

#### 4.5.2 土の含水比の結果

土の含水比は、土の粒度や間隙に左右される。表 4.5-6 に示すように、一般的に沖積砂質土の自然含水比は 10～30%、洪積世の自然含水比は 20～40%の範囲となる。

今回実施した試験の結果、沖積砂質土層は  $w_n=7.6\sim12.2\%$  となり、一般値となる沖積砂質土の含水比の下限值と概ね同程度となる。沖積礫質土層は  $w_n=7.4\%$  となり、一般値となる沖積砂質土の含水比の下限值付近を示す。洪積粘性土層は  $w_n=25.8\sim40.9\%$  となり、一般値となる洪積層の含水比の中間値～上限値付近を示す。

表 4.5-5 各層の自然含水比

孔番号	試料番号	地層名	深さ(上) (GL-m)	深さ(下) (GL-m)	自然含水比 $w_n$ (%)
R6-Bor.1	P1-1	沖積粘性土層	4.15	4.45	29.0
R6-Bor.1	P1-2	沖積砂質土層2	6.15	6.45	10.0
R6-Bor.1	P1-3	沖積砂質土層3	8.15	8.45	12.2
R6-Bor.1	P1-4	洪積粘性土層1	13.15	13.45	40.9
R6-Bor.1	P1-5	洪積砂質土層1	17.15	17.45	11.3
R6-Bor.1	P1-6	洪積粘性土層2	19.15	19.45	28.5
R6-Bor.1	P1-7	洪積粘性土層2	21.15	21.45	25.8
R6-Bor.2	P2-1	沖積砂質土層1	3.15	3.45	7.6
R6-Bor.2	P2-2	沖積粘性土層	4.15	4.45	44.4
R6-Bor.2	P2-3	沖積礫質土層	7.15	7.45	7.4
R6-Bor.2	P2-4	沖積砂質土層3	10.15	10.45	10.5
R6-Bor.2	P2-5	洪積粘性土層1	14.15	14.45	34.2
R6-Bor.2	P2-6	洪積砂質土層2	16.15	16.39	13.8

表 4.5-6 含水比の一般値

	沖 積 世		洪積世	関東ローム	高有機質土
	粘性土	砂質土			
含 水 比 $w$ (%)	30～150	10～30	20～40	80～180	80～1200

出典) 社団法人地盤工学会；地盤材料試験の方法と解説・二冊分の 1, 2013, p181

#### 4.5.3 土のコンシステンシー特性の結果

塑性指数  $I_p$  は、土が塑性状態を示す幅を表しており、細粒分が多いほど大きな値を示しやすい。液性指数  $I_L$  は相対含水比と呼ばれ、与えられた含水比  $w$  における土の相対的な硬軟を表す指数である。0 に近いほど土は安定であり、大きくなるほど圧縮性は大きく、また鋭敏であることを示す。

Ac 層のペネ試料 P1-1、Dc2 層のペネ試料 P1-6 の自然含水比は塑性限界に近い値を示し、液性指数が低い値を示すことから、やや不安定な状態にある。

Dc1 層のペネ試料 P1-4、P2-5 の自然含水比は塑性限界と液性限界の中間値付近を示し、液性指数がやや低い値を示すことから、やや不安定な状態にある。

Ac 層のペネ試料 P2-2 の自然含水比は液性限界に近い値を示し、液性指数が大きい値を示すことから、不安定な状態にある。

Dc2 層のペネ試料 P1-7 では、試験試料がヒモ状にならず、液性・塑性限界試験が実施できなかった。

表 4.5-7 液性・塑性限界試験の結果表

試料番号	土質	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	コンシステンシー指数 $I_c$	自然含水比、液性・塑性限界(%)
					0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
P1-1	砂質粘土 (低液性限界)	24.3	0.36	—	
P1-4	礫混じり砂質粘土 (高液性限界)	51.3	0.37	—	
P1-6	砂混じり粘土 (高液性限界)	35.7	0.27	—	
P1-7	砂質シルト	—	—	—	
P2-2	砂質粘土 (低液性限界)	27.3	0.89	—	
P2-5	砂質粘土 (低液性限界)	31.8	0.51	—	

また、下の塑性図によると、試料 P1-1、P2-2 は低液性限界の粘土 (CL)、試料 P1-4、P1-6 は高液性限界の粘土 (CH)、試料 P2-5 は低液性限界のシルト (ML) に区分される。

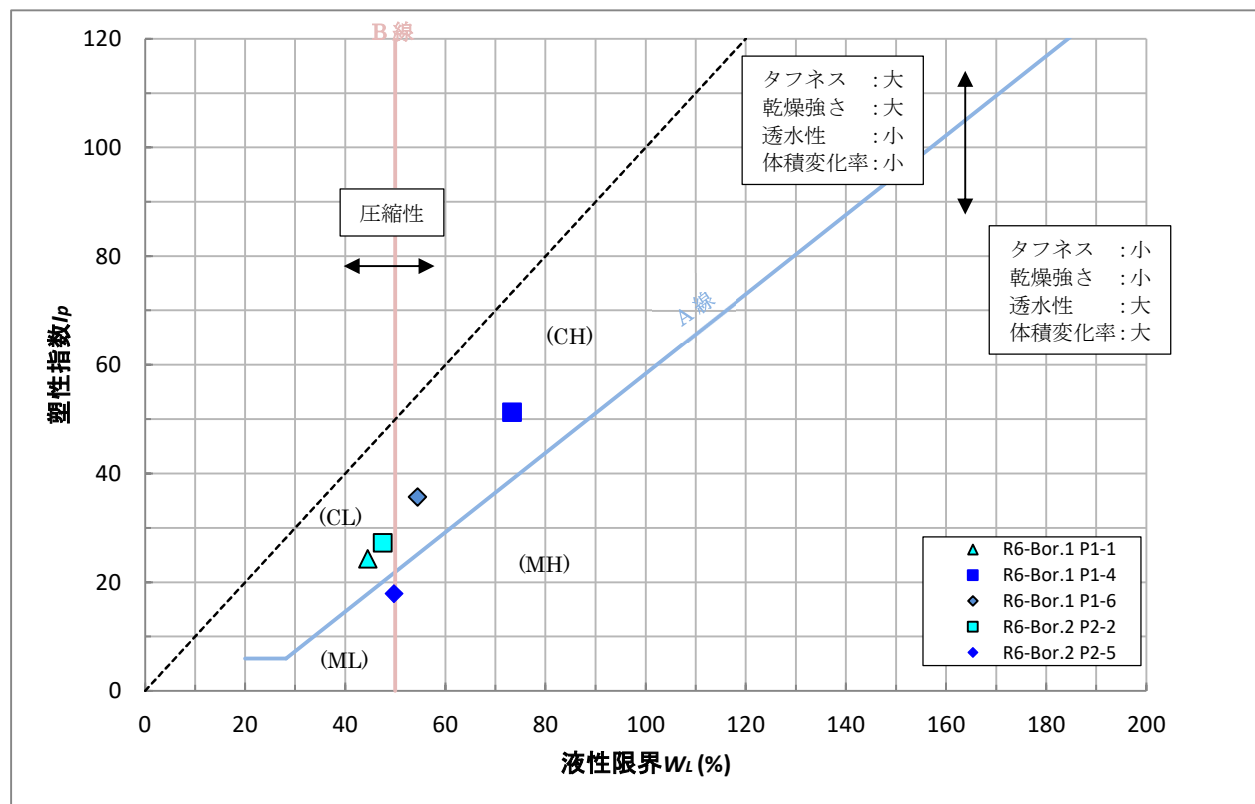


図 4.5-1 塑性図

#### 4.5.4 粒度分布と地盤材料の工学的分類の結果

土を構成する土粒子の粒径の分布状態を粒子の質量百分率の関係による粒径加積曲線で表し、地盤材料としての工学的分類を行った。

##### a) 粒径加積曲線

土の粒径加積曲線は、土粒子の粒径の分布する範囲と特徴を一目で把握できる。

全試料の内、砂質土(黄色系着色)は例図の「②粒径が狭い範囲に集中している土」に該当する。全試料のいずれも液状化リスクの高い粒径範囲に一部重なる曲線を描く。

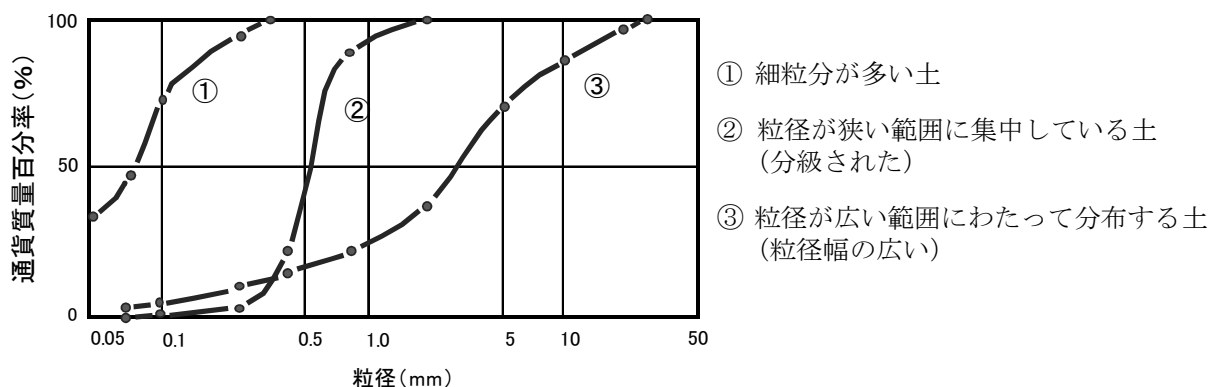


図 4.5-2 粒径加積曲線の例図

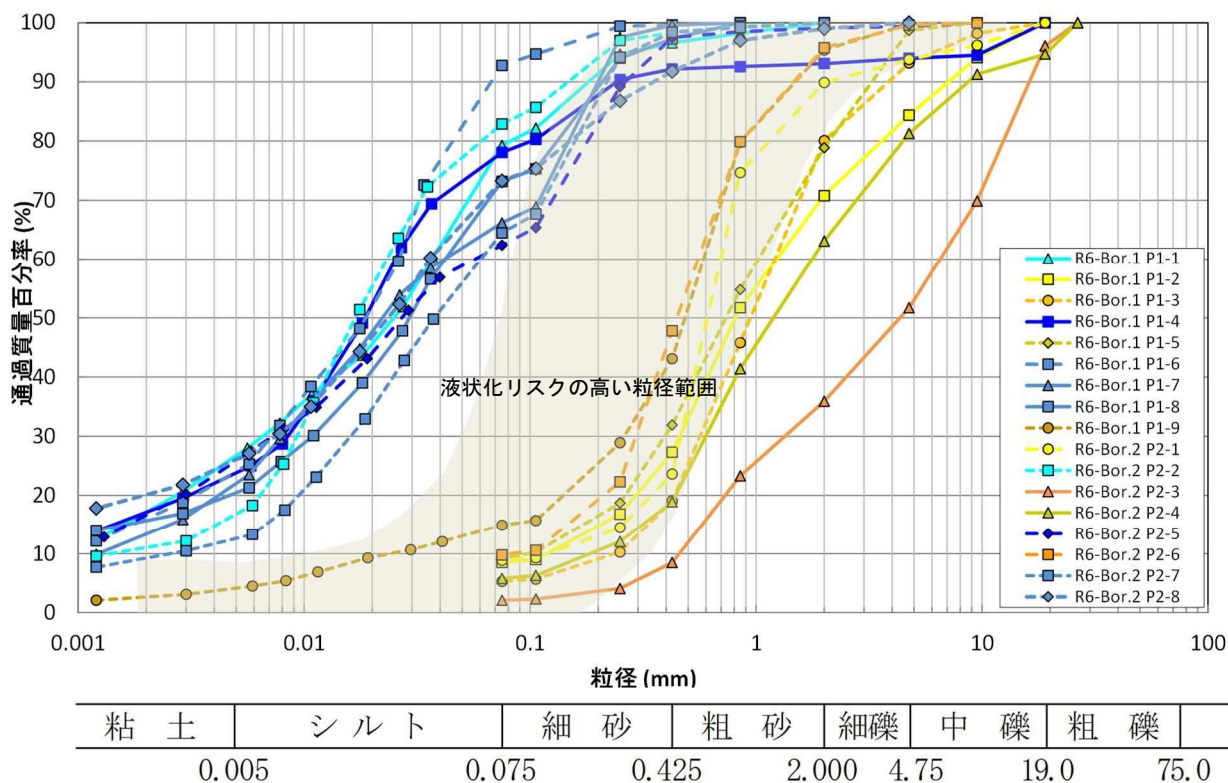


図 4.5-3 標準貫入試験試料の粒径加積曲線

## 第5章 総合解析とりまとめ

### 5.1 地層構成

#### 5.1.1 地層構成

調査地を構成する地層は盛土層、沖積砂質土層 1、沖積粘性土層、沖積砂質土層 2、沖積礫質土層、沖積砂質土層 3、洪積粘性土層 1、洪積砂質土層 1、洪積砂質土層 2、洪積粘性土層 2、洪積砂質土層 3、洪積砂質土層 4 の計 12 層である。各地層の概要を表 5.1-1 に示す

