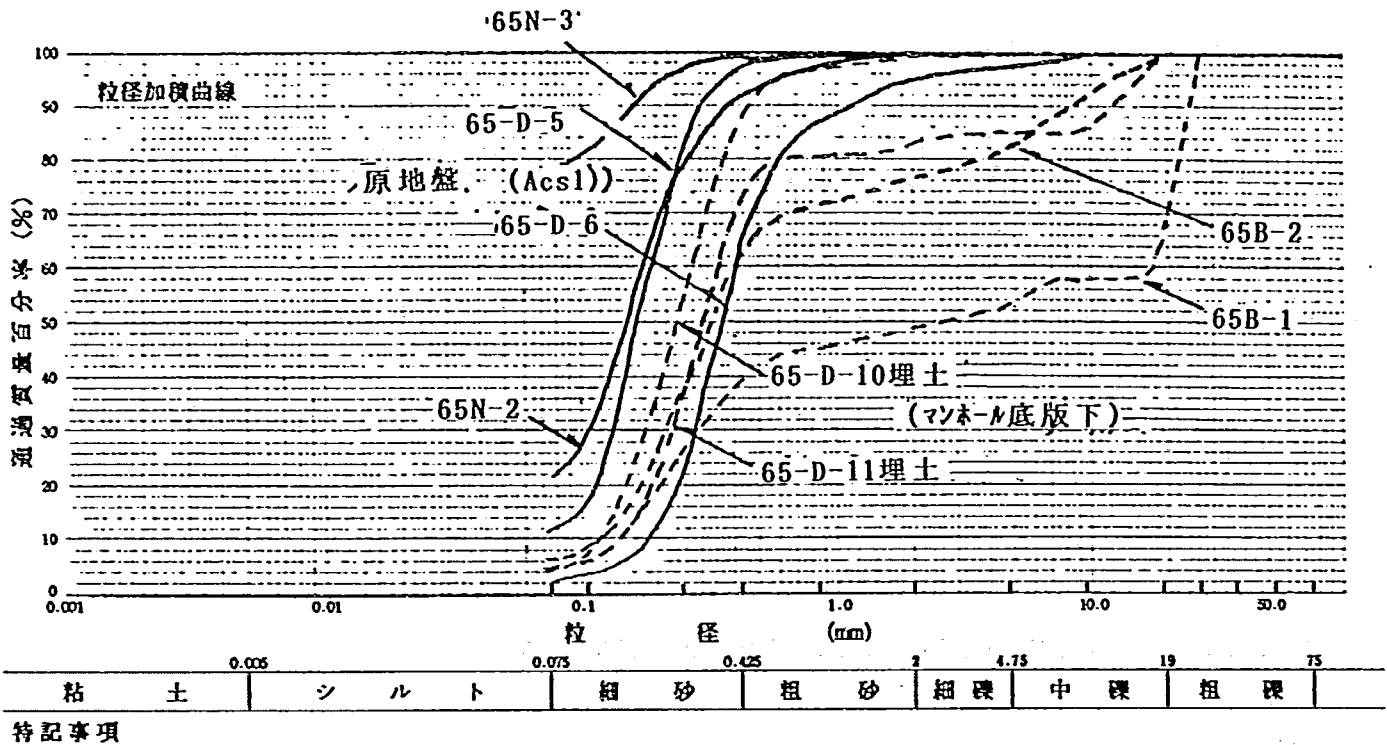
3. その他

- ・サンプリングした試料を表に示す。

表 サンプルング試料

試料番号	深度(m)	土質	色	位置
65-D-1	1.8	細砂	暗黄褐	マンホール周辺
65-D-2	2.8	ヒート	暗茶褐	原地盤
65-D-3	3.15	シルト	乳灰	原地盤
65-D-4	3.25	シルト質砂	暗青灰	原地盤
○ 65-D-5	3.6	細砂	暗青灰	原地盤
○ 65-D-6	4.3	中砂	暗青灰	原地盤
65-D-7	4.2	軽石	灰	原地盤中
65-D-8	4.5	粘土	暗灰	原地盤
65-D-9	4.8	粘土	暗灰	井桁の下
○ 65-D-10	2.8	細砂	暗青灰	マンホールの真下
○ 65-D-11	4.0	中砂	暗青灰	マンホールの下(道路側)
65-D-12	3.8	円礫	—	マンホールの下(道路側)

粒度試験結果 (マンホールNo. 65)

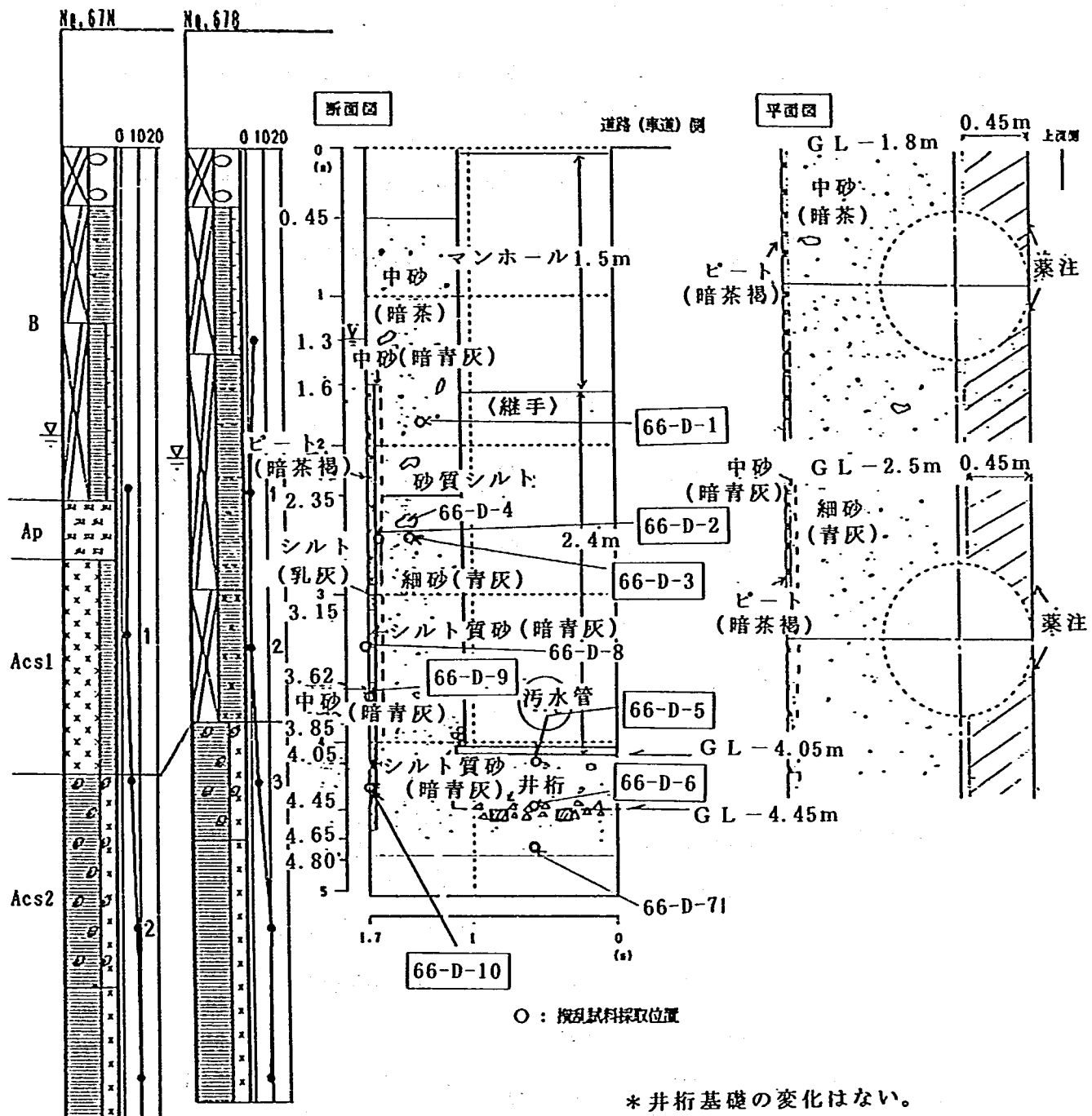


No. 65

マンホール底版下の土 (65-D-10) と埋戻し土 (65-D-11) は、粒度曲線は異なるが、これは (65-D-11) に礫が含まれている為であり、土質としては同一と考えられる。一方、マンホール底版下の土 (65-D-10) と側方の原地盤土 (65-D-5)、および埋戻し土 (65-D-11) とその側方の原地盤土 (65-D-6) とはそれぞれ比較的類似した粒度曲線を示している。

故に、底版下の土は、その側方のAcs1層の土とも考えられるが、判断は難しい。

なお、原地盤土65-D-6は、細粒分が少なく同一深度のNo. 65N-2とは明らかに異なる。このため、原地盤土のエリアではあるが埋戻し土が逆に流入した可能性も考えられる。



地盤沈下量 : 16 cm
 マンホール突出量 : 44 cm
 マンホール浮上がり量 : 28 cm
 底板設置深度(設計) : GL-4.45 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-4.69 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版

- ・ GL - 0.45 ~ 2.35m までは、暗茶色の中砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫が所々に混じる。
また、 $\phi 50 \sim 100\text{mm}$ の円礫も若干見られる。
- ・ GL - 2.35 ~ 4.65m までは、青灰色の細砂であり、 $\phi 2 \sim 50\text{mm}$ の円礫が所々に混じる。
- ・ マンホール底版上には、 $\phi 50 \sim 100\text{mm}$ の碎石が多量に見られた。

2. その他

- ・ GL - 1.3m 民地帯側の原地盤より湧水が見られる。
- ・ GL - 1.6 ~ 4.45m まで、原地盤に沿って層厚 2 ~ 3cm の中砂が分布していた。
- ・ 図 - 1 に密度およびブロックサンプリング位置を示す。
- ・ サンプリングした試料を表に示す。

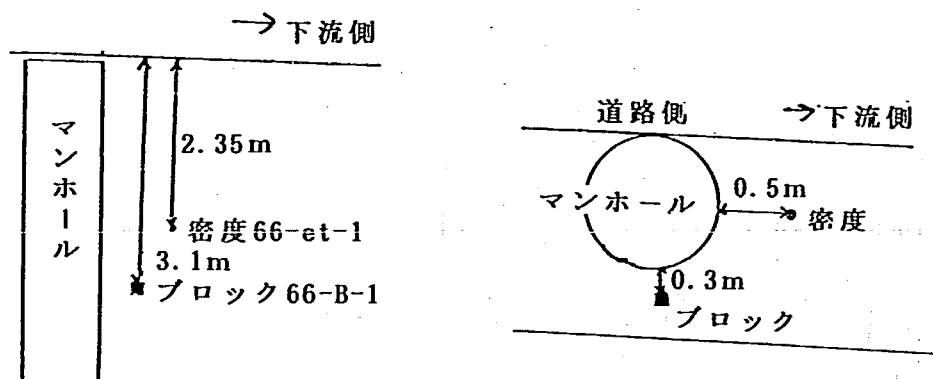
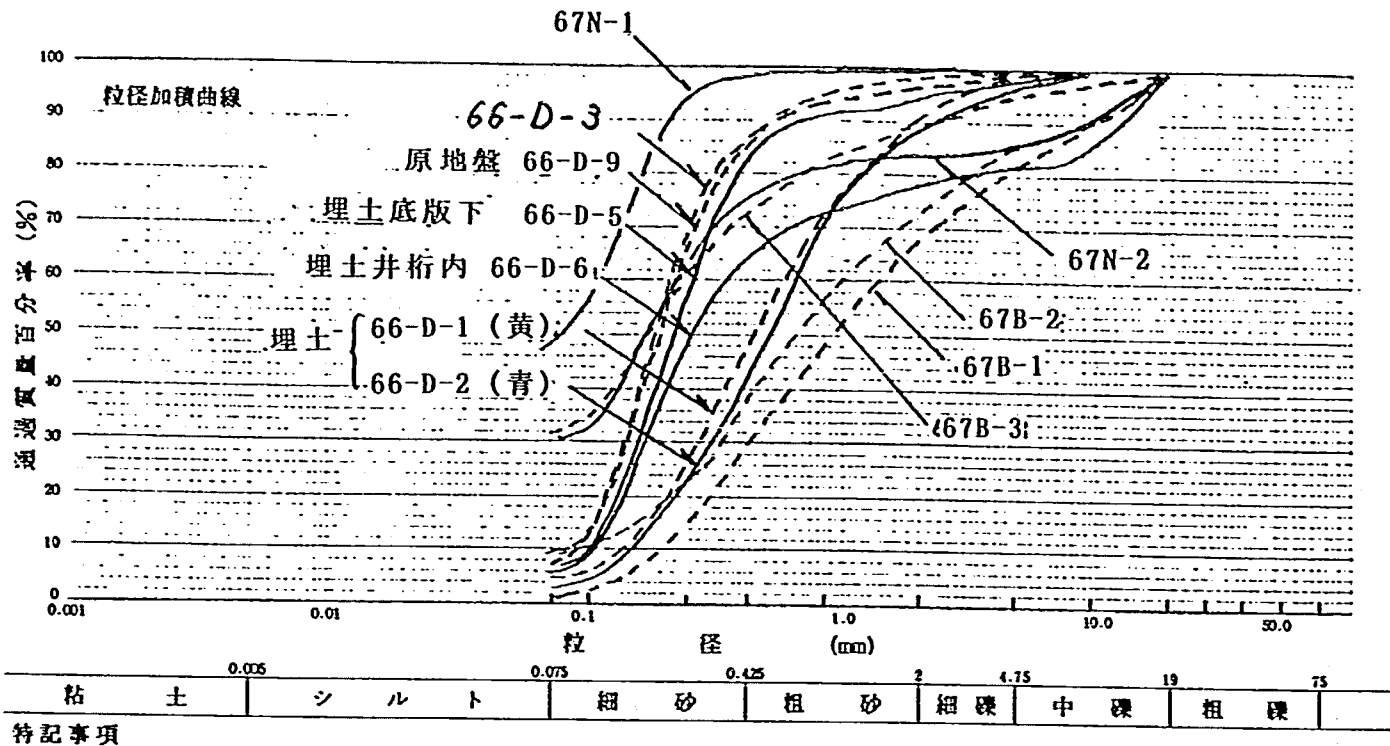


図 - 1 密度およびブロックサンプリング位置

表 サンプリング試料

	試料番号	深度 (m)	土 質	色	位 置
○	66-D-1	1.8	中 砂	暗 茶	マンホール周辺
○	66-D-2	2.5	中 砂	暗青灰	原地盤に接触
○	66-D-3	2.5	細 砂	青 灰	マンホール周辺
	66-D-4	2.5	砂質シルト	暗青灰	マンホール周辺
○	66-D-5	4.05	細 砂	青 灰	マンホールの真下
○	66-D-6	4.45	細 砂	青 灰	井桁付近
	66-D-7	4.8	シルト質砂	暗青灰	井桁の下
	66-D-8	3.3	シルト質砂	暗青灰	原地盤
○	66-D-9	3.7	中 砂	暗青灰	原地盤
○	66-D-10	4.3	シルト質砂	暗青灰	原地盤

粒度試験結果 (マンホールNo. 66)

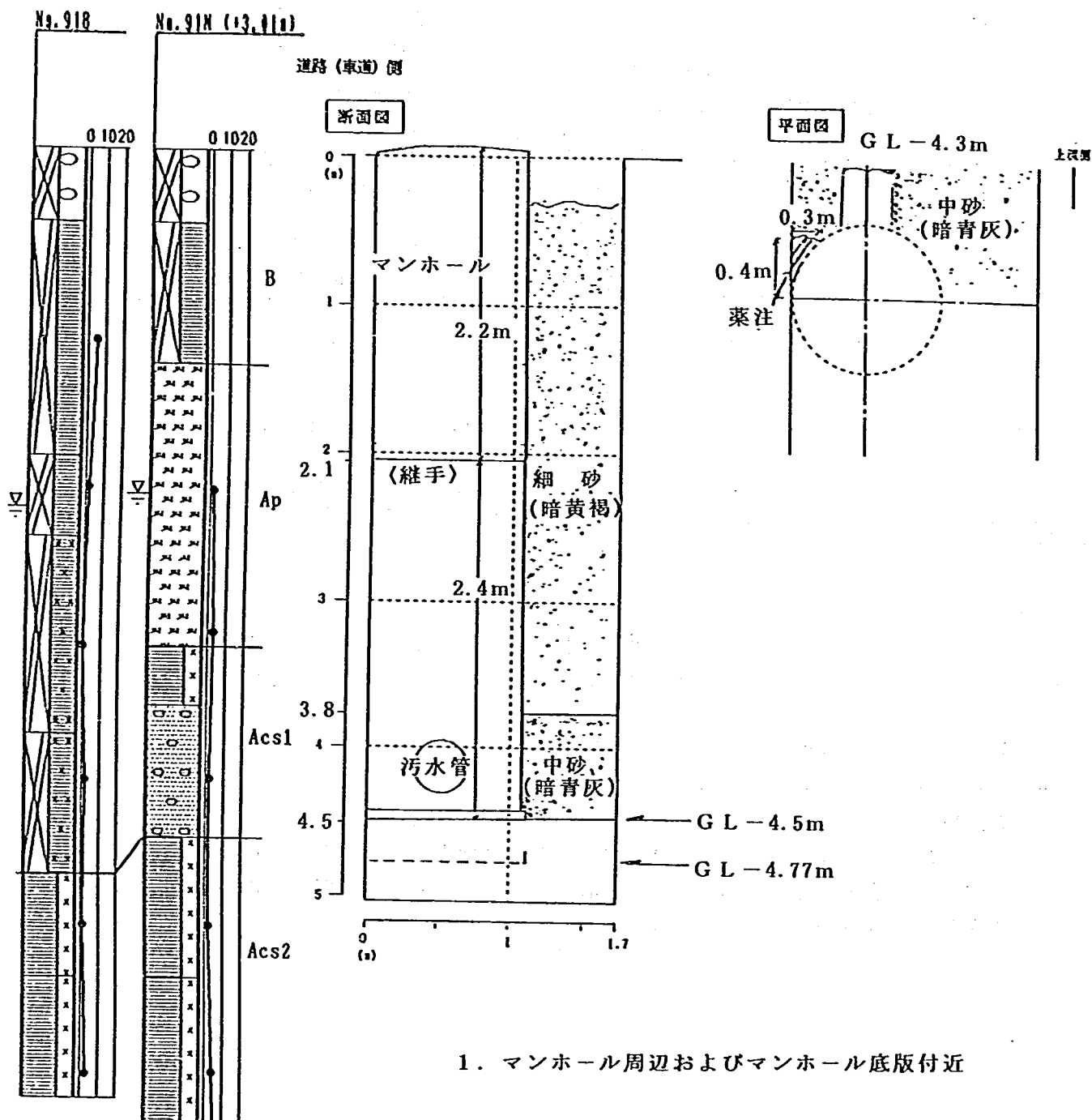


No. 66

埋戻し土 (66-D-3) , マンホール底版下の土 (66-D-5) および側方の原地盤土 (66-D-9) は、同一の土質と考えられる。これより、マンホール下には側方のAcs1層が流入した可能性が考えられる。

なお、埋戻し土で暗褐色系 (66-D-1) と青灰系 (66-D-2) の土が存在しているが、粒度的には同一の土質であり、色調の相違のみと考えられる。

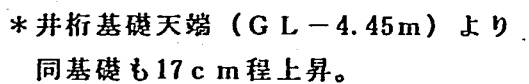
一方、貫入試験試料による粒度と比較すると、67N-1は細粒分が多く明らかに他の土と異なる。また、67N-2と67B-3は同一曲線であり、連続した原地盤土であることが判る。そして、その他の土は全て礫分の混入量の違いのみであると判断される。これより、原地盤のエリアの土に埋戻し土が流入して混ざり合っている可能性が考えられる。



1. マンホール周辺およびマンホール底版付近

地盤沈下量 : 9 cm
 マンホール突出量 : 12 cm
 マンホール浮上がり量 : 3 cm
 底版設置深度(設計) : GL-4.77 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-5.01 m

- ・ GL-3.8mまでは、暗黄褐の細砂であり、所々にφ2~20mmの円礫が混じる。
- ・ GL-3.8~4.5mまでは、暗青灰の中砂であり、φ2~20mmの円礫が所々に混じる。
- ・ マンホール底版付近と污水管底付近上はφ2~20mmの円礫や軽石が多量に混じる。
- ・ マンホールは撤去せず。



— 179 —

1. マンホール周辺

- ・ GL-3.5mまでは暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫が少量混じる。
- ・ GL-3.5～4.45mまでは、暗青灰の中砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。

2. 井桁付近

- ・ 井桁付近は、 $\phi 10 \sim 50\text{mm}$ 程度の碎石と暗青灰の中砂である。
- ・ 井桁以深10cm程度は、暗青灰の中砂である。

3. 密度とブロックサンプリングおよびサンプリングした試料

- ・ 密度（コアカッター法）とブロックサンプリング位置を図-1に示す。
- ・ サンプリングした試料を表に示す。

4. その他

- ・ 道路側 GL-3.5mより地下水が流れ込む。

表 サンプリング試料

試料番号	深度 (m)	土 質	色	位 置
92-D-1	1.3	細 砂	暗黄褐	マンホール周辺
92-D-2	2.5	ビート	暗茶褐	原地盤
92-D-3	3.5	シルト	乳 灰	原地盤
○ 92-D-4	4.1	中 砂	暗青灰	原地盤
○ 92-D-5	3.8	中 砂	暗青灰	マンホール周辺
○ 92-D-6	4.1	中 砂	暗青灰	マンホール底版下
92-D-7	4.55	中 砂	暗青灰	井桁の下
92-et-1	2.2	中 砂	暗青灰	図-1 参照
92-B-1	2.6	中 砂	暗青灰	図-1 参照

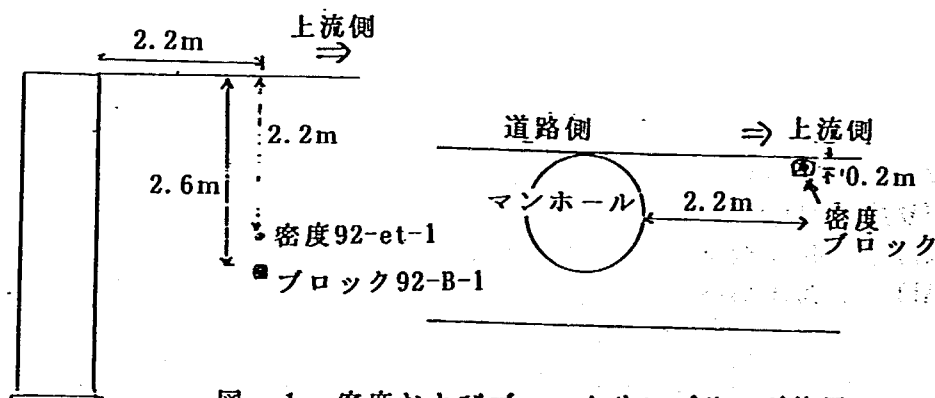
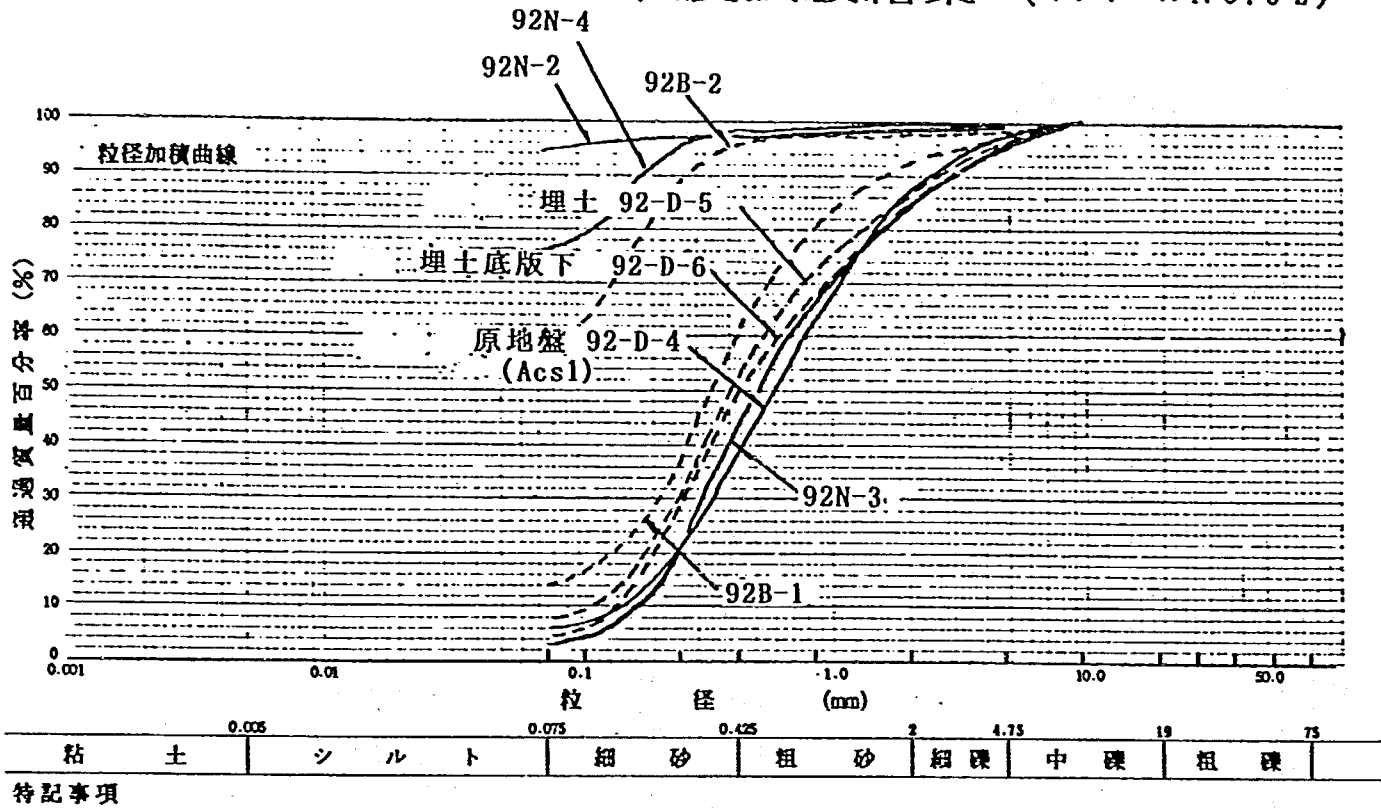


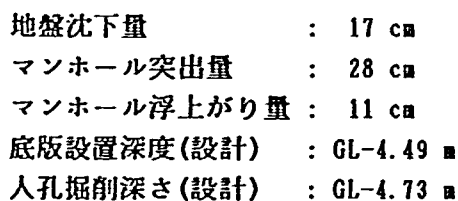
図-1 密度およびブロックサンプリング位置

粒度試験結果 (マンホールNo.92)



No. 92

埋戻し土 (92-D-5), マンホール底版下の土 (92-D-6) およびNo. 92B-1と, 側方の原地盤土 (92-D-4), No. 92N-3とは, 粒径曲線が類似しており, 同一の土質と考えられる。これより, マンホール下には側方のAcs1層が流入した可能性が考えられる。



1. マンホール周辺およびマンホール底版付近

- ・ GL-2.85mまでは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫、 $\phi 100\text{mm}$ 以上の円礫やビートが少量混じる。
- ・ GL-2.85~3.25mまでは、暗黄褐の細砂と暗青灰の細砂で、両者の境界は明瞭でなく、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫が所々に混じる。
- ・ GL-3.25~4.23m (マンホール底版下も含む) は、暗青灰の中砂であり、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。

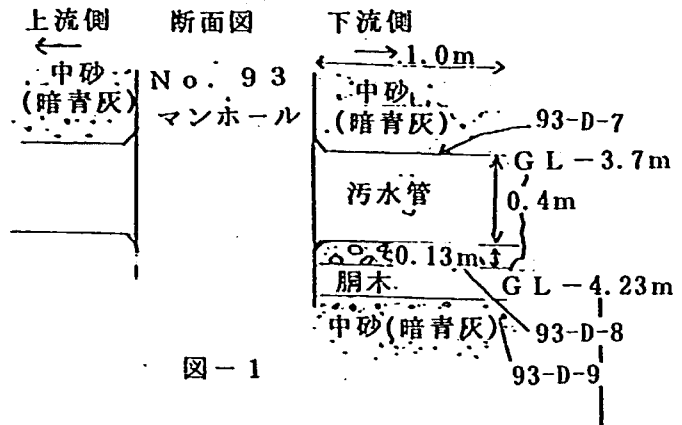


図-1

2. 井桁および胴木付近

- ・ 井桁の真下は、暗青灰の中砂であり、所々に $\phi 2\sim 20\text{mm}$ 程度の円礫や軽石が混じる。さらに中砂の下は、暗青灰のシルトであり、境界は不明瞭である。
- ・ NO. 93 から下流側1m以内の汚水管と胴木を図-1に示す。汚水管と胴木の間は $\phi 10\sim 50\text{mm}$ の碎石と暗青灰の中砂で、汚水管上部は暗青灰の中砂である。また、胴木の真下も暗青灰の中砂であり、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。
- ・ NO. 93 から下流側7m付近の胴木の下土質を図-3に示す。

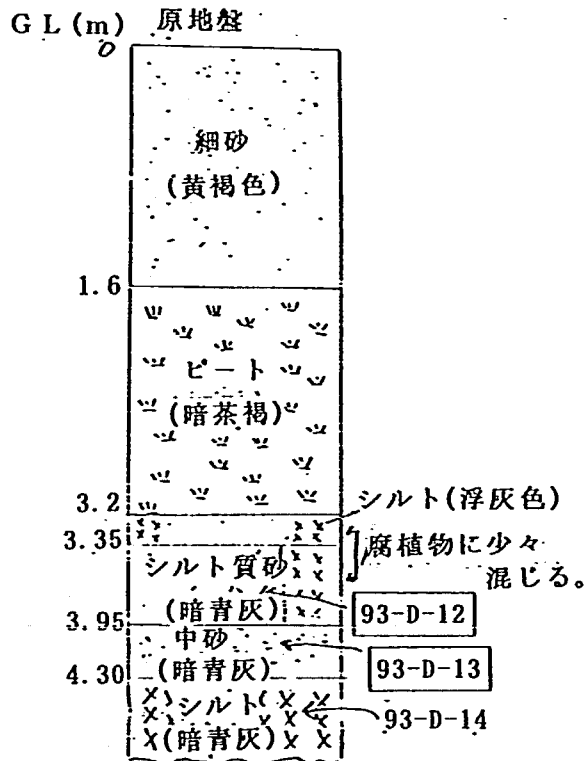


図-2 NO. 93より下流川0.7m付近に見られた原地盤

3. その他

- ・ NO. 93 マンホールより下流側0.7m付近に見られた原地盤を図-2に示す。
- ・ 道路側GL-3.8mより地下水が流れ込む。
- ・ サンプルした試料を表に示す。
- ・ マンホール底版より45~50cm上部に幅1~5mmのクラックが入っていた。(図-4参照)

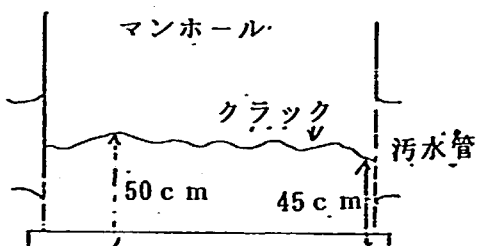


図-4 マンホールのクラック位置

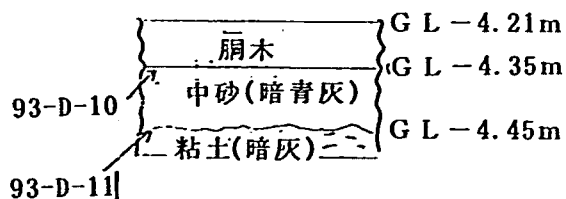
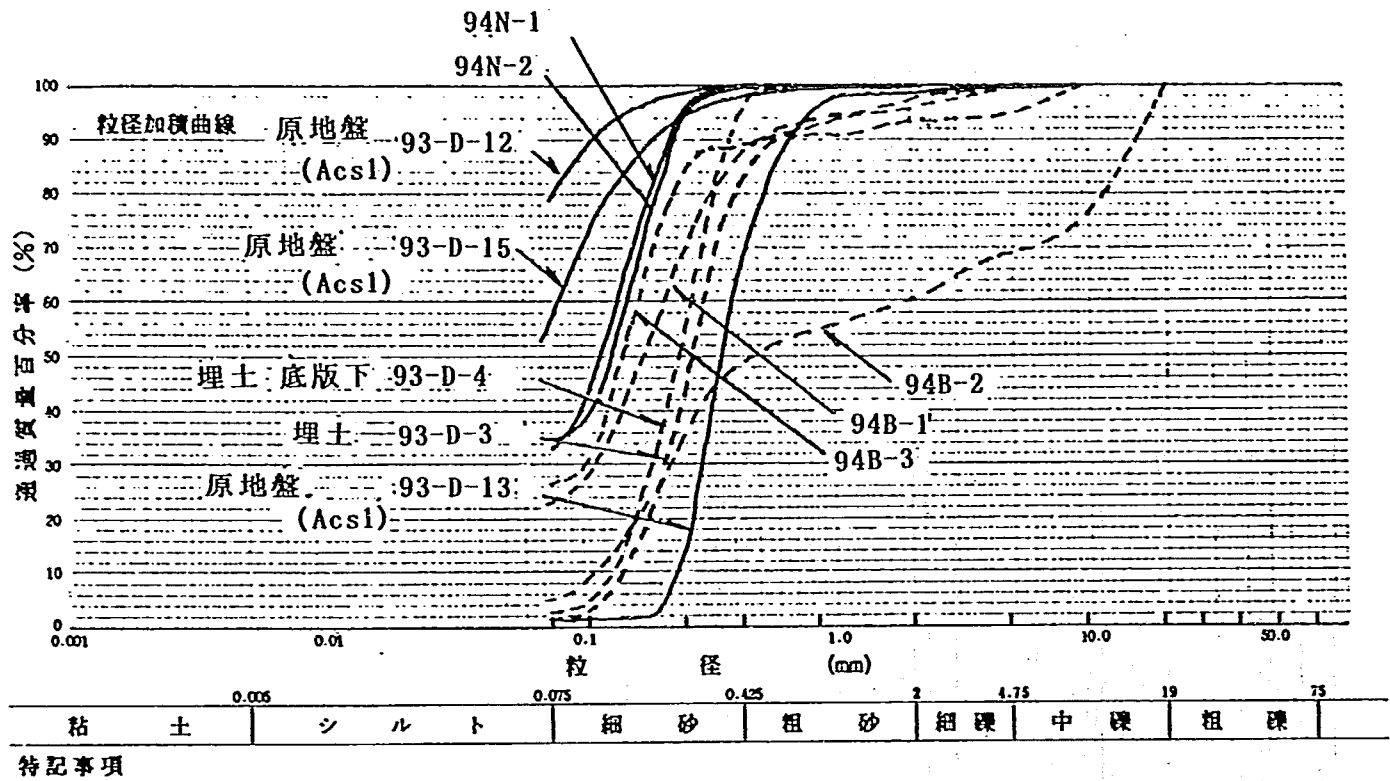


図-3 NO. 93より下流側7m付近

表 サンプルング試料

試料番号	深度(m)	土 質	色	位 置
93-D-1	1.85	細 砂	黄褐色	マンホール周辺
93-D-2	2.85	細 砂	黄褐色 暗青灰	マンホール周辺
○ 93-D-3	3.5	中 砂	暗青灰	マンホール周辺
○ 93-D-4	4.23	中 砂	暗青灰	マンホール底版下
93-D-5	4.55	中 砂	暗青灰	井桁の真下
93-D-6	4.6	シルト	暗青灰	井桁の下
93-D-7	3.7	中 砂	暗青灰	汚水管の真上
93-D-8	4.05	中砂(碎石 混じり)	暗青灰	汚水管と胴木の間
93-D-9	4.35	中 砂	暗青灰	胴木の下
93-D-10	4.35	中 砂	暗青灰	胴木の下
93-D-11	4.45	粘 土	暗 灰	胴木の下
○ 93-D-12	3.7	シル質砂	暗青灰	原地盤
○ 93-D-13	4.0	中 砂	暗青灰	原地盤
93-D-14	4.35	シルト	暗青灰	原地盤
○ 93-D-15	4.3	砂質シルト	暗青灰	原地盤

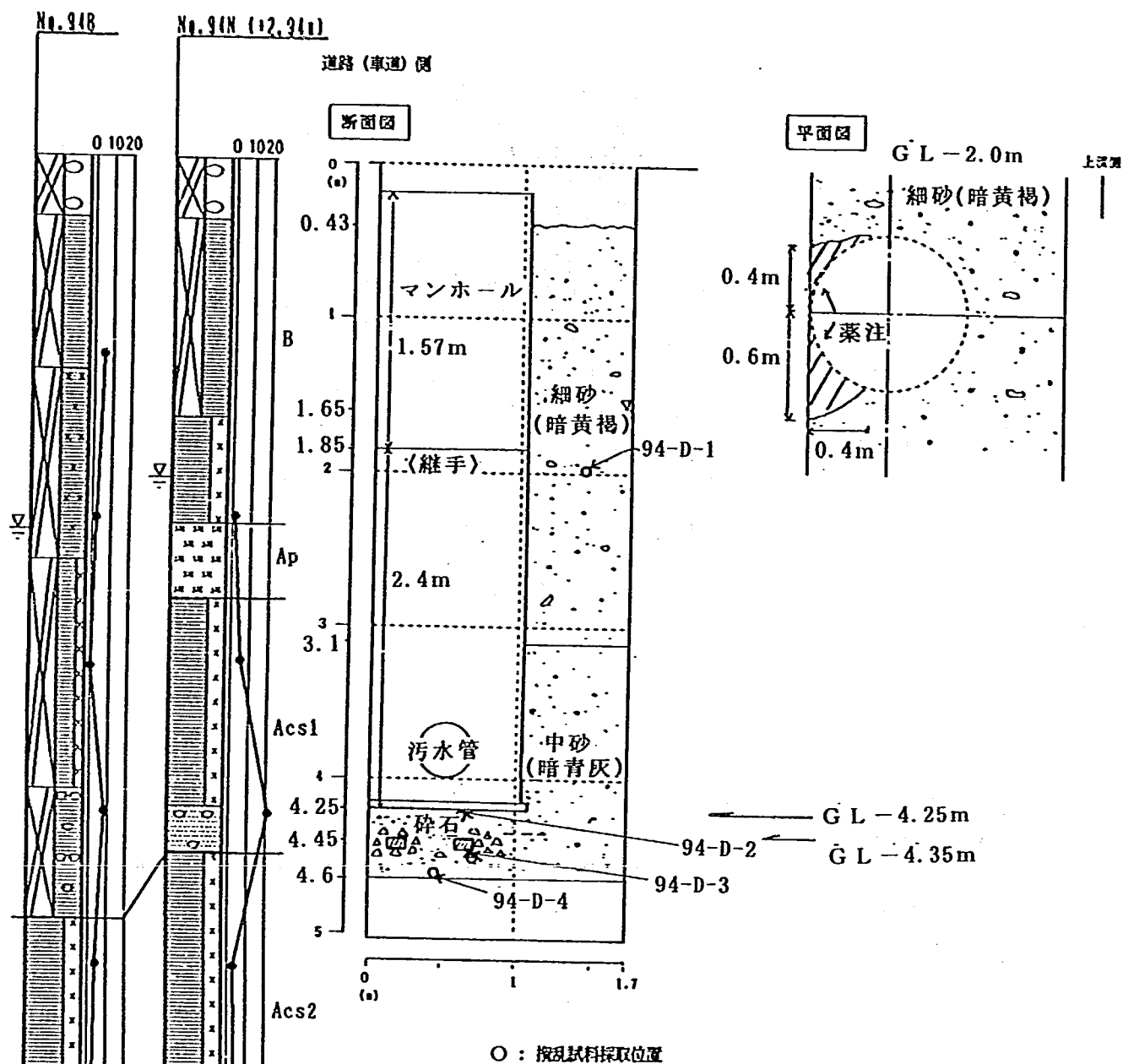
粒度試験結果 (マンホールNo.93)