表5.1-1 地層概要

地質時代	地層名	記号	N値	記事
現世	盛土	Bs	—	砂礫～粘土混じり砂礫を主体とする盛土。 部分的に細粒分が多い箇所あり。含水は小位。 層厚0.9m程度で、地表面付近に広く分布している。
第四紀完新世	沖積砂質土層1	As1	2～18	礫混じり粘土質砂主体。 粘性土分は上部に多く含む。 層厚3～4m程度で分布している。
	洪積粘性土層	Ac	2～3	砂質粘土。 上部では、部分的に細砂と互層状を呈する。 層厚1.4～2.0m程度で分布している。
	沖積砂質土層2	As2	14～18	礫混じり砂主体。 上部に部分的に粘性土分を含む箇所あり。 確認できた層厚は2.8m程度で、一部レンズ上に分布すると推定。
	沖積礫質土層	Ag	6～17	砂質礫主体。礫分はφ2～5mmの垂角～垂円礫。 マトリックスは中～細砂でみなされる。深度が深くなるにつれ、砂分が少なくなる。 確認できた層厚は3.0m程度で、一部レンズ上に分布すると推定。
	沖積砂質土層3	As3	13～43	粘土混じり礫質砂主体。 φ3～8mmの垂角～垂円礫が多く混入し、マトリックスは粘性中～小位の粘土で満たされる。 層厚5.2m程度で分布している。
第四紀更新世	洪積粘性土層1	Dc1	21～46	粘性中位の砂質粘土主体。 上部では、砂分の含有率が少なくなる。 層厚2.0～3.0m程度で分布している。
	洪積砂質土層1	Ds1	29～76	シルト質砂主体。砂分は中～細砂。 深度が深くなるにつれ、砂分の粒径が大きくなり粗砂～中砂主体となる。 確認できた層厚は1.2m程度でレンズ状に分布すると推定。
	洪積砂質土層2	Ds2	63～75	シルト混じり砂主体。砂分は中～細砂。 深度が深くなるにつれ、細砂が多くなる。 層厚2.3m程度で分布している。
	洪積粘性土層2	Dc2	37～88	粘性中位の砂混じり粘土を主体とする。 砂分を全体に含み、含有量は不規則に変化する。 層厚5.0～7.0m程度で分布している。
	洪積砂質土層3	Ds3	48～68	シルト質砂主体。砂は細砂。粘性中位のシルトが全体に混入する。 確認できた層厚は1.6mで、レンズ状に分布すると推定。
	洪積砂質土層4	Ds4	94～107	粘土混じり砂主体。砂は細砂。粘性中位の粘土を全体に混入する。 深度が深くなると、中～細砂主体となる。 GL-25.5m以深に分布すると推定。

5.1.2 断面図

調査地の地質断面図を以下に示す。

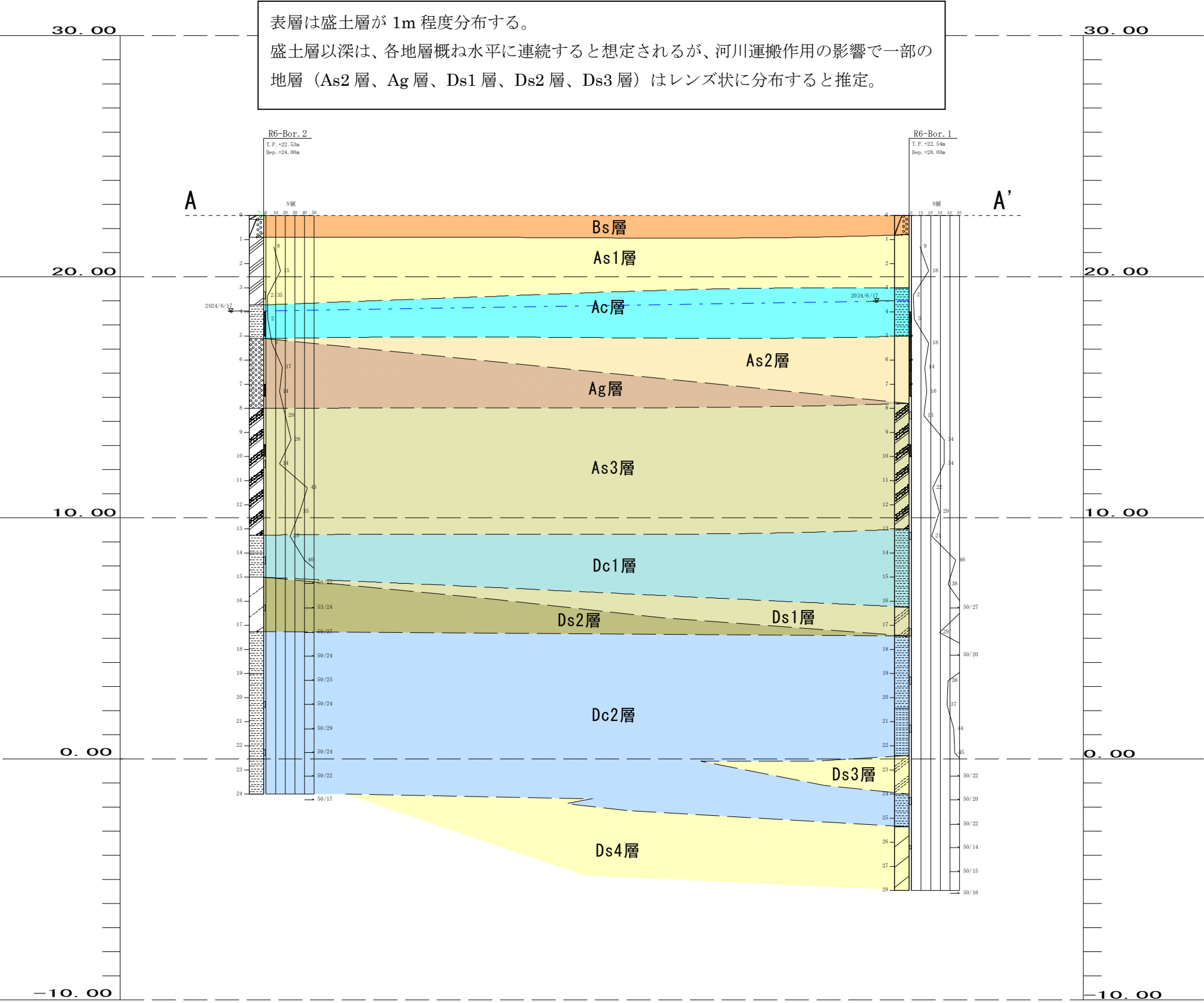
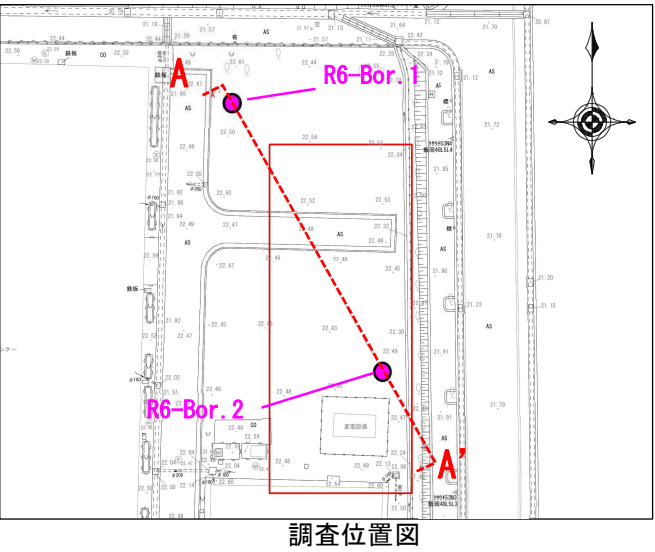


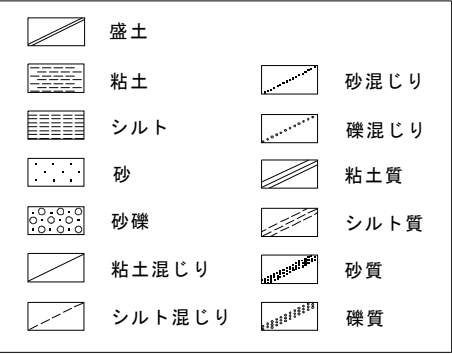
図5.1-1 A-A’ 測線の地質断面図



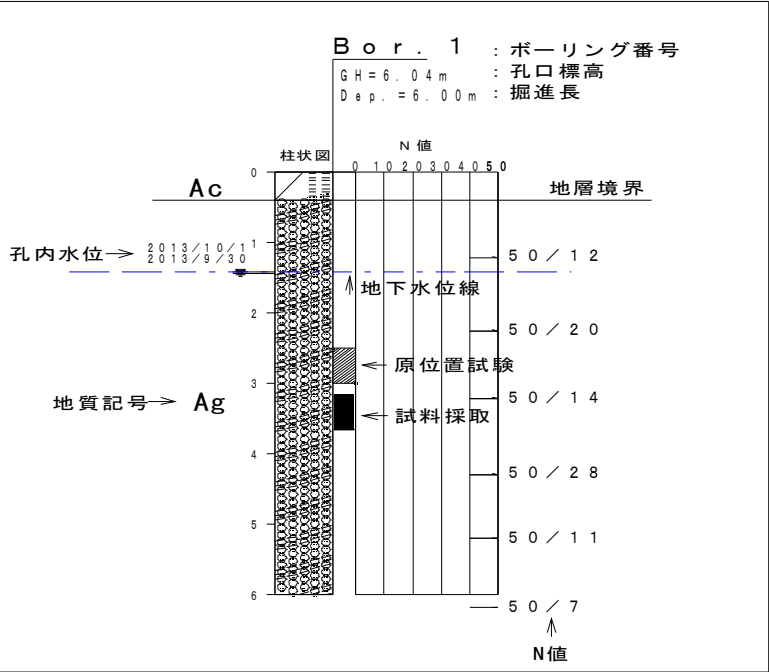
地層凡例

地層年代	記号	地層名
現 世	Bs	盛土
第四紀完新世	As1	沖積砂質土層1
	Ac	沖積粘性土層
	As2	沖積砂質土層2
	Ag	沖積礫質土層
第四紀更新世	As3	沖積砂質土層3
	Dc1	洪積粘性土層1
	Ds1	洪積砂質土層1
	Ds2	洪積砂質土層2
	Dc2	洪積粘性土層2
	Ds3	洪積砂質土層3
	Ds4	洪積砂質土層4

簡略柱状図凡例



断面図凡例



## 5.2 地盤定数の設定

調査結果に基づき、し尿処理施設更新設計に必要な各地層の地盤定数をそれぞれ設定した。

以下に調査地に分布する各地層の地盤定数の設定結果一覧を示し、次項よりその設定過程を述べる。

表5.2-1 調査地に分布する各地層の地盤定数

地層区分	記号	代表N値	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	飽和体積重量 $\gamma_{\text{sat}}$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	粘着力 $c$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	せん断抵抗角 $\phi$ ( $^\circ$ )	変形係数 $E$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	換算係数 $\alpha$	備考
盛土	Bs	—	18	19	0	35	7,000	常時: 4 地震時: 8	変形係数 $E$ は $N$ 値を利用した 換算式( $E=700N$ )から算出 ※As1層の $N$ 値を代用
沖積砂質土層1	As1	10	17	18	0	33	7,000	常時: 4 地震時: 8	変形係数 $E$ は $N$ 値を利用した 換算式( $E=700N$ )から算出
洪積粘性土層	Ac	2	16	17	13	0	931	常時: 4 地震時: 8	孔内載荷試験結果を適用 ※得られた値の平均
沖積砂質土層2	As2	16	19	20	0	35	11,200	常時: 4 地震時: 8	変形係数 $E$ は $N$ 値を利用した 換算式( $E=700N$ )から算出
沖積礫質土層	Ag	12	19	20	0	33	8,400	常時: 4 地震時: 8	
沖積砂質土層3	As3	26	20	21	0	36	7,007	常時: 4 地震時: 8	孔内載荷試験結果を適用
洪積粘性土層1	Dc1	32	18	19	200	0	22,400	常時: 4 地震時: 8	変形係数 $E$ は $N$ 値を利用した 換算式( $E=700N$ )から算出
洪積砂質土層1	Ds1	53	19	20	0	37	37,100	常時: 4 地震時: 8	
洪積砂質土層2	Ds2	69	20	21	0	39	48,300	常時: 4 地震時: 8	
洪積粘性土層2	Dc2	59	18	19	369	0	41,300	常時: 4 地震時: 8	
洪積砂質土層3	Ds3	61	19	20	0	38	42,700	常時: 4 地震時: 8	
洪積砂質土層4	Ds4	100	20	21	0	40	70,000	常時: 4 地震時: 8	



## 5.2.1 代表 N 値

### 1) 修正 N 値

標準貫入試験の試験区間(30cm)において、地層境界やφの大きい礫等が存在すると、打撃貫入量曲線(貫入試験の打撃回数と貫入量の相関)が途中で折れ曲がり、N 値が過大評価されることがある。一般に礫打ち等による N 値の上昇が確認できた場合、図 5.2-1 と図 5.2-2 を参考に修正 N 値を求める。当該地で行った標準貫入試験では、4 箇所(R6-Bor.1 : 2 箇所、R6-Bor.2 : 2 箇所)で地層境界による N 値の修正・補正を行った。補正を行った各試験深度の打撃回数と累積貫入量の相関関係を示したグラフを図 5.2-3 に示す。