No. 93

埋戻し土 (93-D-3) とマンホール底版下の土 (93-D-4) とは概ね同様な粒度曲線を示している。一方、原地盤土のNo. 94N-1, -2とは明らかに異なる。これより、マンホール下の土は埋戻し土の可能性の方が高いと考えられる。

但し、埋戻し土No. 94B-1は原地盤土のNo. 94N-1と同様な細粒分を示しており、他の地点の埋土とは傾向が異なる。



* 井桁基礎の天端深度の相違は、
測定誤差または、開削施工時の
移動と判断される。

地盤沈下量 : 5 cm
マンホール突出量 : 13 cm
マンホール浮上がり量 : 8 cm
底板設置深度(設計) : GL-4.35 m
人孔掘削深さ(設計) : GL-4.59 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版付近

- ・ GL-3.1mまでは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2 \sim 50\text{mm}$ の円礫が少量混じる。
- ・ GL-3.1~4.25m (マンホール底版下) は、暗青灰の中砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫が所々に混じる。

2. 井桁および胴木付近

- ・ 井桁付近 (GL-4.25m) は、暗青灰の中砂である。

3. その他

- ・ GL-1.65m、民地帯側に地下水湧水
- ・ GL-4.0m、道路側より地下水が流れ込む。
- ・ NO. 94 マンホールより上流側1.1m付近に見られた原地盤を図-1に示す。
- ・ サンプルした試料を表に示す。
- ・ 図-2にマンホールのクラック位置を示す。なお、クラック幅は、1mm以内である。

表 サンプル試料

試料番号	深度(m)	土質	色	位置
94-D-1	2.0	細砂	暗黄褐	マンホール周辺
94-D-2	4.25	中砂	暗青灰	マンホール底版真下
94-D-3	4.5	中砂	暗青灰	井桁の下
94-D-4	4.6	中砂	暗青灰	井桁の下
94-D-5	1.4	砂質シルト	暗青灰	原地盤
94-D-6	3.1	シルト	暗青灰	原地盤
94-D-7	3.5	中砂	暗青灰	原地盤
94-D-8	4.1	シルト	暗青灰	原地盤

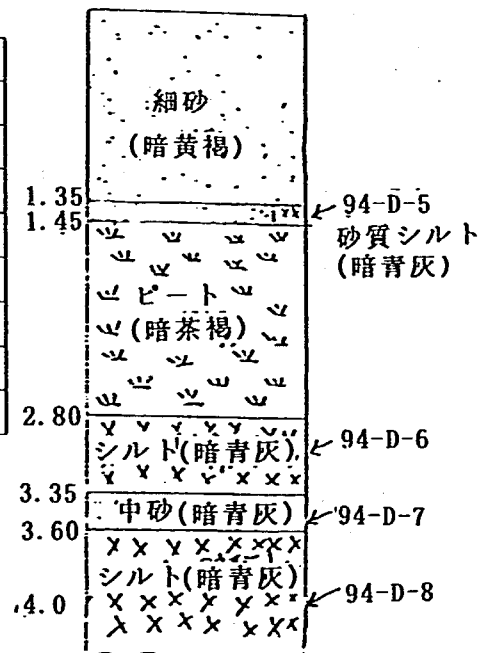


図-1 NO. 94より上流側1.1m付近に見られた原地盤

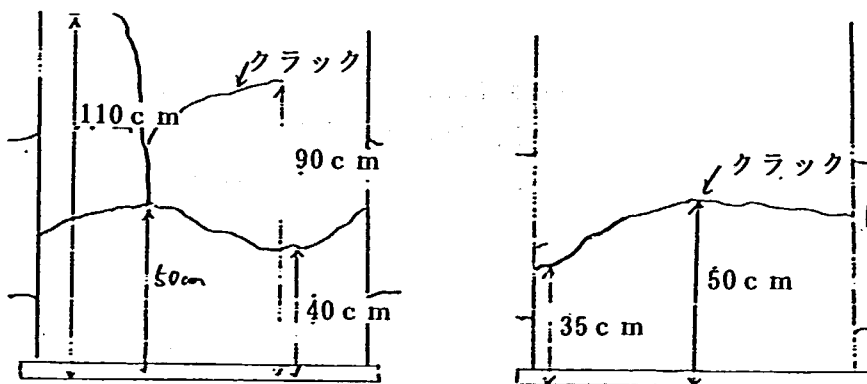
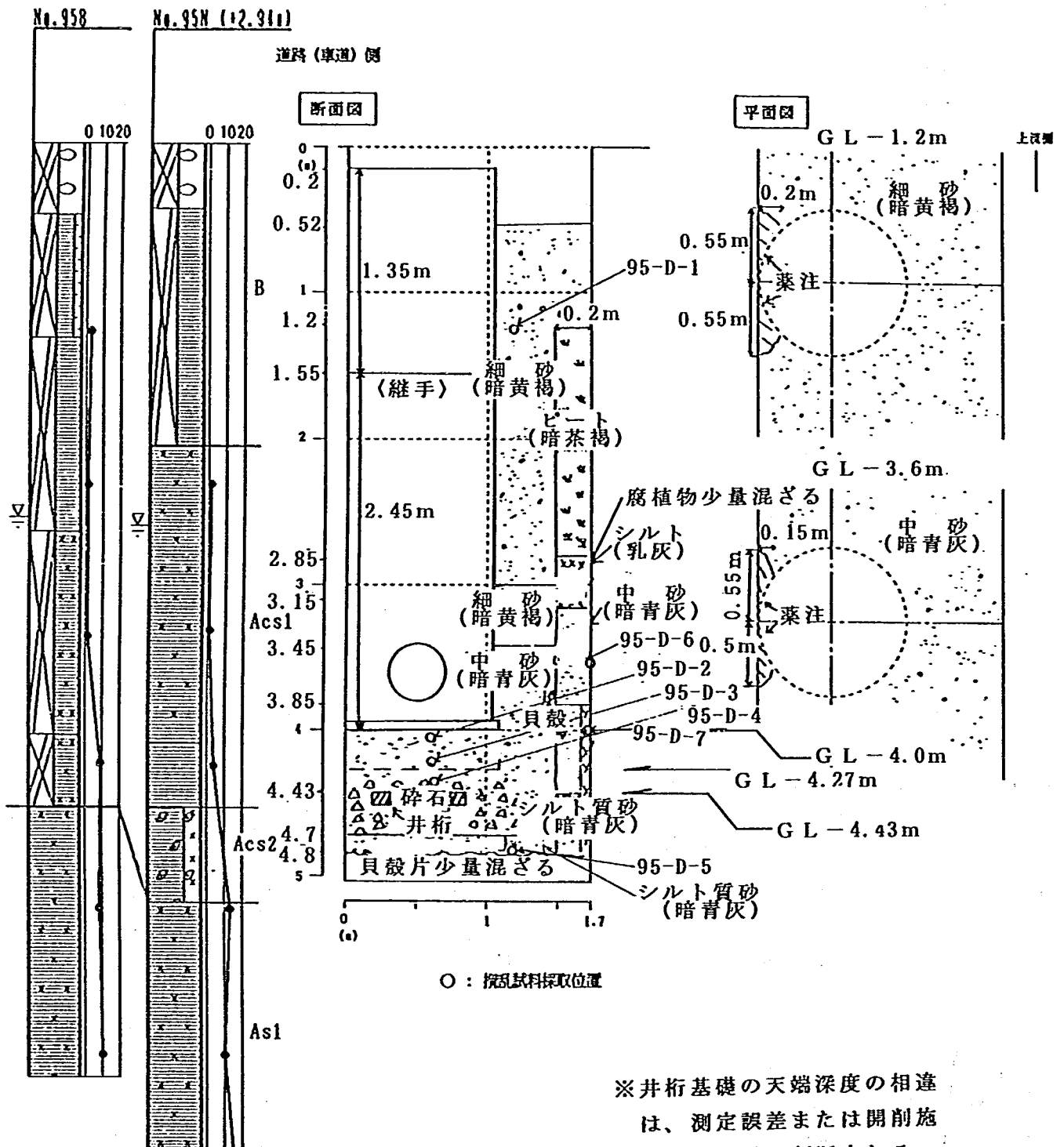


図-2 マンホールのクラック位置



地盤沈下量 : 8 cm

マンホール突出量 : 30 cm

マンホール浮上がり量 : 22 cm

底版設置深度(設計) : GL-4.27 m

人孔掘削深さ(設計) : GL-4.51 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版付近

- ・ GL-0.52~3.0mまでは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫が所々混じる。
- ・ GL-3.0~3.45mまでは、暗黄褐、暗青灰の細砂であり、その境界は明瞭でなく、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。
- ・ GL-3.45~4.43mまでは、暗青灰の中砂であり、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。また、貝殻片も少量見られた。

2. 井桁付近

- ・ GL-4.43~4.7mまでは、暗青灰の中砂である、井桁付近には、 $\phi 50\sim 100\text{mm}$ の軽石が多量に混じる。
- ・ GL-4.7~4.8mまでは、暗青灰のシルト質砂（原地盤）である、貝殻片が少量混じる。

3. No.95マンホールより1.8m下流側における污水管周辺について

- ・ GL-0.52~2.93mまでは、暗黄褐の細砂であり $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫が所々に混じる。
- ・ GL-2.93~3.7mまでは、暗黄褐の暗青灰の細砂であり、その境界は明瞭でなく $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫軽石が所々に混じる。
- ・ GL-3.7~4.3mまでは、暗青灰の中砂であり $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫が所々に混じる。
- ・ 胴木付近には、 $\phi 50\sim 100\text{mm}$ の碎石が多量に混じり、貝殻片も少量混じる。

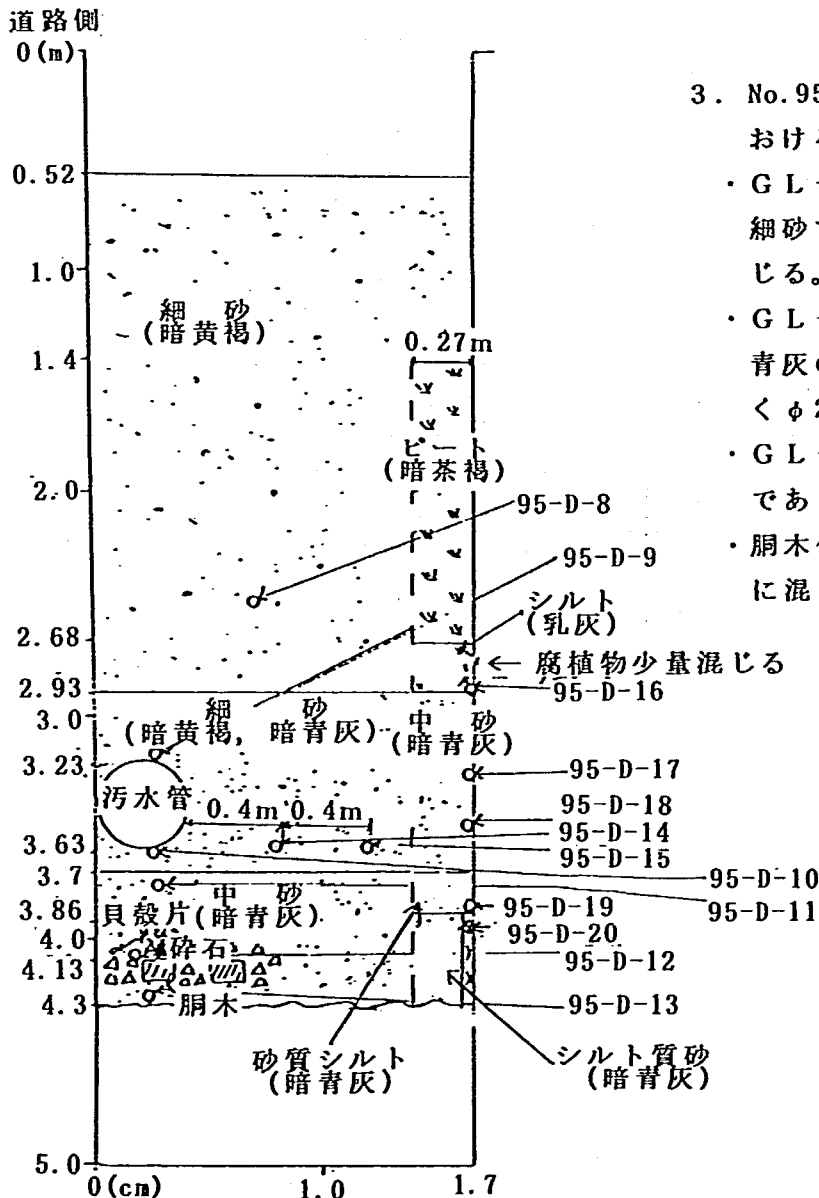
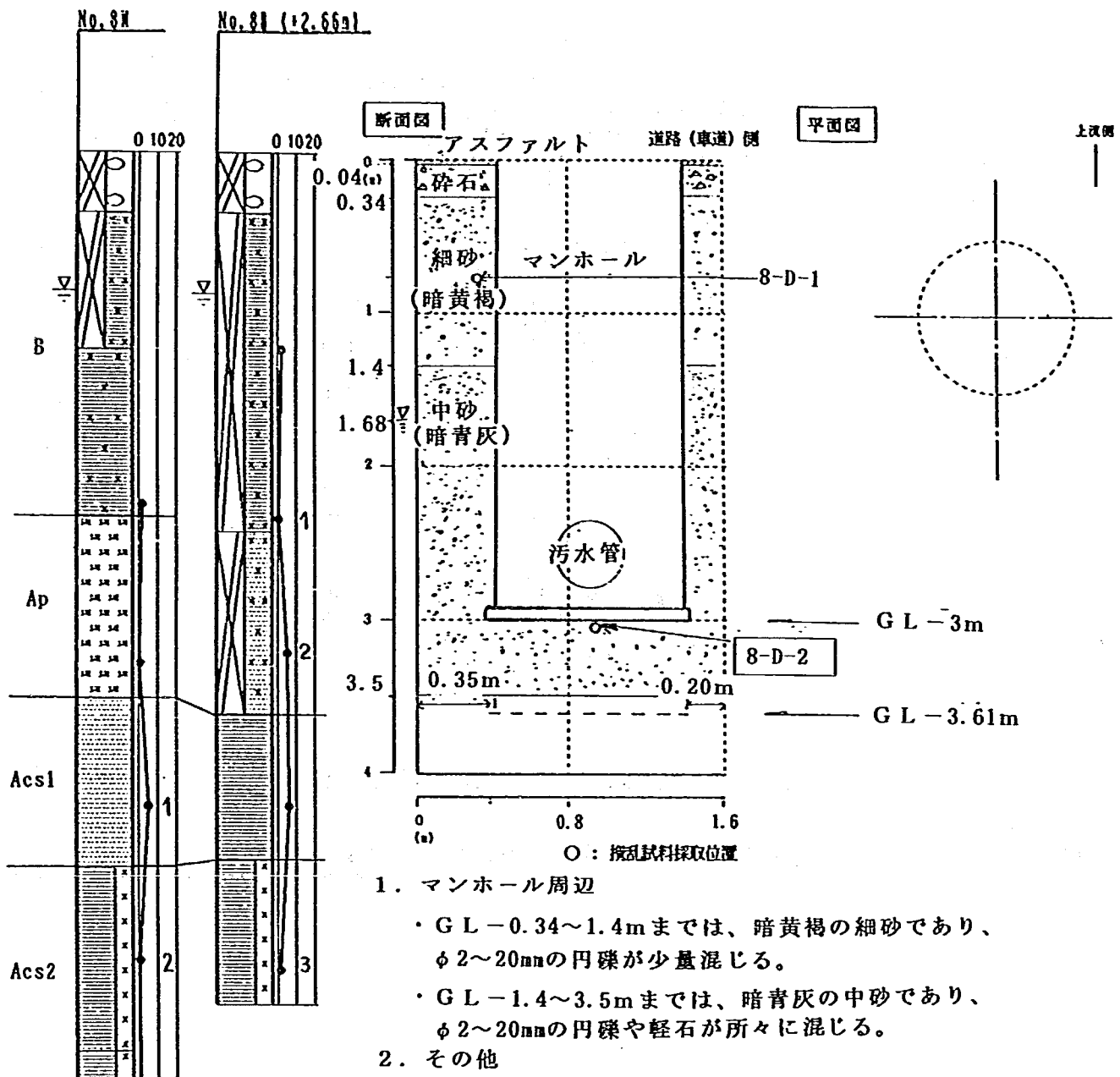


表 - 1 サンプルング試料

試料番号	深度 (m)	土 質	色	位 置
12-D-1	1.2	細 砂	暗黄褐	マンホール周辺
12-D-2	4.0	中 砂	暗青灰	マンホール底版真下
12-D-3	4.2	中 砂	暗青灰	マンホール底版下
12-D-4	4.4	中 砂	暗青灰	マンホール底版下
12-D-5	4.8	シルト質砂	暗青灰	井桁の下
12-D-6	3.5	中 砂	暗青灰	原地盤 (マンホール)
12-D-7	4.0	シルト質砂	暗青灰	原地盤 (マンホール)
12-D-8	2.6	細 砂	暗黄褐	污水管の上
12-D-9	3.23	細 砂	暗青灰	污水管の真上
12-D-10	3.63	細 砂	暗青灰	污水管の真下
12-D-11	3.73	中 砂	暗青灰	污水管の下
12-D-12	4.1	中 砂	暗青灰	胴木の真上
12-D-13	4.25	中 砂	暗青灰	胴木の真下
12-D-14	3.6	細 砂	暗黄褐	污水管の横40cm
12-D-15	3.6	細 砂	暗青灰	污水管の横80cm
12-D-16	2.9	シルト	暗青灰	原地盤 (污水管)
12-D-17	3.4	中 砂	暗青灰	原地盤 (污水管)
12-D-18	3.6	中 砂	暗青灰	原地盤 (污水管)
12-D-19	3.8	砂質シルト	暗青灰	原地盤 (污水管)
12-D-20	3.9	シルト質砂	暗青灰	原地盤 (污水管)

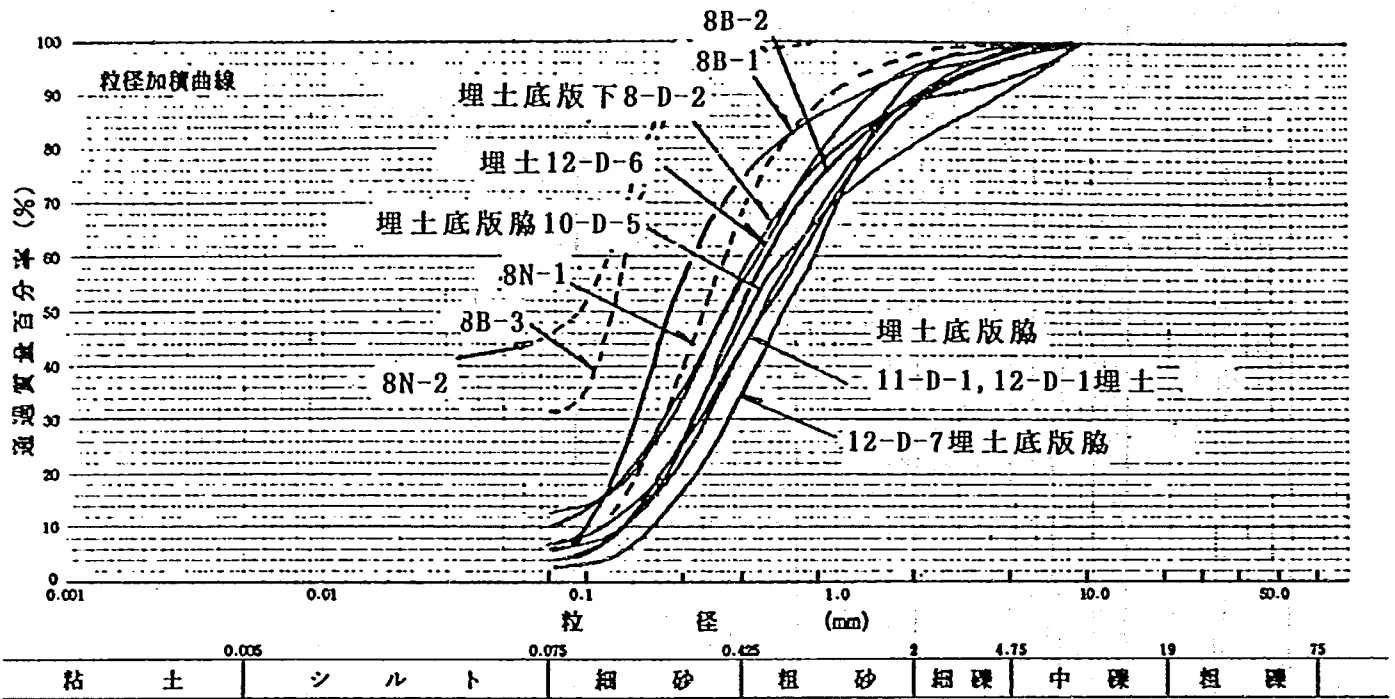


地盤沈下量 : 17 cm
 マンホール突出量 : 53 cm
 マンホール浮上がり量 : 36 cm
 底版設置深度(設計) : GL-3.61 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-3.85 m

表-1 サンプル試料

試料番号	深度(n)	土質	色	位置
8-D-1	0.8	細砂	暗黄褐	マンホール周辺
8-D-2	3.0	中砂	暗青灰	マンホール底版真下

粒度試験結果 (マンホールNo. 8)

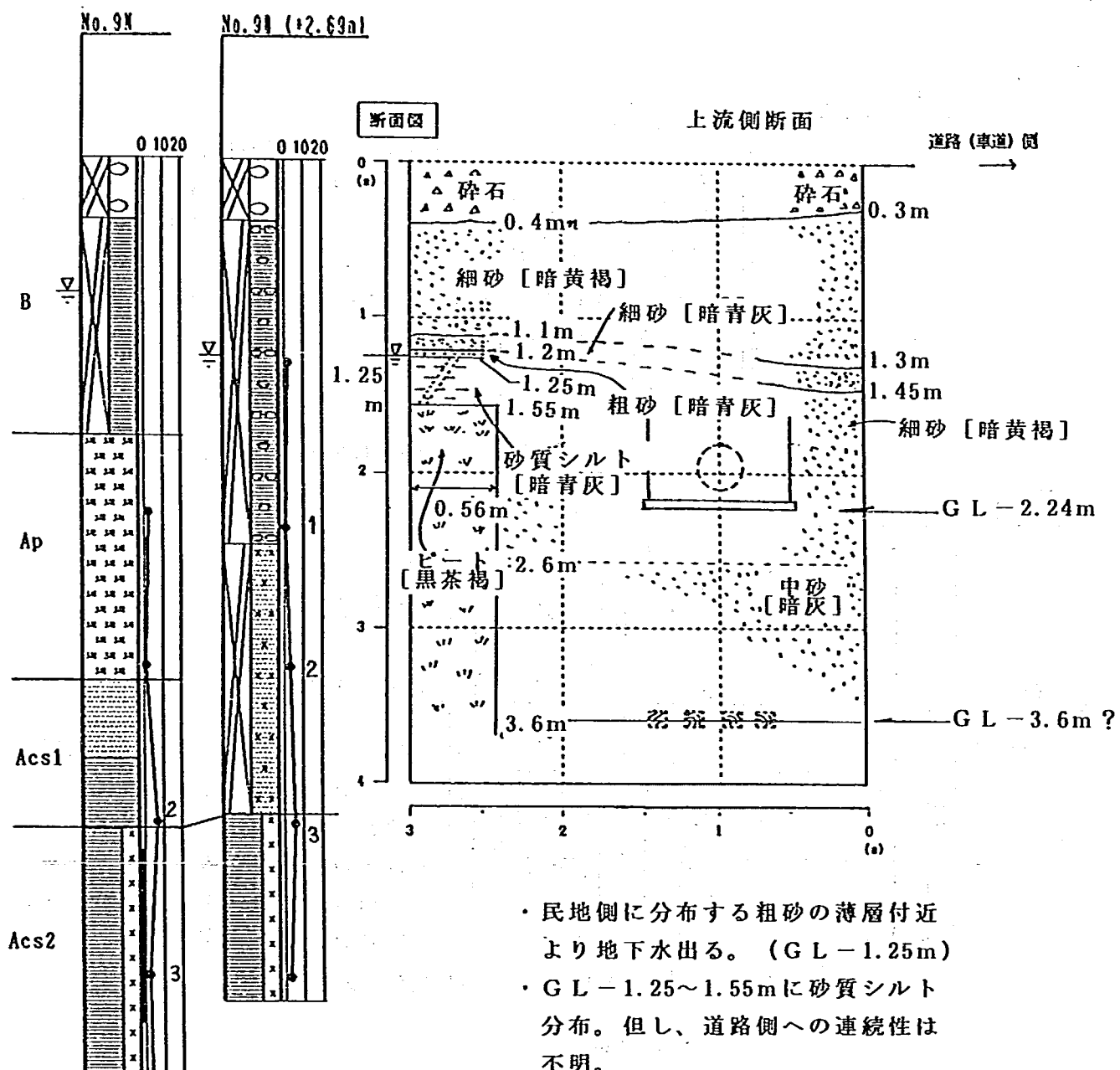


特記事項

No. 8

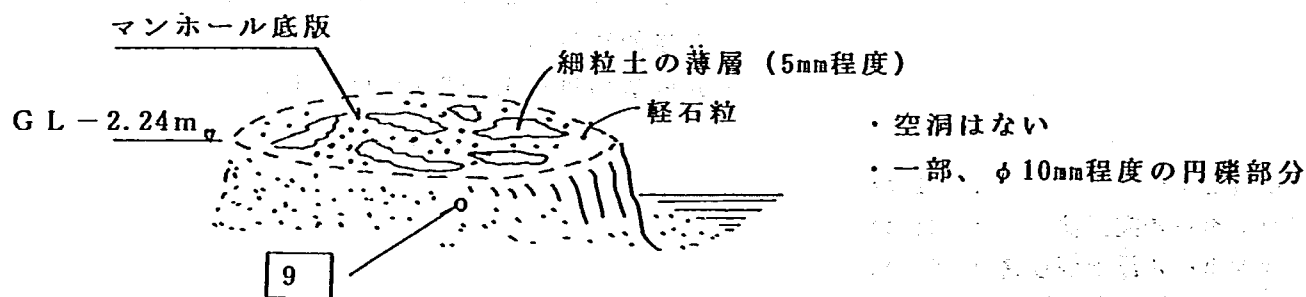
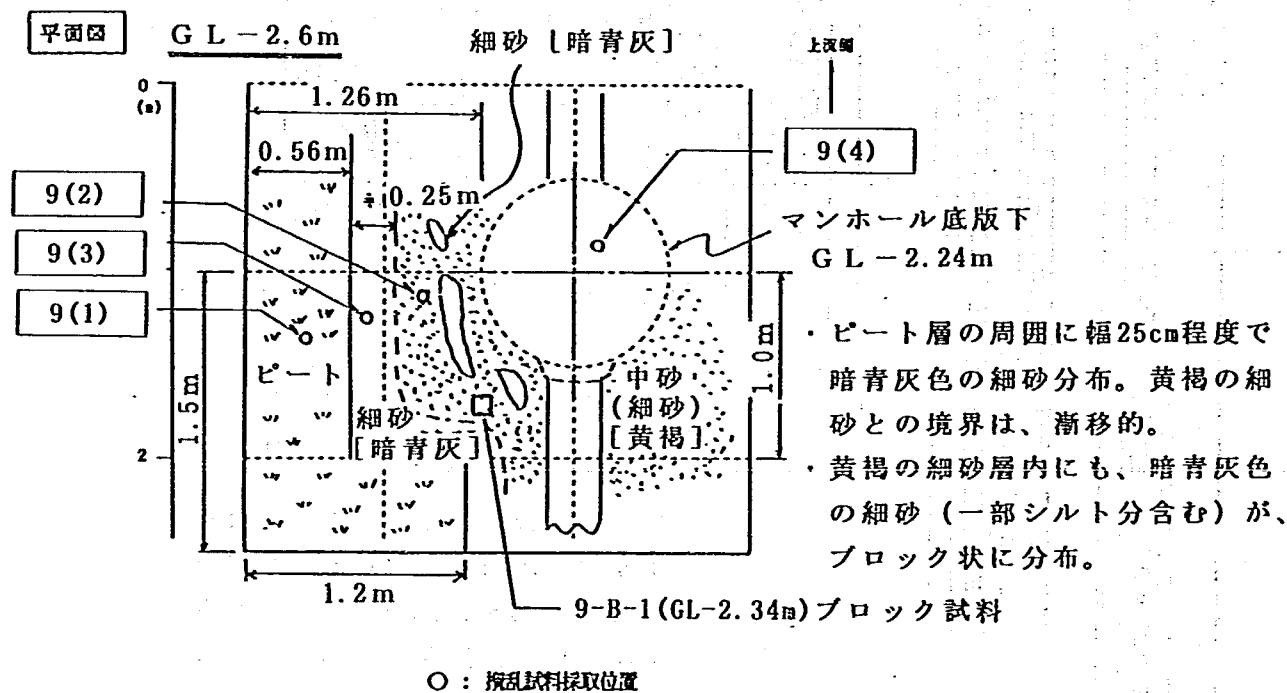
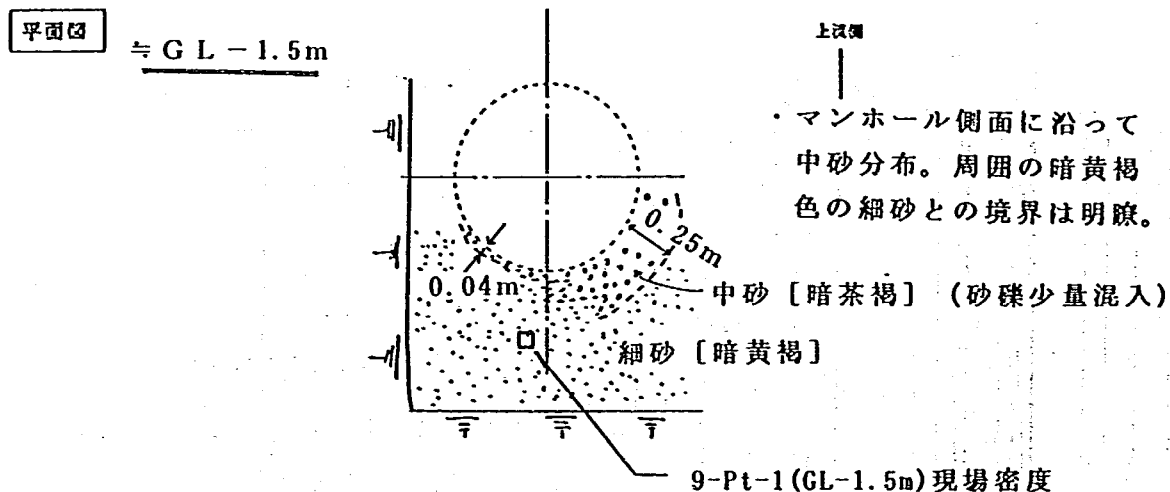
マンホール底版下の土 (8-D-2) は、他のNo. 10, 11, 12地点の埋戻し土と同様な土質である。これより、底版下の土は埋戻し土と判断される。

但し、原地盤土No. 8N-1も細粒分が少なく同様な粒度を示している。



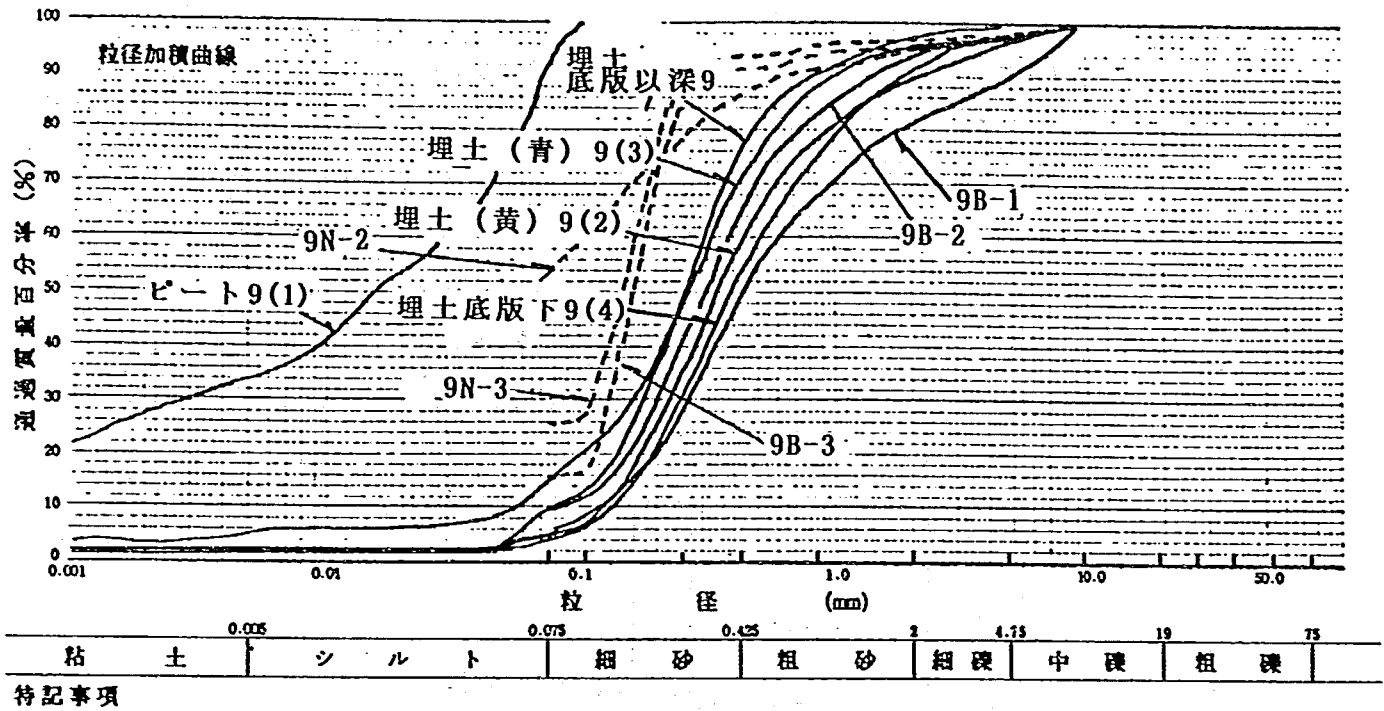
- ・ 民地側に分布する粗砂の薄層付近より地下水出る。(GL-1.25m)
- ・ GL-1.25~1.55mに砂質シルト分布。但し、道路側への連続性は不明。
- ・ 埋土；GL-2.6m付近より中砂に漸移的に変る。
- ・ 井桁基礎はGL-3.6m付近より出現。

地盤沈下量 : 21 cm
 マンホール突出量 : 124 cm
 マンホール浮上がり量 : 103 cm
 底版設置深度(設計) : GL-3.53 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-3.77 m



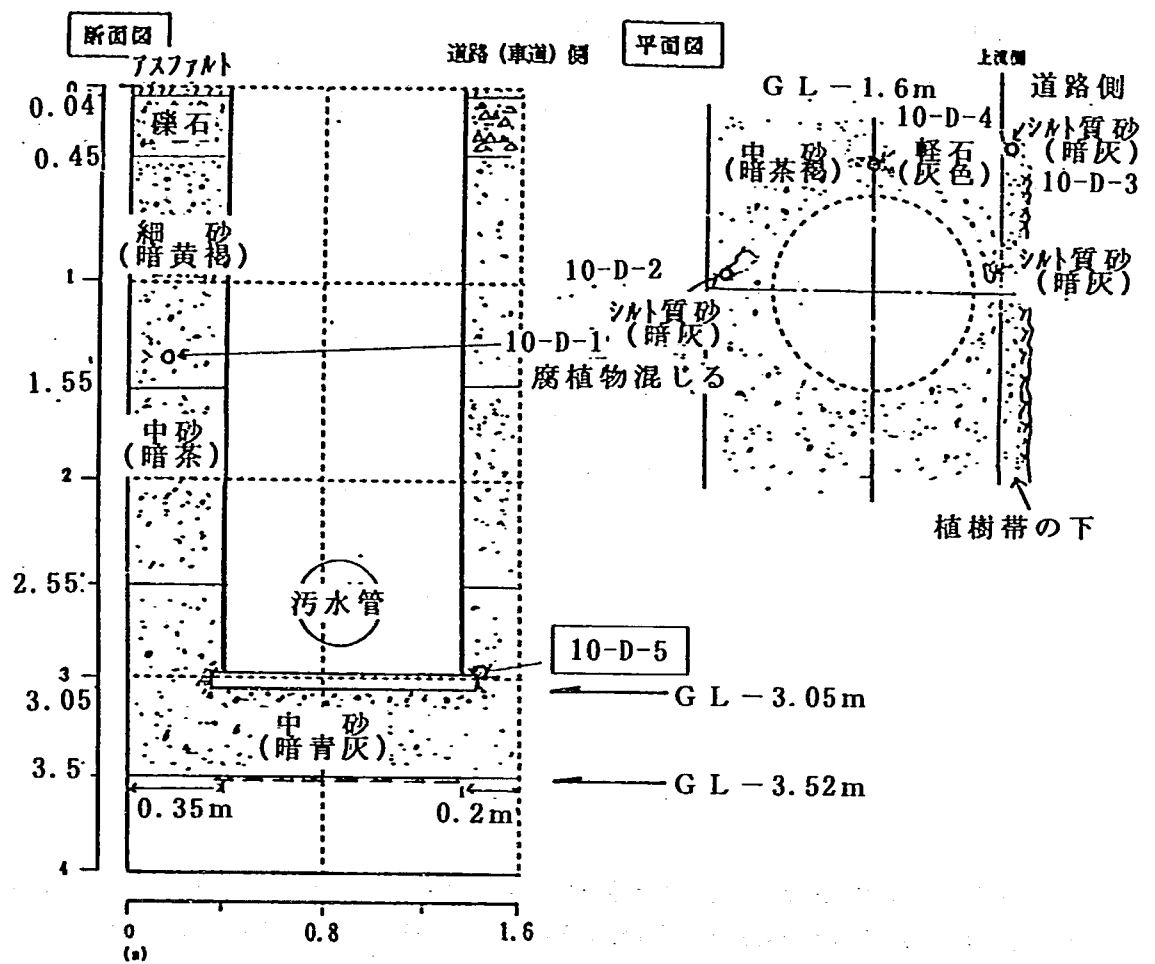
- ・マンホール底版下は、表層に細粒土の薄層（5mm程度）と軽石粒が分布するものの、その下位（試料N0.9）は、周囲の埋土と同様の中砂（細砂）が分布。所々、砂脈らしき帯がみられたが、明確ではない。

粒度試験結果 (マンホールNo. 9)



No. 9

マンホール底版下の土 (9. 9(4)) は、他の埋戻し土と同様な土質である。また、下位のNo. 9N-2 (Acs1層), No. 9N-3 (Acs2層) およびNo. 9B-3 (Acs2層)とも異なる。これより、底版下の土は埋戻し土と判断される。



地盤沈下量	: 21 cm
マンホール突出量	: 39 cm
マンホール浮上がり量	: 18 cm
底版設置深度(設計)	: GL-3.52 m
人孔掘削深さ(設計)	: GL-3.76 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版下

- ・ GL - 0.45 ~ 1.55m までは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫が少々混じる。
- ・ GL - 1.55 ~ 2.55m までは、暗茶の中砂であり、 $\phi 2 \sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じり、マンホール底版付近に円礫や軽石が集中していた。

2. その他

- ・ 汚水管の深度を図 - 1 に示す。またサンプリングした試料を表に示す。

表 サンプリング試料

試料番号	深度 (m)	土 質	色	位 置
10-D-1	1.4	細 砂	暗黄褐	マンホール周辺
10-D-2	1.6	シルト質砂	暗 灰	マンホール周辺
10-D-3	1.6	シルト質砂	暗 灰	マンホール周辺
10-D-4	1.6	軽 石	灰	マンホール周辺
○ 10-D-5	3.0	中 砂	暗青灰	マンホール底版付近
10-D-6	3.35	中 砂	暗青灰	目同木付近 (下流側3m付近)

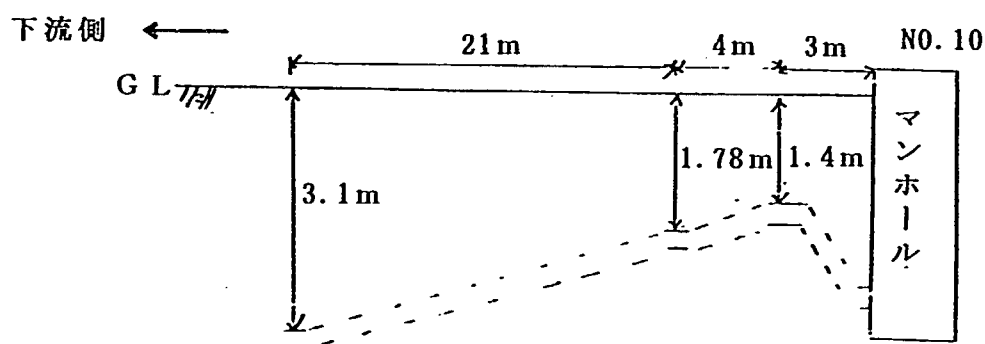
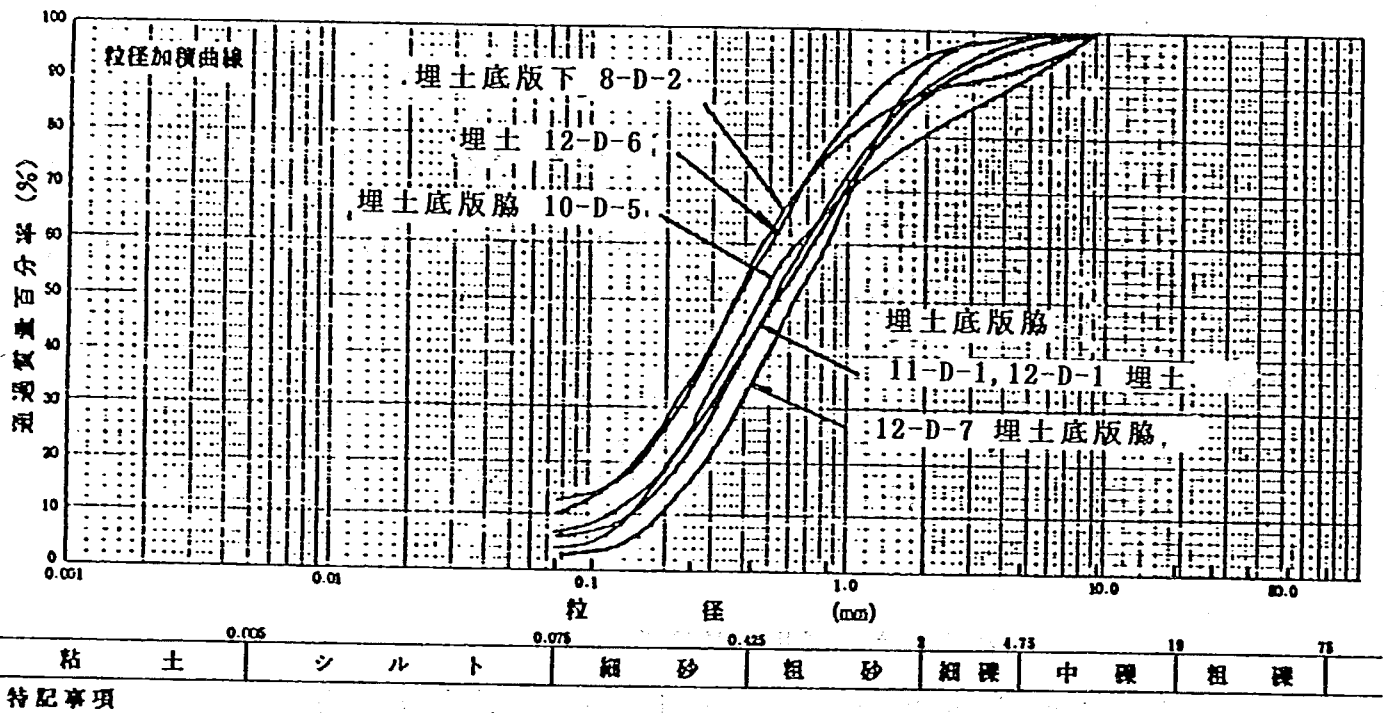


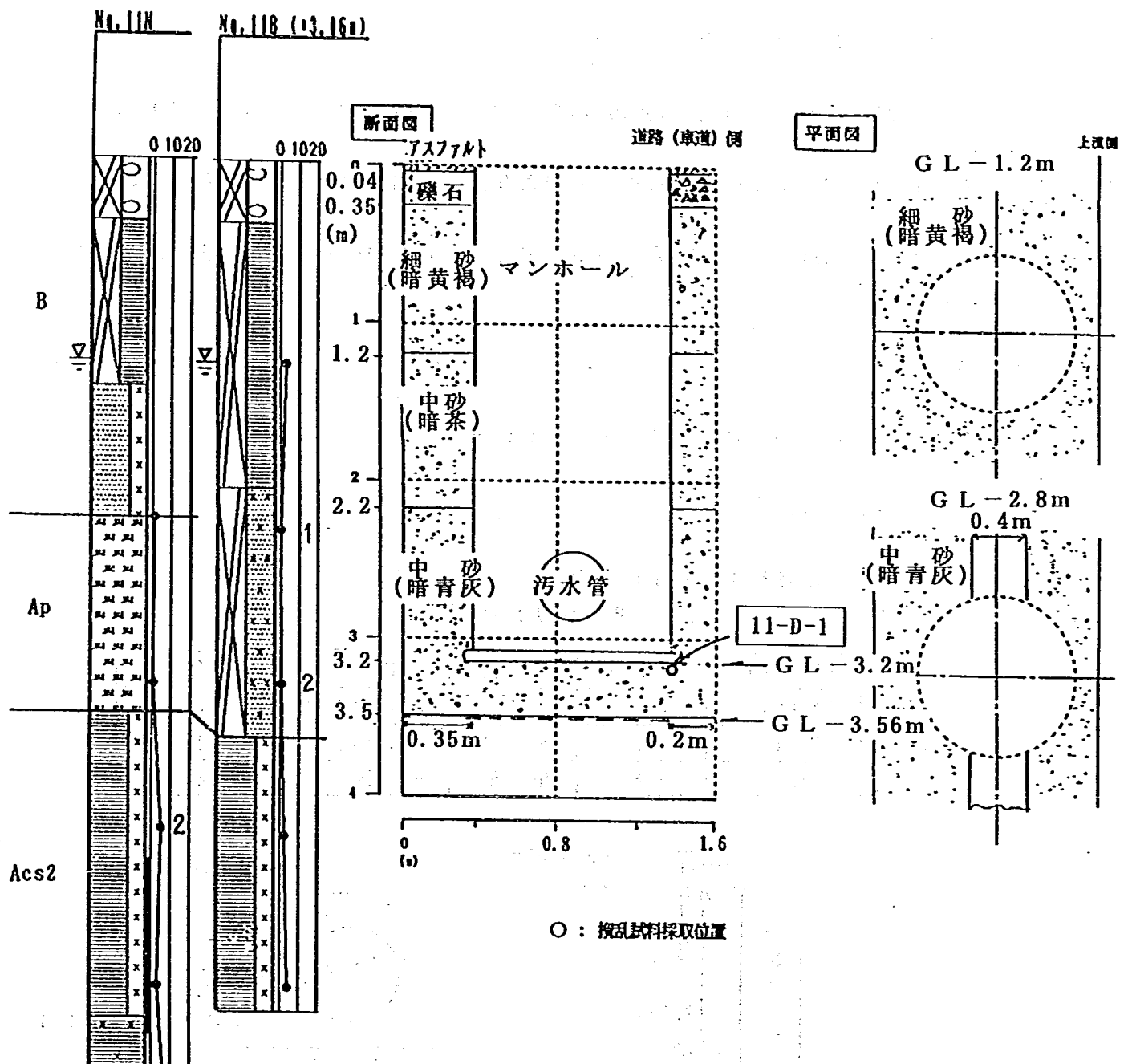
図 - 1 汚水管の深度

粒度試験結果 (マンホールNo.10)



No.10

マンホール底版脇の土(10-D-5)は、他のNo.8,11,12地点の埋戻し土と同様な土質である。これより、底版脇の土は埋戻し土と判断される。



地盤沈下量 : 11 cm
 マンホール突出量 : 11 cm
 マンホール浮上がり量 : 0 cm
 底板設置深度(設計) : GL-3.56 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-3.80 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版下

- ・ GL-0.35~1.2mまでは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2 \sim 10\text{mm}$ の円礫が少々混じる。
- ・ GL-1.2~2.2mまでは、暗茶の中砂であり、 $\phi 2 \sim 10\text{mm}$ の円礫が少量混じる。
- ・ GL-2.2~3.5mまでは、暗青灰の中砂である、 $\phi 2 \sim 10\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じる。

2. その他

- ・ 図-1に密度およびブロックサンプリング位置を示す。
- ・ 図-2に污水管の深度を示す。
- ・ サンプリングした資料を表-1に示す。

表 サンプリング試料

試料番号	深度(m)	土質	色	位置
11-D-1	3.2	中砂	暗青灰	マンホール底版付近
11-et-2	1.2	細砂	暗黄褐	図-1参照
11-B-1	2.8	中砂	暗青灰	図-1参照

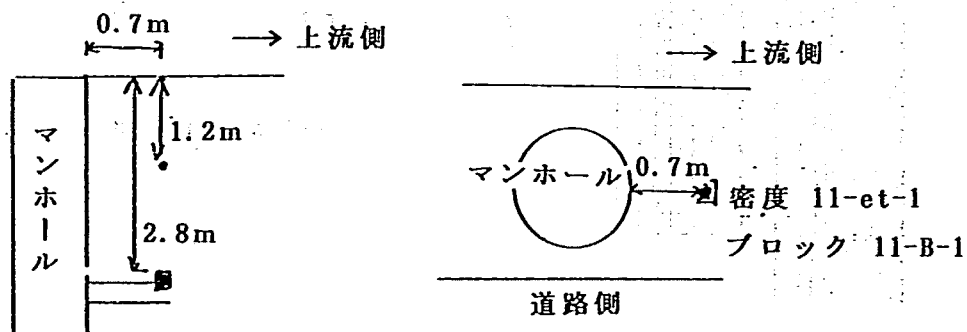


図-1 密度およびブロックサンプリング位置

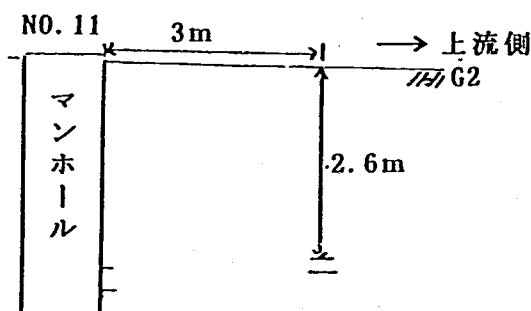
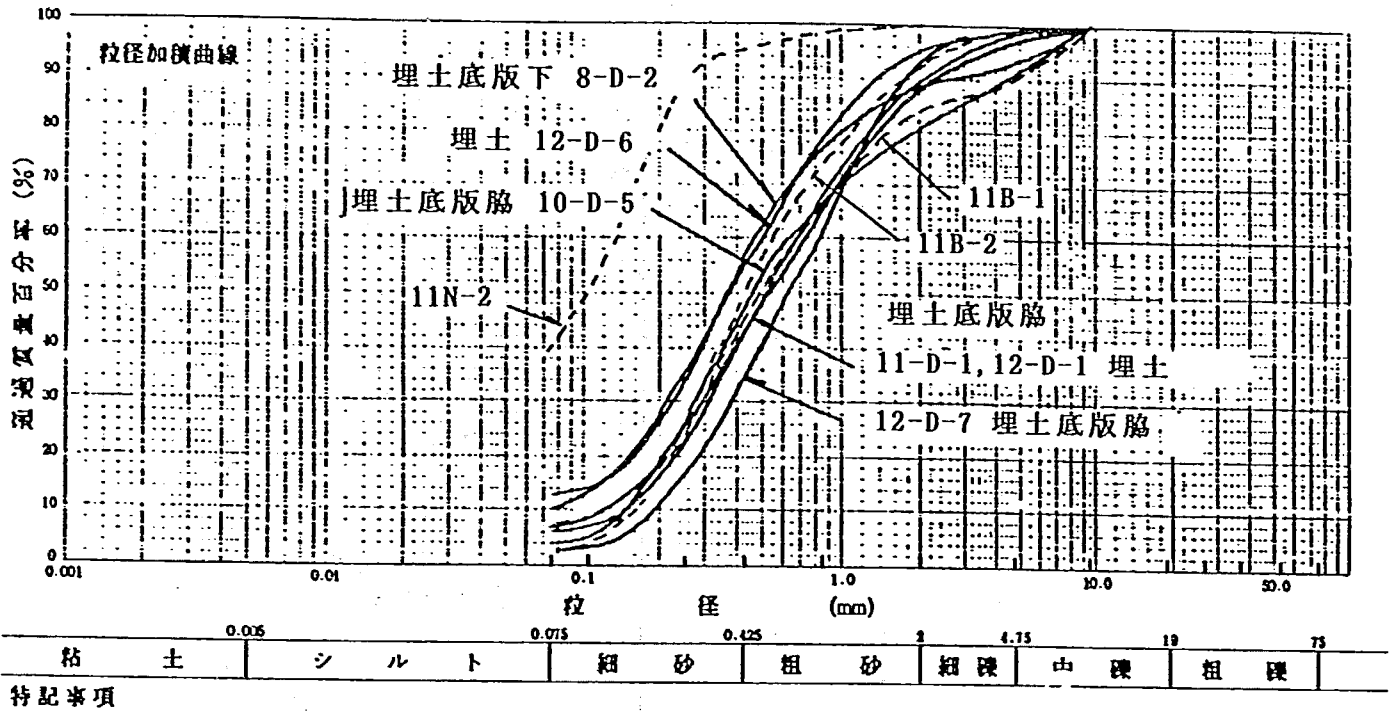


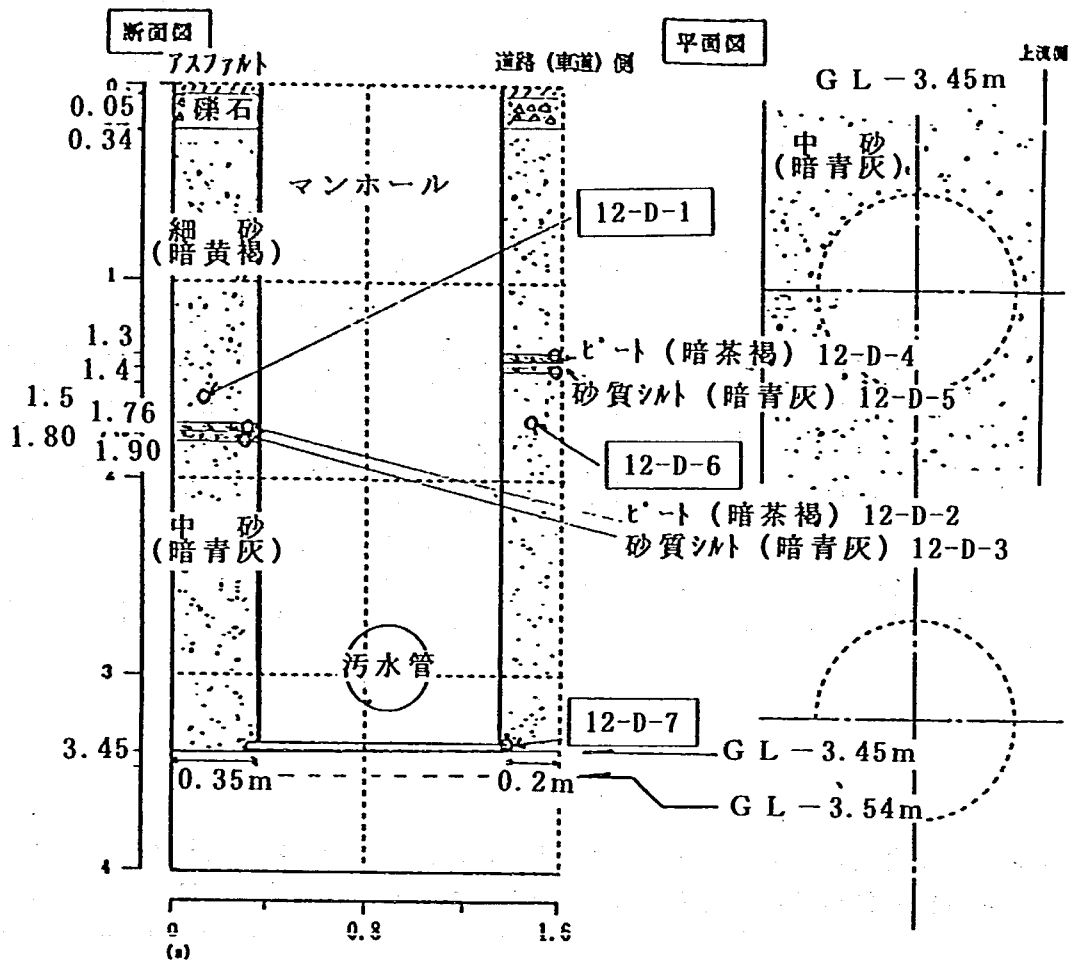
図-2 污水管の深度

粒度試験結果 (マンホールNo.11)



No. 11

マンホール底版脇の土 (11-D-1) は、他のNo. 8, 10, 12地点の埋戻し土と同様な土質である。また、下位のNo. 11N-2 (Acs2) とは明らかに異なる。これより、底版脇の土は埋戻し土と判断される。



・マンホールは引上げず、周囲掘削のみ。

地盤沈下量 : 12 cm
 マンホール突出量 : 9 cm
 マンホール浮上がり量 : -3 cm
 底版設置深度(設計) : GL-3.54 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-3.78 m

1. マンホール周辺およびマンホール底版下

- ・ GL-0.34~1.76m (湿地帯側)、GL-0.34~1.3m (道路側) は、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2\sim 10\text{mm}$ の円礫が少量混じる。また、細砂以下に暗黄褐のビート、暗青灰の砂質シルトがマンホールに接触している。これは、深度は異なるものの両側で見られた。そして、砂質シルトよりマンホール底版までは暗青灰の中砂であり、 $\phi 2\sim 20\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じり、マンホール底版付近に円礫や軽石が集中していた。

2. その他

- ・ 図-1 に污水管の深度および胴木の下土質を示す。
- ・ サンプルした試料を表-1 に示す。
- ・ NO. 12 のマンホールより、上流側の污水管は、下流側より0.8m上部に設置してある。
- ・ マンホールは撤去せず。

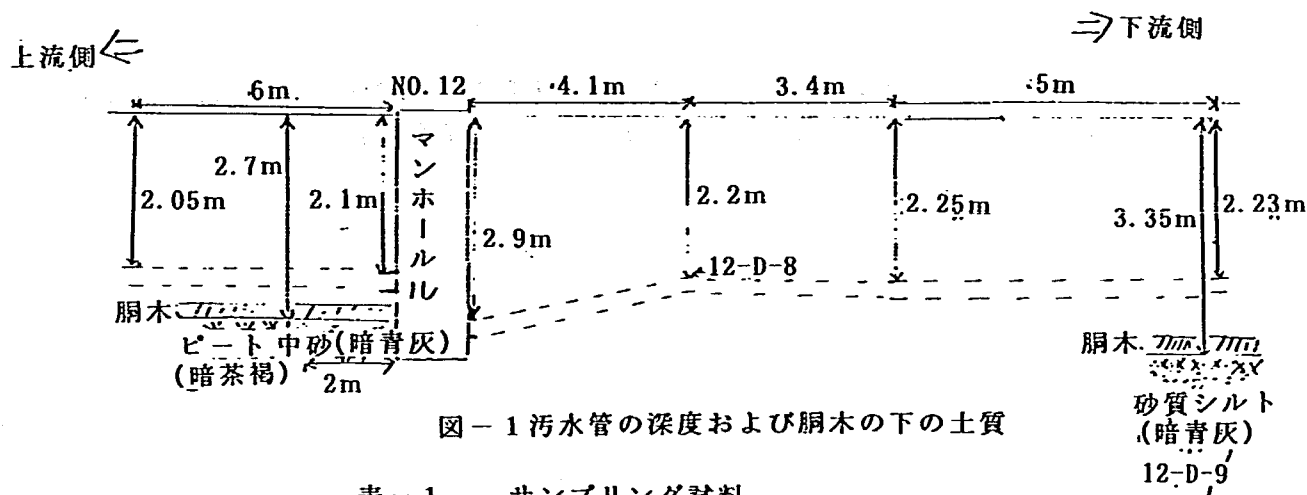
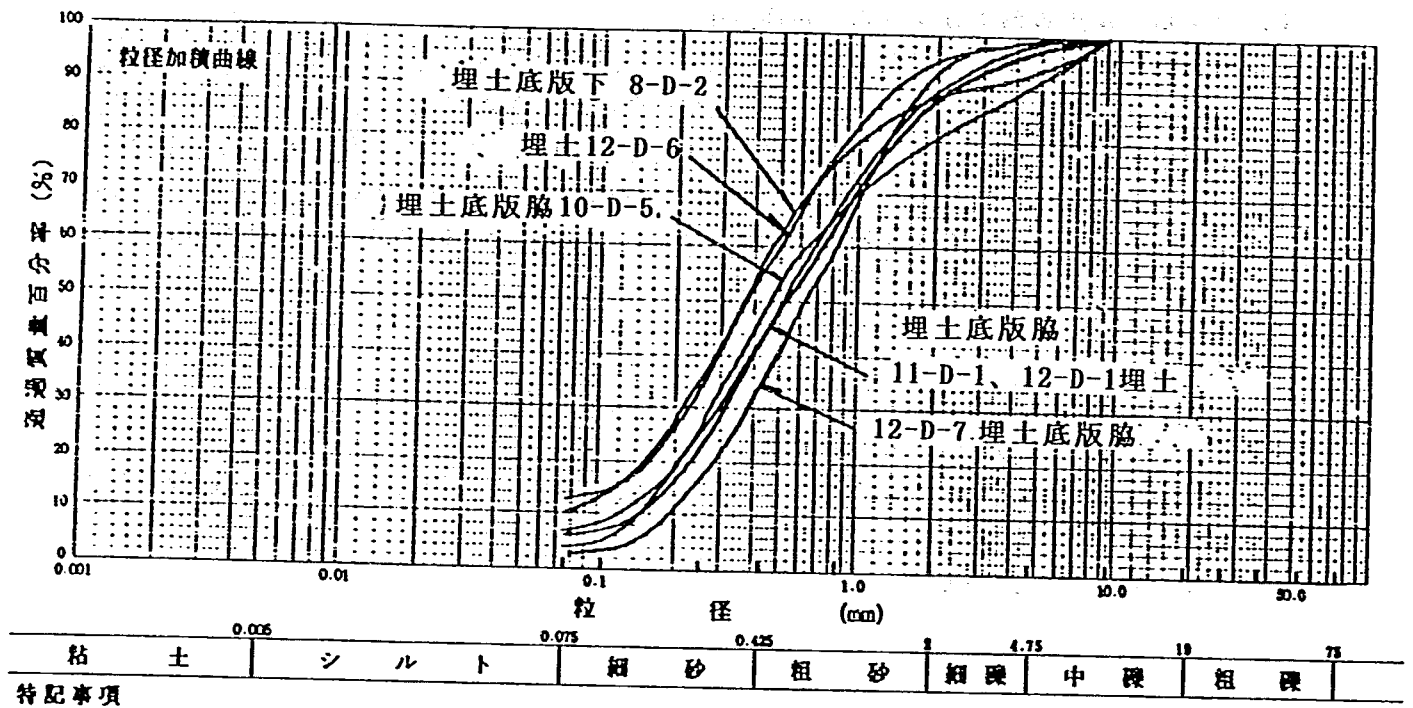


図-1 污水管の深度および胴木の下土質

表-1 サンプル試料

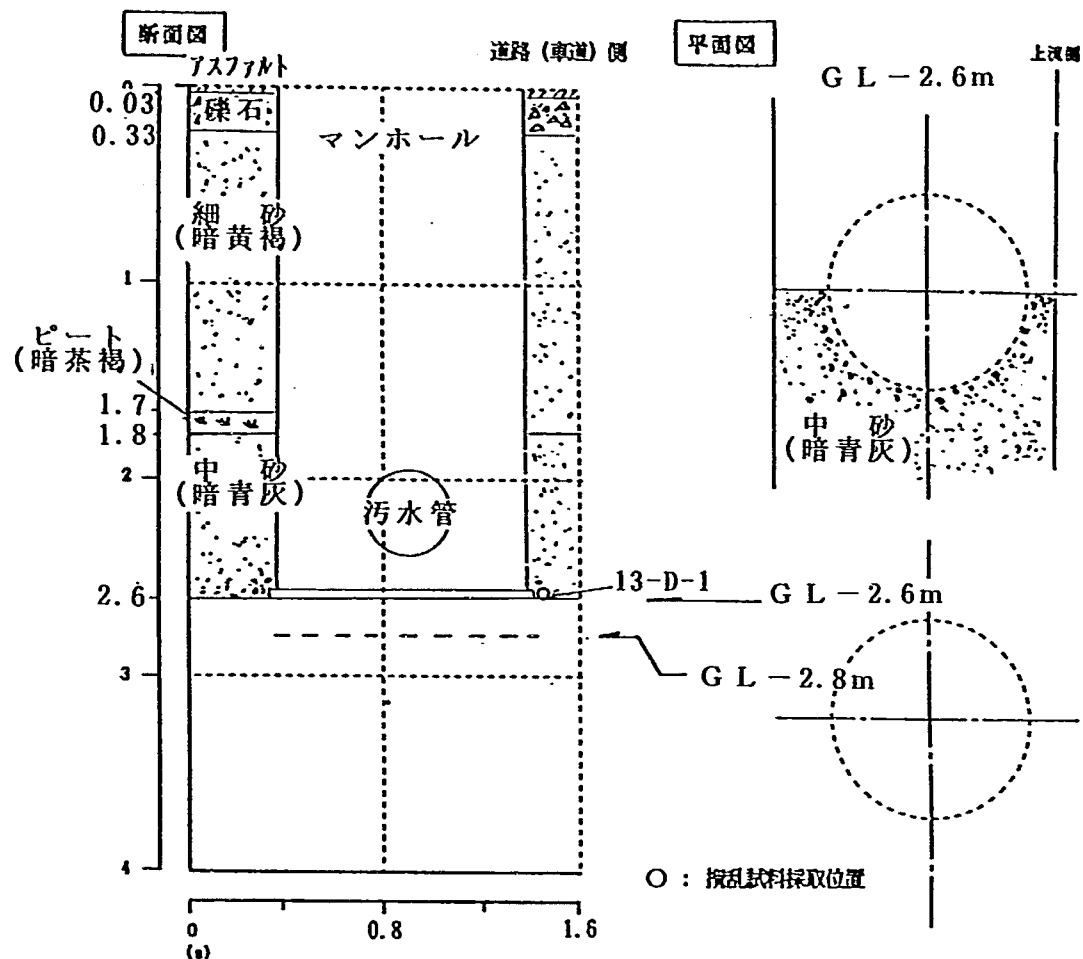
	試料番号	深度(m)	土質	色	位置
○	12-D-1	1.4	細砂	暗黄褐	マンホール周辺
	12-D-2	1.76	ビート	暗茶褐	マンホール周辺
	12-D-3	1.8	砂質シルト	暗青灰	マンホール周辺
	12-D-4	1.3	ビート	暗茶褐	マンホール周辺
	12-D-5	1.4	砂質シルト	暗青灰	マンホール周辺
○	12-D-6	1.6	中砂	暗青灰	マンホール周辺
○	12-D-7	3.45	中砂	暗青灰	マンホール底版付近
	12-D-8	2.2	中砂	暗青灰	污水管付近
	12-D-9	3.35	砂質シルト	暗青灰	胴木の下

粒度試験結果 (マンホールNo.12)



No. 12

マンホール底版脇の土 (12-D-7) は、埋戻し土 (12-D-1, 12-D-6) および他のNo. 8, 10, 11地点の埋戻し土と同様な土質である。これより、底版脇の土は埋戻し土と判断される。



1. マンホール周辺およびマンホール底版下

- ・ GL-0.33~1.8mまでは、暗黄褐の細砂であり、 $\phi 2 \sim 10\text{mm}$ の円礫が少量混じり、GL-1.7~1.8mにピート層が接触している。
- ・ GL-1.8~2.6mまでは、暗青灰の中砂であり、 $\phi 2 \sim 10\text{mm}$ の円礫や軽石が所々に混じり、マンホール底版付近に円礫や軽石が集中している。

2. その他

- ・ マンホールは、撤去せず。

※サンプリングした資料

13-D-1: 中砂(暗青灰)【マンホール付近】

地盤沈下量 : 14 cm
 マンホール突出量 : 2 cm
 マンホール浮上がり量 : -12 cm
 底版設置深度(設計) : GL-2.80 m
 人孔掘削深さ(設計) : GL-3.04 m

巻末資料 3

液状化抵抗率 F_L の算定結果

1977-78

1978-79

1979-80

FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

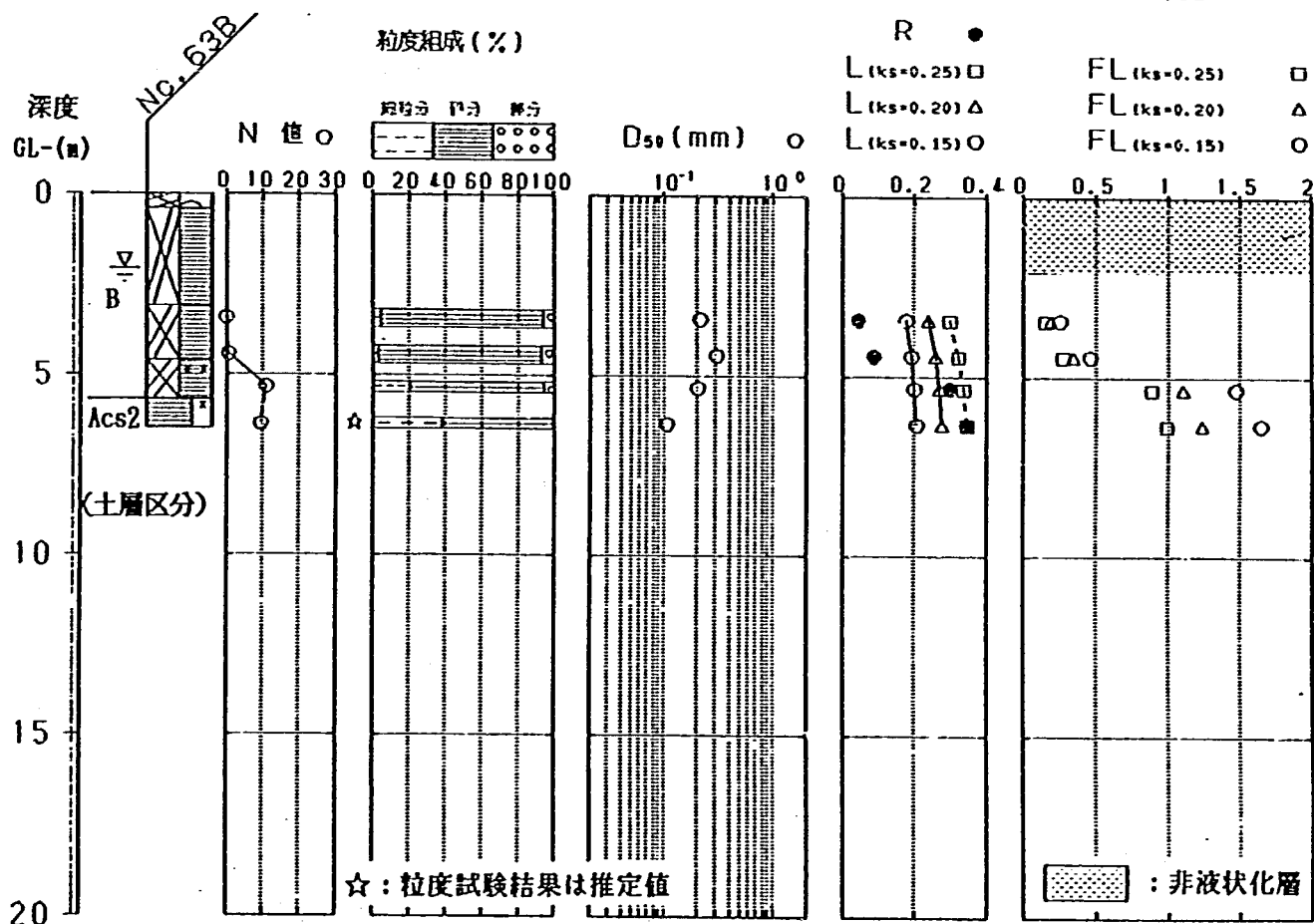
B-N o. 63B

<土層区分・単体> 上限(m)・下限(m) 単体重量 $\gamma t1, \gamma t2$ 地下水位 GL-(m)
 0.00 0.40 1.90 (tf/m³) 2.06
 0.40 2.06 1.80
 2.06 5.65 1.95
 5.65 6.46 1.95
 <対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
 0.02mm ≤ D50 ≤ 2.0mm の土層
 水平震度 : 0.15 0.20 0.25

<FL 計算結果>

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D50 (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γd	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.40	0	5.1	0.217	0.64	0.50	0.000	0.047	0.000	0.047	0.95	0.180	0.240	0.301	0.26	0.19	0.16
4.40	1	3.4	0.306	0.83	0.60	0.077	0.013	0.000	0.091	0.93	0.195	0.260	0.325	0.46	0.35	0.28
5.30	11	20.9	0.205	1.01	0.68	0.249	0.052	0.000	0.301	0.92	0.204	0.271	0.339	1.48	1.11	0.89
6.30	10	38.4	0.106	1.20	0.78	0.229	0.117	0.000	0.346	0.91	0.210	0.280	0.350	1.65	1.24	0.99

注) ・ - 印 は, 液状化検討 対象外
 ・ * 印 は, 相対密度(Dr) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

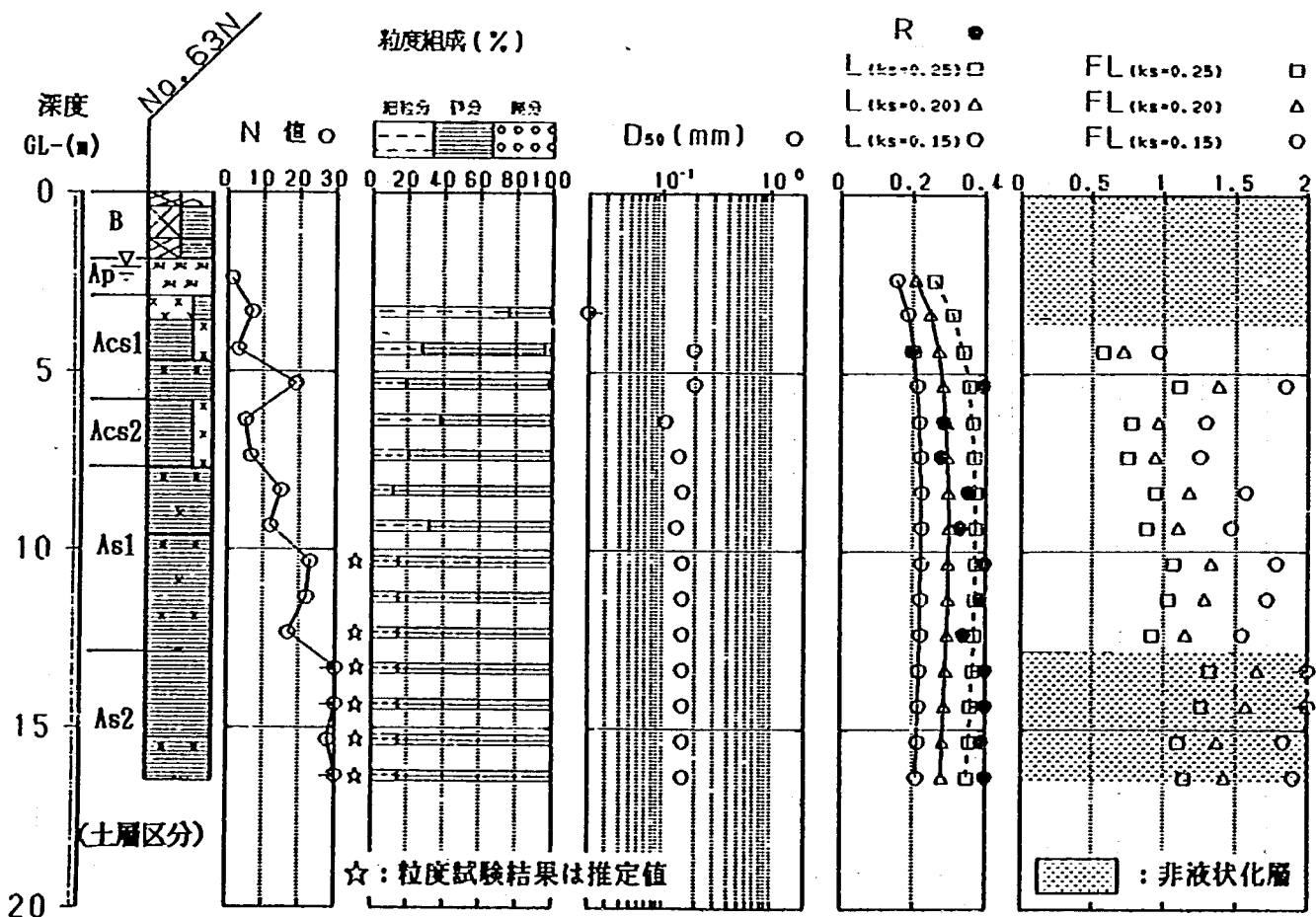
B-N o. 63N

<土層区分・単体>		上限(m)・下限(m)	単体重量 γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
		0.00 0.40	1.90 (tf/m ³)	2.06
		0.40 1.85	1.80	
		1.85 2.06	1.05	
		2.06 2.90	1.05	
		2.90 5.80	1.95	
		5.80 12.85	1.95	
<FL 計算結果>		12.85 16.45	2.00	