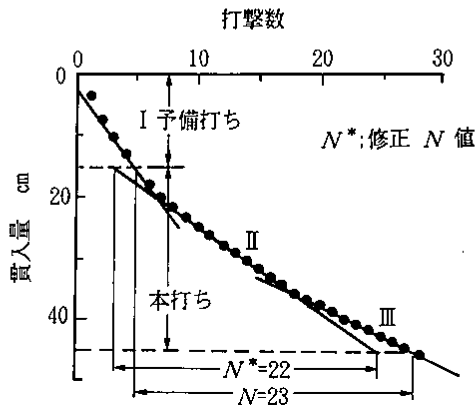


図 5.2-1 打撃回数と貫入量の関係

(出典) 公益社団法人地盤工学会(2013) : N 値  
および c・φ-考え方と利用法、p.58

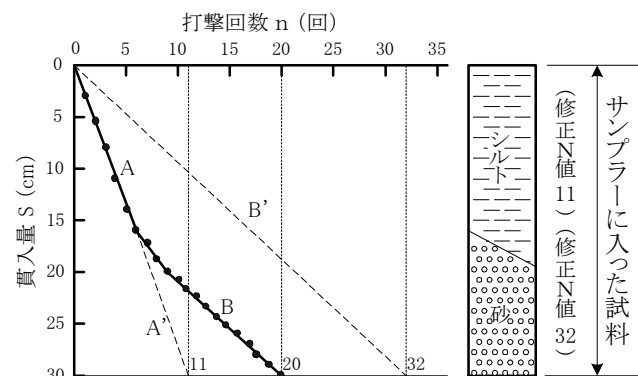


図 5.2-2 打撃回数-累積貫入量相関図

(出典) 公益社団法人地盤工学会(2013) : 地盤調査の  
方法と解説-二冊分の 1、p.298



試験区間 GL- 16.15 m ~ 16.42 m 実測N値 50 / 27 補正N値

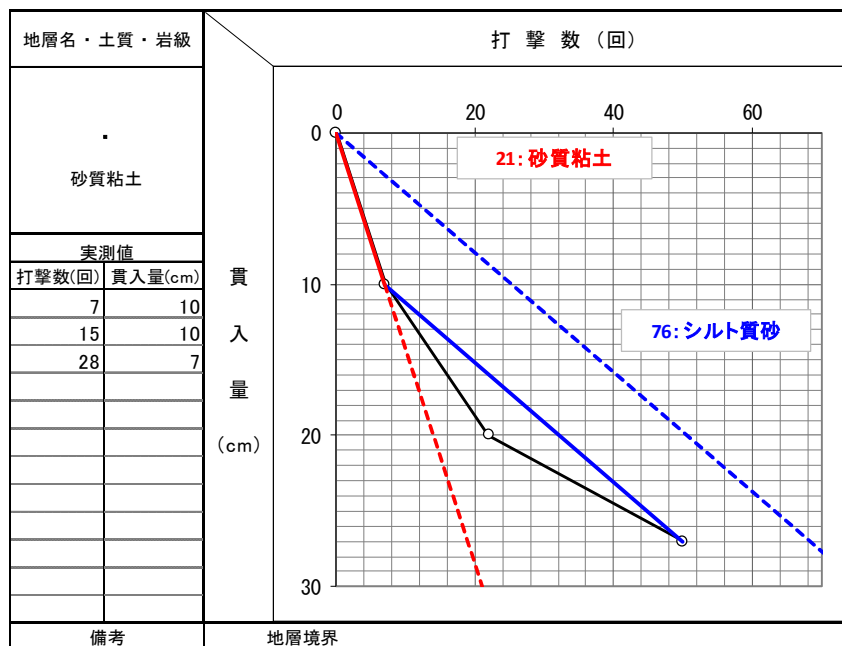


図 5.2-3 試験深度の打撃回数-累積貫入量相関図 (R6-Bor. 1 : 16.15m ~)





試験区間 GL- 22.15 m ~ 22.45 m 実測N値 45 / 30 補正N値

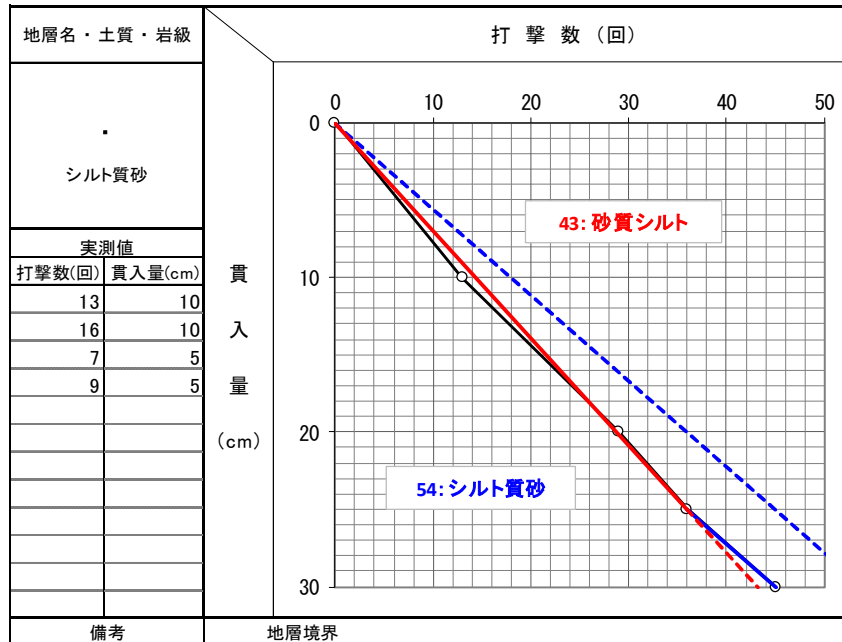


図 5.2-4 試験深度の打撃回数-累積貫入量相関図(R6-Bor. 1 : 22.15m~)



試験区間 GL- 13.15 m ~ 13.45 m 実測N値 25 / 30 補正N値

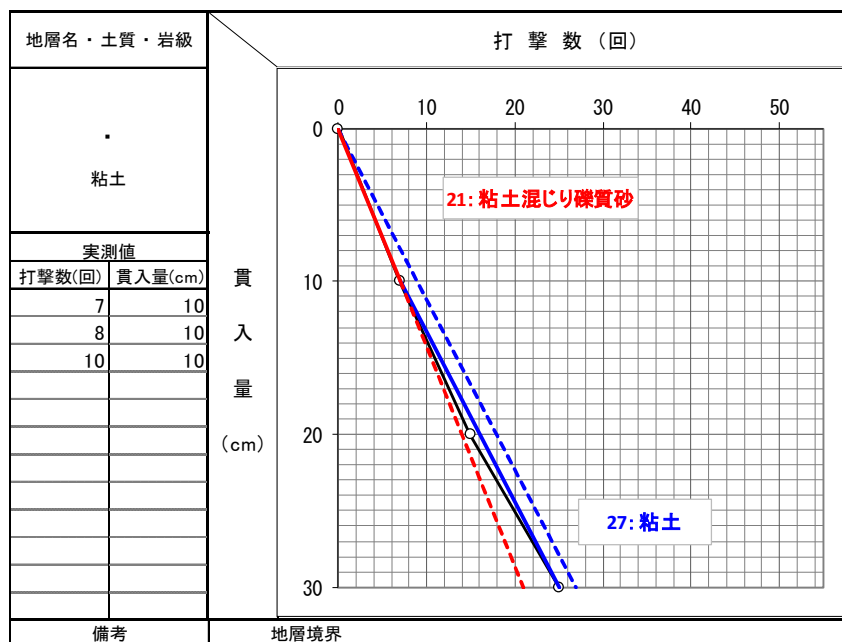


図 5.2-5 試験深度の打撃回数-累積貫入量相関図(R6-Bor. 2 : 13.15m~)



試験区間 GL- 17.15 m ～ 17.42 m 実測N値 50 / 27 補正N値

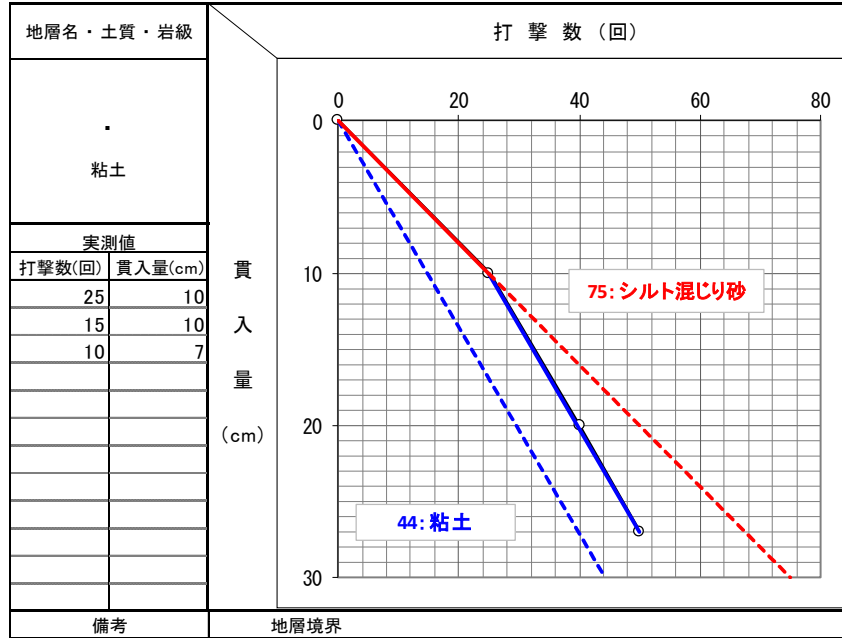


図 5.2-6 試験深度の打撃回数-累積貫入量相関図 (R6-Bor. 2 : 17.15m～)

## 2) N値の評価方法

標準貫入試験結果から得た N 値は、地層ごとに表 5.2-2,3 に整理した。代表 N 値は相加平均を代表値とした。

表5.2-2 N値整理結果

地層区分	記号	土質・土工区分	層厚 (m)		N値の範囲	個数	平均N値	代表N値
			R6-Bor.1	R6-Bor.2				
盛土	Bs	砂礫	0.80	0.90	0 ~ 0	0	—	—
沖積砂質土層1	As1	礫混じり粘土質砂～ 礫混じり砂	2.20	2.80	2 ~ 18	5	10	10
洪積粘性土層	Ac	砂質粘土	2.00	1.40	2 ~ 3	3	2	2
沖積砂質土層2	As2	礫混じり砂	2.80	—	14 ~ 18	3	16	16
沖積礫質土層	Ag	砂質礫	—	2.90	6 ~ 17	3	12	12
沖積砂質土層3	As3	粘土混じり礫質砂	5.20	5.25	13 ~ 43	11	26	26
洪積粘性土層1	Dc1	砂質粘土	3.25	1.75	21 ~ 46	6	32	32
洪積砂質土層1	Ds1	シルト質砂	1.20	—	29 ~ 76	2	53	53
洪積砂質土層2	Ds2	シルト混じり砂	—	2.25	63 ~ 75	3	69	69
洪積粘性土層2	Dc2	砂質シルト～ 礫混じり粘土	6.32	6.75	37 ~ 88	15	59	59
洪積砂質土層3	Ds3	シルト質砂	1.60	—	53 ~ 68	2	61	61
洪積砂質土層4	Ds4	粘土混じり砂	2.63	—	94 ~ 107	3	100	100

表5.2-3 各地層の N 値一覧

地層名	R6-Bor.1							R6-Bor.2							平均値	最小値	最大値
Bs															—	0	0
As1	9	18						8	15	2					10	2	18
Ac	2	3						2							2	2	3
As2	18	14	16												16	14	18
Ag								6	17	14					12	6	17
As3	13	34	34	22	29			20	26	14	43	35	21		26	13	43
Dc1	21	46	38	21				27	40						32	21	46
Ds1	76	29													53	29	76
Ds2								68	63	75					69	63	75
Dc2	75	38	37	44	43	75	68	44	63	60	63	52	63	68	59	37	88
Ds3	53	68													61	53	68
Ds4	107	100	94												100	94	107

## 5.2.2 各地層の定数の導出

### 1) 単位体積重量 $\gamma_t$ の推定

各地層の単位体積重量を表 5.2-4 にまとめる。

単位体積重量の推定は、各地層の代表 N 値および標準貫入試験試料の性状に基づき、「設計要領 第 1 集 土工編」にて示された一般値（表 5.2-5）から、土の種類に応じた値を採用した。