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D50 (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.35	2	-	-	0.39	0.36	0.121	-	-	-	0.96	0.156	0.208	0.261	-	-	-
3.30	7	76.1	0.009	0.53	0.40	0.222	-	0.144	-	0.95	0.187	0.249	0.311	-	-	-
4.33	3	28.5	0.194	0.73	0.50	0.140	0.058	0.000	0.197	0.94	0.204	0.272	0.340	0.97	0.72	0.58
5.30	19	19.5	0.197	0.92	0.59	0.338	0.056	0.000	0.394	0.92	0.214	0.285	0.356	1.85	1.38	1.11
6.32	5	38.4	0.106	1.11	0.69	0.167	0.117	0.000	0.284	0.91	0.220	0.293	0.366	1.29	0.97	0.78
7.30	7	21.0	0.142	1.31	0.78	0.192	0.088	0.000	0.280	0.89	0.223	0.298	0.372	1.25	0.94	0.75
8.30	15	12.7	0.153	1.50	0.88	0.272	0.081	0.000	0.353	0.88	0.225	0.300	0.375	1.57	1.18	0.94
9.30	12	32.0	0.133	1.70	0.97	0.236	0.095	0.000	0.331	0.86	0.225	0.300	0.375	1.47	1.10	0.88
10.30	23	15.5	0.153	1.89	1.07	0.318	0.081	0.000	0.399	0.85	0.225	0.300	0.375	1.78	1.33	1.07
11.30	22	15.5	0.153	2.09	1.16	0.303	0.081	0.000	0.384	0.83	0.224	0.298	0.373	1.72	1.29	1.03
12.30	17	15.5	0.153	2.28	1.26	0.260	0.081	0.000	0.341	0.82	0.222	0.296	0.370	1.54	1.15	0.92
13.30	43	15.3	0.154	2.48	1.35	0.404	0.080	0.000	0.484	0.80	0.220	0.293	0.366	2.20	1.65	1.32
14.30	39	15.3	0.154	2.68	1.45	0.375	0.080	0.000	0.456	0.79	0.217	0.289	0.362	2.10	1.57	1.26
15.30	28	15.3	0.154	2.88	1.55	0.311	0.080	0.000	0.391	0.77	0.214	0.285	0.357	1.83	1.37	1.10
16.30	31	15.3	0.154	3.08	1.65	0.320	0.080	0.000	0.400	0.76	0.211	0.281	0.352	1.90	1.42	1.14

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 65B

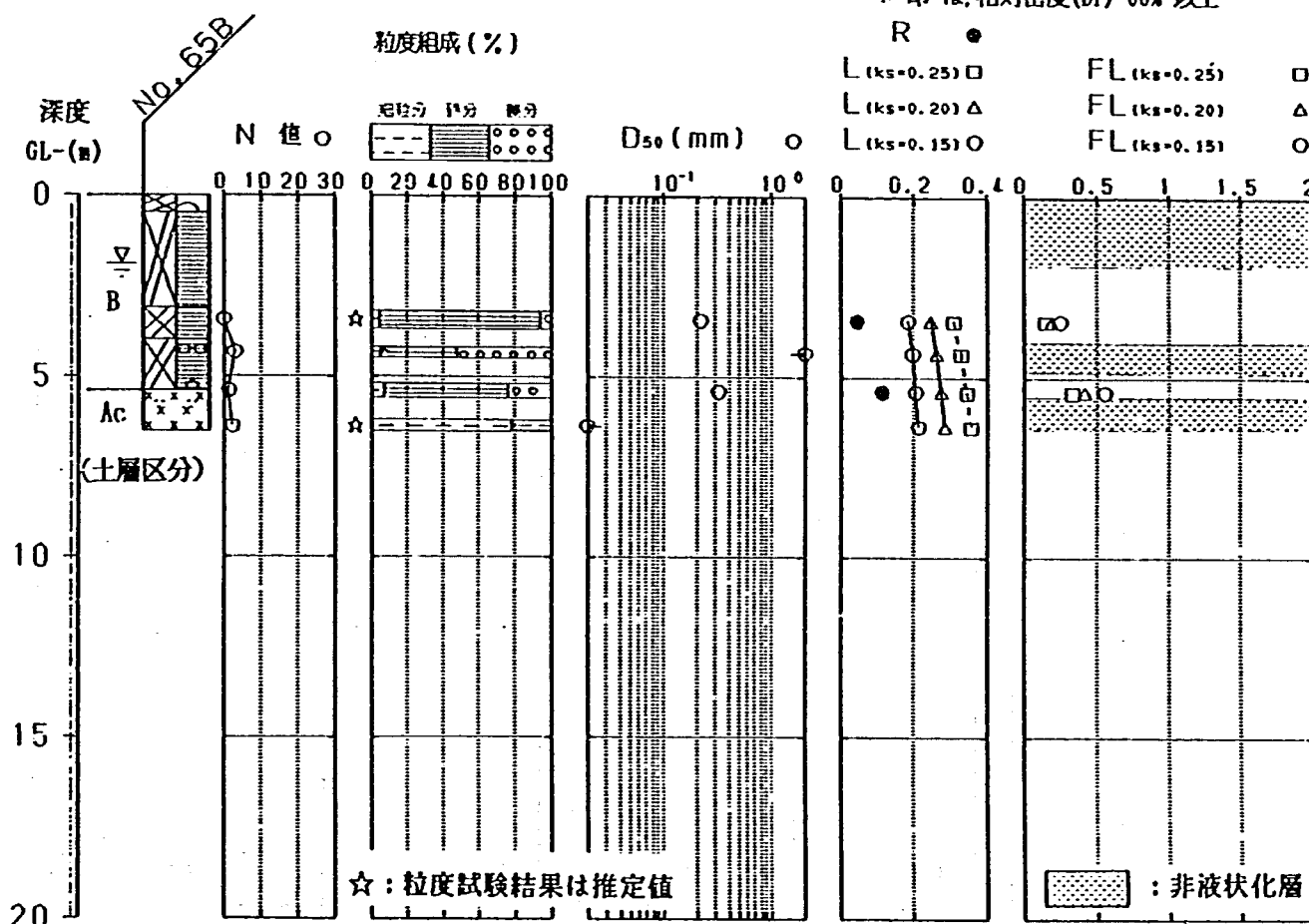
土層区分・単体	上限(m)	下限(m)	単体重量 γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
	0.00	0.45	1.90 (tf/m ³)	1.90
	0.45	1.90	1.80	
	1.90	3.95	1.95	
	3.95	5.35	2.00	
	5.35	6.50	1.75	

〈対象土層〉: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

〈FL 計算結果〉

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.40	0	5.1	0.217	0.64	0.49	0.000	0.047	0.000	0.047	0.95	0.186	0.248	0.310	0.25	0.19	0.15
4.30	3	5.5	3.189	0.82	0.58	0.135	-	0.000	-	0.94	0.199	0.265	0.331	-	-	-
5.35	2	7.4	0.317	1.03	0.68	0.106	0.010	0.000	0.116	0.92	0.208	0.277	0.346	0.56	0.42	0.33
6.32	3	78.6	0.009	1.20	0.75	0.127	-	0.154	-	0.91	0.215	0.287	0.359	-	-	-

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 65N

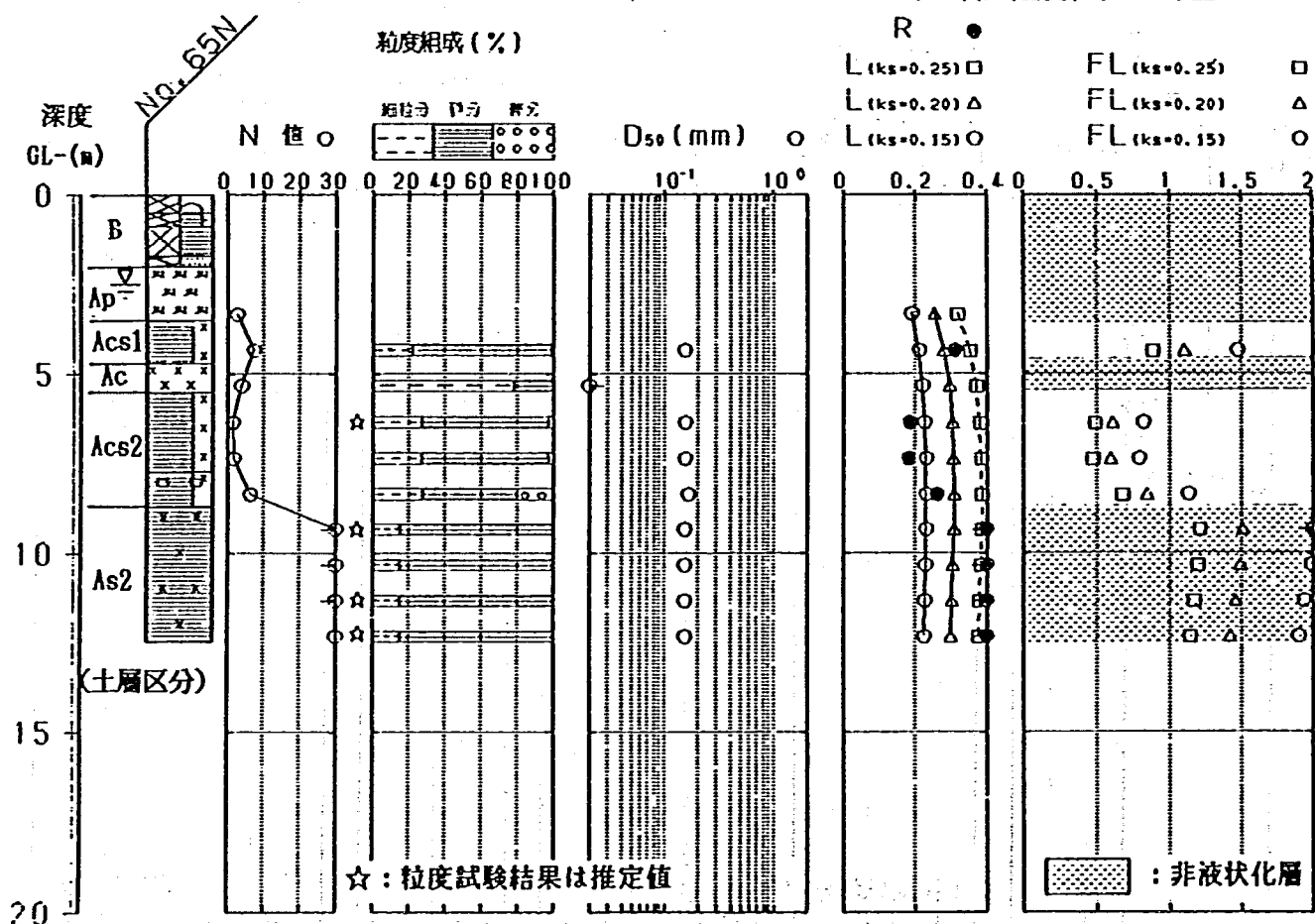
<土層区分・単体> 上限(m)・下限(m) 単体重量 γ_{t1}, γ_{t2} 地下水位 GL-(m)

0.00 0.50 1.90 (tf/m³)
0.50 2.00 1.80
2.00 3.50 1.05
3.50 4.70 1.95
4.70 5.50 1.75
5.50 8.65 1.95
<FL 計算結果> 8.65 12.45 2.00

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.30	3	-	-	0.50	0.37	0.148	-	-	-	0.95	0.192	0.257	0.321	-	-	-
4.31	8	22.5	0.153	0.68	0.45	0.233	0.081	0.000	0.314	0.94	0.212	0.283	0.354	1.48	1.11	0.89
5.30	4	78.6	0.009	0.86	0.53	0.159	-	0.154	-	0.92	0.224	0.298	0.373	-	-	-
6.32	2	27.2	0.155	1.06	0.62	0.108	0.080	0.000	0.188	0.91	0.230	0.306	0.383	0.82	0.61	0.49
7.31	2	27.2	0.155	1.25	0.72	0.105	0.080	0.000	0.184	0.89	0.232	0.310	0.387	0.79	0.60	0.48
8.31	7	27.9	0.164	1.44	0.81	0.190	0.074	0.000	0.264	0.88	0.233	0.311	0.389	1.13	0.85	0.68
9.30	31	15.3	0.154	1.64	0.91	0.387	0.080	0.000	0.467	0.86	0.233	0.310	0.388	2.01	1.51	1.21
10.30	32	15.3	0.154	1.84	1.01	0.381	0.080	0.000	0.462	0.85	0.231	0.308	0.385	2.00	1.50	1.20
11.30	31	15.3	0.154	2.04	1.11	0.365	0.080	0.000	0.445	0.83	0.229	0.305	0.381	1.94	1.46	1.17
12.30	30	15.3	0.154	2.24	1.21	0.349	0.080	0.000	0.430	0.82	0.226	0.302	0.377	1.90	1.42	1.14

注: - 印は、液状化検討 対象外
* 印は、相対密度(D_r) 60% 以上

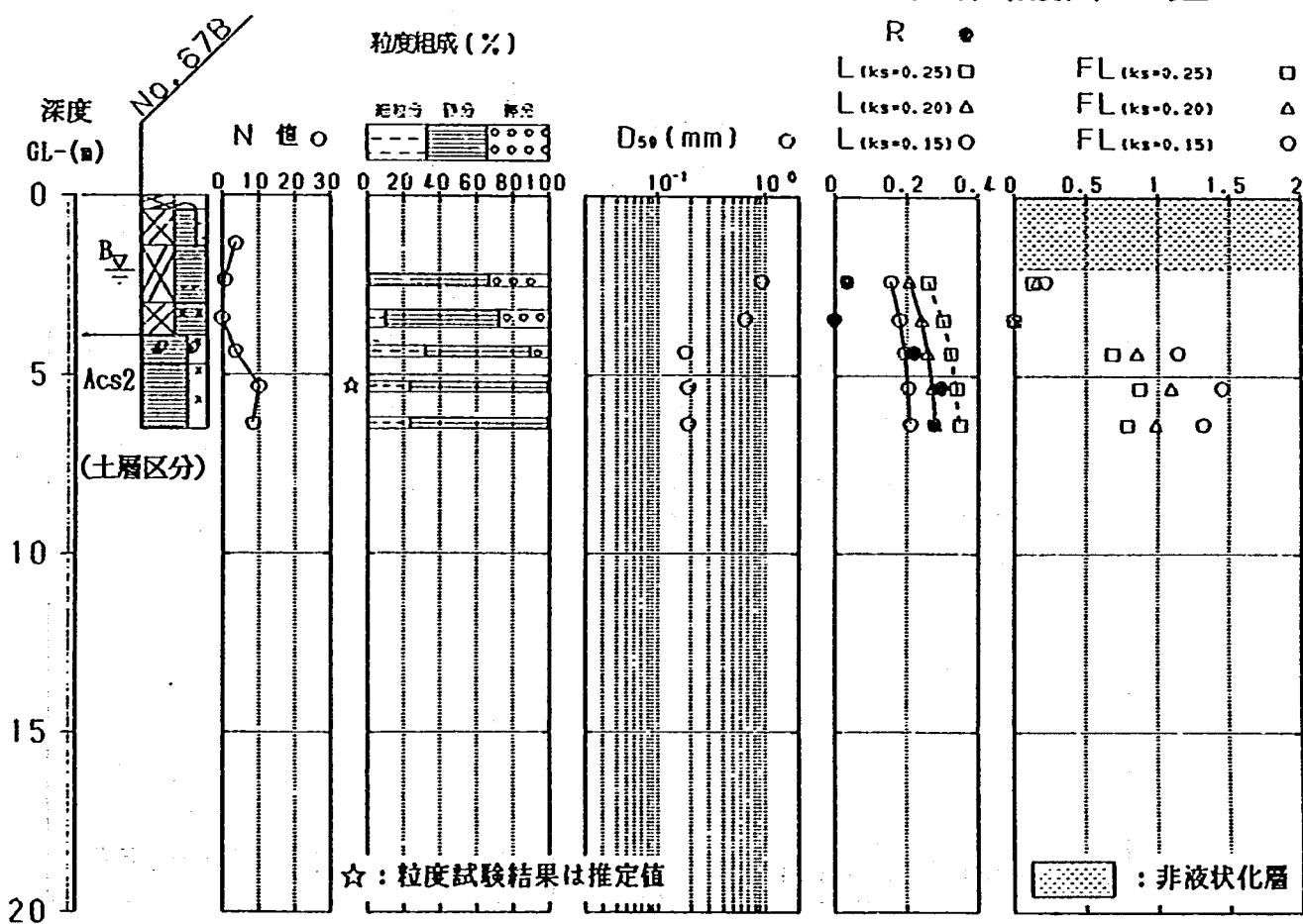


B-N o. 67 B

＜FL 計算結果＞

[illegible]

注) ・ 一 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(Dr) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 67N

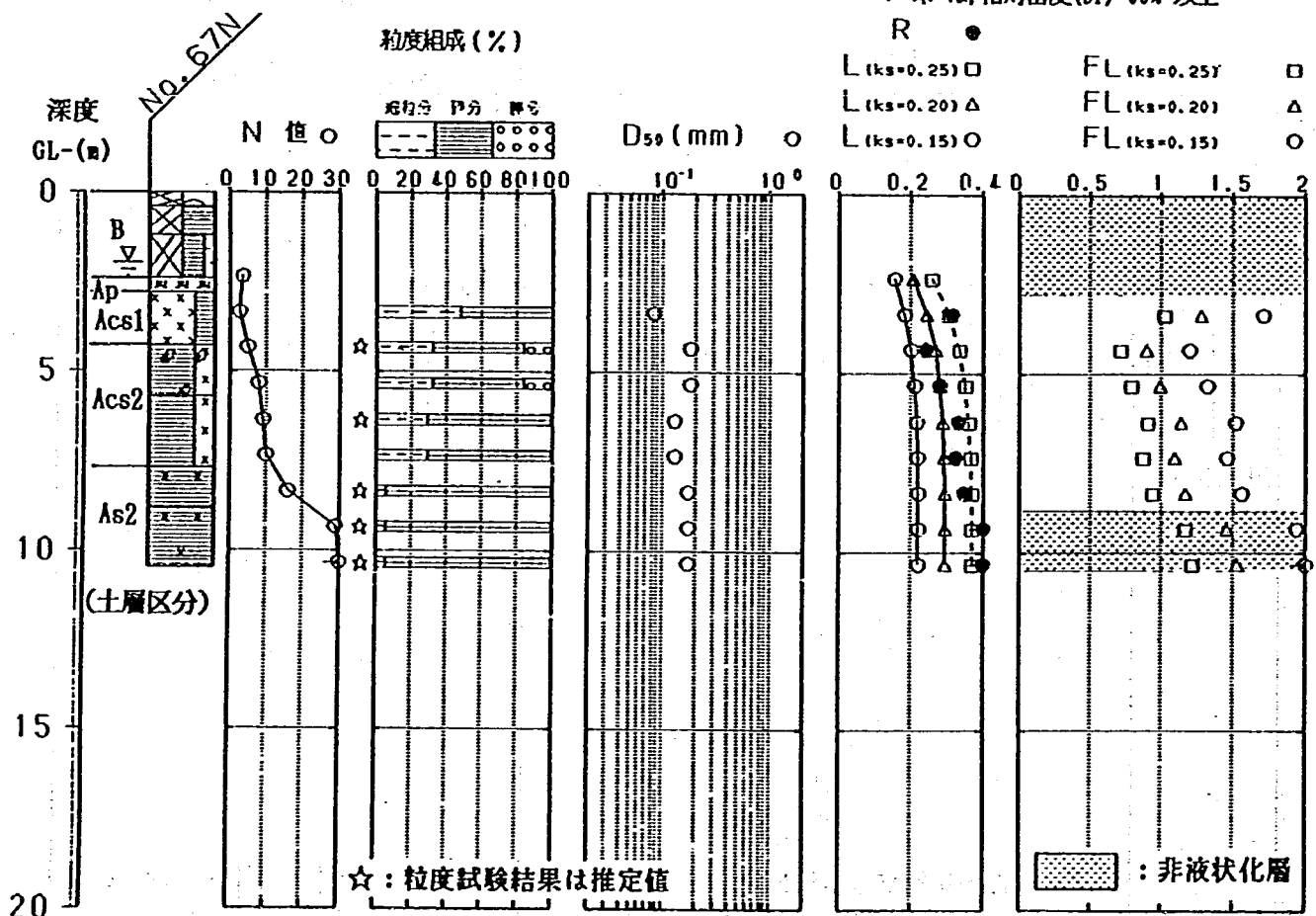
土層区分・単体	上限(m)	下限(m)	単体重量 γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
	0.00	0.40	1.90 (tf/m ³)	2.00
	0.40	2.00	1.80	
	2.00	2.40	1.80	
	2.40	2.80	1.05	
	2.80	4.25	1.80	
	4.25	7.65	1.95	
<FL 計算結果>	7.65	10.45	2.00	

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.31	4	-	-	0.42	0.39	0.169	-	-	-	0.97	0.156	0.208	0.261	-	-	-
3.31	3	48.4	0.083	0.57	0.44	0.143	0.141	0.034	0.317	0.95	0.185	0.247	0.309	1.71	1.29	1.03
4.30	5	32.3	0.181	0.75	0.52	0.179	0.064	0.000	0.243	0.94	0.203	0.270	0.338	1.20	0.90	0.72
5.30	8	32.3	0.181	0.94	0.61	0.218	0.064	0.000	0.282	0.92	0.212	0.283	0.354	1.33	1.00	0.80
6.31	10	29.3	0.130	1.14	0.71	0.235	0.097	0.000	0.332	0.91	0.218	0.291	0.364	1.52	1.14	0.91
7.30	10	29.3	0.130	1.33	0.80	0.227	0.097	0.000	0.324	0.89	0.222	0.296	0.369	1.46	1.10	0.88
8.30	16	5.9	0.172	1.53	0.90	0.279	0.069	0.000	0.348	0.88	0.223	0.297	0.372	1.56	1.17	0.94
9.30	29	5.9	0.172	1.73	1.00	0.364	0.069	0.000	0.433	0.86	0.223	0.297	0.372	1.94	1.46	1.17
10.30	34	5.9	0.172	1.93	1.10	0.383	0.069	0.000	0.453	0.85	0.222	0.296	0.371	2.04	1.53	1.22

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外

・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

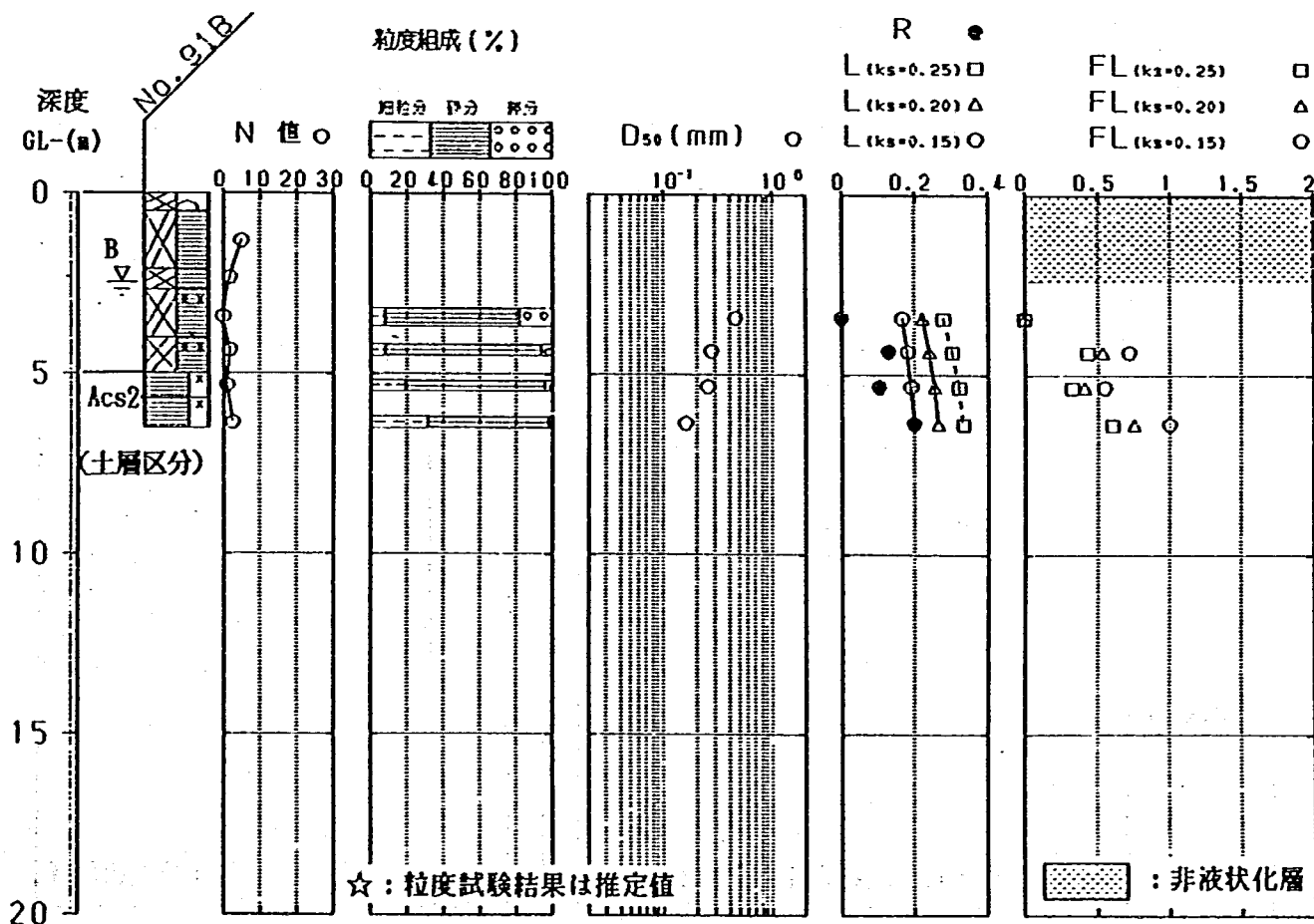
B-N o. 91B

<土層区分・単体> 上限(m) 下限(m) 単体重量 $\gamma t1, \gamma t2$ 地下水位 GL-(m)
 0.00 0.50 1.90 (tf/m³) 2.40
 0.50 2.40 1.80
 2.40 4.95 2.00
 4.95 6.48 1.95
 <対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
 0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
 水平震度: 0.15 0.20 0.25

<FL 計算結果>

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R ₁	R ₂	R ₃	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.40	0	8.5	0.456	0.64	0.54	0.000	-0.026	0.000	0	0.95	0.169	0.225	0.281	0	0	0
4.31	2	8.2	0.276	0.82	0.63	0.108	0.023	0.000	0.131	0.94	0.183	0.244	0.305	0.72	0.54	0.43
5.30	1	19.3	0.252	1.02	0.73	0.074	0.032	0.000	0.106	0.92	0.193	0.258	0.322	0.55	0.41	0.33
6.31	3	31.6	0.159	1.21	0.82	0.124	0.077	0.000	0.201	0.91	0.200	0.267	0.334	1.00	0.75	0.60

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
 ・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

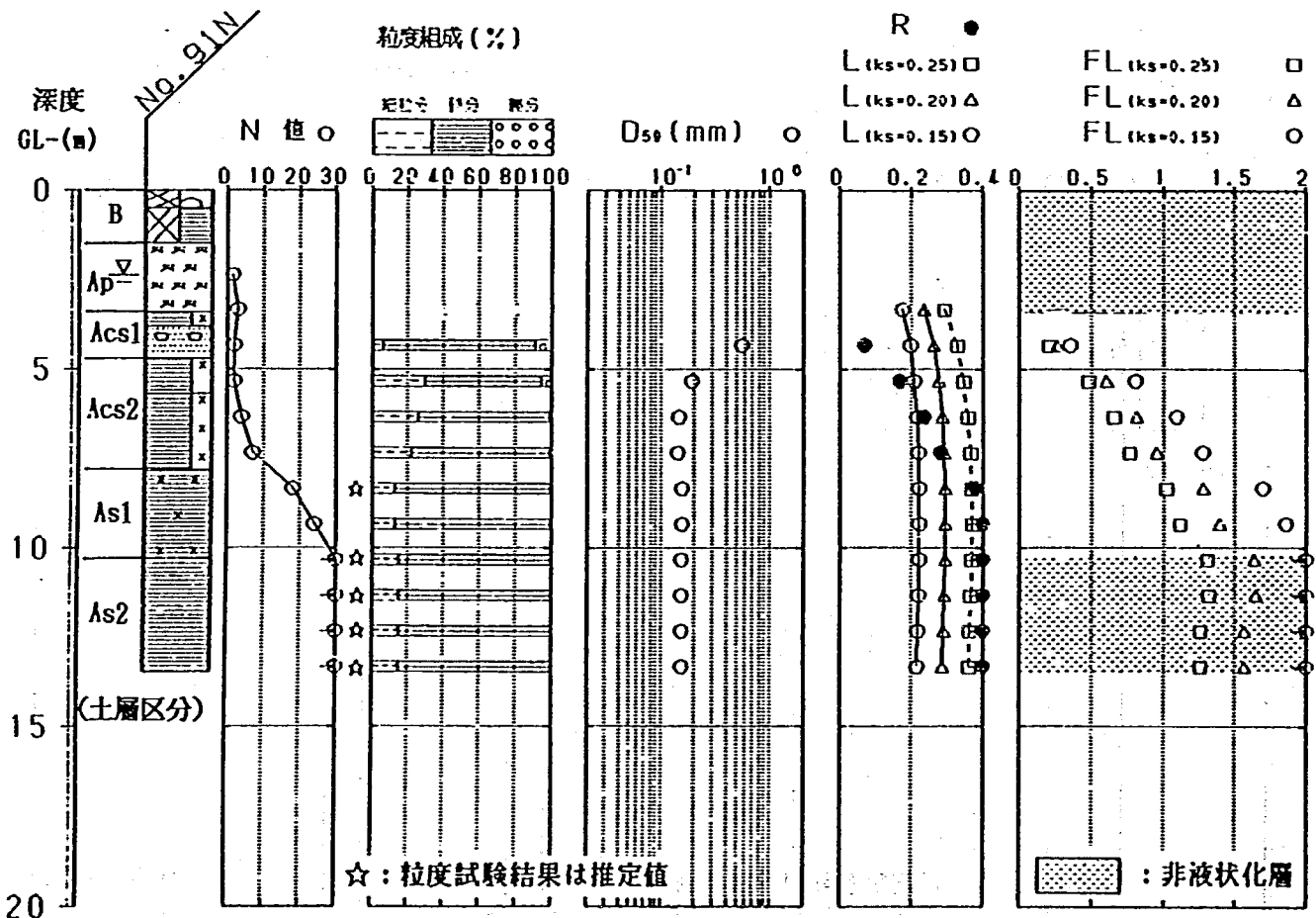
B-N o. 91N

<土層区分・単体>		上限(m)・下限(m)	単体重量 γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
		0.00 0.50	1.90 (tf/m ³)	2.40
		0.50 1.45	1.80	
		1.45 2.40	1.05	
		2.40 3.40	1.05	
		3.40 4.70	2.00	
		4.70 7.80	1.95	
<FL 計算結果>		7.80 13.45	2.00	

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.30	3	-	-	0.46	0.37	0.148	-	-	-	0.95	0.177	0.236	0.295	-	-	-
4.30	2	6.0	0.556	0.65	0.46	0.116	-0.045	0.000	0.071	0.94	0.198	0.264	0.330	0.36	0.27	0.21
5.30	2	30.7	0.193	0.85	0.56	0.111	0.058	0.000	0.169	0.92	0.210	0.280	0.350	0.81	0.61	0.48
6.30	4	26.6	0.146	1.04	0.65	0.152	0.085	0.000	0.237	0.91	0.217	0.289	0.362	1.09	0.82	0.66
7.30	7	22.4	0.142	1.24	0.75	0.194	0.088	0.000	0.282	0.89	0.221	0.295	0.369	1.28	0.96	0.77
8.30	18	12.9	0.156	1.44	0.85	0.301	0.079	0.000	0.380	0.88	0.223	0.297	0.372	1.70	1.28	1.02
9.30	24	12.9	0.156	1.64	0.95	0.337	0.079	0.000	0.416	0.86	0.223	0.298	0.372	1.86	1.40	1.12
10.30	37	15.3	0.154	1.84	1.05	0.406	0.080	0.000	0.486	0.85	0.223	0.297	0.371	2.18	1.64	1.31
11.30	39	15.3	0.154	2.04	1.15	0.405	0.080	0.000	0.486	0.83	0.221	0.295	0.369	2.19	1.65	1.32
12.30	36	15.3	0.154	2.24	1.25	0.379	0.080	0.000	0.460	0.82	0.220	0.293	0.366	2.09	1.57	1.26
13.30	37	15.3	0.154	2.44	1.35	0.375	0.080	0.000	0.455	0.80	0.217	0.290	0.362	2.09	1.57	1.26

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 92B

＜土層区分・単体＞ 上限(m)・下限(m) 単体質量 γ_{t1}, γ_{t2} 地下水位 GL-(m)

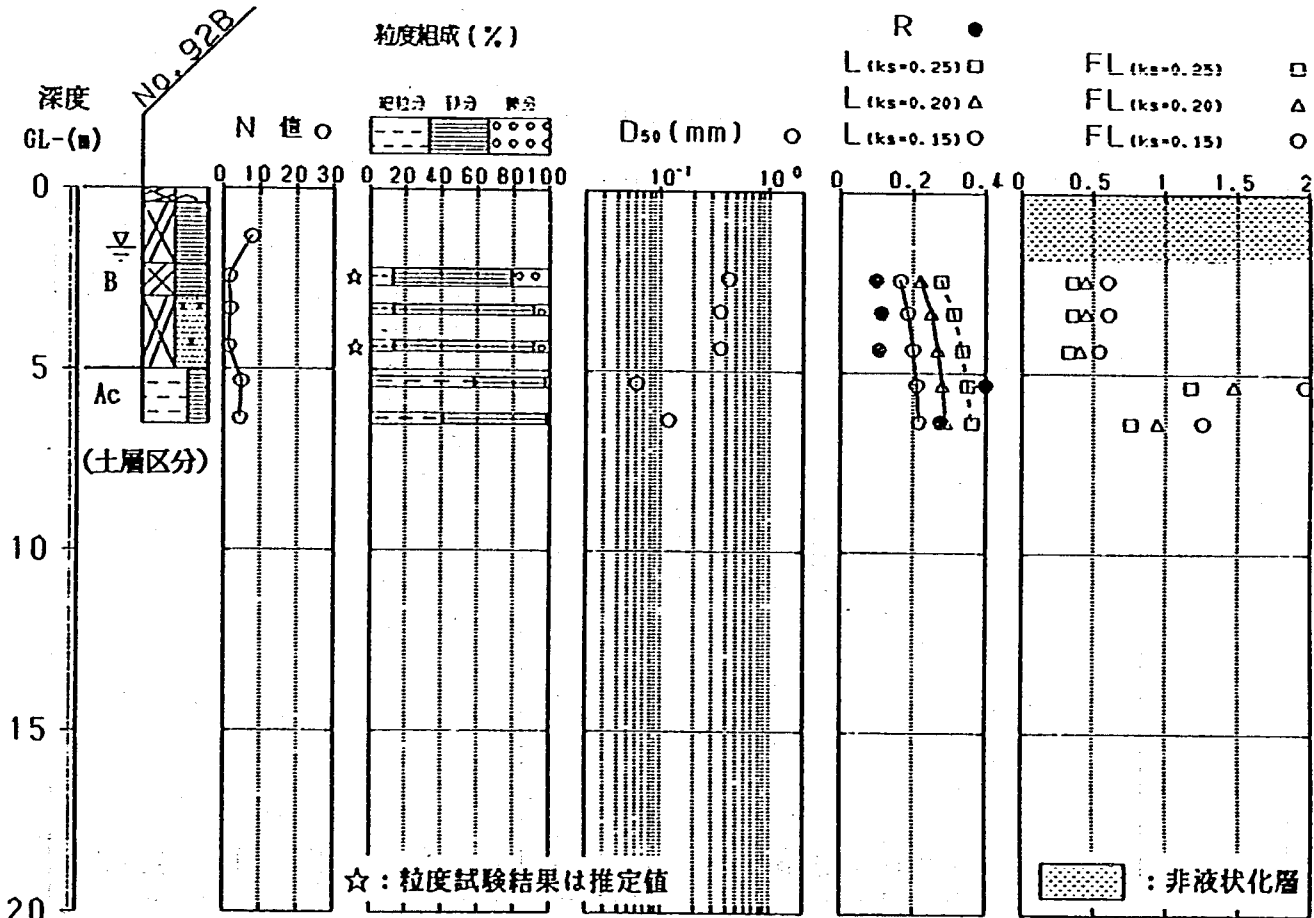
0.00	0.40	1.90 (tf/m ³)	1.80
0.40	1.80	1.80	
1.80	3.00	1.95	
3.00	5.00	2.00	
5.00	6.47	1.80	

＜対象土層＞：地下水位以下の 沖積層
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度： 0.15 0.20 0.25

＜FL 計算結果＞

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D50 (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.40	2	13.2	0.427	0.45	0.39	0.120	-0.019	0.000	0.100	0.96	0.167	0.223	0.279	0.60	0.45	0.36
3.30	2	13.9	0.354	0.62	0.47	0.115	-0.001	0.000	0.114	0.95	0.188	0.251	0.313	0.61	0.46	0.36
4.32	2	13.9	0.354	0.83	0.57	0.111	-0.001	0.000	0.109	0.94	0.202	0.269	0.336	0.54	0.41	0.33
5.30	5	58.1	0.060	1.02	0.67	0.169	0.172	0.072	0.413	0.92	0.211	0.281	0.351	1.96	1.47	1.18
6.31	5	41.0	0.118	1.20	0.75	0.164	0.106	0.004	0.274	0.91	0.218	0.290	0.363	1.26	0.94	0.76