※飽和体積重量( $\gamma_{sat}$ )は経験式より  $\gamma_t + 1$  とした

表5.2-4 各地層の単位体積重量

地層区分	記号	土質・土工区分	代表N値	N値による 相対密度・相対稠度	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	飽和体積重量 $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	備考
盛土	Bs	砂礫～ 粘土混じり砂礫	—	—	18	19	コア観察で砂礫～粘土混じり砂礫となるため、「自然地盤・礫・密実でないもの」に適用する。
沖積砂質土層1	As1	礫混じり粘土質砂～ 礫混じり砂	10	緩い	17	18	「自然地盤・砂質土・密実でないもの」に適用する。
洪積粘性土層	Ac	砂質粘土	2	軟らかい	16	17	「自然地盤・粘性土・軟らかいもの」に適用する。
沖積砂質土層2	As2	礫混じり砂	16	中ぐらい	19	20	N値の相対密度が「中ぐらい」に該当するため、「自然地盤・砂」の中間値を採用する。
沖積礫質土層	Ag	砂質礫	12	中ぐらい	19	20	N値の相対密度が「中ぐらい」に該当するため、「自然地盤・礫」の中間値を採用する。
沖積砂質土層3	As3	粘土混じり礫質砂	26	中ぐらい	20	21	N値の相対密度が「中ぐらい」に該当するため、「自然地盤・礫まじり砂」の中間値を採用する。
洪積粘性土層1	Dc1	砂質粘土	32	固結した	18	19	「自然地盤・粘性土・固いもの」に適用する。
洪積砂質土層1	Ds1	シルト質砂	53	非常に密な	19	20	「自然地盤・砂質土・密実なもの」に適用する。
洪積砂質土層2	Ds2	シルト混じり砂	69	非常に密な	20	21	「自然地盤・砂・密実なものまたは粒径幅の広いもの」に適用する。
洪積粘性土層2	Dc2	砂質シルト～ 礫混じり粘土	59	固結した	18	19	「自然地盤・粘性土・固いもの」に適用する。
洪積砂質土層3	Ds3	シルト質砂	61	非常に密な	19	20	「自然地盤・砂質土・密実なもの」に適用する。
洪積砂質土層4	Ds4	粘土混じり砂	100	非常に密な	20	21	「自然地盤・砂・密実なものまたは粒径幅の広いもの」に適用する。

表5.2-5 土質定数の一般値

種 類		状 態		単位体積 重量 ( $\text{kN/m}^3$ )	せん断抵 抗角 (度)	粘着力 ( $\text{kN/m}^2$ )	地盤工学 会基準 <sup>(注2)</sup>
盛 土	礫および 礫まじり砂	締固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締固めたもの		19	25	30以下	{SF}
	粘性土	締固めたもの		18	15	50以下	{M}, {C}
	関東ローム	締固めたもの		14	20	10以下	{V}
自 然 地 盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	35	0	
	礫まじり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの(指で強く押し多少へこむ) <sup>(注1)</sup>		18	25	50以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入) <sup>(注1)</sup>		17	20	30以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入) <sup>(注1)</sup>		16	15	15以下	
	粘土および シルト	固いもの(指で強く押し多少へこむ) <sup>(注1)</sup>		17	20	50以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入) <sup>(注1)</sup>		16	15	30以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入) <sup>(注1)</sup>		14	10	15以下	
		関東ローム			14	5( $\phi u$ )	30以下

- (a) 地下水位以下にある土の湿潤密度は、それぞれの表中の値から飽和土の場合は1.0を、不飽和土の場合は0.9を差引いた値とする。
- (b) 湿潤密度の値を決定する場合は次の点に注意すること。
- (i) 碎石は、礫と同じ値とする。
- (ii) トンネルずりや岩塊などでは、粒径や間隙により値が異なるので既往の実績や現場試験により決定する。
- (iii) 礫まじり砂質土や礫まじり粘性土は、礫の混合割合および状態により適宜値を定める。
- (c) せん断抵抗角及び粘着力の値は、圧密非排水せん断に対する概略的な値である。この場合、盛土に対する地下水、湧水などの影響は考慮していない。
- (d) 碎石・トンネルずり、岩塊などのせん断抵抗角及び粘着力は、礫の値を用いてよい。
- (e) 粒径幅の広い土とは、さまざまな粒径の土粒子を適当な割合で含んだ土で締固めが行いやすい。分級された土とは、ある狭い範囲に粒径のそろった土で、密な締固めが行いにくいものをいう。
- (f) 粘性土、粘土及びシルトの区分でN値の目安は、おおむね次のとおりである。  
固いもの(N=8~15)、やや軟らかいもの(N=4~8)、軟らかいもの(N=2~4)
- (g) 地質工学会基準の記号は、およその目安である。

(出典) NEXCO(2013) : 設計要領第1集 土工編、p.1-47

表5.2-6 N値と砂の相対密度の関係

N値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別方法
0~4	非常に緩い(very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4~10	緩い(loose)	ショベル(スコップ)で掘削可能
10~30	中位の(medium)	鉄筋を5ポンドハンマで打込み容易
30~50	密な(dense)	同上、30cm程度貫入
>50	非常に密な(very dense)	同上、5~6cm程度貫入、掘削につるはし必要、打込み時金属音

(出典) 地盤工学会(2004) : 地盤調査の方法と解説、p.305

## 2) 粘着力cの推定

各地層の粘着力を表 5.2-7 にまとめる。

粘着力の推定は、各地層の代表 N 値および採取コアの性状に基づき行った。

表5.2-7 各地層の粘着力 c

地層区分	記号	土質・土工区分	代表N値	粘着力c (kN/m <sup>2</sup> )	備考
盛土	Bs	砂礫～ 粘土混じり砂礫	—	0	土のせん断強度は内部摩擦角で評価し、設計上安全側をとって粘着力c=0kN/m <sup>2</sup> とする。
沖積砂質土層1	As1	礫混じり粘土質砂～ 礫混じり砂	10	0	
沖積粘性土層	Ac	砂質粘土	2	13	代表N値を用いて、Terzaghi・Peckの式より粘着力を推定する。
沖積砂質土層2	As2	礫混じり砂	16	0	土のせん断強度は内部摩擦角で評価し、設計上安全側をとって粘着力c=0kN/m <sup>2</sup> とする。
沖積礫質土層	Ag	砂質礫	12	0	
沖積砂質土層3	As3	粘土混じり礫質砂	26	0	
洪積粘性土層1	Dc1	砂質粘土	32	200	代表N値を用いて、Terzaghi・Peckの式より粘着力を推定する。
洪積砂質土層1	Ds1	シルト質砂	53	0	土のせん断強度は内部摩擦角で評価し、設計上安全側をとって粘着力c=0kN/m <sup>2</sup> とする。
洪積砂質土層2	Ds2	シルト混じり砂	69	0	
洪積粘性土層2	Dc2	砂質シルト～ 礫混じり粘土	59	369	代表N値を用いて、Terzaghi・Peckの式より粘着力を推定する。
洪積砂質土層3	Ds3	シルト質砂	61	0	土のせん断強度は内部摩擦角で評価し、設計上安全側をとって粘着力c=0kN/m <sup>2</sup> とする。
洪積砂質土層4	Ds4	粘土混じり砂	100	0	

一般に N 値からの粘着力  $c$  の推定は、Terzaghi・Peck の式 ( $c=6.25N$ ) が用いられる。

調査地に分布する Ac 層、Dc1 層、Dc2 層の粘着力  $c$  は、代表 N 値から一軸圧縮強度  $q_u$  を推定し、 $c=1/2q_u$  より粘着力を求めた。この時、土のせん断強度は粘着力で評価し、設計上安全側をとってせん断抵抗角  $\phi(^{\circ})=0$  とした。代表 N 値から一軸圧縮強度  $q_u$  の推定については、以下の推定方法を用いる。

#### < 沖積粘性土層 (Ac) >

代表 N 値=2

$$\text{粘着力 } c = 6.25 \times 2 = 12.50 \text{ (kN/m}^2\text{)} \div \underline{13 \text{ (kN/m}^2\text{)}}$$

#### < 洪積粘性土層 1 (Dc1) >

代表 N 値=32

$$\text{粘着力 } c = 6.25 \times 32 = 200.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \div \underline{200 \text{ (kN/m}^2\text{)}}$$

#### < 洪積粘性土層 2 (Dc2) >

代表 N 値=59

$$\text{粘着力 } c = 6.25 \times 59 = 368.75 \text{ (kN/m}^2\text{)} \div \underline{369 \text{ (kN/m}^2\text{)}}$$

#### ・ Terzaghi・Peck の式

$$q_u = 12.3N \sim 13.1N \div 12.5N$$

$$c = 1/2q_u$$

N : 代表 N 値

$q_u$ : 一軸圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$c$ : 粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

参考として、地盤工学会の表を以下に示す。

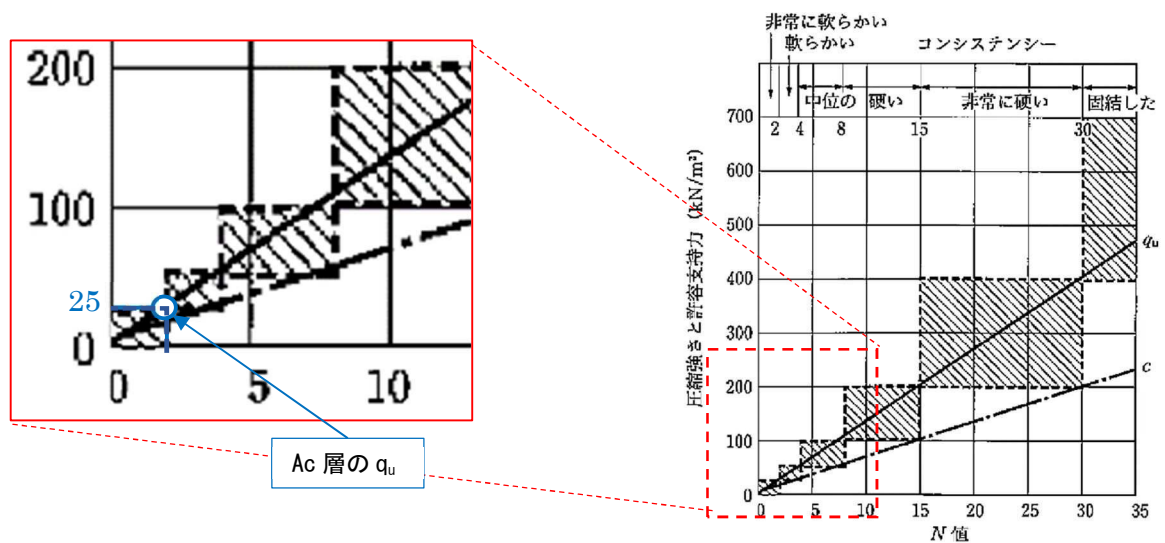


図5.2-5 N 値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係  
(出典) 公益社団法人地盤工学会(2013): 地盤調査の方法と解説・二冊分の 1、p.308



### 3) せん断抵抗角 $\phi$ の推定

各地層のせん断抵抗角を表 5.2-8 にまとめる。

せん断抵抗角の推定は、各地層の各深度で算出したせん断抵抗角  $\phi$  を相加平均し、小数点以下を知者五入した値を採用値とした。

表5.2-8 各地層のせん断抵抗角  $\phi$

地層区分	記号	土質・土工区分	代表N値	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	備考
盛土	Bs	砂礫～粘土混じり砂礫	—	35	「設計要領第1集 土工編」より「自然地盤・礫・密実でないもの」に適用する。
沖積砂質土層1	As1	礫混じり粘土質砂～礫混じり砂	10	33	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
洪積粘性土層	Ac	砂質粘土	2	0	土のせん断強度は粘着力で評価し、設計上安全側をとってせん断抵抗角 $\phi = 0^\circ$ とする。
沖積砂質土層2	As2	礫混じり砂	16	35	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
沖積礫質土層	Ag	砂質礫	12	33	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
沖積砂質土層3	As3	粘土混じり礫質砂	26	36	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
洪積粘性土層1	Dc1	砂質粘土	32	0	土のせん断強度は粘着力で評価し、設計上安全側をとってせん断抵抗角 $\phi = 0^\circ$ とする。
洪積砂質土層1	Ds1	シルト質砂	53	37	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
洪積砂質土層2	Ds2	シルト混じり砂	69	39	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
洪積粘性土層2	Dc2	砂質シルト～礫混じり粘土	59	0	土のせん断強度は粘着力で評価し、設計上安全側をとってせん断抵抗角 $\phi = 0^\circ$ とする。
洪積砂質土層3	Ds3	シルト質砂	61	38	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定
洪積砂質土層4	Ds4	粘土混じり砂	100	40	有効上載圧を考慮したN値とせん断抵抗角 $\phi$ の関係式から推定

※) 代表 N 値から推定したせん断抵抗角は、小数第一位を四捨五入した値を代表値とした

せん断抵抗角  $\phi$  の推定は、道路橋示方書※(有効上載圧を考慮した  $N$  値とせん断抵抗角  $\phi$  の関係式)の計算式を引用している。

※後述の液状化判定の基準で道路橋示方書を用いているため

まずは、当該地に分布する m-s 層、Ag 層、Dg 層のせん断抵抗角  $\phi$  を各 Bor の深度ごとに推定し、表 5.2-20～23 に整理した。また、 $N$  値  $\leq 5$  の地点と  $\phi \geq 45$  の地点については、表 5.2-24 の一般値を採用した。

$$\phi = 4.8 \log N_1 + 21 \quad (N > 5) \quad \dots\dots\dots (\text{参 1.1})$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70} \quad \dots\dots\dots (\text{参 1.2})$$

ここに、

$\phi$  : 砂のせん断抵抗角 (°)

$\sigma'_v$  : 有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>) で、標準貫入試験を実施した時点の値

$N_1$  : 有効上載圧 100kN/m<sup>2</sup> 相当に換算した  $N$  値。ただし、原位置の  $\sigma'_v$  が  $\sigma'_v < 50 \text{ kN/m}^2$  である場合には、 $\sigma'_v = 50 \text{ kN/m}^2$  として算出する。

$N$  : 標準貫入試験から得られる  $N$  値

図5.2-8 標準貫入試験の  $N$  値から砂のせん断抵抗角  $\phi$  を推定する場合の参考式  
(出典) 公益社団法人日本道路協会(2017) : 道路橋示方書・同解説IV下部構造編、p.536

表5.2-9 R6-Bor. 1 における各地層のせん断抵抗角  $\phi$ 

No	深度 Hi (m)	地層名称	記号	土質	N値 Ni (-)	単位質量 $\gamma_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	飽和重量 $\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	全土被圧 $\sigma_{vi}$ (kN/m <sup>2</sup> )	静水圧 (kN/m <sup>2</sup> )	有効上載圧 $\sigma'_{vi}$ (kN/m <sup>2</sup> )	換算N値 N <sub>1</sub>	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	備考
1	1.30	沖積砂質土層1	As1	砂質土	9.0	17.0	18.00	22.90	0.00	50.00	12.75	33.22	
2	2.30			砂質土	18.0	17.0	18.00	39.90	0.00	50.00	25.50	36.55	
3	3.30	沖積粘性土層	Ac	粘性土	2.0	16.0	17.00	56.60	0.00	56.60	2.69	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
4	4.30			粘性土	3.0	16.0	17.00	73.35	7.50	65.85	3.75	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
5	5.30	沖積砂質土層2	As2	砂質土	18.0	19.0	20.00	91.25	17.50	73.75	21.29	35.68	
6	6.30			砂質土	14.0	19.0	20.00	111.25	27.50	83.75	15.48	34.15	
7	7.30			砂質土	16.0	19.0	20.00	131.25	37.50	93.75	16.61	34.49	
8	8.30	沖積砂質土層3	As3	砂質土	13.0	20.0	21.00	151.75	47.50	104.25	12.68	33.19	
9	9.30			砂質土	34.0	20.0	21.00	172.75	57.50	115.25	31.20	37.51	
10	10.30			砂質土	34.0	20.0	21.00	193.75	67.50	126.25	29.45	37.24	
11	11.30			砂質土	22.0	20.0	21.00	214.75	77.50	137.25	18.05	34.89	
12	12.30			砂質土	29.0	20.0	21.00	235.75	87.50	148.25	22.59	35.96	
13	13.30	洪積粘性土層1	Dc1	粘性土	21.0	18.0	19.00	256.15	97.50	158.65	15.61	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
14	14.30			粘性土	46.0	18.0	19.00	275.15	107.50	167.65	32.91	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
15	15.30			粘性土	38.0	18.0	19.00	294.15	117.50	176.65	26.19	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
16	16.20			粘性土	21.0	18.0	19.00	311.25	126.50	184.75	14.01	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
17	16.34	洪積砂質土層1	Ds1	砂質土	76.0	19.0	20.00	313.90	127.85	186.05	50.46	39.82	
18	17.30			砂質土	29.0	19.0	20.00	333.20	137.50	195.70	18.55	35.02	
19	18.30	洪積粘性土層2	Dc2	粘性土	75.0	18.0	19.00	352.35	147.50	204.85	46.39	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
20	19.30			粘性土	38.0	18.0	19.00	371.35	157.50	213.85	22.76	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
21	20.30			粘性土	37.0	18.0	19.00	390.35	167.50	222.85	21.48	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
22	21.30			粘性土	44.0	18.0	19.00	409.35	177.50	231.85	24.78	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
23	22.28			粘性土	43.0	18.0	19.00	427.88	187.25	240.63	23.53	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
24	22.43	洪積砂質土層3	Ds3	砂質土	54.0	19.0	20.00	430.75	188.75	242.00	29.42	37.23	
25	23.26			砂質土	68.0	19.0	20.00	447.45	197.10	250.35	36.09	38.21	
26	24.25	洪積粘性土層2	Dc2	粘性土	75.0	18.0	19.00	467.00	207.00	260.00	38.64	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
27	25.26			粘性土	68.0	18.0	19.00	486.19	217.10	269.09	34.09	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
28	26.22	洪積砂質土層4	Ds4	砂質土	107.0	20.0	21.00	506.13	226.70	279.43	52.06	39.97	
29	27.18			砂質土	100.0	20.0	21.00	526.19	236.25	289.94	47.23	39.50	
30	28.13			砂質土	94.0	20.0	21.00	546.24	245.80	300.44	43.14	39.07	

表5.2-10 R6-Bor. 2 における各地層のせん断抵抗角  $\phi$

No	深度 Hi (m)	地層名称	記号	土質	N値 Ni (-)	単位質量 $\gamma_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	飽和重量 $\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	全土被圧 $\sigma_{vi}$ (kN/m <sup>2</sup> )	静水圧 (kN/m <sup>2</sup> )	有効上載圧 $\sigma'_{vi}$ (kN/m <sup>2</sup> )	換算N値 N <sub>i</sub>	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	備考
1	1.30	沖積砂質土層1	As1	砂質土	8.0	17.0	18.00	23.00	0.00	50.00	11.33	32.65	
2	2.30			砂質土	15.0	17.0	18.00	40.00	0.00	50.00	21.25	35.67	
3	3.33			砂質土	2.0	17.0	18.00	57.43	0.00	57.43	2.67	適用外	N値5以下のため、砂質土の一般値25を採用
4	4.33	沖積粘性土層	Ac	粘性土	2.0	16.0	17.00	74.18	3.75	70.43	2.42	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
5	5.30	沖積礫質土層	Ag	砂質土	6.0	19.0	20.00	91.35	13.50	77.85	6.90	30.27	
6	6.30			砂質土	17.0	19.0	20.00	111.35	23.50	87.85	18.31	34.96	
7	7.30			砂質土	14.0	19.0	20.00	131.35	33.50	97.85	14.18	33.73	
8	8.30	沖積砂質土層3	As3	砂質土	20.0	20.0	21.00	151.65	43.50	108.15	19.09	35.15	
9	9.30			砂質土	26.0	20.0	21.00	172.65	53.50	119.15	23.37	36.13	
10	10.30			砂質土	14.0	20.0	21.00	193.65	63.50	130.15	11.89	32.88	
11	11.30			砂質土	43.0	20.0	21.00	214.65	73.50	141.15	34.62	38.01	
12	12.30			砂質土	35.0	20.0	21.00	235.65	83.50	152.15	26.78	36.78	
13	13.20			砂質土	21.0	20.0	21.00	254.55	92.50	162.05	15.38	34.12	
14	13.35	洪積粘性土層1	Dc1	粘性土	27.0	18.0	19.00	257.50	94.00	163.50	19.66	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
15	14.30			粘性土	40.0	18.0	19.00	275.55	103.50	172.05	28.09	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
16	15.26	洪積砂質土層2	Ds2	砂質土	68.0	20.0	21.00	294.31	113.10	181.21	46.02	39.38	
17	16.27			砂質土	63.0	20.0	21.00	315.52	123.20	192.32	40.83	38.80	
18	17.20			砂質土	75.0	20.0	21.00	335.05	132.50	202.55	46.78	39.46	
19	17.34	洪積粘性土層2	Dc2	粘性土	44.0	18.0	19.00	337.72	133.85	203.87	27.31	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
20	18.27			粘性土	63.0	18.0	19.00	355.48	143.20	212.28	37.94	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
21	19.28			粘性土	60.0	18.0	19.00	374.58	153.25	221.33	35.01	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
22	20.27			粘性土	63.0	18.0	19.00	393.48	163.20	230.28	35.67	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
23	21.30			粘性土	52.0	18.0	19.00	412.96	173.45	239.51	28.56	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
24	22.28			粘性土	63.0	18.0	19.00	431.58	183.25	248.33	33.64	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
25	23.26			粘性土	68.0	18.0	19.00	450.29	193.10	257.19	35.33	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない
26	24.24			粘性土	88.0	18.0	19.00	468.82	202.85	265.97	44.53	-	粘性土であるため、せん断抵抗角 $\phi$ を検討しない

表5.2-11 各土質の土質定数一般値

種 類		状 態		単位体積 重量 (kN/m³)	せん断抵 抗角 (度)	粘着力 (kN/m²)	地盤工学 会基準 <sup>(注2)</sup>
盛 土	礫および 礫まじり砂	締固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締固めたもの		19	25	30以下	{SF}
	粘性土	締固めたもの		18	15	50以下	{M}, {C}
	関東ローム	締固めたもの		14	20	10以下	{V}
自 然 地 盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	35	0	
	礫まじり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの(指で強く押し多少へこむ) <sup>(注1)</sup>		18	25	50以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入) <sup>(注1)</sup>		17	20	30以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入) <sup>(注1)</sup>		16	15	15以下	
	粘土および シルト	固いもの(指で強く押し多少へこむ) <sup>(注1)</sup>		17	20	50以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入) <sup>(注1)</sup>		16	15	30以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入) <sup>(注1)</sup>		14	10	15以下	
		関東ローム			14	5(φu)	30以下

(出典) 日本高速道路株式会社(2015): 設計要領第1集 土工編、p.1-49

各地層のせん断抵抗角 $\phi$ を表 5.2-12 にまとめる。なお、せん断抵抗角 $\phi$ は、各地層の深度ごとの算出結果を相加平均し、小数点以下を四捨五入した値を採用値とした。

表5.2-12 各地層のせん断抵抗角 $\phi$

地層名	記号	孔番号	貫入試験 上端深度 (GL- m)	貫入試験 上端深度 (GL- m)	設計N値	有効上載圧を考慮した推定値		採用値 せん断抵抗角 $\phi$ (°)
						N <sub>1</sub> 値	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	
沖積砂質土層1	As1	R6-Bor.1	1.15	1.45	9	13	33.2	33
			2.15	2.45	18	26	36.5	
		R6-Bor.2	1.15	1.45	8	11	32.7	
			2.15	2.45	15	21	35.7	
			3.15	3.5	2	—	25	
沖積砂質土層2	As2	R6-Bor.1	5.15	5.45	18	22	35.7	35
			6.15	6.45	14	16	34.1	
			7.15	7.45	16	17	34.5	
沖積礫質土層	Ag	R6-Bor.2	5.15	5.45	6	7	30.3	33
			6.15	6.45	17	19	35.0	
			7.15	7.45	14	14	33.7	
沖積砂質土層3	As3	R6-Bor.1	8.15	8.45	13	13	33.2	36
			9.15	9.45	34	32	37.5	
			10.15	10.45	34	31	37.2	
			11.15	11.45	22	19	34.9	
			12.15	12.45	29	24	36.0	
		R6-Bor.2	8.15	8.45	20	20	35.2	
			9.15	9.45	26	24	36.1	
			10.15	10.45	14	12	32.9	
			11.15	11.45	43	36	38.0	
			12.15	12.45	35	28	36.8	
洪積砂質土層1	Ds1	R6-Bor.1	16.25	16.42	76	53	39.8	37
			17.15	17.45	29	20	35.0	
洪積砂質土層2	Ds2	R6-Bor.2	15.15	15.37	68	50	39.4	39
			16.15	16.39	63	44	38.8	
			17.15	17.25	75	51	39.5	
洪積砂質土層3	Ds3	R6-Bor.1	22.25	22.45	53	31	37.2	38
			23.15	23.37	68	38	38.2	
洪積砂質土層4	Ds4	R6-Bor.1	26.15	26.45	107	56	40.0	40
			27.10	27.25	100	51	39.5	
			28.05	28.21	94	46	39.1	

: N 値 ≤ 5 のため、NEXCO 設計要領の一般値を採用

#### 4) 変形係数 E

各地層の変形係数 E を表 5.3-8 にまとめる。

変形係数の推定は、各地層の代表 N 値に基づき行った。

表5.2-13 各地層の変形係数 E

地層区分	記号	土質・土工区分	代表N値	変形係数E(kN/m <sup>2</sup> )	換算係数 $\alpha$	備考
盛土	Bs	砂礫～ 粘土混じり砂礫	—	7,000	常 時:4 地震時:8	沖積砂質土層の代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
沖積砂質土層1	As1	礫混じり粘土質砂～ 礫混じり砂	10	7,000	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
洪積粘性土層	Ac	砂質粘土	2	931	常 時:4 地震時:8	孔内載荷試験結果を適用。 ※得られた値の平均
沖積砂質土層2	As2	礫混じり砂	16	11,200	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
沖積礫質土層	Ag	砂質礫	12	8,400	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
沖積砂質土層3	As3	粘土混じり礫質砂	26	7,007	常 時:4 地震時:8	孔内載荷試験結果を適用。
洪積粘性土層1	Dc1	砂質粘土	32	22,400	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
洪積砂質土層1	Ds1	シルト質砂	53	37,100	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
洪積砂質土層2	Ds2	シルト混じり砂	69	48,300	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
洪積粘性土層2	Dc2	砂質シルト～ 礫混じり粘土	59	41,300	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
洪積砂質土層3	Ds3	シルト質砂	61	42,700	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。
洪積砂質土層4	Ds4	粘土混じり砂	100	70,000	常 時:4 地震時:8	代表N値を用いて、経験式より変形係数を推定する。