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 92N

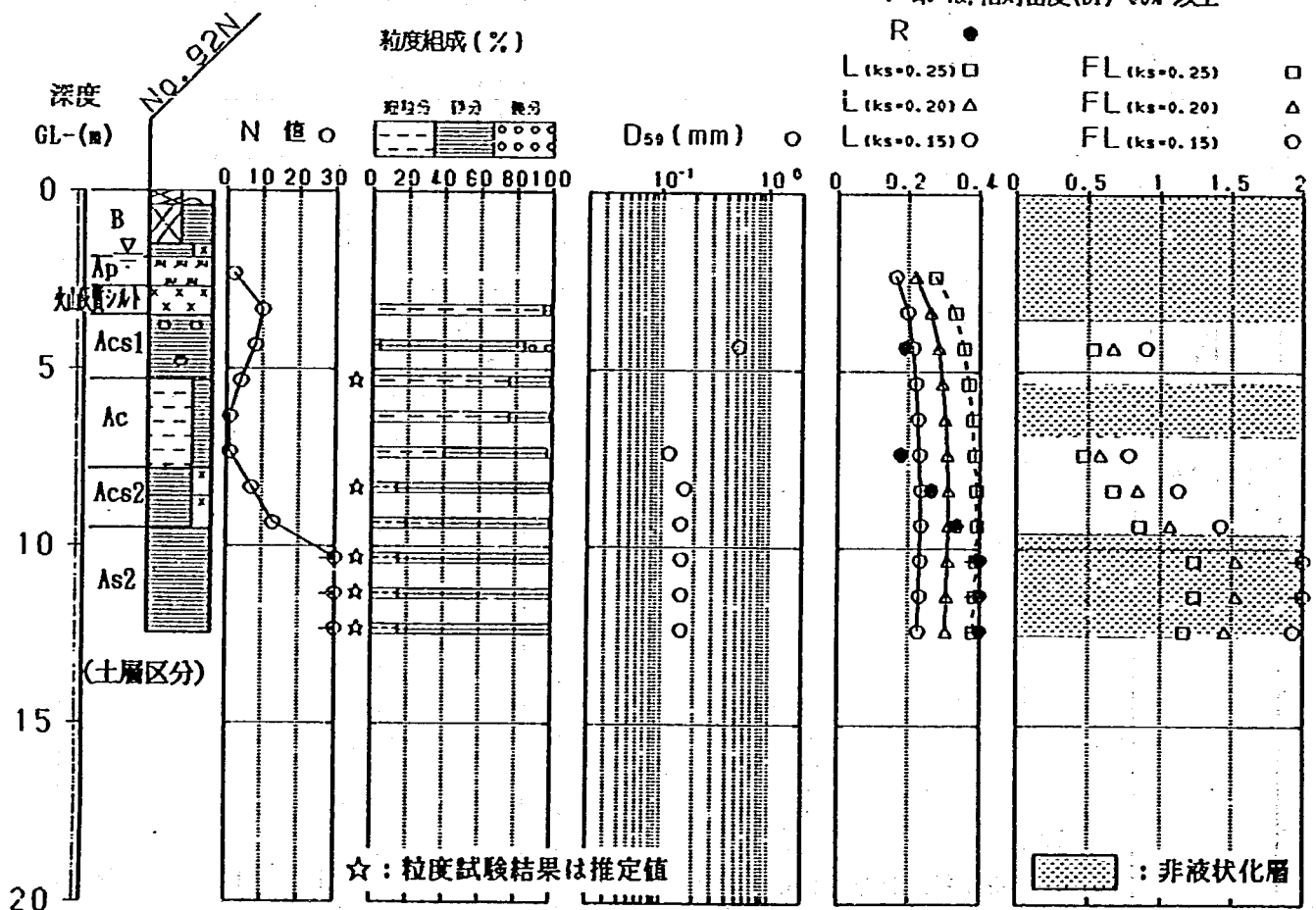
<土層区分・単体> 上限(m) 下限(m) 単体重量 $\gamma t1, \gamma t2$ 地下水位 GL-(m)

0.00 1.80 1.90, 1.80 (tf/m³)
1.80 2.70 1.05
2.70 3.50 1.75
3.50 5.30 2.00
5.30 7.80 1.80
7.80 9.50 1.85
<FL 計算結果> 9.50 12.45 2.00

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γd	L [ks]			FL [ks]		
				σv	$\sigma v'$						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.30	2	-	-	0.38	0.33	0.123	-	-	-	0.97	0.167	0.222	0.278	-	-	-
3.30	10	95.4	-	0.53	0.38	0.269	-	0.222	-	0.95	0.199	0.266	0.332	-	-	-
4.30	8	4.0	0.518	0.72	0.47	0.230	0.038	0.000	0.192	0.94	0.215	0.286	0.358	0.90	0.67	0.54
5.30	4	76.7	-	0.92	0.57	0.156	-	0.147	-	0.92	0.222	0.297	0.371	-	-	-
6.30	1	76.7	-	1.10	0.65	0.076	-	0.147	-	0.91	0.229	0.306	0.382	-	-	-
7.30	1	40.6	0.116	1.28	0.73	0.074	0.108	0.002	0.184	0.89	0.234	0.312	0.390	0.79	0.59	0.47
8.30	7	14.7	0.162	1.47	0.82	0.190	0.075	0.000	0.265	0.88	0.236	0.315	0.393	1.12	0.84	0.67
9.30	13	19.4	0.150	1.65	0.90	0.251	0.083	0.000	0.334	0.86	0.237	0.316	0.394	1.41	1.06	0.85
10.30	35	15.3	0.154	1.85	1.00	0.401	0.080	0.000	0.481	0.85	0.235	0.313	0.392	2.05	1.53	1.23
11.30	36	15.3	0.154	2.05	1.10	0.395	0.080	0.000	0.475	0.83	0.232	0.310	0.387	2.04	1.53	1.23
12.30	32	15.3	0.154	2.25	1.20	0.362	0.080	0.000	0.442	0.82	0.230	0.306	0.383	1.93	1.45	1.16

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 94B

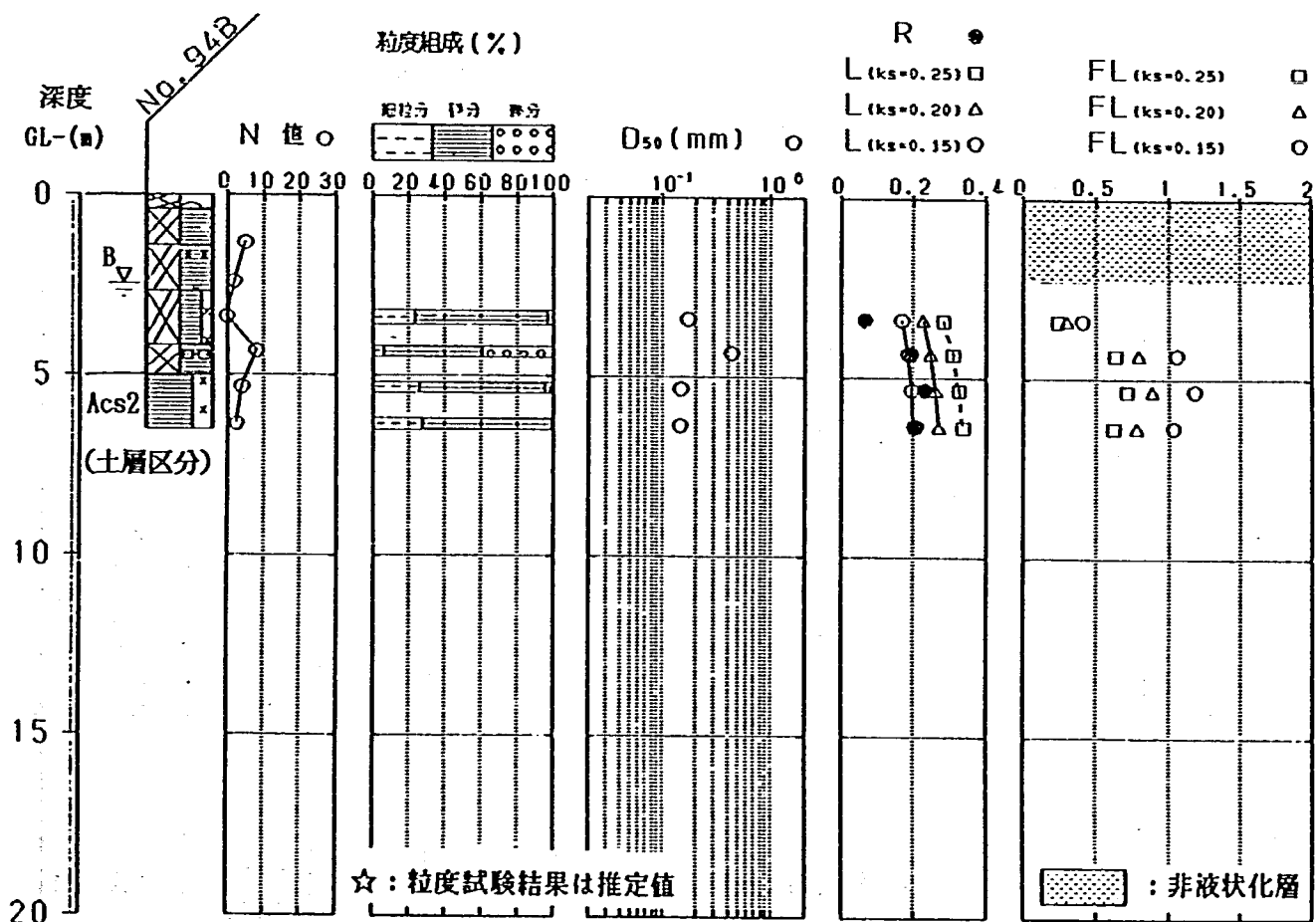
土層区分・単体	上限(m)	下限(m)	単体重置 γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
	0.00	0.40	1.90 (tf/m ³)	2.30
	0.40	2.30	1.80	
	2.30	4.15	1.95	
	4.15	5.00	2.00	
	5.00	6.49	1.95	

〈対象土層〉: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度 : 0.15 0.20 0.25

〈FL 計算結果〉

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.35	0	23.9	0.172	0.62	0.52	0.000	0.069	0.000	0.069	0.95	0.171	0.228	0.286	0.41	0.30	0.24
4.30	8	6.2	0.433	0.81	0.61	0.218	0.021	0.000	0.197	0.94	0.186	0.249	0.311	1.06	0.79	0.63
5.30	4	26.6	0.148	1.01	0.71	0.149	0.084	0.000	0.233	0.92	0.197	0.262	0.328	1.18	0.89	0.71
6.32	3	27.8	0.145	1.21	0.80	0.125	0.086	0.000	0.211	0.91	0.204	0.272	0.339	1.03	0.78	0.62

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 94N

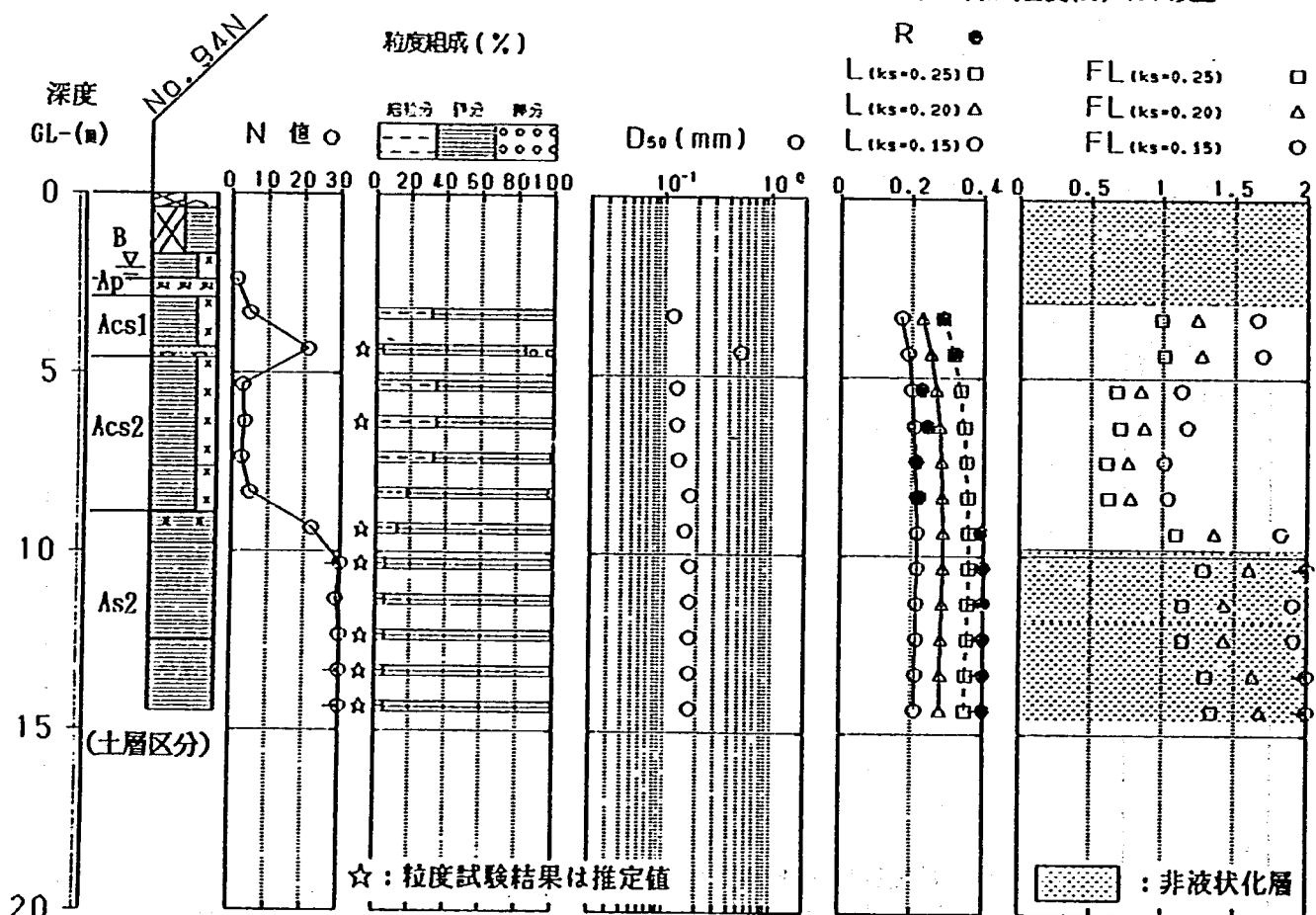
土層区分・単体	上限(m)・下限(m)	単体重量 γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
	0.00 0.40	1.90 (tf/m ³)	2.30
	0.40 2.30	1.80	
	2.30 2.90	1.05	
	2.90 8.90	1.95	
	8.90 14.45	2.00	

〈対象土層〉: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

〈FL 計算結果〉

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R ₁	R ₂	R ₃	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.30	5	32.7	0.120	0.56	0.46	0.183	0.105	0.000	0.288	0.95	0.174	0.232	0.289	1.66	1.24	0.99
4.30	21	4.0	0.518	0.75	0.55	0.361	0.038	0.000	0.323	0.94	0.191	0.255	0.318	1.69	1.27	1.01
5.30	3	35.0	0.130	0.95	0.65	0.132	0.097	0.000	0.228	0.92	0.202	0.269	0.337	1.13	0.85	0.68
6.31	4	35.0	0.130	1.15	0.74	0.147	0.097	0.000	0.244	0.91	0.209	0.279	0.348	1.17	0.87	0.70
7.30	3	33.2	0.135	1.34	0.84	0.123	0.093	0.000	0.224	0.89	0.213	0.284	0.355	1.04	0.76	0.61
8.30	5	18.4	0.172	1.53	0.93	0.154	0.069	0.000	0.224	0.88	0.216	0.288	0.359	1.04	0.78	0.62
9.30	22	12.9	0.156	1.73	1.03	0.314	0.079	0.000	0.393	0.86	0.217	0.289	0.361	1.82	1.36	1.09
10.30	35	5.9	0.172	1.93	1.13	0.391	0.069	0.000	0.461	0.85	0.217	0.289	0.361	2.13	1.60	1.28
11.30	29	5.9	0.172	2.13	1.23	0.342	0.069	0.000	0.411	0.83	0.216	0.288	0.359	1.91	1.43	1.14
12.30	30	5.9	0.172	2.33	1.33	0.339	0.069	0.000	0.408	0.82	0.214	0.286	0.357	1.91	1.43	1.14
13.30	42	5.9	0.172	2.53	1.43	0.392	0.069	0.000	0.461	0.80	0.212	0.283	0.354	2.17	1.63	1.30
14.30	46	5.9	0.172	2.73	1.53	0.400	0.069	0.000	0.470	0.79	0.210	0.280	0.350	2.24	1.68	1.34

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



B-N o. 95B

〈対象土層〉：地下水位以下の沖積層，
 $0.02 \text{ 質量} \leq D_{50} \leq 2.0 \text{ 質量}$ の土層
 水平震度： 0.15 0.20 0.25

[illegible]

FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 95N

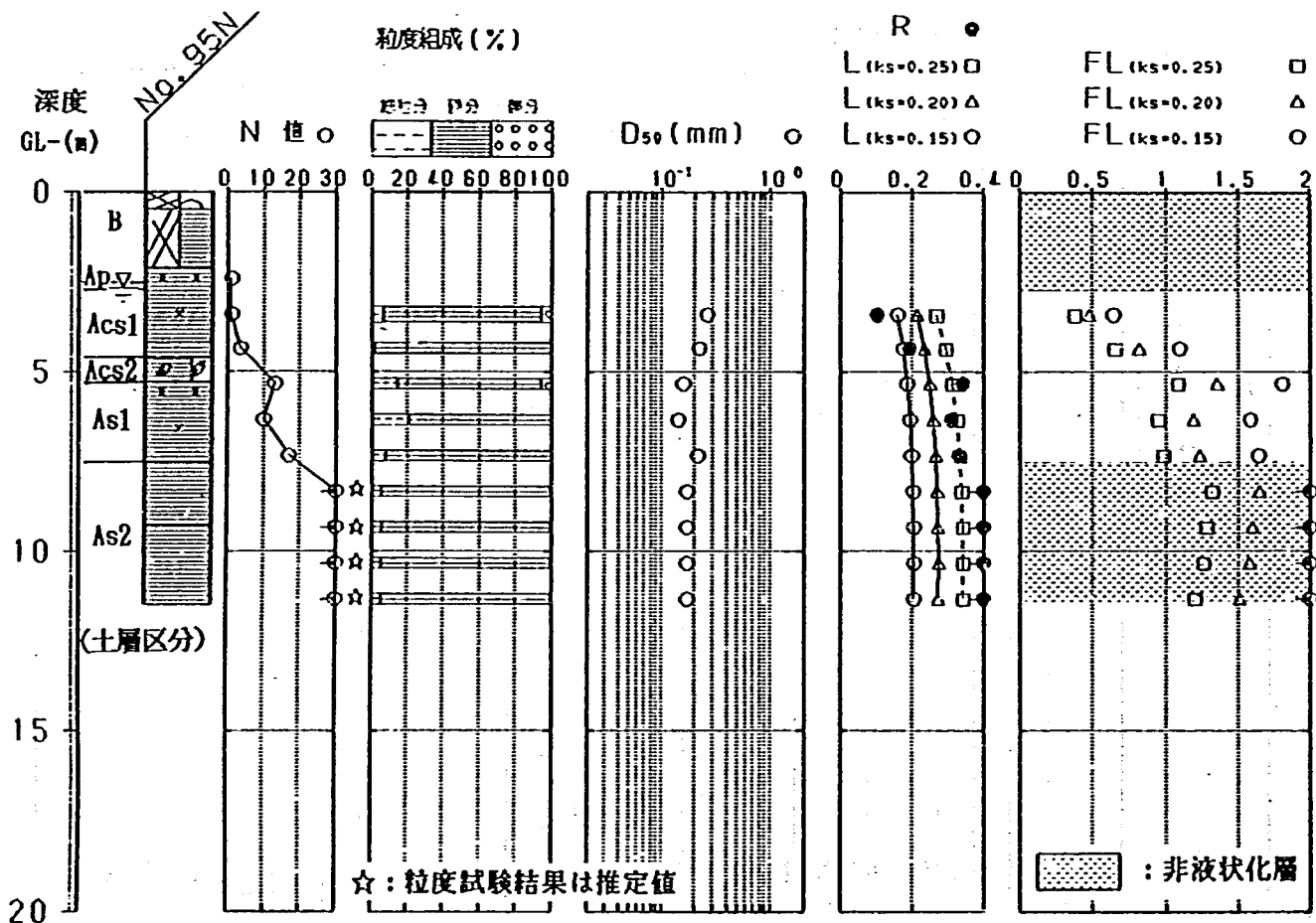
<土層区分・単体> 上限(m) 下限(m) 単体重量 γ_{t1}, γ_{t2} 地下水位 GL-(m)
 0.00 0.45 1.90 (tf/m³) 2.60
 0.45 2.10 1.80
 2.10 2.60 1.80
 2.60 4.60 1.95
 4.60 7.50 1.95
 7.50 11.45 2.00

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
 0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
 水平震度: 0.15 0.20 0.25

<FL 計算結果>

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
3.38	1	7.1	0.267	0.62	0.55	0.079	0.026	0.000	0.105	0.95	0.163	0.217	0.271	0.65	0.49	0.39
4.31	4	2.3	0.226	0.81	0.63	0.153	0.043	0.000	0.195	0.94	0.178	0.237	0.297	1.10	0.82	0.66
5.30	13	14.8	0.160	1.00	0.73	0.266	0.076	0.000	0.343	0.92	0.189	0.252	0.315	1.81	1.36	1.09
6.30	10	21.4	0.144	1.19	0.82	0.226	0.087	0.000	0.313	0.91	0.197	0.262	0.328	1.59	1.19	0.95
7.30	17	8.1	0.216	1.39	0.92	0.286	0.047	0.000	0.333	0.89	0.202	0.269	0.336	1.65	1.24	0.99
8.30	32	5.9	0.172	1.59	1.02	0.381	0.069	0.000	0.450	0.88	0.205	0.273	0.341	2.20	1.65	1.32
9.30	32	5.9	0.172	1.79	1.12	0.370	0.069	0.000	0.439	0.86	0.206	0.275	0.344	2.13	1.60	1.28
10.30	33	5.9	0.172	1.99	1.22	0.366	0.069	0.000	0.435	0.85	0.207	0.276	0.345	2.10	1.58	1.26
11.30	31	5.9	0.172	2.19	1.32	0.346	0.069	0.000	0.415	0.83	0.207	0.276	0.345	2.01	1.51	1.20

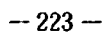
注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
 ・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



B-N o. 8 B

＜FL 計算結果＞

注) ・ 一 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 8N

<土層区分・単体> 上限(m) 下限(m) 単体重量 γ_{t1}, γ_{t2} 地下水位 GL-(m)

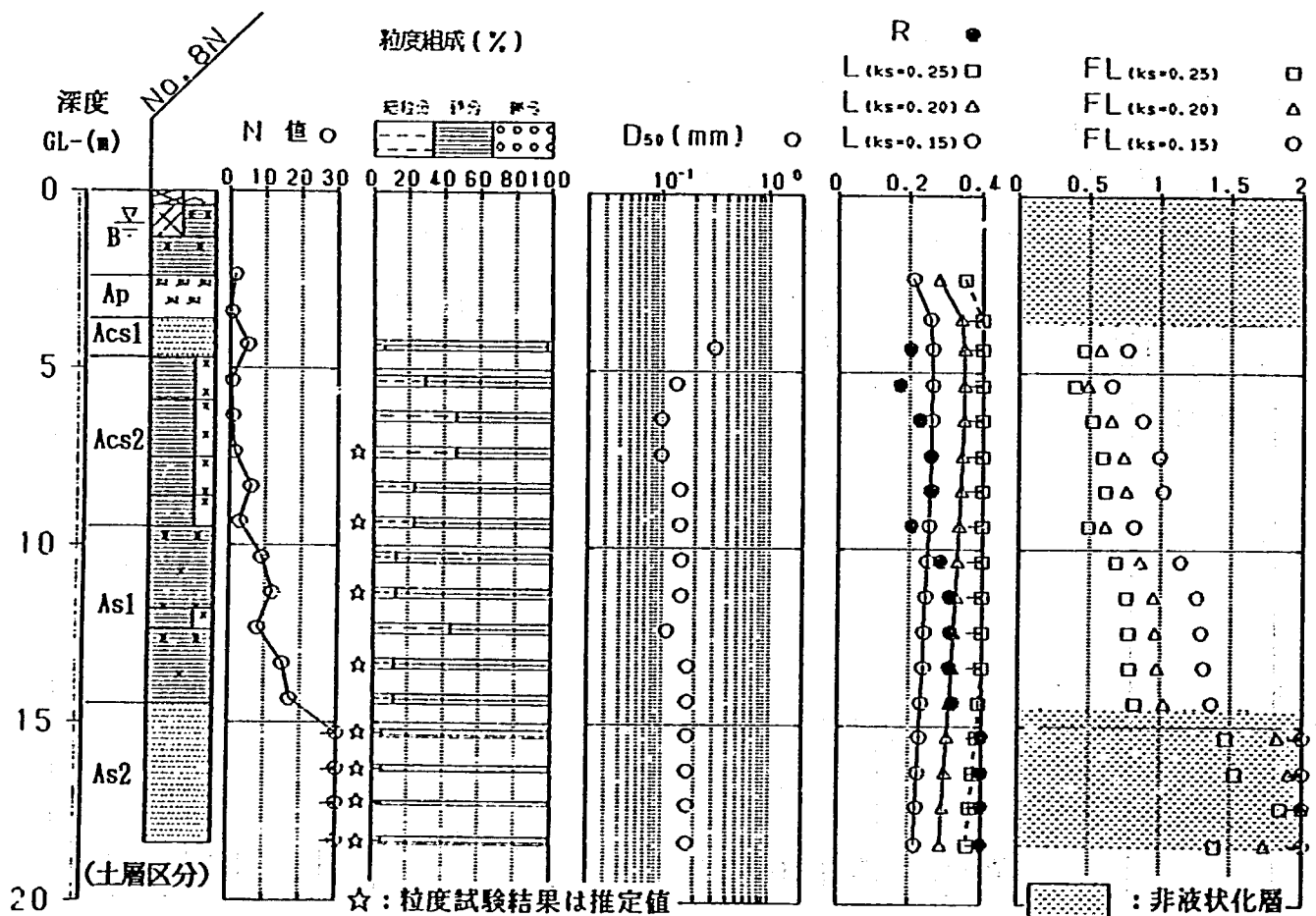
0.00 0.40 1.90 (tf/m³)
0.40 0.90 1.80
0.90 2.40 1.95
2.40 3.60 1.05
3.60 4.70 2.00
4.70 14.45 1.95

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

<FL 計算結果> 14.45 18.40 2.00

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.32	2	-	-	0.44	0.30	0.125	-	-	-	0.97	0.213	0.284	0.355	-	-	-
3.46	1	-	-	0.57	0.31	0.088	-	-	-	0.95	0.258	0.344	0.430	-	-	-
4.30	5	6.5	0.303	0.72	0.38	0.189	0.014	0.000	0.203	0.94	0.264	0.353	0.441	0.77	0.58	0.46
5.31	1	29.2	0.135	0.92	0.48	0.081	0.093	0.000	0.174	0.92	0.264	0.352	0.440	0.66	0.49	0.40
6.30	1	46.8	0.098	1.12	0.58	0.078	0.124	0.027	0.230	0.91	0.263	0.351	0.438	0.87	0.65	0.52
7.32	2	46.8	0.098	1.32	0.67	0.105	0.124	0.027	0.258	0.89	0.261	0.348	0.435	0.99	0.74	0.59
8.30	6	23.4	0.147	1.51	0.77	0.178	0.085	0.000	0.263	0.88	0.258	0.344	0.430	1.02	0.76	0.61
9.30	3	23.4	0.147	1.70	0.86	0.122	0.085	0.000	0.207	0.86	0.255	0.340	0.425	0.81	0.61	0.49
10.30	9	13.3	0.151	1.90	0.96	0.206	0.082	0.000	0.288	0.85	0.251	0.335	0.419	1.14	0.86	0.69
11.30	12	13.3	0.151	2.09	1.05	0.231	0.082	0.000	0.313	0.83	0.248	0.330	0.413	1.26	0.95	0.76
12.30	8	44.7	0.110	2.29	1.15	0.184	0.113	0.019	0.315	0.82	0.244	0.325	0.407	1.29	0.97	0.78
13.30	15	12.0	0.174	2.48	1.24	0.245	0.068	0.000	0.313	0.80	0.240	0.320	0.400	1.31	0.98	0.78
14.30	17	12.0	0.174	2.68	1.34	0.255	0.068	0.000	0.323	0.79	0.236	0.315	0.393	1.37	1.03	0.82
15.26	68	5.9	0.174	2.87	1.43	0.498	0.068	0.000	0.566	0.77	0.232	0.309	0.386	2.44	1.83	1.47
16.25	75	5.9	0.174	3.07	1.53	0.511	0.068	0.000	0.580	0.76	0.227	0.303	0.379	2.55	1.91	1.53
17.21	115	5.9	0.174	3.26	1.63	0.620	0.068	0.000	0.688	0.74	0.223	0.297	0.371	3.09	2.32	1.85
18.27	60	5.9	0.174	3.47	1.73	0.438	0.068	0.000	0.506	0.73	0.218	0.291	0.363	2.32	1.74	1.35

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 9B

<土層区分・単体> 上限(m)・下限(m) 単体重量 γ_{t1}, γ_{t2} 地下水位 GL-(m)

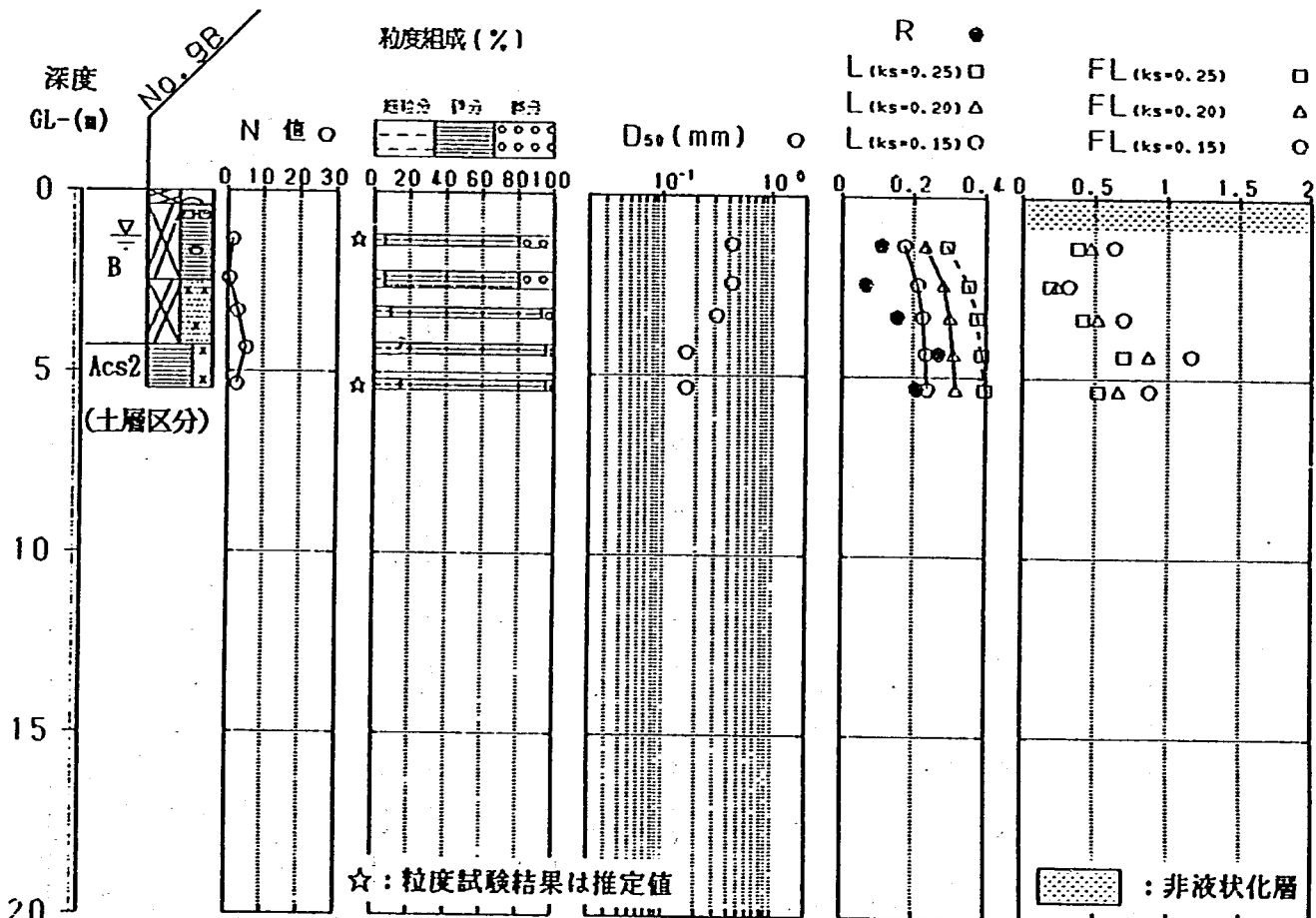
0.00	0.40	1.90 (tf/m ³)	0.90
0.40	0.90	1.80	
0.90	2.50	2.00	
2.50	4.25	2.00	
4.25	5.46	1.95	

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度: 0.15 0.20 0.25

<FL 計算結果>

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R ₁	R ₂	R ₃	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ_v'						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
1.32	2	6.1	0.426	0.25	0.21	0.131	-0.019	0.000	0.112	0.98	0.177	0.236	0.295	0.63	0.47	0.38
2.39	1	6.1	0.426	0.46	0.32	0.088	-0.019	0.000	0.068	0.96	0.213	0.284	0.355	0.32	0.24	0.19
3.30	3	9.6	0.308	0.65	0.41	0.145	0.012	0.000	0.158	0.95	0.227	0.302	0.378	0.70	0.52	0.42
4.31	6	15.3	0.162	0.85	0.51	0.197	0.075	0.000	0.272	0.94	0.235	0.313	0.391	1.16	0.87	0.70
5.30	3	15.3	0.162	1.04	0.60	0.134	0.075	0.000	0.209	0.92	0.239	0.319	0.399	0.87	0.66	0.52

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

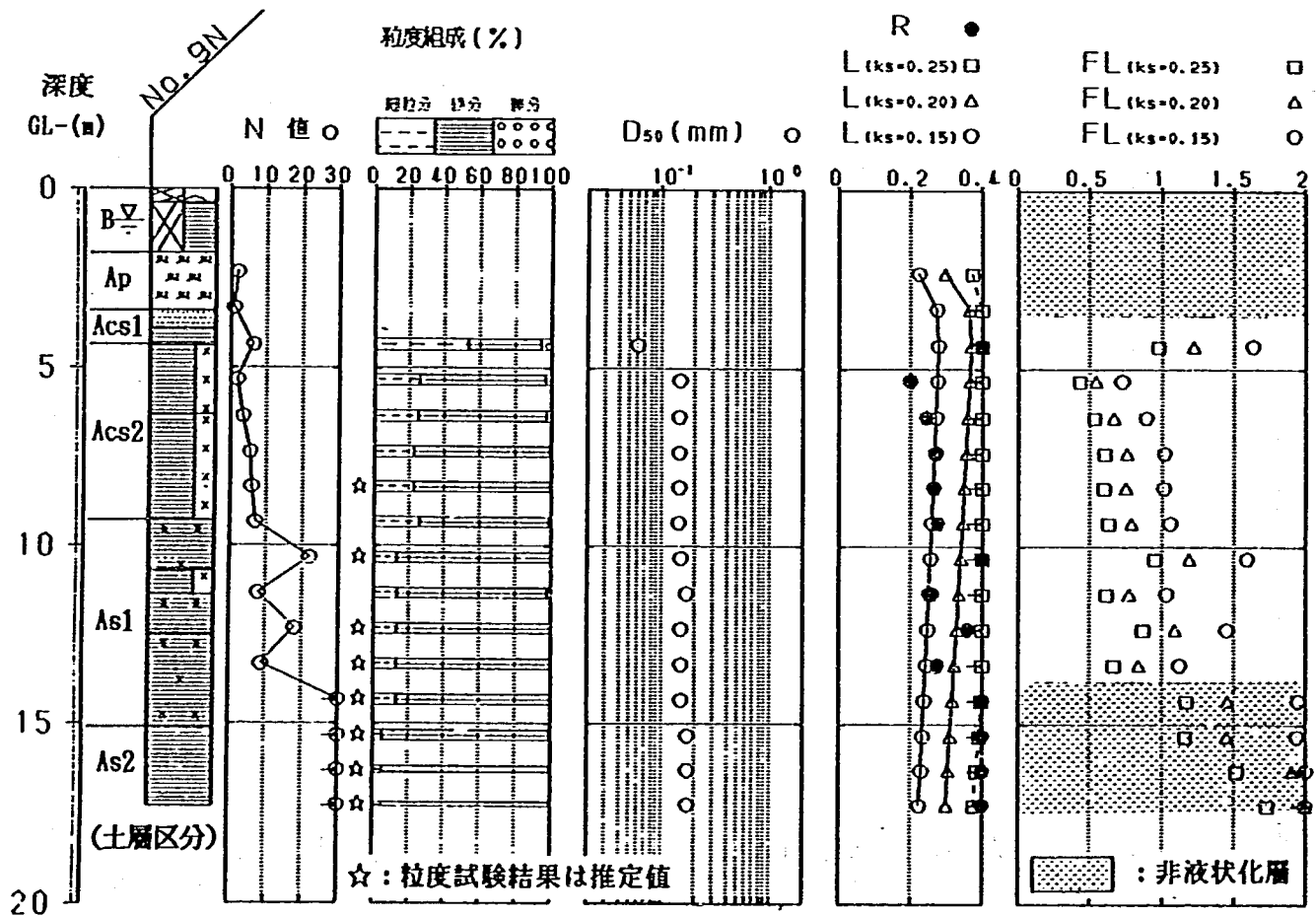
B-N o. 9N

土層区分・単体	上限(m)	下限(m)	単体重量	γ_{t1}, γ_{t2}	地下水位 GL-(m)
	0.00	0.40	1.90	(tf/m ³)	0.90
	0.40	0.90	1.80		
	0.90	1.80	1.95		
	1.80	3.40	1.05		
	3.40	4.35	1.95		
	4.35	15.10	1.95		
<FL 計算結果>	15.10	17.30	2.00		

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
水平震度 : 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.30	2	-	-	0.39	0.25	0.128	-	-	-	0.97	0.225	0.300	0.374	-	-	-
3.30	1	-	-	0.50	0.26	0.090	-	-	-	0.95	0.275	0.366	0.458	-	-	-
4.31	7	53.6	0.060	0.69	0.35	0.228	0.172	0.054	0.455	0.94	0.279	0.371	0.464	1.63	1.22	0.98
5.30	2	26.7	0.148	0.88	0.44	0.117	0.084	0.000	0.201	0.92	0.276	0.368	0.460	0.73	0.55	0.44
6.31	4	25.4	0.146	1.08	0.54	0.159	0.085	0.000	0.244	0.91	0.273	0.364	0.455	0.89	0.67	0.54
7.31	6	22.9	0.145	1.27	0.63	0.187	0.086	0.000	0.273	0.89	0.269	0.359	0.449	1.02	0.76	0.61
8.30	6	22.9	0.145	1.47	0.73	0.181	0.086	0.000	0.267	0.88	0.265	0.354	0.442	1.01	0.75	0.60
9.30	7	26.2	0.144	1.66	0.82	0.189	0.087	0.000	0.276	0.86	0.261	0.348	0.435	1.06	0.79	0.63
10.30	22	13.3	0.151	1.86	0.92	0.326	0.082	0.000	0.408	0.85	0.257	0.343	0.429	1.59	1.19	0.95
11.30	8	13.6	0.170	2.05	1.01	0.191	0.071	0.000	0.261	0.83	0.253	0.337	0.421	1.03	0.78	0.62
12.30	18	13.3	0.151	2.25	1.11	0.279	0.082	0.000	0.361	0.82	0.249	0.331	0.414	1.45	1.09	0.87
13.30	9	13.3	0.151	2.44	1.20	0.192	0.082	0.000	0.274	0.80	0.244	0.326	0.407	1.12	0.84	0.67
14.30	38	13.3	0.151	2.64	1.30	0.385	0.082	0.000	0.467	0.79	0.240	0.320	0.400	1.95	1.46	1.17
15.30	40	5.9	0.172	2.83	1.39	0.386	0.069	0.000	0.455	0.77	0.235	0.314	0.392	1.94	1.45	1.16
16.25	75	5.9	0.172	3.02	1.49	0.517	0.069	0.000	0.586	0.76	0.231	0.307	0.384	2.54	1.91	1.52
17.22	100	5.9	0.172	3.22	1.58	0.584	0.069	0.000	0.653	0.74	0.226	0.301	0.377	2.89	2.17	1.73

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上

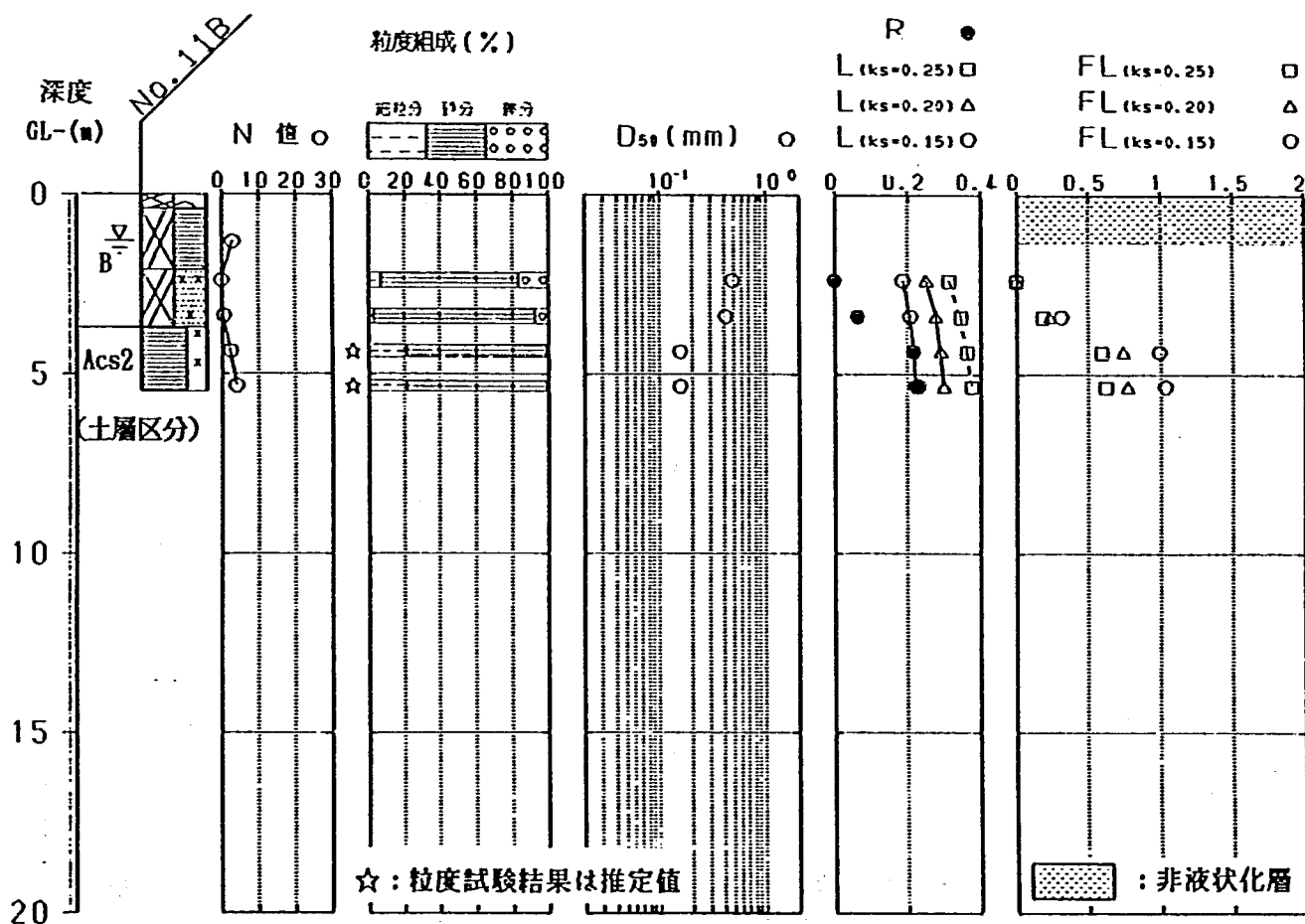


B-N o. 11 B

水平震度 : 0.15 0.20 0.25

[illegible]

・ * 印 は、相対密度(Dr) 60% 以上



FL 計算結果 (道路橋示方書・同解説V耐震設計編 準拠)

B-N o. 11N

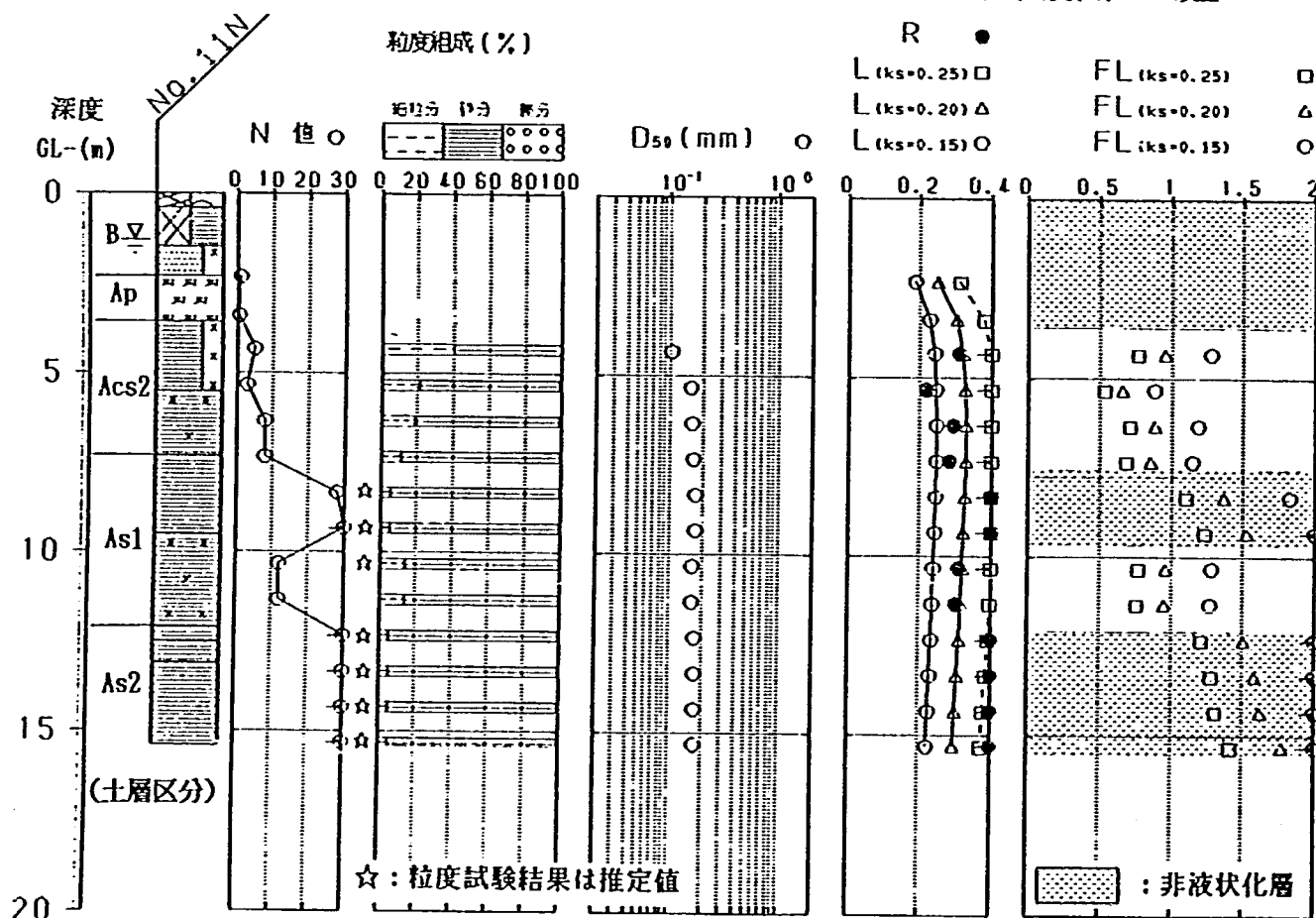
<土層区分・単体> 上限(m)・下限(m) 単体重量 γ_{t1}, γ_{t2} 地下水位 GL-(m)

0.00 1.30 1.90, 1.80 (tf/m³) 1.30
 1.30 2.30 1.95
 2.30 3.55 1.05
 3.55 7.30 1.95
 7.30 9.50 2.00
 9.50 12.10 1.95
 <FL 計算結果> 12.10 15.40 2.00

<対象土層>: 地下水位以下の 沖積層,
 0.02mm ≤ D₅₀ ≤ 2.0mm の土層
 水平震度: 0.15 0.20 0.25

深度 GL-(m)	N 値	細粒分 Fc(%)	D ₅₀ (mm)	土被圧(kgf/cm ²)		R1	R2	R3	R	γ_d	L [ks]			FL [ks]		
				σ_v	σ'_v						0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25
2.30	1	-	-	0.43	0.33	0.087	-	-	-	0.97	0.188	0.251	0.314	-	-	-
3.36	1	-	-	0.54	0.34	0.087	-	-	-	0.95	0.229	0.306	0.382	-	-	-
4.30	5	40.7	0.102	0.71	0.41	0.187	0.120	0.003	0.310	0.94	0.243	0.324	0.405	1.28	0.96	0.77
5.30	3	21.8	0.155	0.91	0.51	0.139	0.080	0.000	0.219	0.92	0.247	0.330	0.412	0.88	0.66	0.53
6.30	8	18.8	0.160	1.10	0.60	0.219	0.076	0.000	0.295	0.91	0.249	0.332	0.415	1.19	0.89	0.71
7.30	8	11.3	0.164	1.30	0.70	0.211	0.074	0.000	0.285	0.89	0.249	0.332	0.415	1.15	0.86	0.69
8.30	28	5.9	0.172	1.50	0.80	0.382	0.069	0.000	0.451	0.88	0.247	0.329	0.411	1.83	1.37	1.10
9.30	38	5.9	0.172	1.70	0.90	0.430	0.069	0.000	0.500	0.86	0.244	0.326	0.407	2.05	1.53	1.23
10.30	12	14.1	0.162	1.89	0.99	0.235	0.075	0.000	0.310	0.85	0.242	0.323	0.403	1.28	0.96	0.77
11.30	12	14.1	0.162	2.09	1.09	0.229	0.075	0.000	0.304	0.83	0.239	0.319	0.399	1.27	0.95	0.76
12.30	40	5.9	0.172	2.28	1.18	0.407	0.069	0.000	0.476	0.82	0.236	0.315	0.394	2.02	1.51	1.21
13.30	46	5.9	0.172	2.48	1.28	0.425	0.069	0.000	0.494	0.80	0.232	0.310	0.387	2.13	1.59	1.28
14.30	49	5.9	0.172	2.68	1.38	0.428	0.069	0.000	0.497	0.79	0.229	0.305	0.381	2.18	1.63	1.31
15.27	60	5.9	0.172	2.88	1.48	0.463	0.069	0.000	0.532	0.77	0.225	0.300	0.375	2.37	1.78	1.42

注) ・ - 印 は、液状化検討 対象外
 ・ * 印 は、相対密度(D_r) 60% 以上



卷末資料 4

非排水繰返し三軸試験結果

原地盤部（トリプルチューブサンプラーにより採取した試料）の結果

1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 65N

試料番号			65N-1							
供試体番号			1	2	3	4	5	6		
深度 GL- (m)			3.60 ~ 4.55							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s	含水比 W_n (%)	2.698	2.701	2.598	2.673	2.608	2.612		
		隙分 (%)	15.7	20.5	19.0	23.3	28.8	32.2		
		砂分 (%)	0.6	4.1	3.0	0.0	0.9	1.7		
		シルト分 (%)	84.7	87.0	83.9	81.3	83.8	86.5		
		粘土分 (%)	8.9	5.3	9.1	13.7	10.2	9.0		
		細粒分含有率 (%)	5.8	3.6	4.0	5.0	5.1	2.8		
		平均粒径 D_{50} (mm)	14.7	8.9	13.1	18.7	15.3	11.8		
		均等係数 U_c	0.185	0.225	0.197	0.153	0.153	0.249		
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)	3.54	2.96	3.77	3.01	4.01	4.32		
	最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)	1.528	1.523	1.462	1.400	1.297	1.217			
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.143	1.143	1.115	1.059	0.967	0.902			
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.668	1.719	1.707	1.689	1.631	1.624			
	間隙比 e	1.405	1.427	1.383	1.296	1.161	1.100			
	相対密度 D_r (%)	0.920	0.893	0.879	1.063	1.246	1.375			
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	74	80	82	75	66	70			
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.671	1.722	1.710	1.692	1.634	1.628			
	間隙比 e	1.412	1.433	1.389	1.301	1.167	1.107			
	相対密度 D_r (%)	0.911	0.885	0.870	1.055	1.223	1.360			
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.41							
B 値			1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00		
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.25	0.19	0.17	0.23	0.30	0.34		
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	1.5	8	200<	35	5	1		
		2.0 (%)	2.5	9.5	200<	48	9	5		
		5.0 (%)	4.5	12	200<	76	17	15		
		10.0 (%)	7.5	14	200<	134	53	53		
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		5	13	200<	107	16	23		

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 65N

試料番号			65N-3							
供試体番号			1	2	3	4				
深度 GL- (m)			5.80 ~ 6.90							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s		2.635	2.628	2.663	2.669				
	含水比 W_n (%)		31.9	31.5	27.9	29.1				
	粒度特性	隙分 (%)	0.1	0.1	0.3	0.6				
		砂分 (%)	47.4	48.1	65.2	61.5				
		シルト分 (%)	31.0	34.6	20.8	24.3				
		粘土分 (%)	21.5	17.2	13.7	13.6				
		細粒分含有率 (%)	52.5	51.8	34.5	37.9				
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.066	0.072	0.128	0.127				
		均等係数 U_c	-	101	138	-				
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.191	1.218	1.327	1.288			
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		0.839	0.848	0.945	0.930					
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.701	1.711	1.772	1.754				
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.159	1.172	1.277	1.244				
	間隙比 e		1.274	1.242	1.085	1.145				
	相対密度 D_r (%)		93	91	90	91				
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.715	1.726	1.781	1.766				
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.181	1.196	1.293	1.264				
	間隙比 e		1.231	1.197	1.060	1.112				
	相対密度 D_r (%)		98	96	93	95				
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.59							
B 値			1.00	1.00	0.98	1.00				
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.38	0.25	0.30	0.34				
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	0.7	20	1.5	0.8				
		2.0 (%)	3	70	5	2				
		5.0 (%)	14	162	20	10				
		10.0 (%)	33	231	45	23				
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		25	200	24	14				

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 92N

試料番号			9 2 N - 1							
供試体番号			1	2	3	4				
深度 GL- (m)			3.60 ~ 4.55							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s		2.678	2.692	2.610	2.601				
	含水比 W_n (%)		20.1	18.0	26.3	28.7				
	粒度特性	礫分 (%)	0.3	16.3	5.1	0.4				
		砂分 (%)	68.5	76.9	53.7	64.8				
		シルト分 (%)	22.1	5.0	30.2	23.6				
		粘土分 (%)	9.1	1.8	11.0	11.2				
		細粒分含有率 (%)	31.2	6.8	41.2	34.8				
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.134	0.685	0.117	0.140				
		均等係数 U_c	23.8	5.99	2.80	6.72				
	最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.503	1.482	1.369	1.371				
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		1.189	1.156	1.029	1.014					
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.771	1.752	1.712	1.729				
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.414	1.437	1.262	1.232				
	間隙比 e		0.894	0.873	1.068	1.111				
	相対密度 D_r (%)		76	89	74	68				
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.775	1.760	1.722	1.737				
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.422	1.452	1.278	1.246				
	間隙比 e		0.883	0.854	1.042	1.087				
	相対密度 D_r (%)		78	93	78	72				
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.45							
B 値			0.98	0.97	0.98	1.00				
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.30	0.40	0.35	0.32				
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	10	0.7	1	1				
		2.0 (%)	17	0.8	4	5				
		5.0 (%)	52	3	15	22				
		10.0 (%)	200<	6	55	70				
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		37	6	23	14				

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 92N

試料番号			9 2 N - 2							
供試体番号			1	2	3	4	5			
深度 GL- (m)			7.80 ~ 8.90							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s		2.654	2.632	2.691	2.649	2.629			
	含水比 W_n (%)		22.4	23.1	20.8	22.1	22.3			
	粒特性	礫分 (%)	0.8	1.4	0.3	0.1	0.9			
		砂分 (%)	87.8	81.7	85.4	84.1	86.3			
		シルト分 (%)	6.9	12.7	9.5	11.7	9.0			
		粘土分 (%)	4.5	4.2	4.8	4.1	3.8			
		細粒分含有率 (%)	11.4	16.9	14.3	15.8	12.8			
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.159	0.169	0.178	0.158	0.160			
		均等係数 U_c	3.68	4.72	6.81	2.99	1.57			
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.491	1.493	1.580	1.553	1.466		
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		1.124	1.127	1.184	1.175	1.096				
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.848	1.858	1.840	1.861	1.828			
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.434	1.428	1.458	1.449	1.421			
	間隙比 e_s		0.851	0.843	0.846	0.828	0.850			
	相対密度 D_r (%)		88	86	75	78	91			
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.853	1.867	1.848	1.869	1.834			
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.444	1.443	1.471	1.461	1.431			
	間隙比 e		0.838	0.824	0.829	0.813	0.837			
	相対密度 D_r (%)		90	89	78	80	93			
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.78							
B 値			1.00	0.98	0.98	0.98	0.95			
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.30	0.35	0.25	0.22	0.27			
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	2	0.7	0.7	7	5			
		2.0 (%)	4	0.8	1.5	11	8			
		5.0 (%)	16	4	5.5	20	31			
		10.0 (%)	91	18	23	72	193			
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		11	5	5	11	19			

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 9N

試料番号			9 N - 1				9 N - 2			
供試体番号			1	2	3	4	1	2	3	4
深度 GL- (m)			4.50 ~ 5.60				8.00 ~ 9.10			
物理特性	土粒子の密度 ρ_s		2.627	2.669	2.651	2.661	2.664	2.677	2.661	2.657
	含水比 W_n (%)		38.9	34.4	32.7	38.3	24.9	24.2	25.3	24.1
	粒特性	礫分 (%)	1.2	1.0	1.2	0.9	0.7	0.5	0.2	0.7
		砂分 (%)	72.9	73.4	68.7	68.1	77.2	80.4	80.8	76.0
		シルト分 (%)	17.0	16.8	17.0	16.5	12.9	15.1	13.3	14.8
		粘土分 (%)	8.9	8.7	13.1	14.5	9.2	4.0	5.7	8.5
		細粒分含有率 (%)	25.9	25.5	30.1	31.0	22.1	19.1	19.0	23.3
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.145	0.146	0.142	0.140	0.155	0.150	0.150	0.146
		均等係数 U_c	23.4	22.9	147	-	28.4	6.14	9.77	21.3
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.311	1.347	1.360	1.336	1.495	1.461	1.469
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		0.945	0.974	0.973	0.952	1.075	1.047	1.023	1.042	
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.782	1.851	1.872	1.797	1.858	1.875	1.844	1.876
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.283	1.377	1.411	1.300	1.396	1.421	1.377	1.424
	間隙比 e		1.048	0.938	0.879	1.047	0.908	0.884	0.932	0.866
	相対密度 D_r (%)		94	106	109	93	82	93	85	93
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.793	1.860	1.880	1.810	1.868	1.885	1.853	1.887
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.300	1.392	1.424	1.320	1.412	1.436	1.393	1.441
	間隙比 e		1.021	0.917	0.862	1.016	0.887	0.864	0.910	0.844
	相対密度 D_r (%)		98	108	111	97	85	96	87	96
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.40				0.68			
B 値			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.30	0.21	0.25	0.28	0.30	0.21	0.26	0.18
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	0.7	17	4	1.5	0.8	7	2.5	31
		2.0 (%)	2	38	9	5	2	12	7	40
		5.0 (%)	9	99	37	19	7	25	20	72
		10.0 (%)	25	188	91	40	21	57	50	152
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		13	110	55	22	5	14	16	43

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 11N

試料番号			1 1 N-1				1 1 N-2			
供試体番号			1	2	3	4	1	2	3	4
深度 GL- (m)			4.50 ~ 5.60				9.50 ~ 10.45			
物理 特性	土粒子の密度 ρ_s		2.669	2.656	2.672	2.656	2.771	2.719	2.728	2.731
	含水比 W_n (%)		23.8	25.5	25.3	25.9	16.2	18.0	22.5	26.7
	粒 度 特 性	礫分 (%)	4.9	1.0	1.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1
		砂分 (%)	74.1	72.5	71.4	81.2	86.1	90.0	86.1	77.4
		シルト分 (%)	14.6	18.0	14.3	13.6	9.8	6.2	10.0	11.6
		粘土分 (%)	6.4	8.5	13.0	4.9	4.1	3.8	3.9	10.9
		細粒分含有率 (%)	21.0	26.5	27.3	18.5	13.9	10.0	13.9	22.5
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.156	0.146	0.152	0.154	0.165	0.169	0.165	0.146
		均等係数 U_c	15.6	21.8	125	6.27	3.73	2.10	3.98	49.4
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.429	1.416	1.413	1.432	1.587	1.580	1.576
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		1.033	1.013	1.011	1.019	1.226	1.215	1.168	1.027	
圧 密 前	湿潤密度 ρ_t .(g/cm ³)		1.870	1.838	1.853	1.836	1.795	1.773	1.829	1.815
	乾燥密度 ρ_d .(g/cm ³)		1.425	1.369	1.385	1.361	1.504	1.454	1.418	1.330
	間隙比 e .		0.873	0.940	0.929	0.952	0.842	0.870	0.924	1.053
	相対密度 Dr . (%)		99	91	95	87	81	71	68	77
圧 密 後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.876	1.847	1.862	1.847	1.800	1.780	1.837	1.831
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.435	1.384	1.398	1.379	1.513	1.467	1.432	1.357
	間隙比 e		0.860	0.919	0.911	0.926	0.831	0.853	0.905	1.013
	相対密度 Dr (%)		101	94	97	91	83	74	71	83
圧密応力 $\sigma c'$ (kgf/cm ²)			0.44				0.88			
B 値			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00
せん断応力比 $\sigma d/2\sigma c'$			0.30	0.35	0.27	0.33	0.30	0.22	0.18	0.20
繰 返 し 回 数 N	軸 歪 両 振 幅 (DA)	1.0 (%)	1	0.7	5	0.8	0.8	4.5	51	11
		2.0 (%)	5	1.5	14	2	2	6.5	55	18
		5.0 (%)	24	7	47	8	5	11	70	33
		10.0 (%)	71	23	100	21	11	26	112	66
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma c'=0.95$		24	11	42	12	4	12	60	29

試料番号 65N-1

深度 GL - 3.60 m ==> - 4.55 m

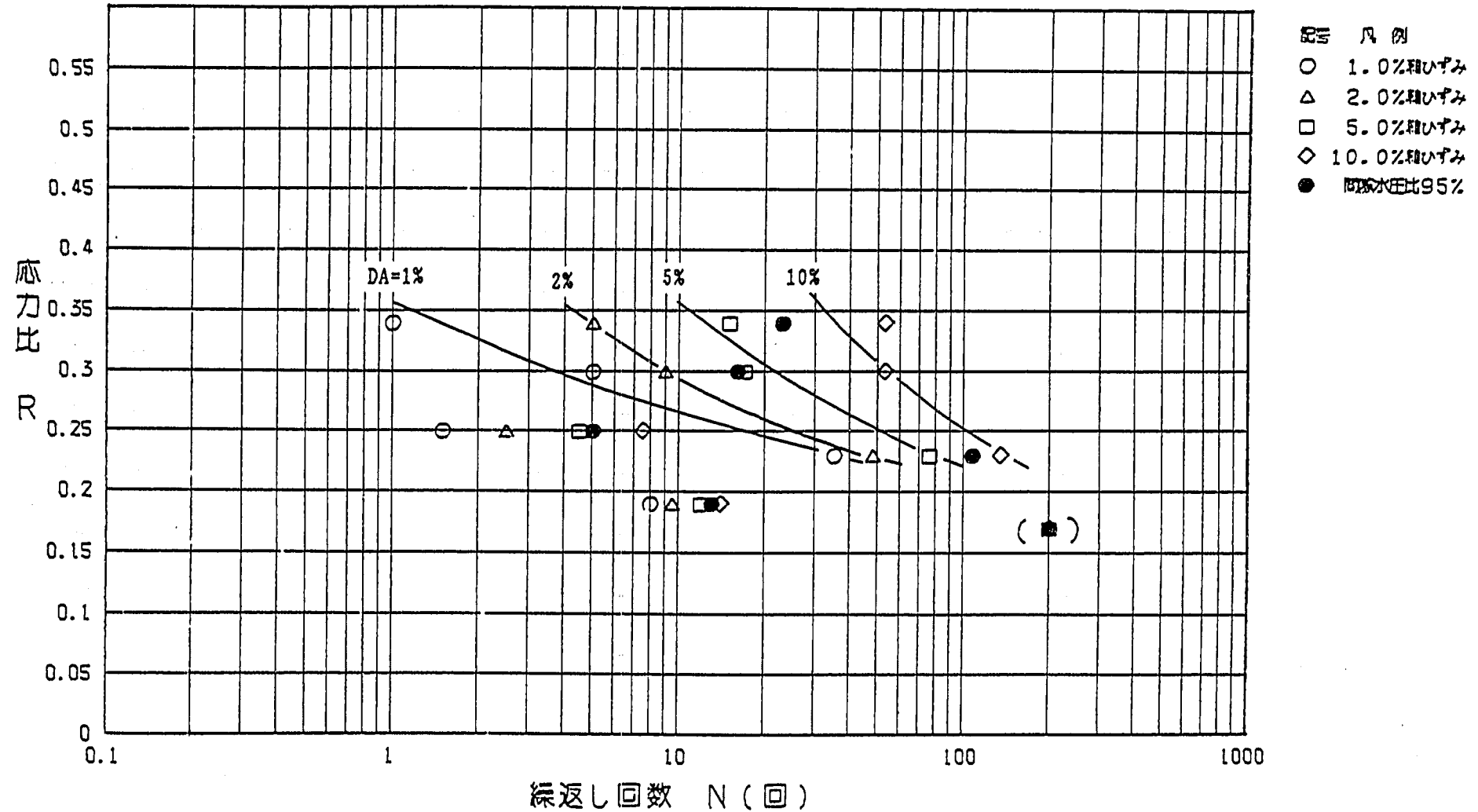


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 65N-3

深度 GL - 5.80 m ==> - 6.90 m

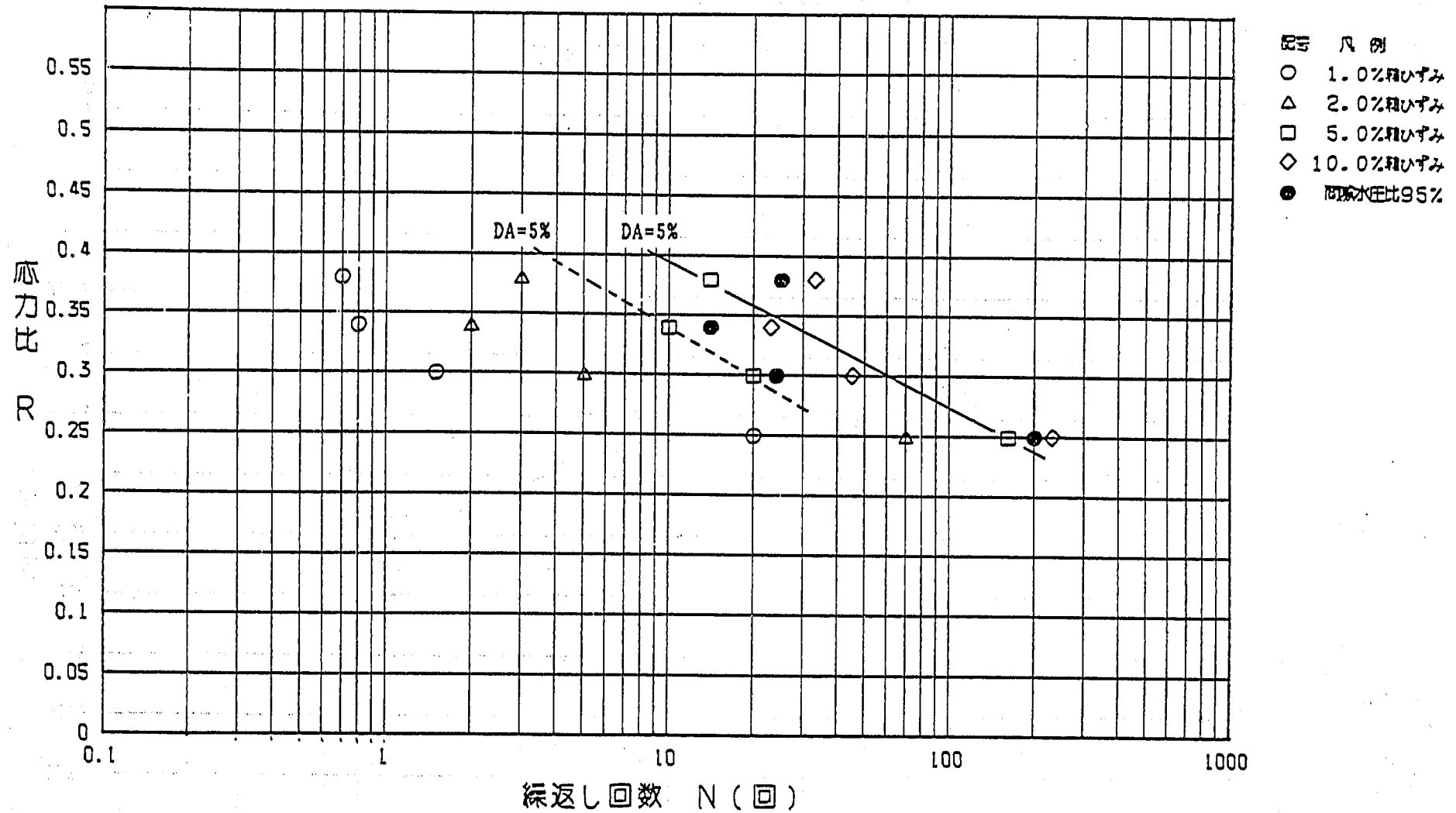


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 92N-1

深度 GL - 3.60 m ==> - 4.55 m

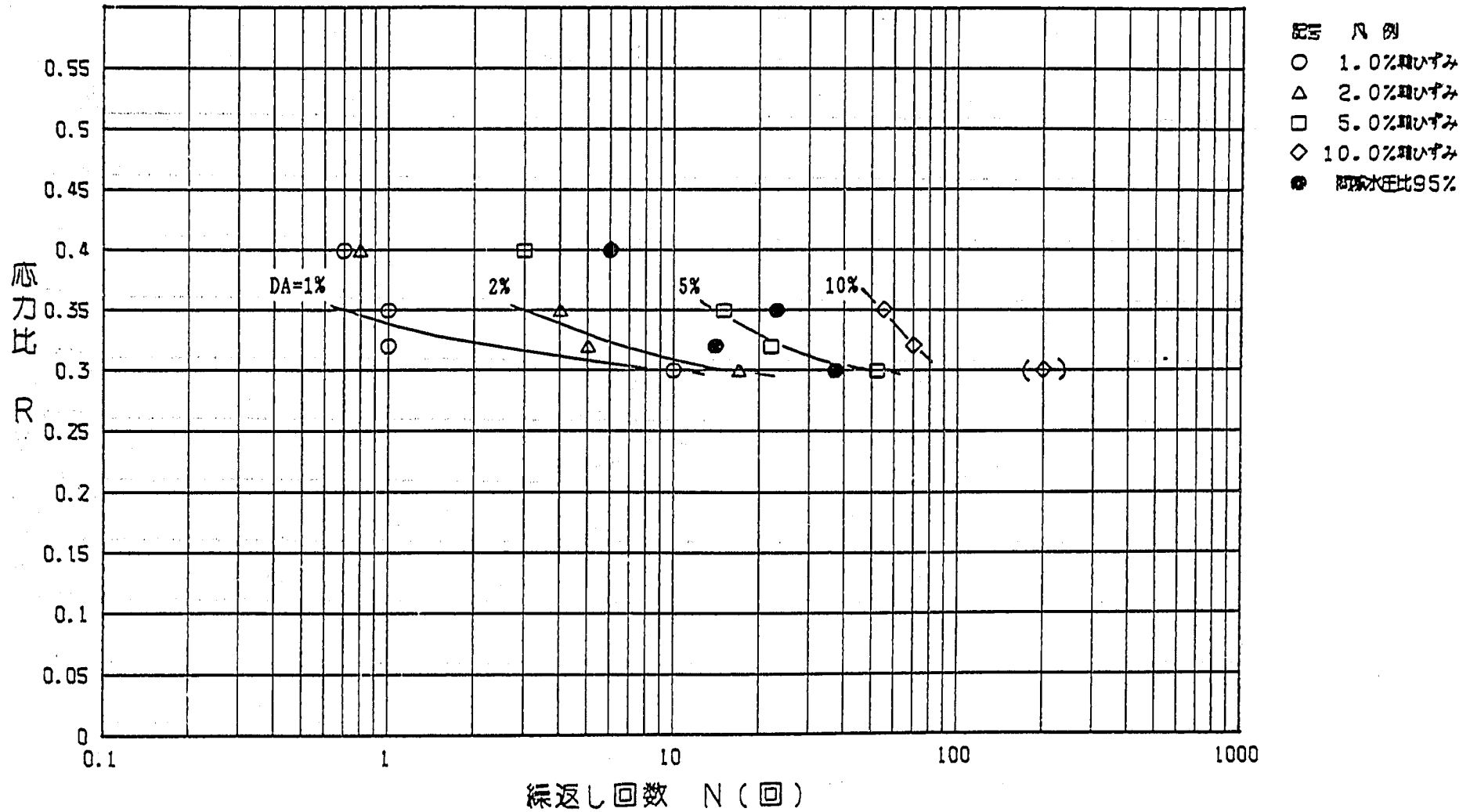


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 92N-2

深度 GL - 7.80 m ==> - 8.90 m

- 記号 凡 例
- 1.0% 繰り返しずみ
 - △ 2.0% 繰り返しずみ
 - 5.0% 繰り返しずみ
 - ◇ 10.0% 繰り返しずみ
 - 同条件で圧比95%

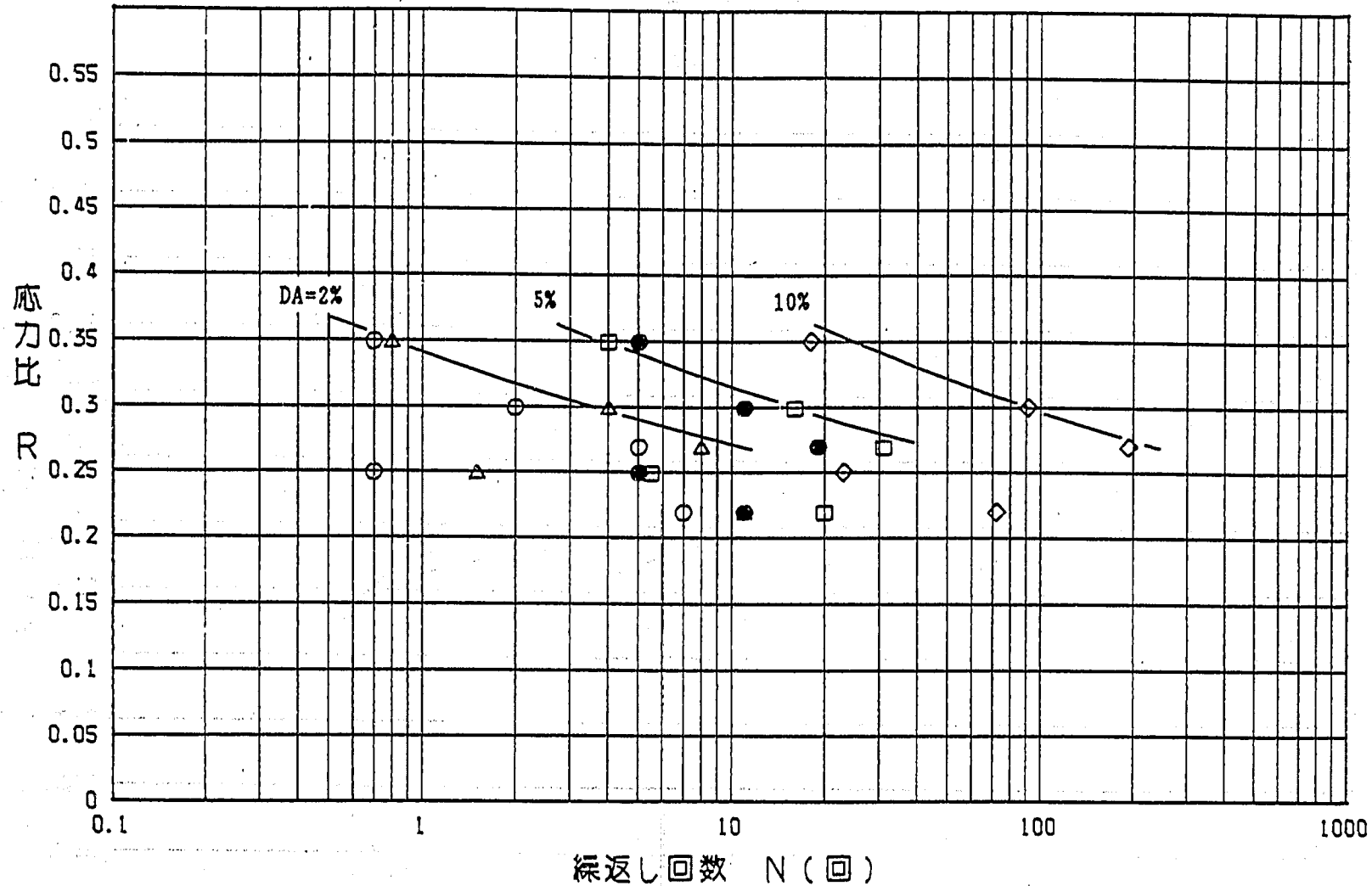


図 一 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 9N-1

深度 GL - 4.50 m ==> - 5.60 m

- 記号 凡 例
- 1.0% 繰り返しずみ
 - △ 2.0% 繰り返しずみ
 - 5.0% 繰り返しずみ
 - ◇ 10.0% 繰り返しずみ
 - 破壊応力比95%