#### 4-1) 未固結層の変形係数 E の推定

未固結層の変形係数 E は代表 N 値を用いて以下の式より推定した。なお、Ac 層、As3 層の変形係数 E は、孔内水平載荷試験結果を採用した。

$$E = 670N^{0.986} \approx 700N$$

(出典) 公益社団法人地盤工学会(2013) : 地盤調査の方法と解説-二冊分の 2-、p.687

E : 変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

N : 代表 N 値

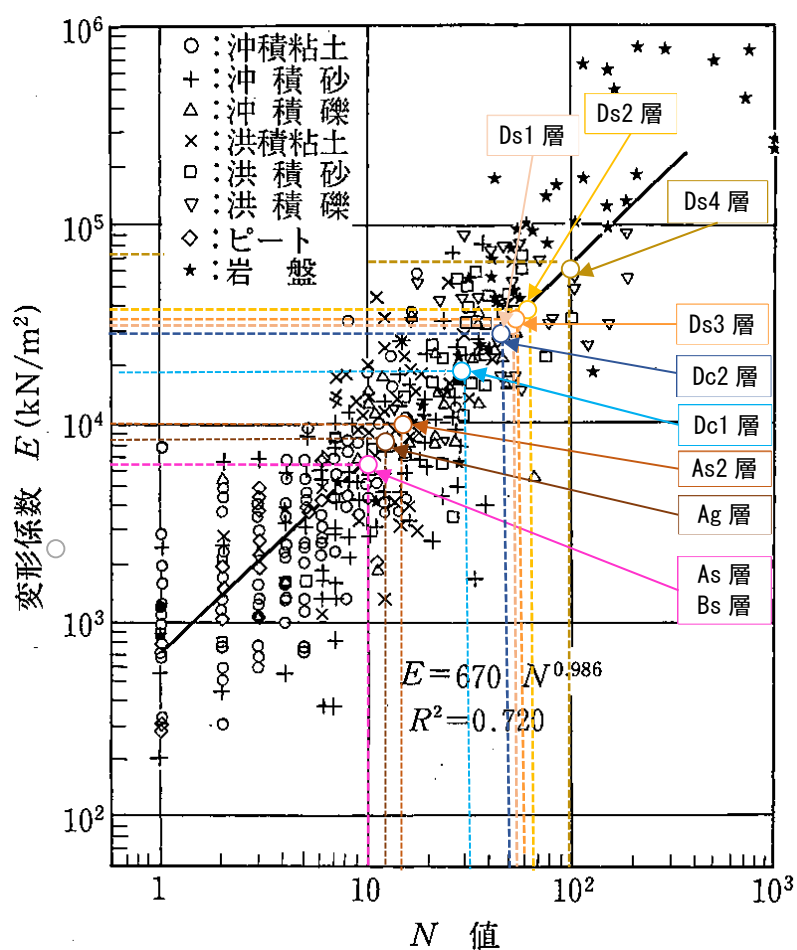


図5.3-3 孔内水平載荷試験より得られた変形係数と N 値の関係

(出典) 公益社団法人地盤工学会(2013) : 地盤調査の方法と解説-二冊分の 2-、p.687

#### 4-2) 地盤反力係数の換算係数 $\alpha$

地盤反力係数は、基礎の変位や地盤反力を得るために必要な設計上の基本的な定数である。孔内水平載荷試験以外の方法で推定した変形係数  $E$  を用いて地盤反力係数を定める場合、孔内水平載荷試験から得られる変形係数や地盤反力係数に相当する値となるよう表 5.3-9 に示す換算係数  $\alpha$  を用いて補正を行う必要がある。

孔内水平載荷試験で得た変形係数に対して、地盤反力係数の換算係数  $\alpha$  は「常時：4、地震時：8」となる。標準貫入試験の  $N$  値より推定した変形係数に対して、地盤反力係数の換算係数  $\alpha$  は「常時：1、地震時：2」となるが、地盤工学会の式  $E=700N(kN/m^2)$  は、換算係数が考慮されているため、孔内水平載荷試験で得た変形係数と横並びで評価可能である。

よって、今回算出したすべての変形係数に対して、「常時：4、地震時：8」となる点に留意が必要である。

表5.2-14 変形係数  $E$  と  $\alpha$

変形係数 $E_0$ の推定方法	地盤反力係数の換算係数 $\alpha$	
	作用の組合せに地震の影響を含まない場合	作用の組合せに地震の影響を含む場合
直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験から求めた変形係数	4	8
供試体の一軸圧縮試験又は三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の $N$ 値より $E_0 = 2,800N$ で推定した変形係数	1	2

地盤工学会の式は、換算係数を考慮して  $E=700N$  となっている。

(出典) 社団法人日本道路協会(2012)：道路橋示方書 I 共通編 IV 下部構造編、p.285

### 5.3 透水性評価

現場透水試験を実施した地層（地下水位以深で深度 GL-11m までに分布する地層(As2 層、Ag 層、As3 層)) の透水性について評価する。

表 5.3-1 各地層で得られた透水係数一覧と整理番号

	As1層	Ag層	As3層
R6-Bor.1	① 1.10E-04		② 1.80E-05
R6-Bor.2		③ 2.97E-04	④ 1.00E-04
平均値	1.10E-04	2.97E-04	5.90E-05
中央値	1.10E-04	2.97E-04	5.90E-05

		透水係数 k (m/sec)											
		10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10
透水性		実質上不透水		非常に低い		低い		中位		高い			
地層	沖積砂質土層As1							①					
	沖積礫質土層Ag							③					
	沖積砂質土層As3							②	④				
対応する土の種類		粘性土 (C)		微細砂、シルト 砂-シルト-粘土混合土 (SF) (S-P) (M)				砂および礫 (GW) (GP) (SW) (SP) (G-F)			清浄な礫 (GW) (GP)		
岩盤地山		割れ目の極めて少ない岩盤		割れ目の少ない岩盤		割れ目の多い岩盤				帯水層および破碎帯			

図 5.3-1 地盤の透水性と対応する土の種類

図 5.3-1 より、砂質土・礫質土の透水係数は 10<sup>-3</sup>～10<sup>-5</sup> オーダーとなり、透水性は「高い～中位」を示すと予想された。表 5.3-1 各地層で得られた透水係数一覧と整理番号表 5.3-1 の試験結果では、全地点で一般的な砂質土・礫質土の透水係数の範囲内に収まったため、試験結果はそれぞれ妥当な値と判断する。

#### <沖積砂質土層 1 As1>

透水係数は、1.10E-04 (m/s) の範囲を示し、砂質土として妥当な透水係数を示す。

#### <沖積礫質土層 Ag>

透水係数は、2.97E-04 (m/s) の範囲を示し、礫質土として妥当な透水係数を示す。

#### <沖積砂質土層 1 As3>

透水係数は、得られた 2 つのデータから、1.00E-05～1.80E-04 (m/s) の範囲を示し、平均値は 5.90E-05m/s となった。砂質土として妥当な透水係数を示す。

調査地周辺の地下水位は、GL-3.55～3.95m であることから、GL-11.0m 深度に埋め殺しとなっている埋設杭(図 5.3-3、図 5.3-4 参照)撤去の際、該当層からの湧水が想定される。そのため、工事の際は止水材を少なくとも Dc1 層(図 5.3-2 参照)まで打ち込む必要がある。

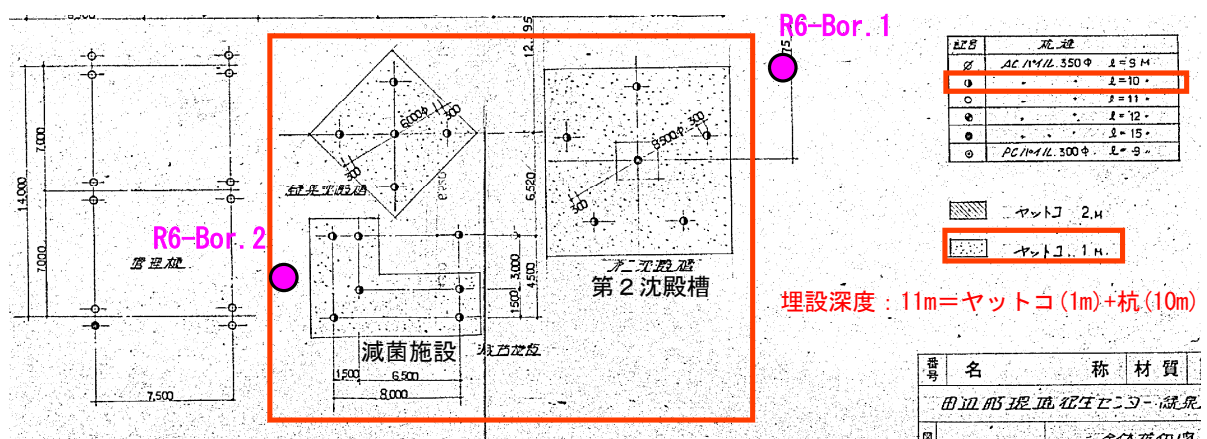
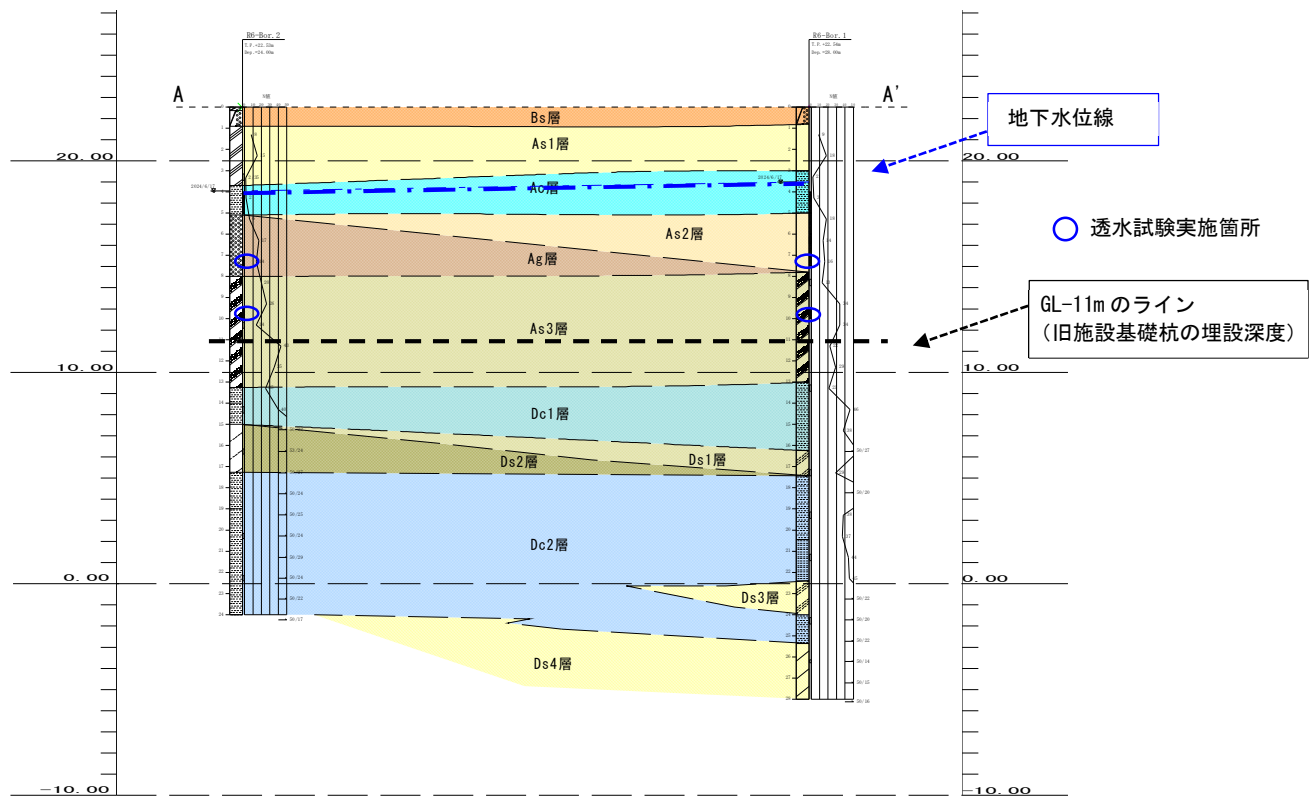
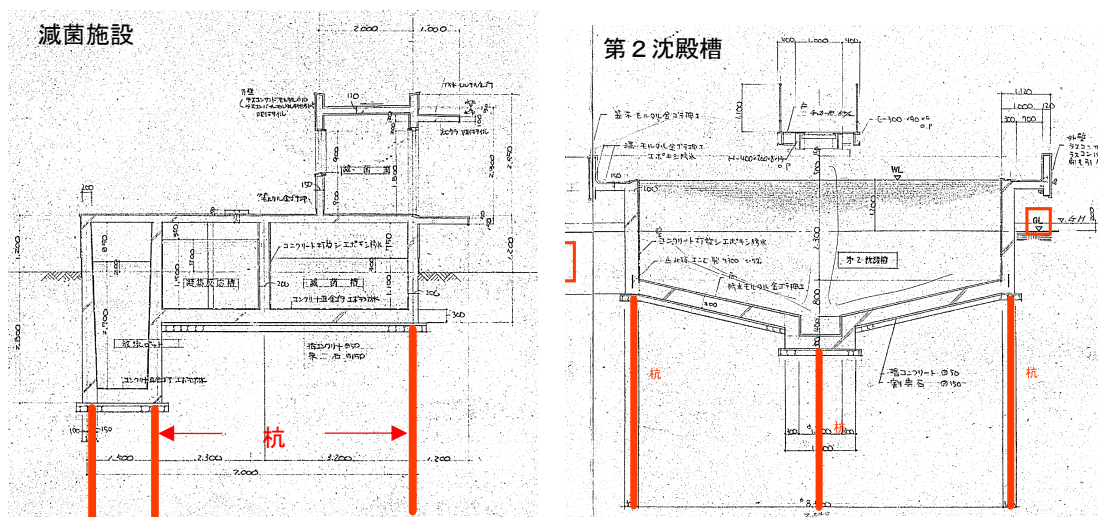


図 5.3-3 旧既設構造物の基礎配置図 ●：ボーリング地点



## 5.4 支持地盤の選定

本業務では、図 5.4-1 から、掘り止め条件「N 値 30 以上の粘性土を 5m 確認」or 「N 値 50 以上の砂質土・礫質土を 5m 確認」として実施した。上記の条件を満たすのは、Ds2 層の上面以深となる。よって、支持層ラインを Ds2 層上面に設定する。

支持層は敷地内で実施されるすべてのボーリングで確認することが望ましいが、支持層より深い地盤性状の確認は少なくとも 1 本以上のボーリングで実施する。これには、信頼できる既存のデータを参照してもよい。支持層の目安は砂質土、礫質土では N 値 50（または 60）以上、粘性土では 20～30 以上であるが、建物の要求性能などを考慮して設計者が適切に設定する。薄層支持を検討する場合、詳細設計時に支持層位置が変更になる可能性に配慮し、薄層支持層の下部にある支持層候補となる深さまで複数本のボーリング調査を計画しておく。地震応答解析を行う場

図 5.4-1 支持層の目安

（社）日本建築学会 建築基礎設計のための地盤調査計画指針 2020.9 月 p.25）

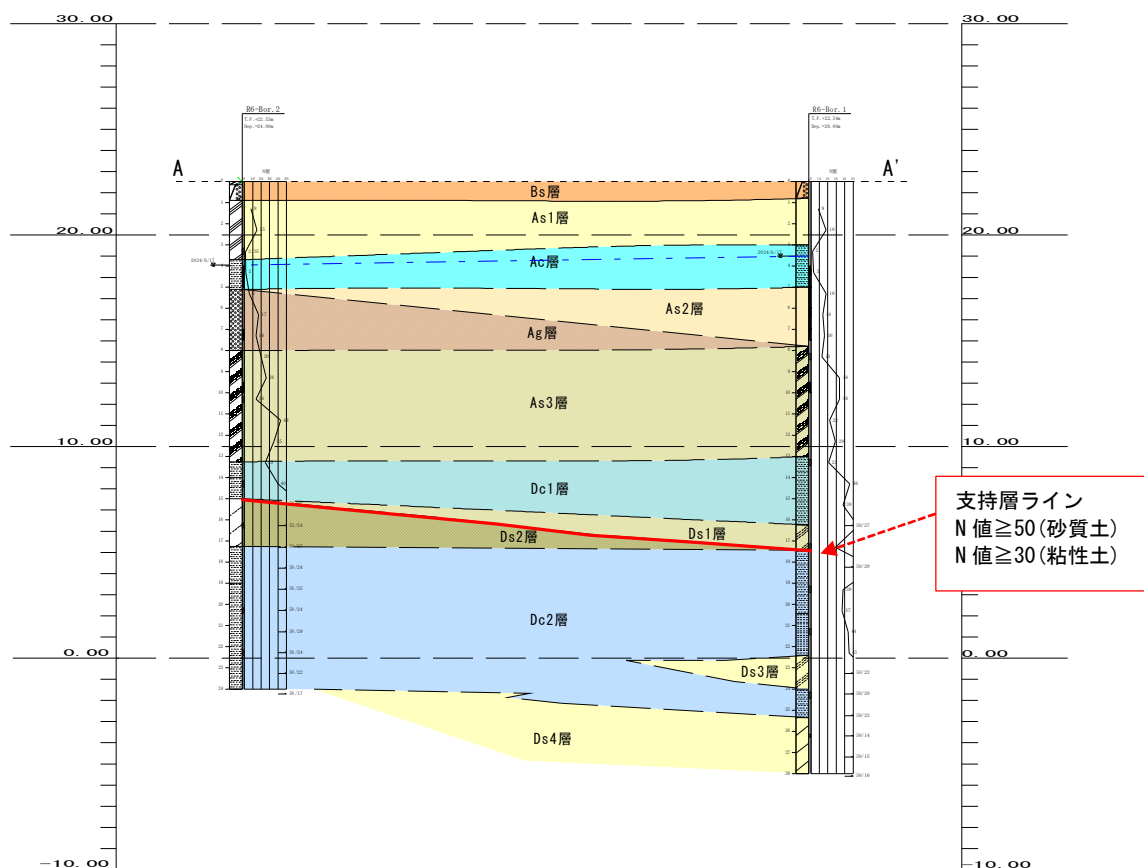


図 5.4-2 本業務での支持層ライン

## 5.5 液状化判定

### 1) 液状化判定条件

#### ①液状化判定の要否

「道路橋示方書 V 耐震設計編(日本道路協会、2019 年)」では、以下の条件に該当する地層は、地震時に液状化が生じる可能性があるため、液状化判定が必要となる。

調査ボーリング結果と室内土質試験結果に基づき、液状化検討の対象となる地層かどうか判定した。表に示すように、沖積砂質土層 2(As2 層)、沖積礫質土層(Ag 層)、沖積砂質土層 3(As3 層)が液状化判定の対象となった。

- ①地下水位が地表面から 10m 以内にあり、かつ、地表面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層

②50%粒径  $D_{50}$  が 10mm 以下で、かつ、10%粒径  $D_{10}$  が 1mm 以下である土層

③細粒分含有率  $F_c$  が 35%以下の土層、または  $F_c$  が 35%を超えても塑性指数  $I_p$  が 15 以下の土層

図 5.5-1 液状化判定の条件

(出典) 社団法人日本道路協会(2017)：道路橋示方書 V 耐震設計編、p. 161-162

表 5.5-1 液状化判定の検討一覧

地層区分	記号	孔番号	N値	①		②		③		判定結果	備考
				試験深度 (GL-m)	土の状態	50%粒径 $D_{50}$ (mm)	10%粒径 $D_{10}$ (mm)	細粒分含有率 $F_c$ (%)	塑性指数 IP		
沖積砂質土層1	As1	R6-Bor.2	2	3.15~3.45	不飽和土	0.610	0.130	8.9	-	検討対象外	
沖積粘性土	Ac	R6-Bor.1	3	4.15~4.45	飽和土	0.025	0.0012以下	79.3	24.3	検討対象外	
		R6-Bor.2	2	4.15~4.45	飽和土	0.017	0.0014	82.9	25.5	検討対象外	
沖積砂質土2	As2	R6-Bor.1	14	6.15~6.45	飽和土	0.810	0.140	8.5	-	検討対象	
沖積礫質土層	Ag	R6-Bor.2	14	7.15~7.45	飽和土	4.400	0.460	2.1	-	検討対象	
沖積砂質土3	As3	R6-Bor.1	13	8.15~8.45	飽和土	0.930	0.230	5.3	-	検討対象	
		R6-Bor.2	14	10.15~10.45	飽和土	1.100	0.200	5.8	-	検討対象	
洪積粘性土層1	Dc1	R6-Bor.1	21	13.15~13.45	飽和土	0.019	0.0012以下	78.1	51.3	検討対象外	
		R6-Bor.2	40	14.15~14.45	飽和土	0.027	0.0013以下	62.4	31.8	検討対象外	
洪積砂質土層1	Ds1	R6-Bor.1	29	17.15~17.45	飽和土	0.730	0.097	9.1	-	検討対象外	全ての条件に該当するが、洪積層であるため対象外
洪積砂質土層2	Ds2	R6-Bor.2	63	16.15~16.39	飽和土	0.440	0.082	9.8	-	検討対象外	
洪積粘性土層2	Dc2	R6-Bor.1	38	19.15~19.45	飽和土	0.019	0.0012以下	92.8	35.7	検討対象外	
			44	21.15~21.45	飽和土	0.022	0.0012	66.2	NP	検討対象外	
			75	24.15~24.48	飽和土	0.029	0.0012以下	73.2	-	検討対象外	
		R6-Bor.2	63	20.15~20.39	飽和土	0.038	0.0026	64.5	-	検討対象外	
			68	22.15~22.39	飽和土	0.023	0.0012以下	73.3	-	検討対象外	
洪積砂質土層4	Ds4	R6-Bor.1	107	26.15~26.29	飽和土	0.490	0.024	14.9	-	検討対象外	
判定基準				GL-20m以浅	水位以深の飽和土	$D_{50} \leq 10\text{mm}$ かつ $D_{10} \leq 1\text{mm}$		細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$ または塑性指数 $IP \leq 15$		条件①~③の判定基準に全て該当すると液状化検討の対象となる。	

：判定基準に該当

## ②耐震設計上の基盤面

次頁に記載している地盤種別の計算に必要なので、耐震設計上の基盤面を決める。  
耐震設計上の基盤面は、N 値 50 以上(Ds2 層：洪積砂質土層 2)を示す層の上面とした。

- (1) 耐震設計上の基盤面は、架橋位置に共通する広がりを持ち、橋の耐震設計上振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な地盤の上面とする。

(2) 平均せん断弾性波速度が 300 m/s 程度以上の値を有している剛性の高い地層は、(1)に規定する十分堅固な地盤とみなしてよい。
- (2) 式 (3.6.2) により、粘性土層では N 値 25 以上、砂質土層では N 値 50 以上の値を有している剛性の高い地層から成る地盤と考えることができる。