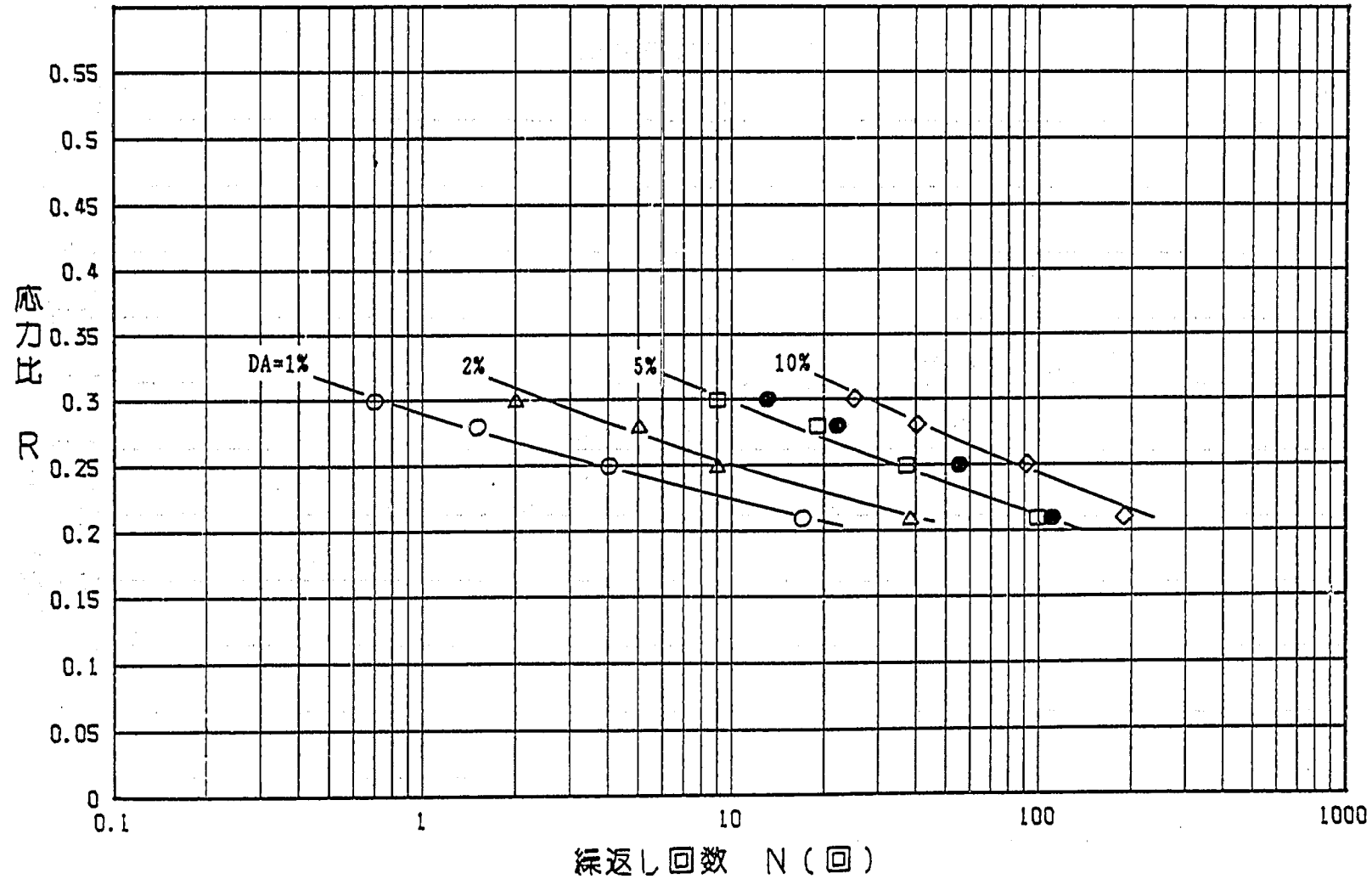


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 9N-2

深度 GL - 8.00 m ==> - 9.10 m

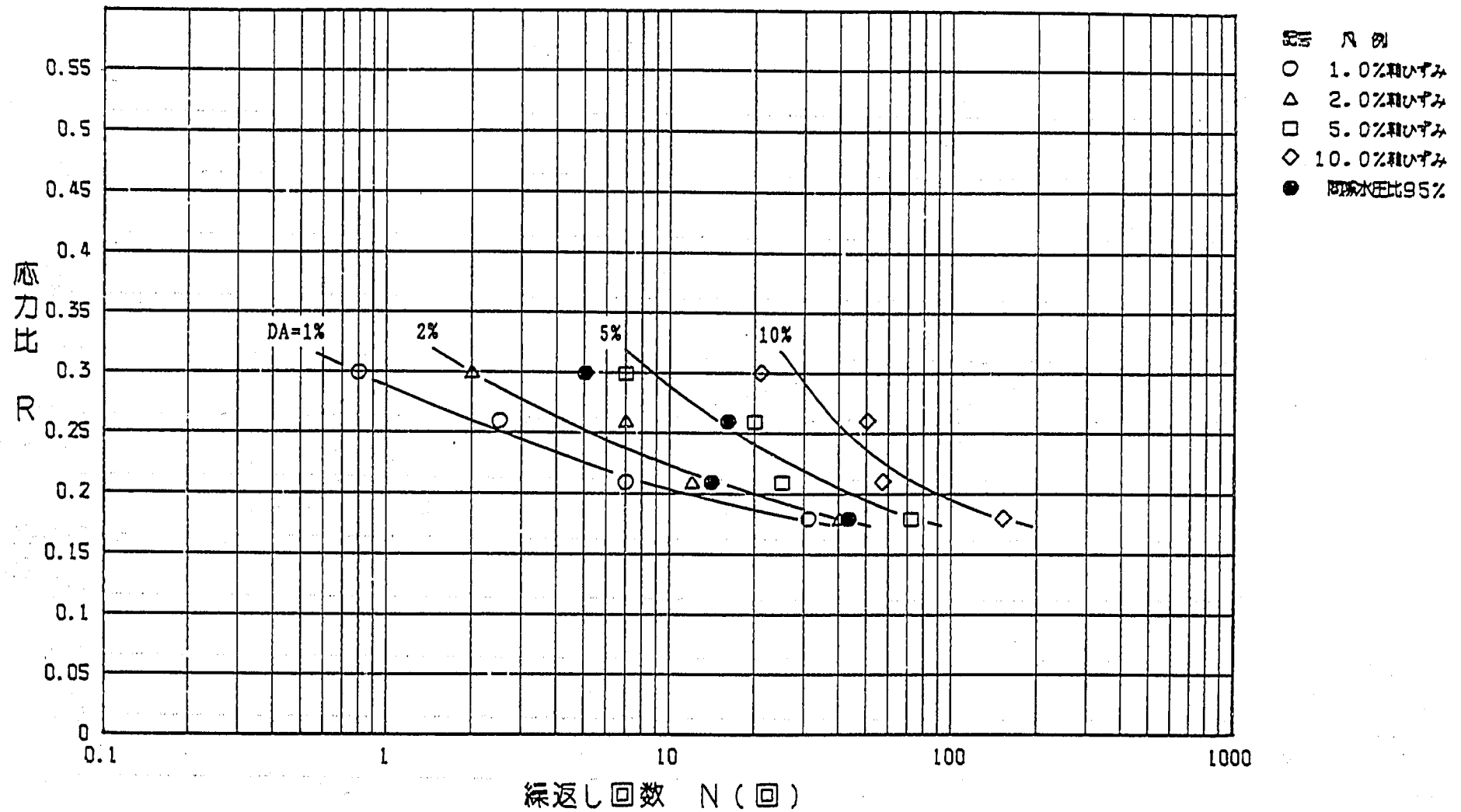


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 11N-1

深度 GL - 4.50 m ==> - 5.60 m

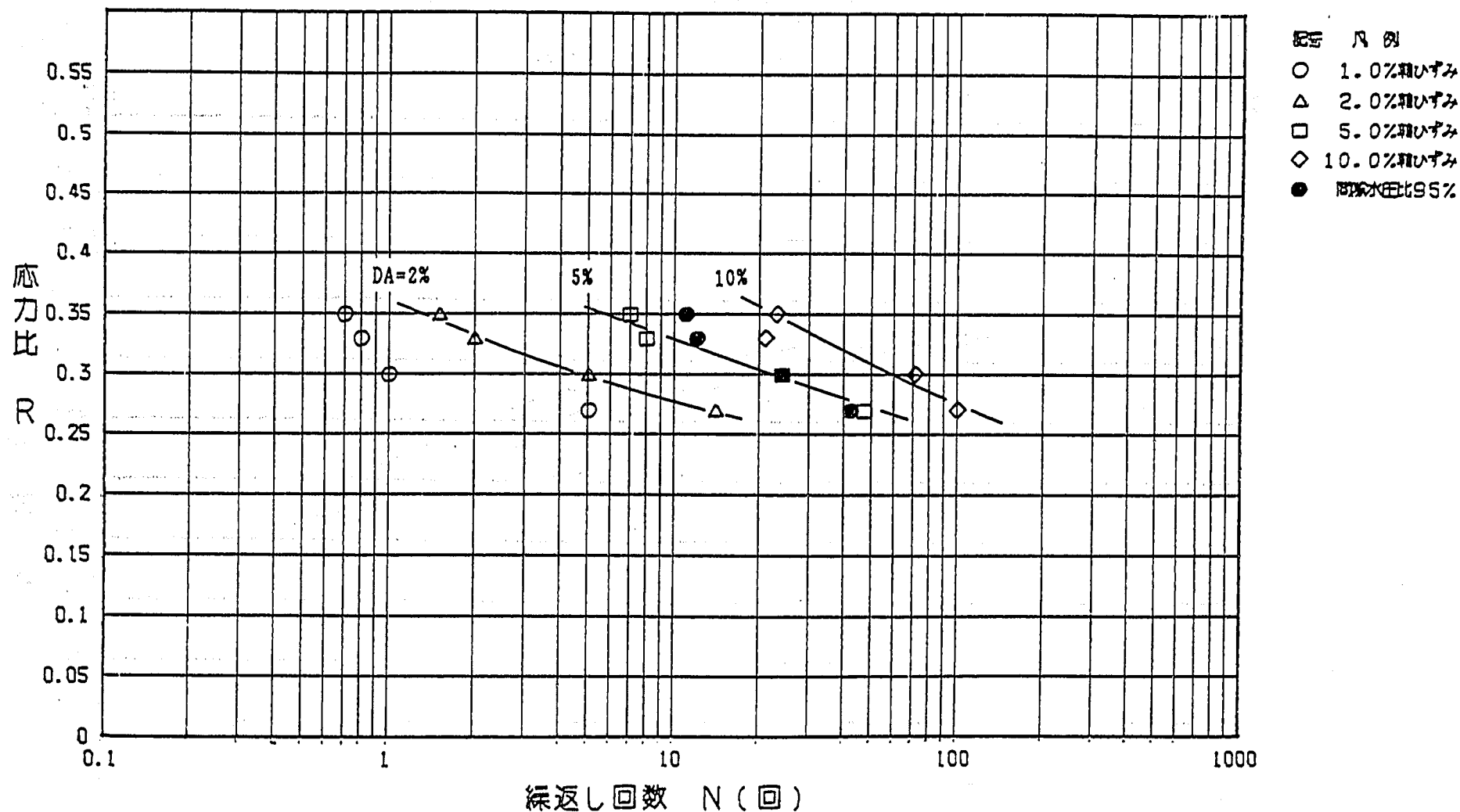


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 11N-2

深度 GL - 9.50 m ==> - 10.45 m

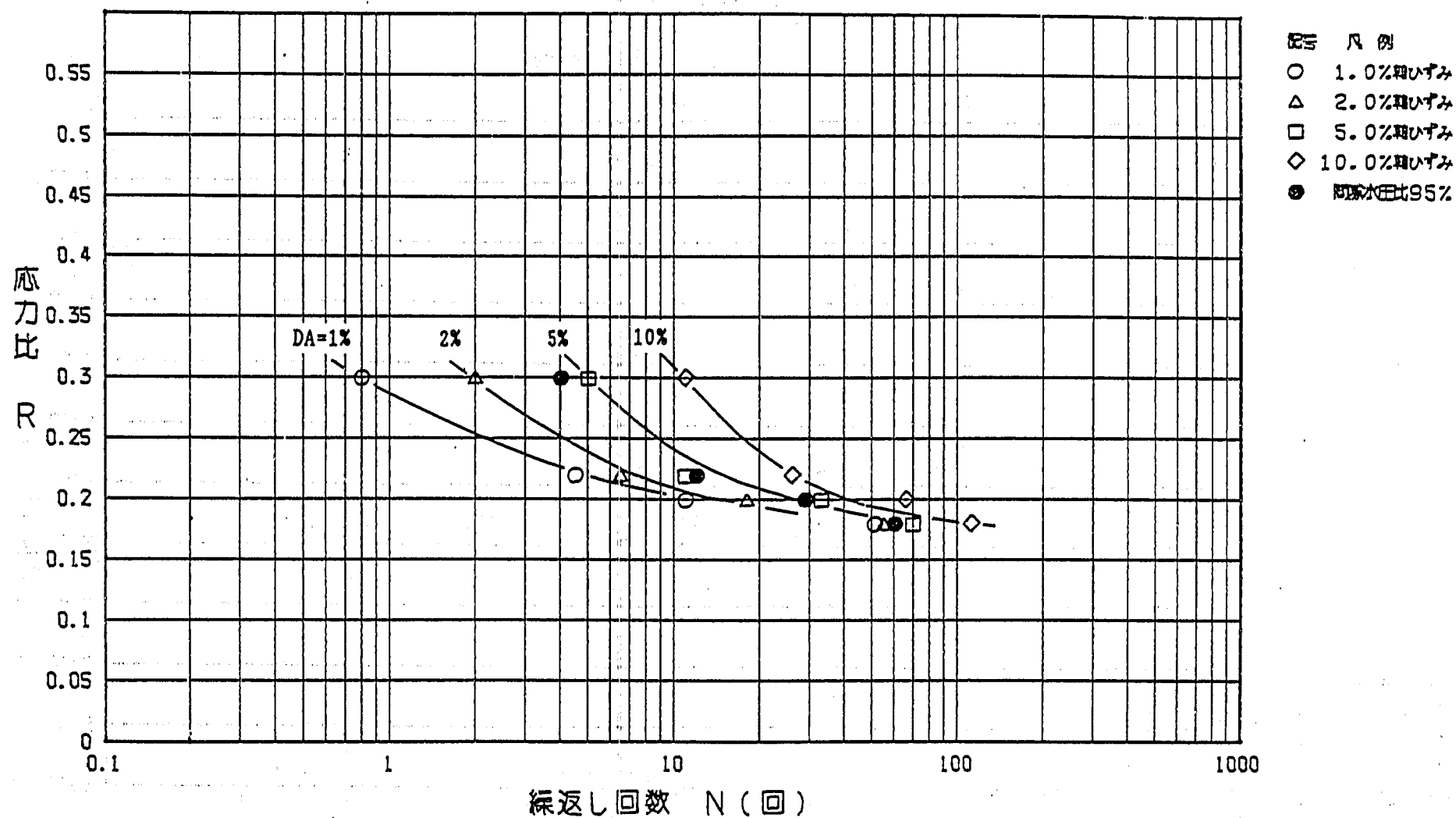
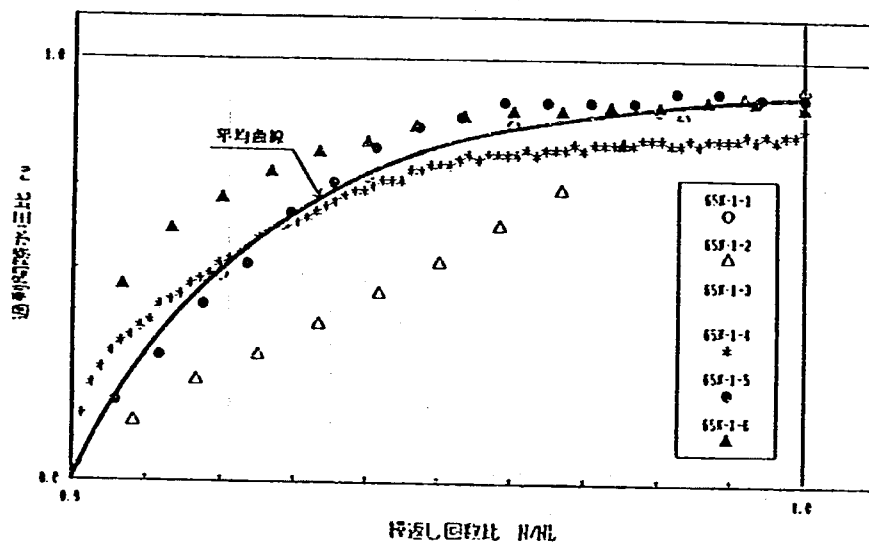
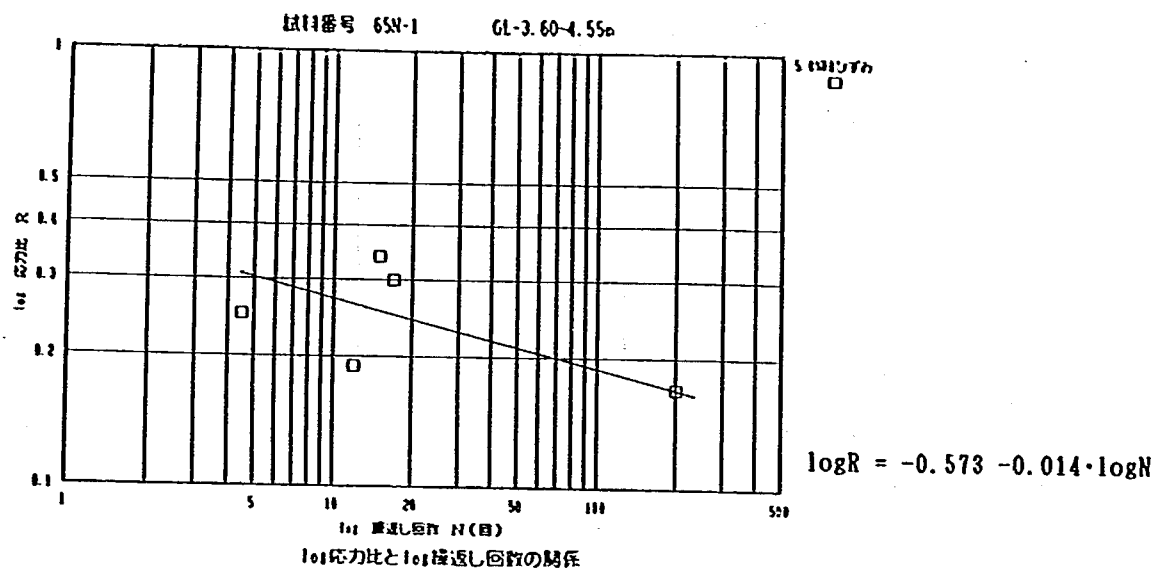
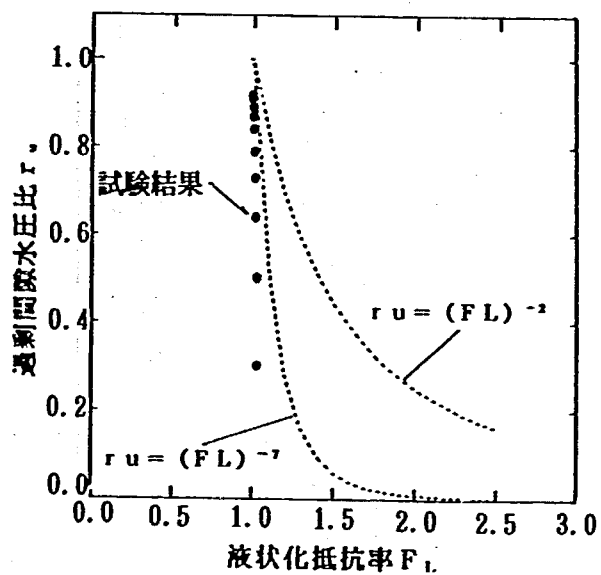


図 - 応力比と繰返し回数の関係

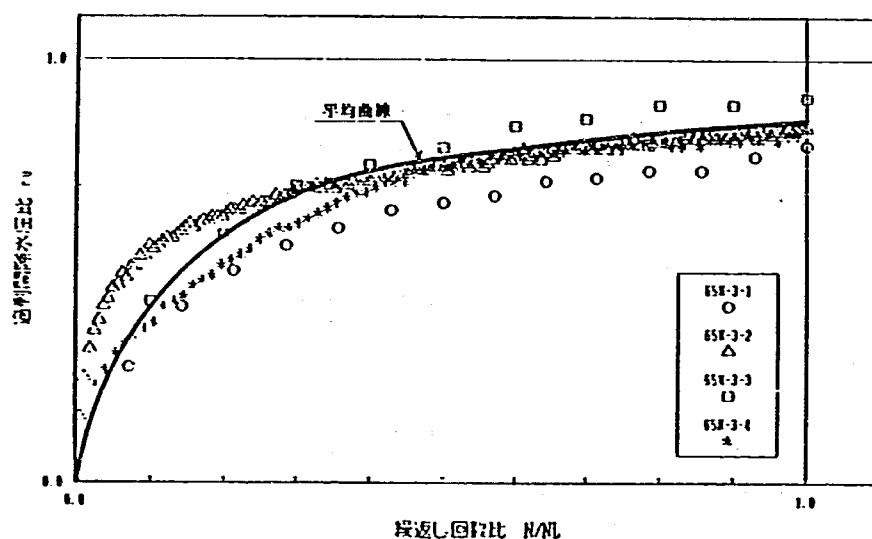
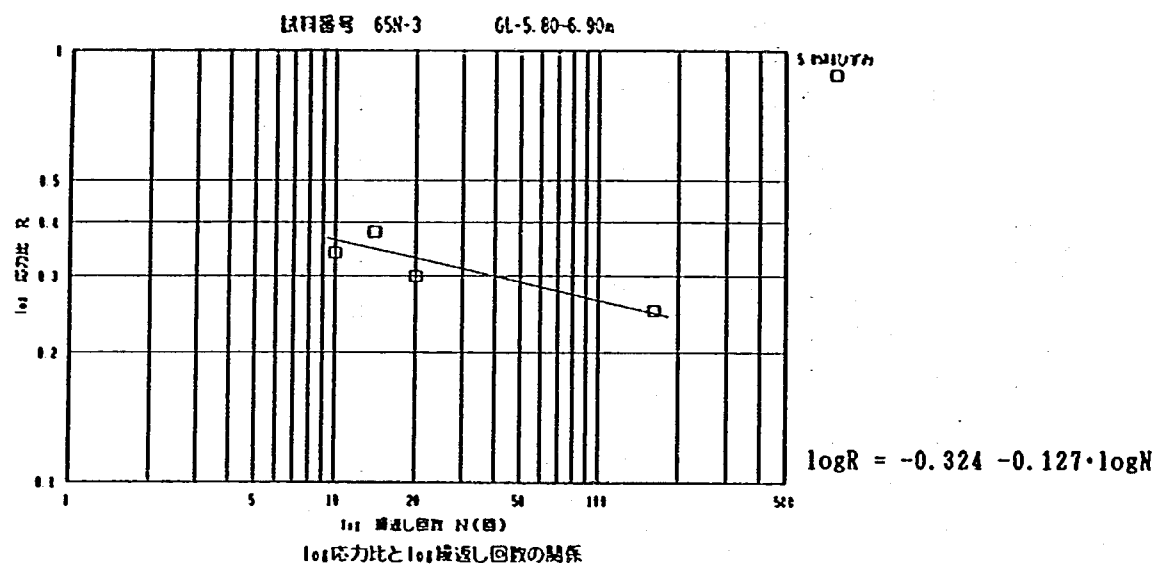


65N-1		
減衰係数 $b = -0.014$		
繰返し回率比 N/N_L	液状化抵抗率 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.91	1.000
0.9	0.90	1.041
0.8	0.89	1.083
0.7	0.87	1.095
0.6	0.84	1.087
0.5	0.79	1.010
0.4	0.73	1.013
0.3	0.64	1.017
0.2	0.50	1.023
0.1	0.30	1.033



$$r_u = F_L^{-2.2}$$

図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (65N-1)



65N-3		
関係式 $b = -0.127$		
繰返し回率比 N/N_0	過剰間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.16	1.000
0.9	0.15	1.013
0.8	0.14	1.029
0.7	0.11	1.046
0.6	0.10	1.067
0.5	0.11	1.092
0.4	0.13	1.123
0.3	0.44	1.165
0.2	0.56	1.227
0.1	0.71	1.310

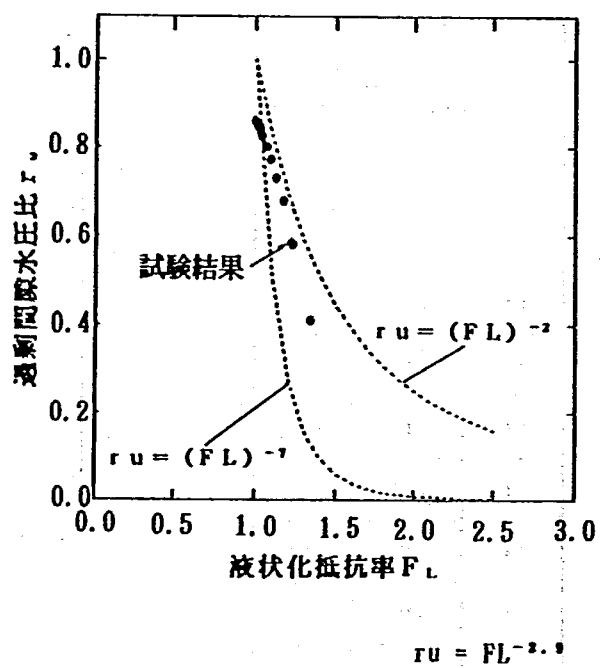
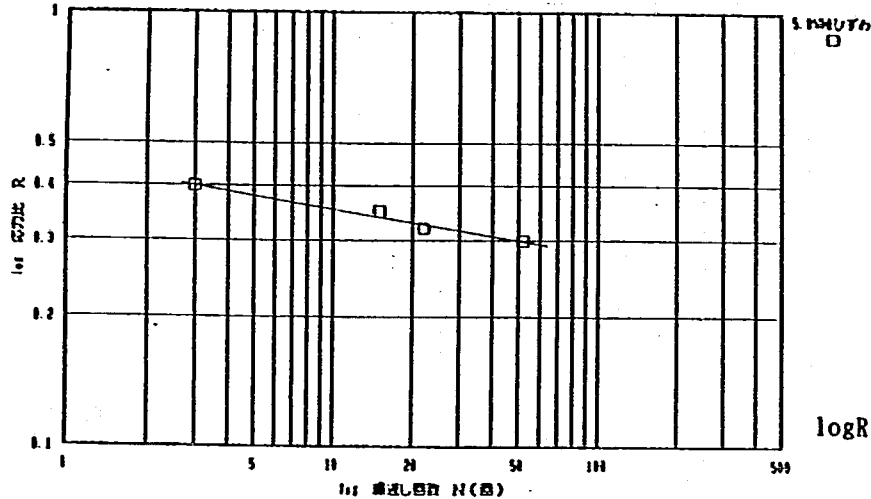


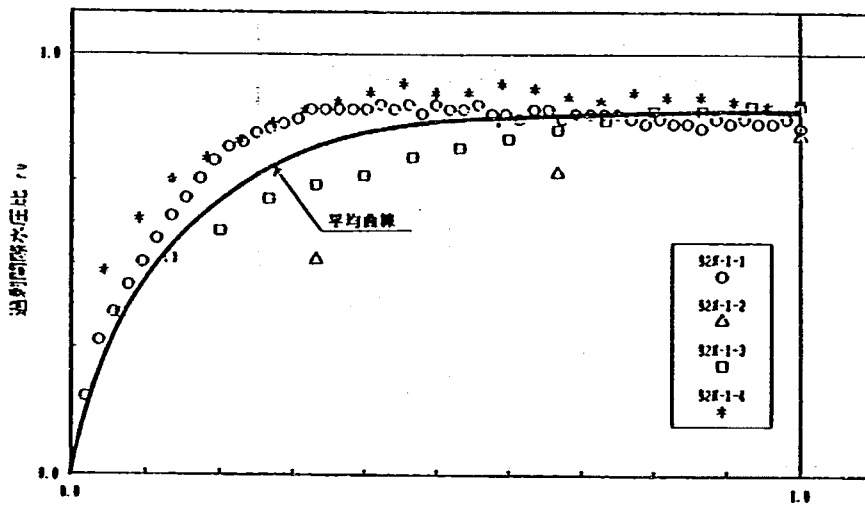
図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (65N-3)

材料番号 92N-1

GL-3.60-4.55a



log 応力比と log 繰返し回数の関係



繰返し回数比 N/N_0

92N-1		
関係式 $b = -0.103$		
繰返し回数比 N/N_0	過剰間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.87	1.000
0.9	0.87	1.011
0.8	0.88	1.023
0.7	0.88	1.037
0.6	0.85	1.054
0.5	0.84	1.074
0.4	0.81	1.099
0.3	0.76	1.132
0.2	0.66	1.166
0.1	0.47	1.254

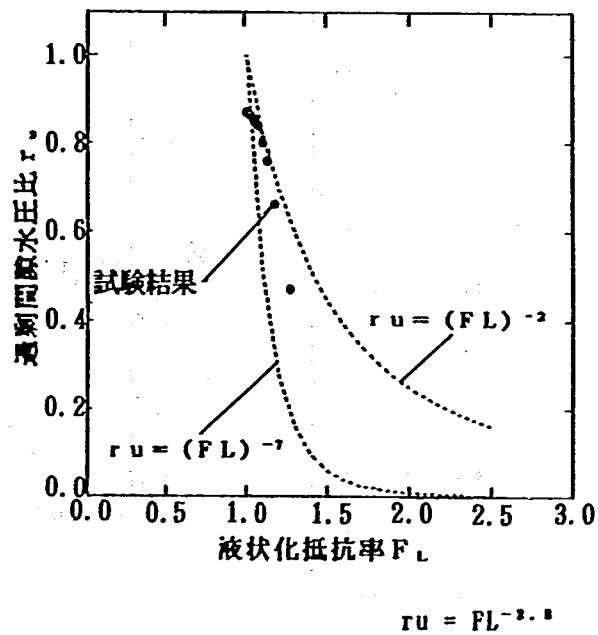
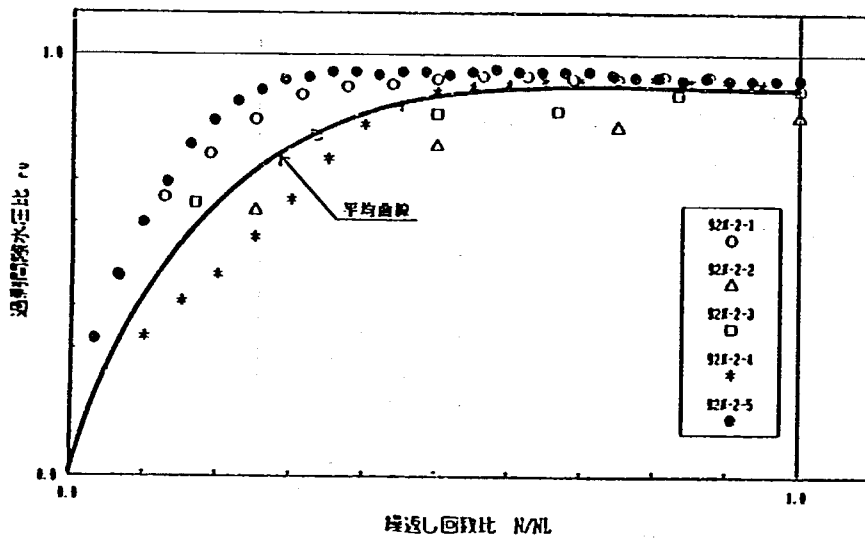
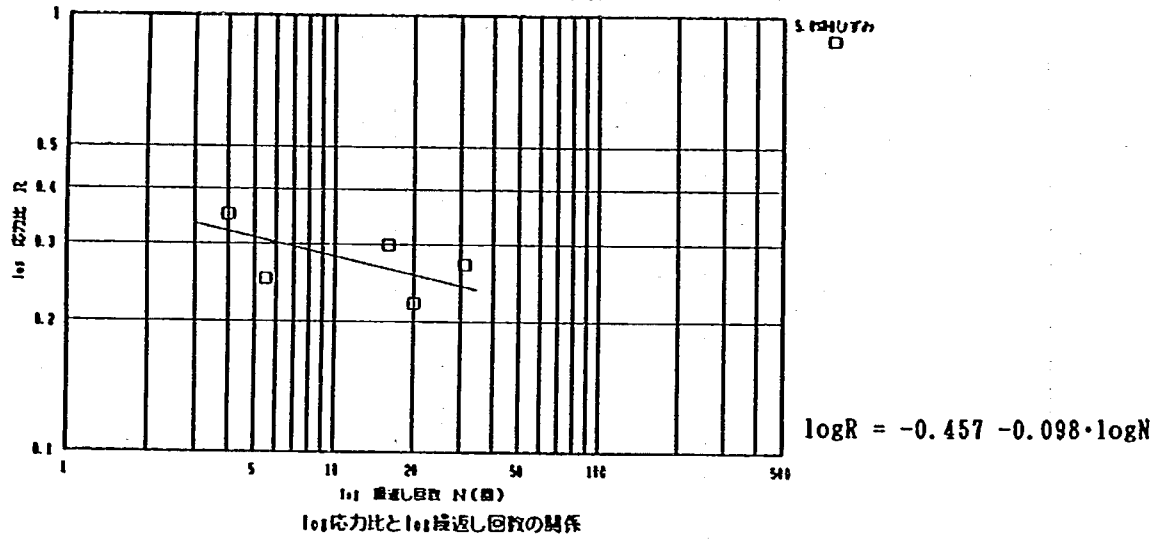


図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (92N-1)

試験番号 92N-2 GL-7.80-8.90m



92N-2		
傾き $b = -0.098$		
繰返し回数比 N/N_L	過剰間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.91	1.000
0.9	0.91	1.010
0.8	0.91	1.022
0.7	0.91	1.036
0.6	0.91	1.051
0.5	0.90	1.070
0.4	0.85	1.094
0.3	0.78	1.125
0.2	0.64	1.171
0.1	0.41	1.253

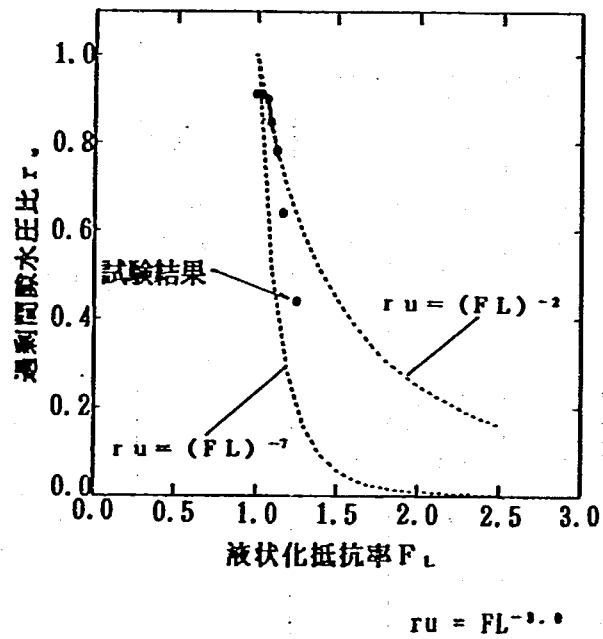
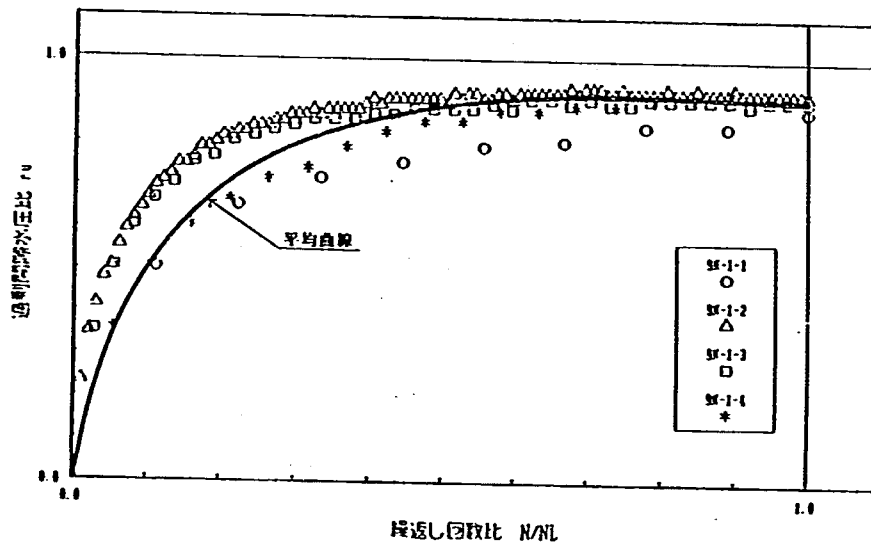
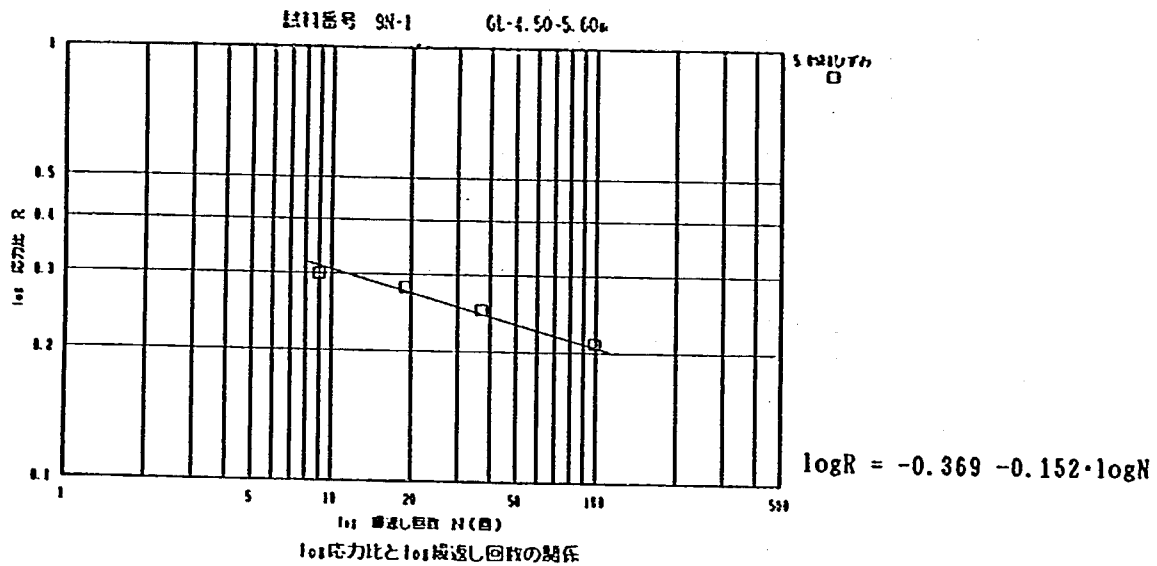
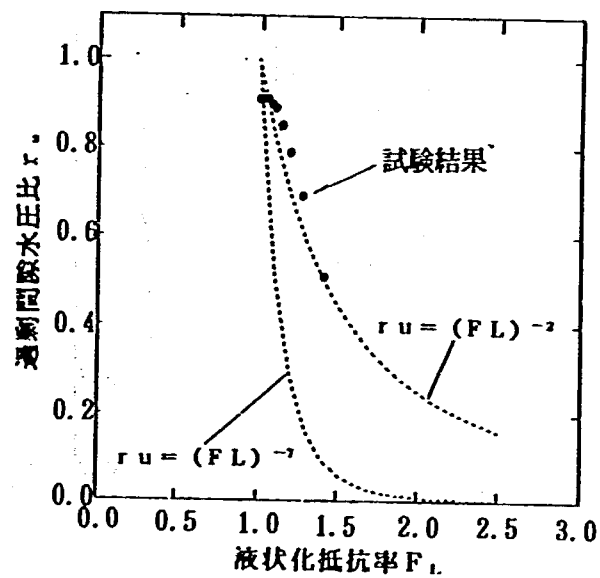


図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (92N-2)



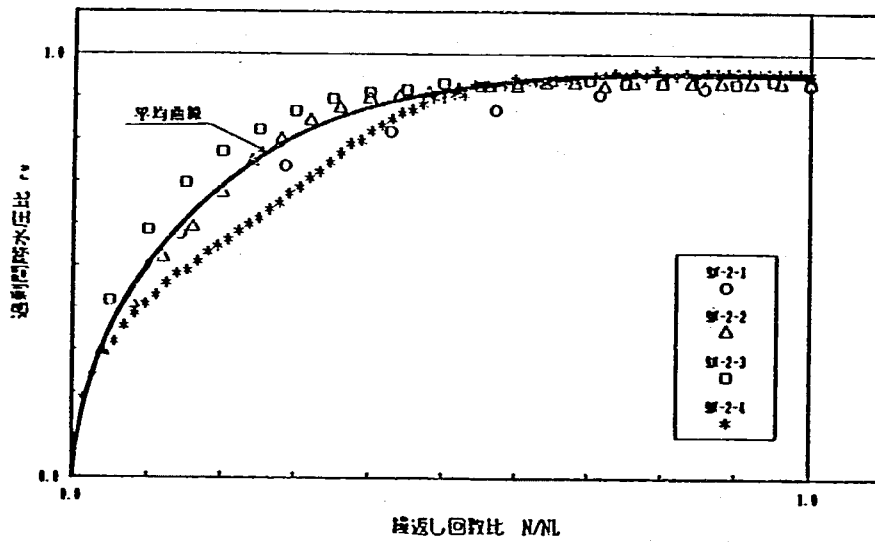
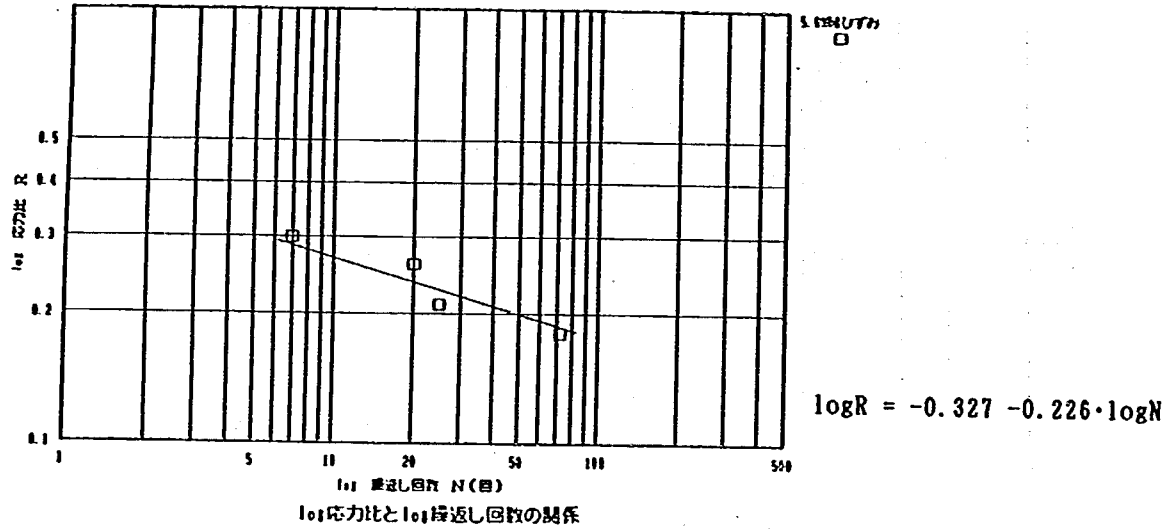
9N-1		
傾き $b = -0.152$		
繰返し回数比 N/N_L	過剰間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.91	1.000
0.9	0.91	1.016
0.8	0.91	1.034
0.7	0.91	1.054
0.6	0.90	1.081
0.5	0.89	1.111
0.4	0.85	1.149
0.3	0.79	1.201
0.2	0.69	1.277
0.1	0.51	1.419



$$r_u = F_L^{-1.6}$$

図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (9N-1)

試料番号 9N-2 GL-8.00-9.10a



9N-2		
傾き $b = -0.226$		
繰返し回数比 N/N_L	過剰間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.55	1.000
0.9	0.95	1.074
0.8	0.95	1.052
0.7	0.95	1.011
0.6	0.93	1.122
0.5	0.91	1.170
0.4	0.87	1.230
0.3	0.80	1.313
0.2	0.69	1.439
0.1	0.50	1.532

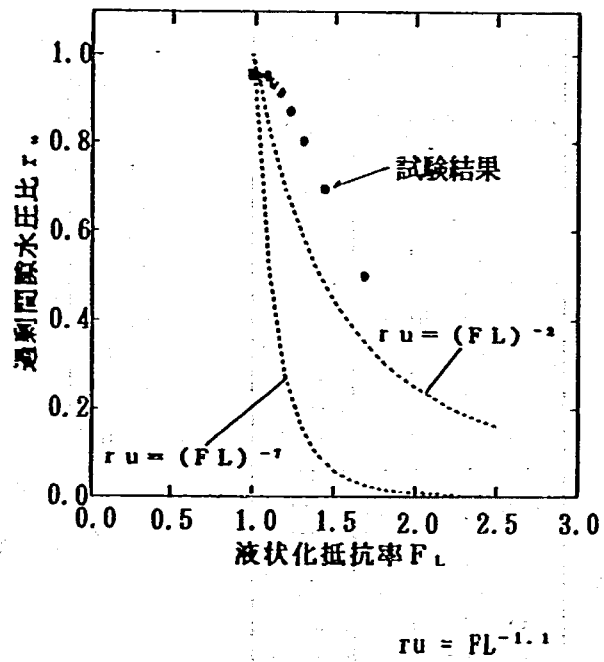
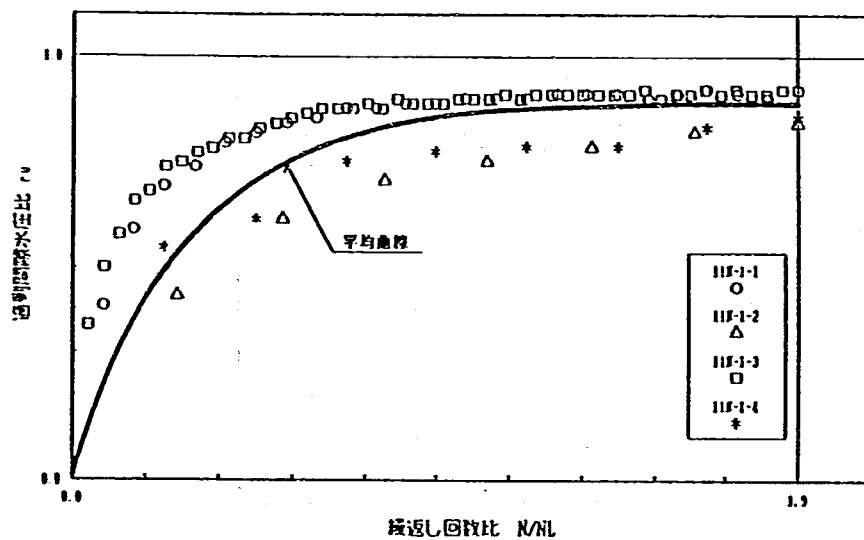
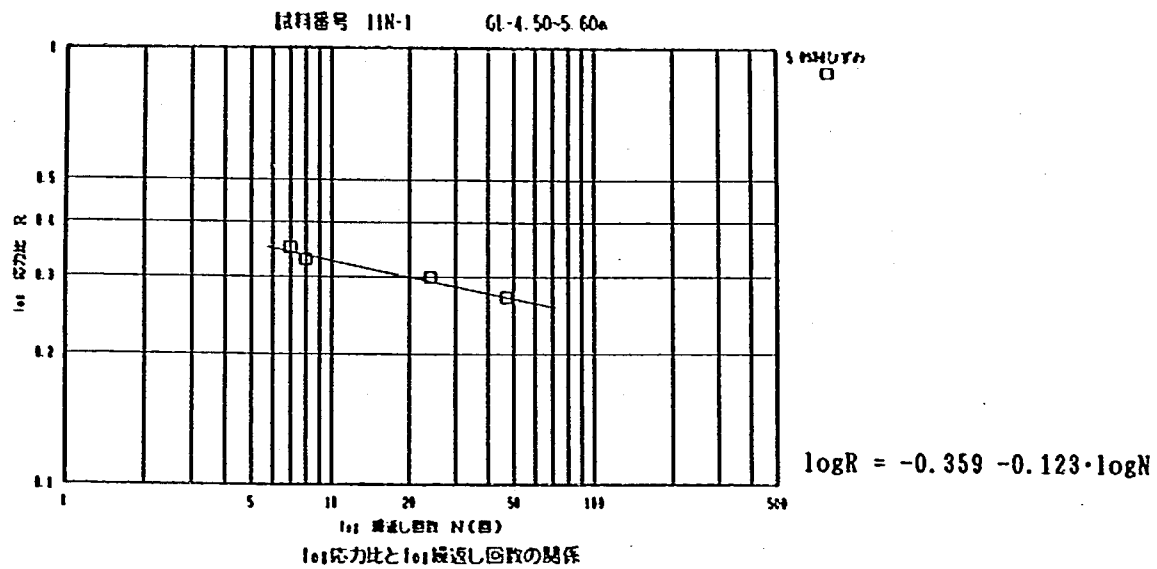


図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (9N-2)



11N-1		
傾き $b = -0.123$		
繰返し回数比 N/N_L	間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.99	1.000
0.9	0.99	1.013
0.8	0.99	1.028
0.7	0.98	1.045
0.6	0.97	1.065
0.5	0.95	1.089
0.4	0.92	1.119
0.3	0.86	1.168
0.2	0.65	1.219
0.1	0.43	1.227

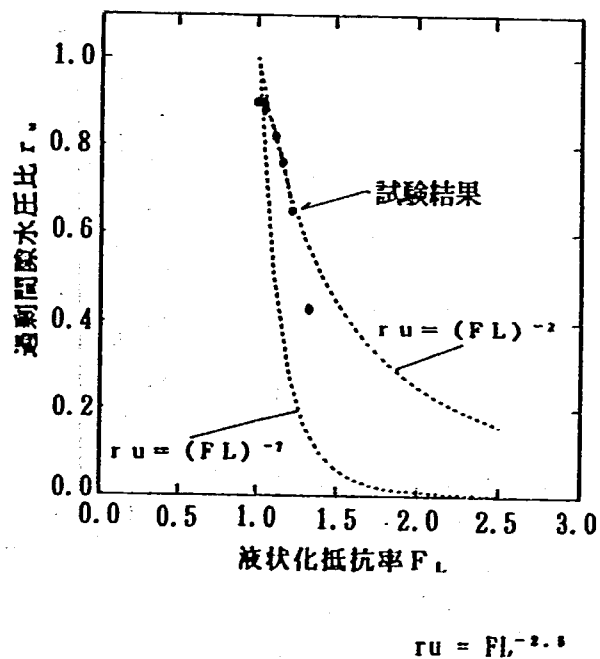
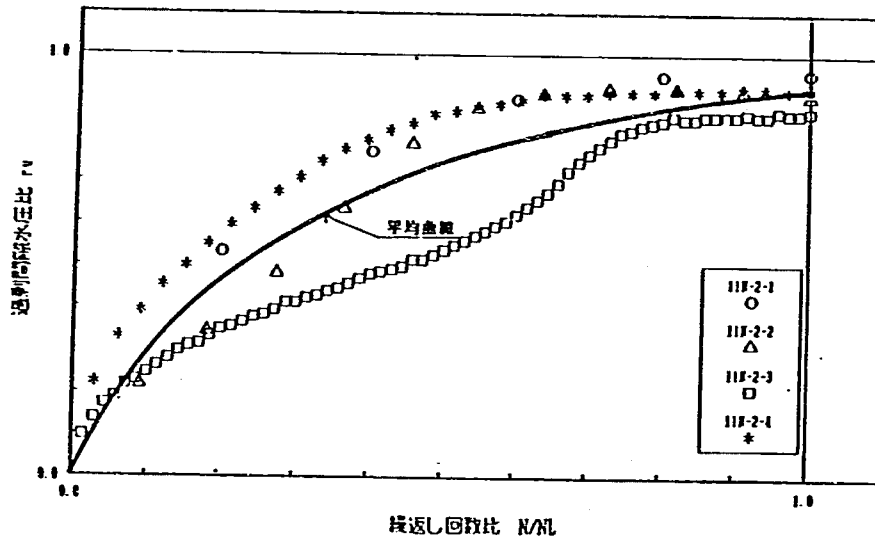
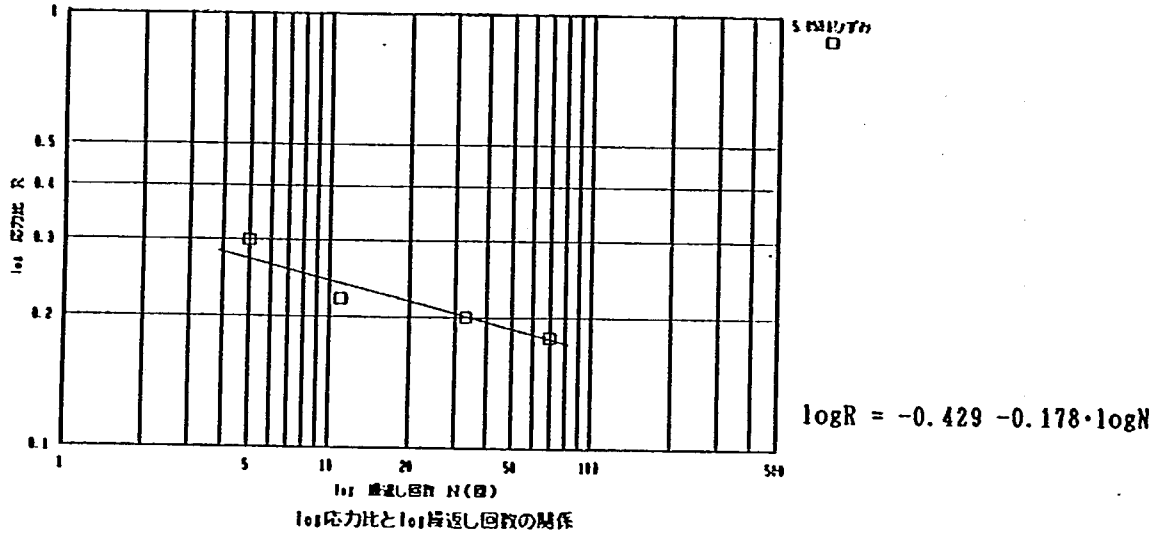


図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (11N-1)

試料番号 11N-2 GL-9.50-10.45m



11N-2		
傾き $b = -0.178$		
繰返し回数比 N/N_0	過剰間隙水圧比 r_u	液状化抵抗率 F_L
1.0	0.92	1.000
0.9	0.89	1.013
0.8	0.87	1.041
0.7	0.84	1.066
0.6	0.80	1.095
0.5	0.75	1.131
0.4	0.67	1.177
0.3	0.58	1.233
0.2	0.46	1.332
0.1	0.30	1.507

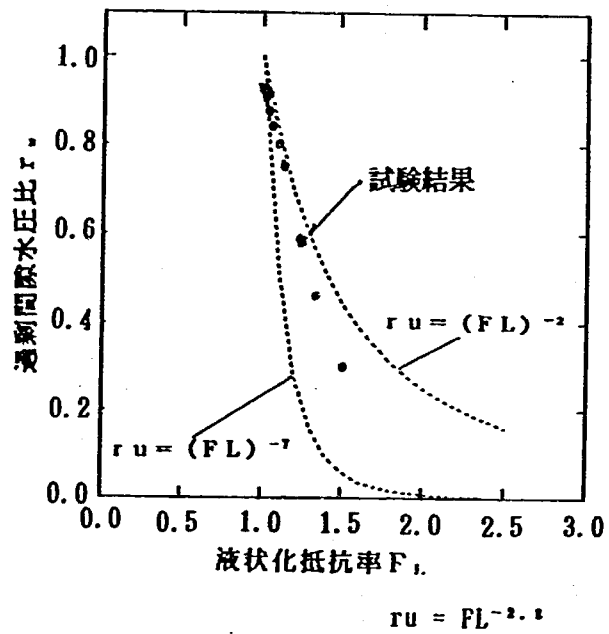


図 液状化試験より算定される $r_u \sim F_L$ 関係 (11N-2)

埋戻し部（ブロック採取試料）の結果

ALL INFORMATION CONTAINED

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 66B

試料番号			66-B-1							
供試体番号			1	2	3	4	5	6		
深度 GL- (m)			3.10 ~ 3.30							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s	含水比 W_n (%)	24.5	25.0	23.8	27.8	25.1	25.6		
		礫分 (%)	4.8	3.0	6.2	2.6	1.9	1.8		
		砂分 (%)	87.8	89.2	86.3	89.0	90.3	90.2		
		シルト分 (%)	5.0	6.5	5.3	6.7	6.5	6.5		
		粘土分 (%)	2.4	1.3	2.2	1.7	1.3	1.5		
		細粒分含有率 (%)	7.4	7.8	7.5	8.4	7.8	8.0		
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.204	0.200	0.205	0.192	0.202	0.193		
		均等係数 U_c	2.23	2.29	2.30	2.23	2.26	2.18		
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)	1.590	1.592	1.588	1.571	1.577	1.579		
	最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)	1.234	1.233	1.232	1.206	1.220	1.219			
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.841	1.852	1.830	1.832	1.761	1.746			
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.479	1.482	1.478	1.434	1.408	1.391			
	間隙比 e_s	0.823	0.821	0.838	0.883	0.925	0.945			
	相対密度 Dr (%)	74	75	74	68	59	54			
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.844	1.854	1.833	1.835	1.764	1.750			
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.483	1.486	1.484	1.439	1.413	1.397			
	間隙比 e	0.818	0.816	0.830	0.876	0.919	0.936			
	相対密度 Dr (%)	75	76	76	70	60	56			
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.48							
B 値			0.98	0.98	0.98	1.00	0.98	1.00		
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.25	0.30	0.20	0.16	0.10	0.10		
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	6.5	4	5	7.5	63	37		
		2.0 (%)	7.5	6	6	8.5	65	38		
		5.0 (%)	11	9.5	8.5	11	67	40		
		10.0 (%)	15	15	13	14	70	42		
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c'=0.95$		10	8	8	10	66	39		

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 92B

試料番号			9 2 - B - 1							
供試体番号			1	2	3	4	5	6		
深度 GL- (m)			2.60 ~ 2.80							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s		2.713	2.730	2.700	2.682	2.681	2.688		
	含水比 W_n (%)		20.5	18.4	20.4	23.0	20.3	20.9		
	粒性	礫分 (%)	17.3	16.4	20.4	14.0	27.7	18.7		
		砂分 (%)	72.3	73.0	69.5	67.0	61.7	67.1		
		シルト分 (%)	8.4	8.7	8.6	15.2	8.7	11.1		
		粘土分 (%)	2.0	1.9	1.5	3.8	1.9	3.1		
		細粒分含有率 (%)	10.4	10.6	10.1	19.0	10.6	14.2		
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.494	0.422	0.436	0.370	0.476	0.404		
		均等係数 U_c	9.86	7.91	8.20	24.0	11.0	15.5		
最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.566	1.580	1.592	1.554	1.578	1.554			
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		1.177	1.188	1.196	1.162	1.192	1.172			
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.792	1.759	1.718	1.706	1.738	1.777		
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.488	1.486	1.427	1.388	1.445	1.469		
	間隙比 e_o		0.823	0.837	0.892	0.932	0.855	0.830		
	相対密度 D_r (%)		84	81	65	65	72	82		
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.794	1.762	1.721	1.710	1.741	1.781		
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.492	1.492	1.432	1.394	1.452	1.476		
	間隙比 e		0.818	0.830	0.885	0.924	0.846	0.821		
	相対密度 D_r (%)		85	82	66	66	73	84		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.41							
B 値			0.97	0.95	0.95	0.97	0.95	0.95		
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.22	0.30	0.27	0.24	0.21	0.32		
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	153	6.5	1.5	4	22	8.5		
		2.0 (%)	157	7.5	1.5	5	24	11		
		5.0 (%)	160	9	2	5.5	26	14		
		10.0 (%)	163	11	2.5	6	27	15		
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		162	12	2	7	29	16		

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 9B

試料番号			9 - B - 1							
供試体番号			1	2	3	4				
深度 GL- (m)			2.24 ~ 2.44							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s		2.694	2.701	2.653	2.698				
	含水比 w_n (%)		21.7	17.7	20.7	26.6				
	粒度特性	礫分 (%)	8.4	6.8	6.4	8.1				
		砂分 (%)	84.9	85.4	88.3	85.5				
		シルト分 (%)	5.2	6.3	3.8	4.8				
		粘土分 (%)	1.5	1.5	1.5	1.6				
		細粒分含有率 (%)	6.7	7.8	5.3	6.4				
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.344	0.322	0.356	0.349				
		均等係数 U_c	3.54	3.46	3.18	3.54				
	最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)		1.462	1.433	1.454	1.453				
最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)		1.121	1.107	1.120	1.126					
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.695	1.500	1.581	1.594				
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.392	1.275	1.310	1.259				
	間隙比 e_s		0.935	1.118	1.025	1.143				
	相対密度 Dr_s (%)		83	58	63	47				
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		1.697	1.502	1.583	1.596				
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.397	1.280	1.315	1.264				
	間隙比 e		0.928	1.110	1.017	1.134				
	相対密度 Dr (%)		85	59	65	49				
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.31							
B 値			1.00	1.00	1.00	0.95				
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.25	0.20	0.18	0.15				
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	5.5	13	16	43				
		2.0 (%)	6.5	15	18	45				
		5.0 (%)	8	17	19	46				
		10.0 (%)	9.5	18	21	48				
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		11	17	22	48				

表

液状化試験結果一覧表

地点No. 11B

試料番号			1 1 - B - 1							
供試体番号			1	2	3	4				
深度 GL- (m)			2.80 ~ 3.00							
物理特性	土粒子の密度 ρ_s	含水比 W_n (%)	24.2	25.0	24.3	23.7				
		礫分 (%)	15.1	10.5	13.0	12.5				
		砂分 (%)	80.3	84.8	80.2	82.7				
		シルト分 (%)	3.2	3.3	5.3	3.4				
		粘土分 (%)	1.4	1.4	1.5	1.4				
		細粒分含有率 (%)	4.6	4.7	6.8	4.8				
		平均粒径 D_{50} (mm)	0.537	0.474	0.544	0.455				
		均等係数 U_c	4.72	3.77	5.08	4.32				
		最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)	1.520	1.498	1.488	1.526				
	最小乾燥密度 ρ_{min} (g/cm ³)	1.187	1.179	1.172	1.196					
圧密前	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.830	1.832	1.864	1.838					
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.473	1.465	1.500	1.487					
	間隙比 e	0.788	0.820	0.783	0.778					
	相対密度 D_r (%)	89	92	103	90					
圧密後	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.834	1.835	1.867	1.842					
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.480	1.471	1.505	1.493					
	間隙比 e	0.780	0.813	0.777	0.771					
	相対密度 D_r (%)	90	93	104	92					
圧密応力 σ_c' (kgf/cm ²)			0.40							
B 値			0.97	0.95	0.98	0.98				
せん断応力比 $\sigma_d/2\sigma_c'$			0.25	0.35	0.48	0.42				
繰返し回数 N	軸歪両振幅 (DA)	1.0 (%)	255	18	3.5	3				
		2.0 (%)	270	28	10	5.5				
		5.0 (%)	288	47	27	14				
		10.0 (%)	400<	146	59	41				
	間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_c' = 0.95$		286	155	64	16				

試料番号 66-B-1 深度 GL - 3.10 m ==> - 3.30 m

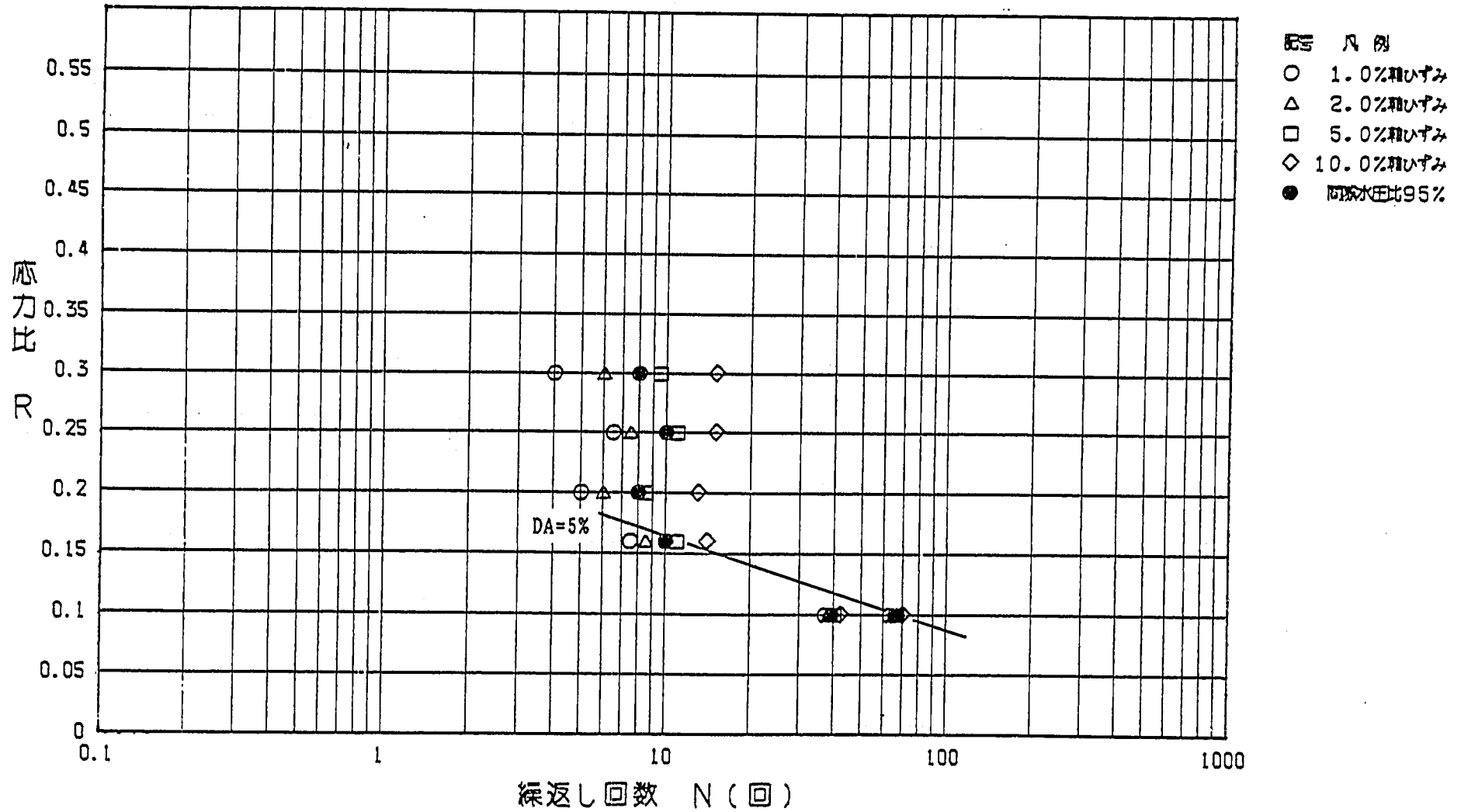


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 92-B-1 深度 GL - 2.60 m ==> - 2.80 m

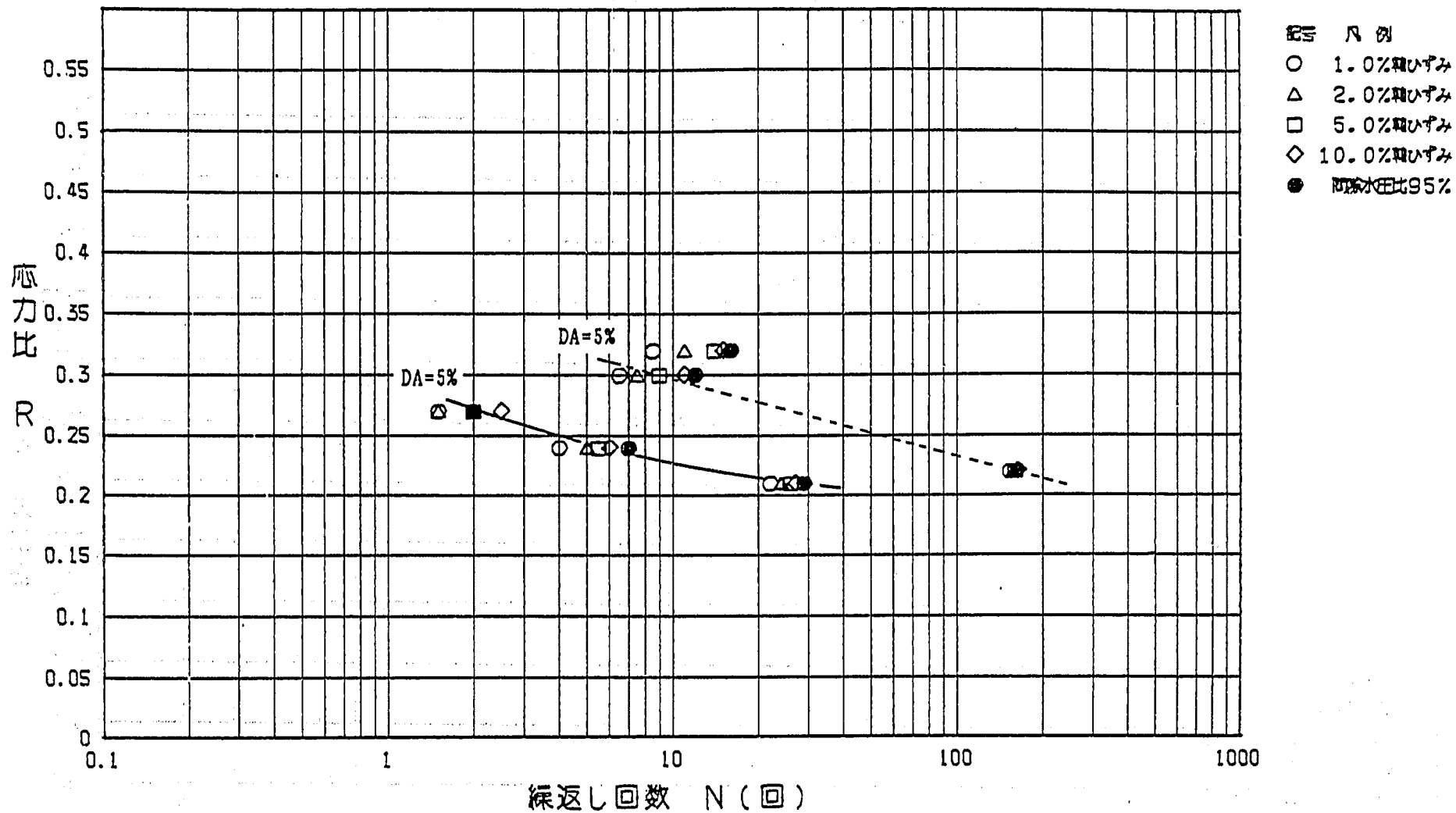


図 1 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 9-B-1

深度 GL - 2.24 m ==> - 2.44 m

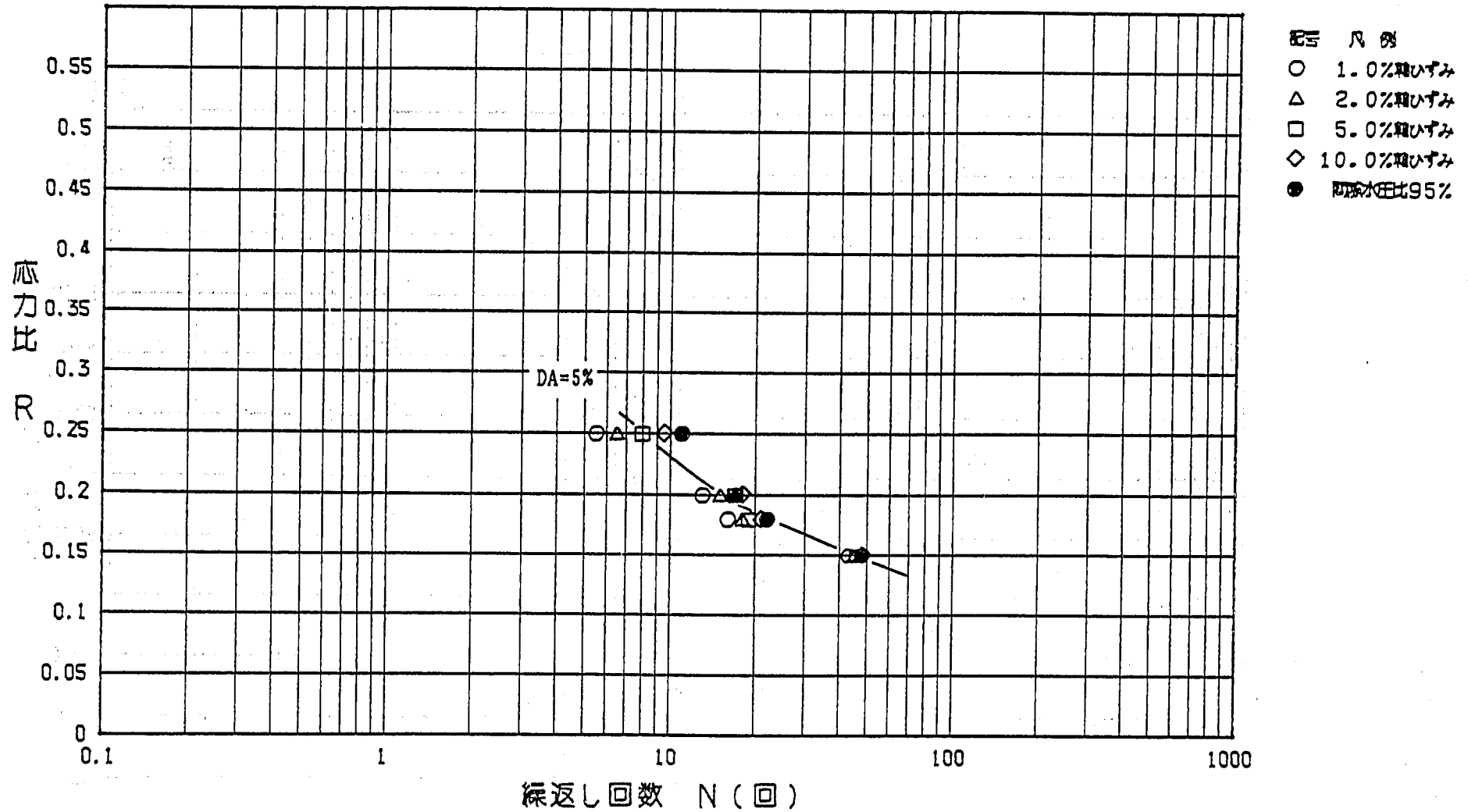


図 - 応力比と繰返し回数の関係

試料番号 11-B-1 深度 GL - 2.80 m ==> - 3.00 m

- 記号 凡 例
- 1.0% 繰り返しずみ
 - △ 2.0% 繰り返しずみ
 - 5.0% 繰り返しずみ
 - ◇ 10.0% 繰り返しずみ
 - 同条件で95%

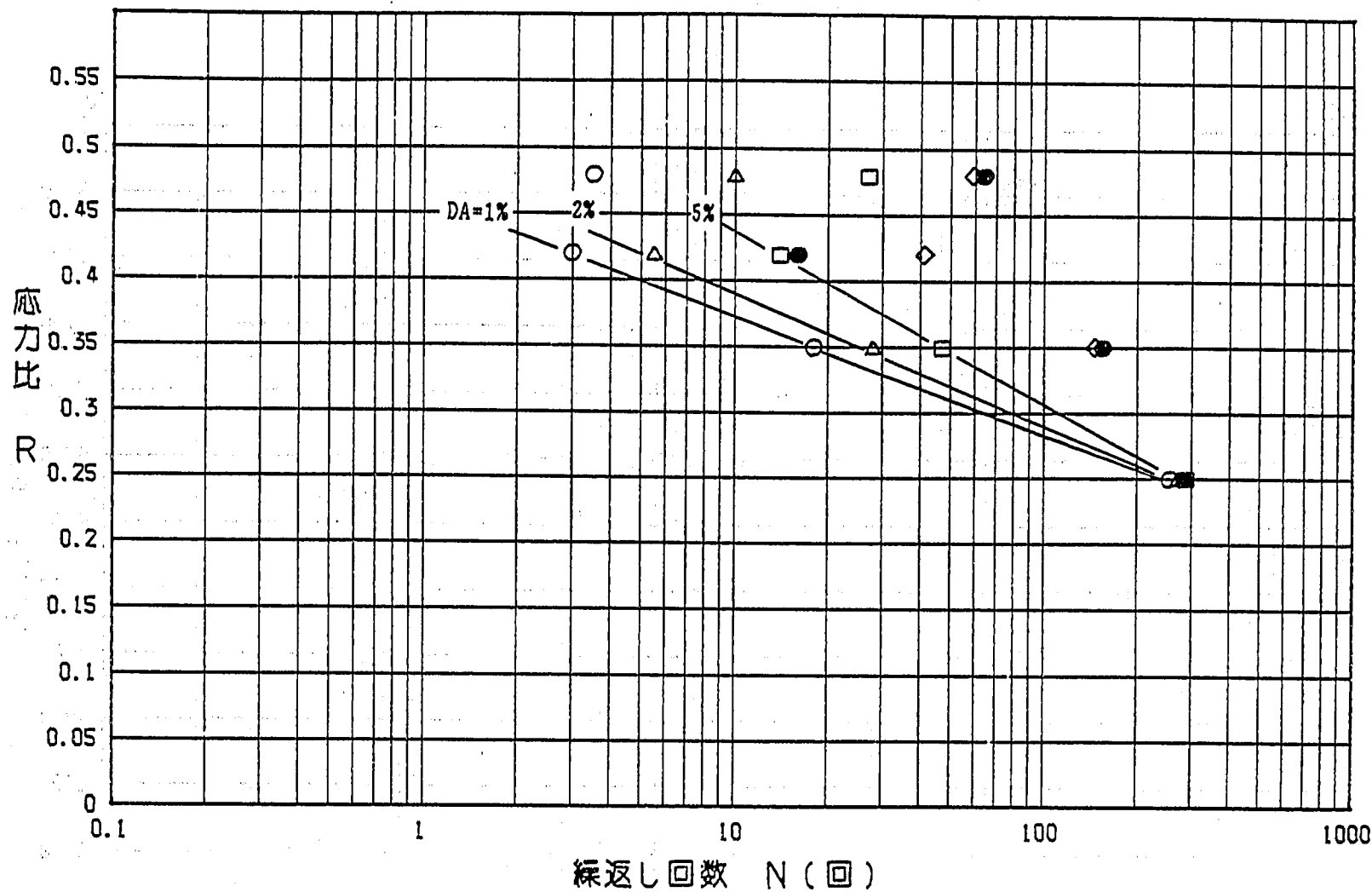


図 - 応力比と繰返し回数の関係

釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第 3275 号
平成 6 年 4 月(1994)

田中修司, 塩路勝久, 大塚久哲, 二宮嘉朗, 松尾 修, 古関潤一

要 旨

1993年1月15日に発生した釧路沖地震により、釧路町の国道44号線沿いに敷設された汚水マンホールが地上に突出する被害が生じた。本調査は、これらの被災マンホールと周辺の無被災のマンホールを対象として、釧路町の協力のもとで建設省土木研究所と日本下水道事業団が地震後に実施したマンホールの被災状況と原地盤及び埋戻し土の地盤条件、液状化強度特性の調査、及びマンホールの地震時浮上がりに対する安定性と浮上がりメカニズムに関する検討結果をとりまとめたものである。

キーワード：液状化、マンホール、浮上がり

郵便はがき

50円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
動土質研究室 行

No. _____

土研資料第3275号

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第3275号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名



土木研究所資料第3275号