図 5.5-2 耐震設計上の基盤面の設定根拠

(出典) 社団法人日本道路協会 (2017)：道路橋示方書V耐震設計編、p. 70

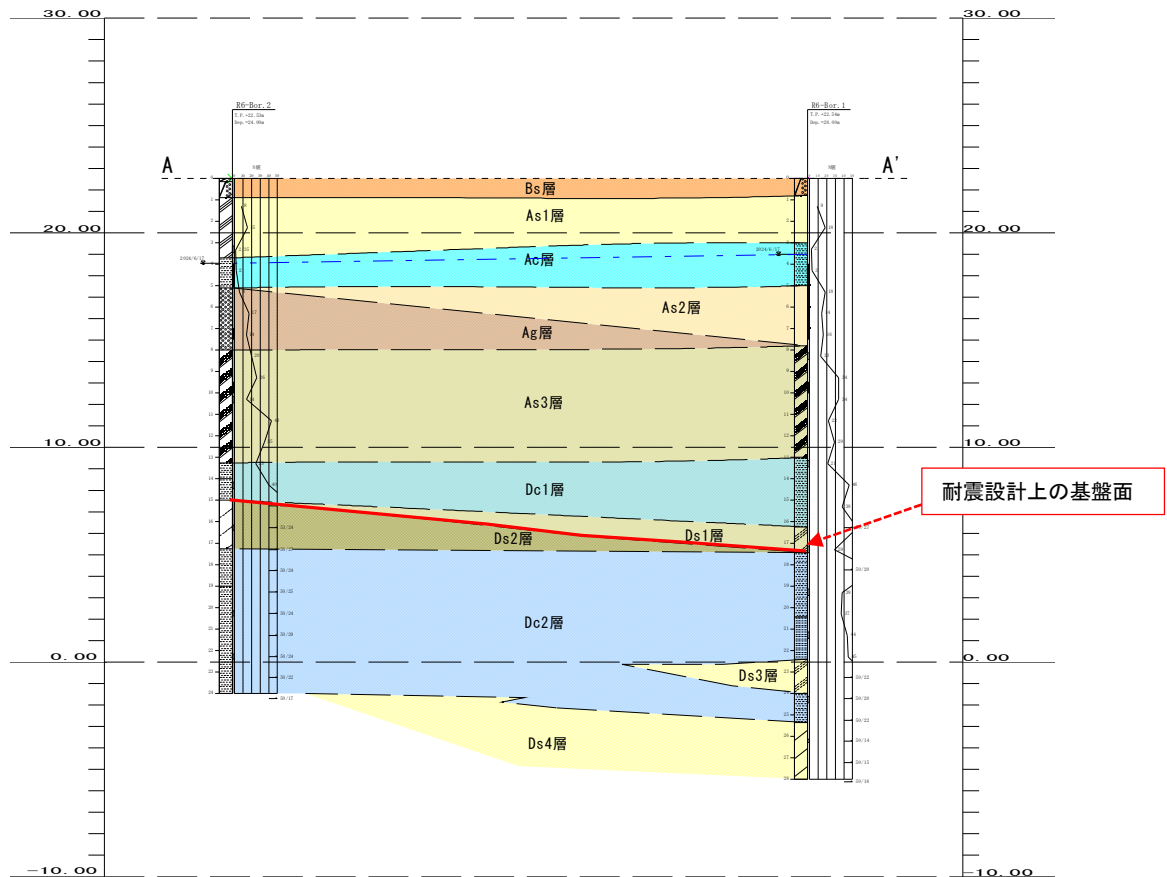


図 5.5-3 本業務での耐震設計上の基盤面



### ③地盤種別

調査箇所の地盤種別を「Ⅱ種」とした。参考資料を図 5.5-4 に、地盤種別選定の根拠資料を表 5.5-2～表 5.5-3 に示す。

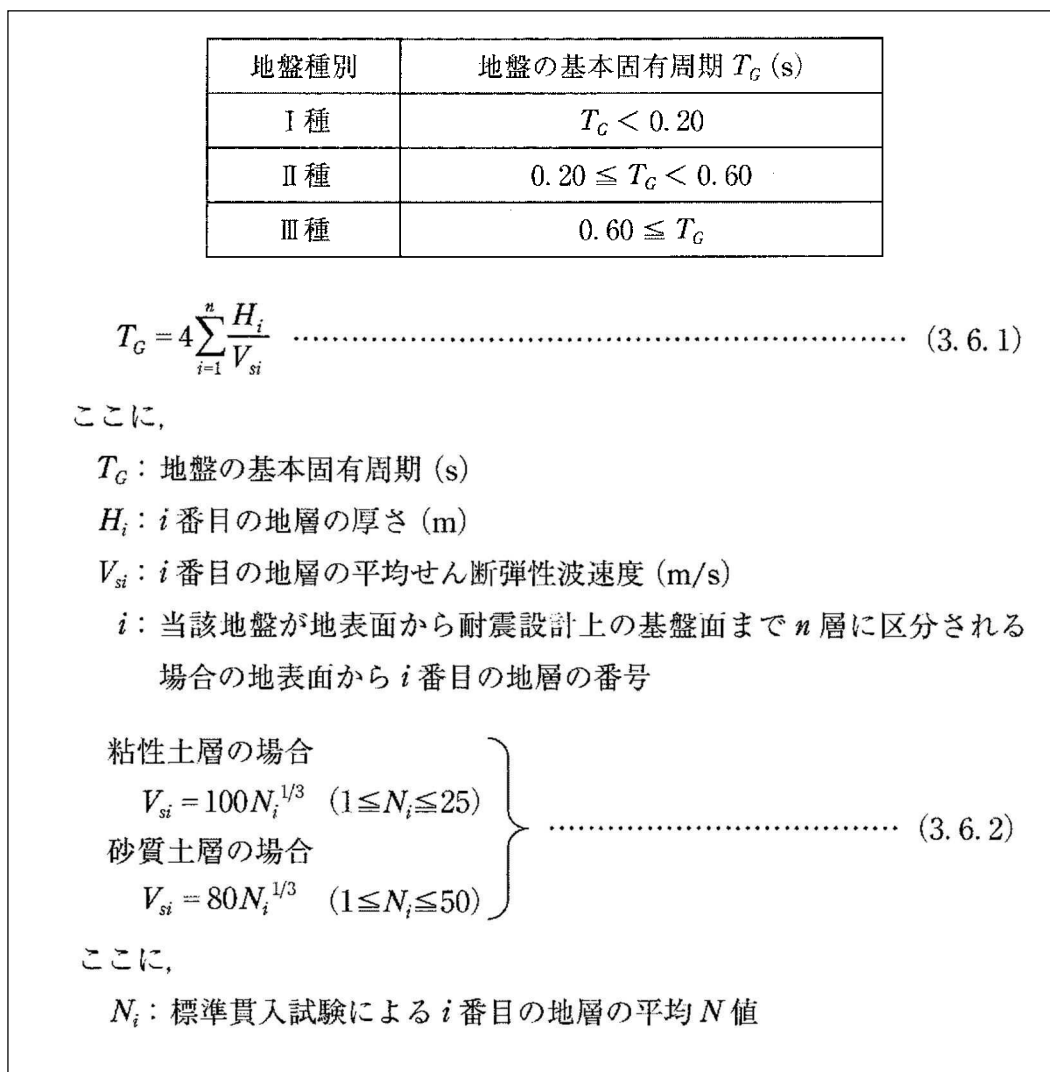


図 5.5-4 地盤種別判定の計算式

(出典) 社団法人日本道路協会(2017)：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、p. 162

表 5. 5-2 R6-Bor. 1 地点の地盤種別判定根拠

R6-Bor.1地点						
層番号	記号	層厚 Hi(m)	平均N値 Ni	土質	平均弾性波速度 Vsi(m/s)	Hi/Vsi
1	Bs	0.8	10	砂質土	172.35	0.005
2	As1	2.2	10	砂質土	172.35	0.013
3	Ac	2	2	粘性土	125.99	0.016
4	As2	2.8	16	砂質土	201.59	0.014
5	As3	5.2	26	砂質土	237.00	0.022
6	Dc1	3.25	32	粘性土	317.48	0.010
7	Ds1	1.2	53	砂質土	300.50	0.004
合計		17.45			$\sum Hi/Vsi=$	0.083

$T_G = 4 \times \sum Hi/Vsi = 4 \times 0.083 = 0.33 \text{ (s)}$

表 5. 5-3 R6-Bor. 2 地点の地盤種別判定根拠

R6-Bor.2地点						
層番号	記号	層厚 Hi(m)	平均N値 Ni	土質	平均弾性波速度 Vsi(m/s)	Hi/Vsi
1	Bs	0.9	10	砂質土	172.35	0.005
2	As1	2.8	10	砂質土	172.35	0.016
3	Ac	1.4	2	粘性土	125.99	0.011
4	Ag	2.9	12	砂質土	183.15	0.016
5	As3	5.25	26	砂質土	237.00	0.022
6	Dc1	1.75	32	粘性土	317.48	0.006
合計		15			$\sum Hi/Vsi=$	0.076

$T_G = 4 \times \sum Hi/Vsi = 4 \times 0.076 = 0.30 \text{ (s)}$

上記の計算結果より、2 地点とも  $0.20 \leq T_G < 0.60$  となるため、地盤種別を「Ⅱ種」とした。

#### ④設計水平震度

設計水平震度は、図 5.5-5 より求めた。

地盤種別	レベル 1 地震動	レベル 2 地震動	
		タイプ I	タイプ II
I 種地盤	0.12	0.50	0.80
II 種地盤	0.15	0.45	0.70
III 種地盤	0.18	0.40	0.60

図 5.5-5 各地盤種別の設計水平深度

(出典) 社団法人日本道路協会(2017)：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、p. 164

#### ⑤地域別補正係数

地域別補正係数は図 5.5-6 より [A2] に該当する。

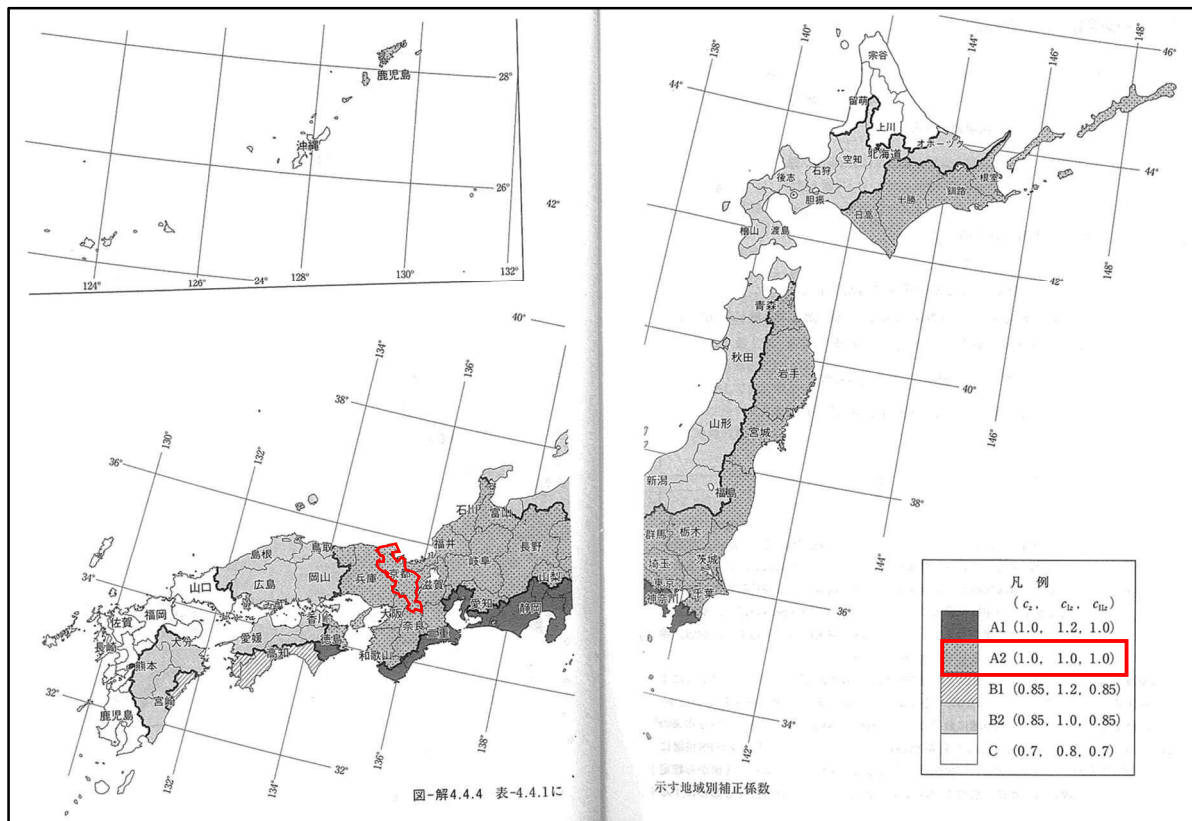


図 5.5-6 各地域の地域別補正係数

(出典) 社団法人日本道路協会(2017)：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、p. 64-65

## 2) 液状化の判定式

「道路橋示方書 V 耐震設計編(日本道路協会、2019 年)」では、液状化判定の判定方法は、 $F_L$  値法が記載されている。

(3) 液状化に対する抵抗率  $F_L$  をレベル 1 地震動及びレベル 2 地震動のそれぞれに対して式 (7.2.1) により算出し、この値が 1.0 以下の上層については橋に影響を与える液状化が生じると判定する。

$$F_L = R/L \quad \dots\dots\dots (7.2.1)$$

ここに、

$F_L$ : 液状化に対する抵抗率

$R$ : 動的せん断強度比で、(4)により算出する。

$L$ : 地震時せん断応力比で、(5)により算出する。

(4) 動的せん断強度比  $R$  は、レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動のそれぞれに対して式 (7.2.2) によることを標準とする。

$$R = c_W R_L \quad \dots\dots\dots (7.2.2)$$

(レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動 (タイプ I) の場合)

$$c_W = 1.0$$

(レベル 2 地震動 (タイプ II) の場合)

$$c_W = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (7.2.3)$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{(0.85N_a + 2.1)/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a/1.7 + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5}} & (14 \leq N_a) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (7.2.4)$$

$$N_a = \begin{cases} c_{FC}(N_1 + 2.47) - 2.47 & (D_{50} < 2\text{mm}) \\ \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 & (D_{50} \geq 2\text{mm}) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (7.2.5)$$

$$N_1 = 170N/(\sigma_{vb}' + 70) \quad \dots\dots\dots (7.2.6)$$

$$c_{FC} = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 20)/30 & (10\% \leq FC < 40\%) \\ (FC - 16)/12 & (40\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (7.2.7)$$

ここに、

$c_W$ : 地震動特性による補正係数

$R_L$ : 繰返し三軸強度比

$N$ : 標準貫入試験から得られる  $N$  値

$N_1$ : 有効上載圧  $100\text{kN/m}^2$  相当に換算した  $N$  値

$N_a$ : 粒度の影響を考慮した補正  $N$  値

$\sigma_{vb}'$ : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 ( $\text{kN/m}^2$ )

$c_{FC}$ : 細粒分含有率による  $N$  値の補正係数

$FC$ : 細粒分含有率 (%) (粒径  $75\mu\text{m}$  以下の土粒子の通過質量百分率)

$D_{50}$ :  $50\%$  粒径 ( $\text{mm}$ )

(5) 地震時せん断応力比  $L$  は、レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動のそれぞれに対して式 (7.2.8) によることを標準とする。

$$L = r_d k_{hgt} \sigma_v' / \sigma_{vb}' \quad \dots\dots\dots (7.2.8)$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x \quad \dots\dots\dots (7.2.9)$$

$$k_{hgt} = c_s k_{hgt0} \quad \dots\dots\dots (7.2.10)$$

ここに、

$r_d$ : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

$k_{hgt}$ : 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度 (四捨五入により小数点以下 2 桁とする)

$c_s$ : 地域別補正係数で、レベル 1 地震動に対しては 3.4 に規定するレベル 1 地震動の地域別補正係数  $c_s$  とする。レベル 2 地震動 (タイプ I) に対しては 3.4 に規定する  $c_{12}$ 、また、レベル 2 地震動 (タイプ II) に対しては 3.4 に規定する  $c_{R2}$  とする。

$k_{hgt0}$ : 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度の標準値で、表 7.2.1 の値とする。

$\sigma_v'$ : 地表面からの深さ  $x$  における全上載圧 ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma_{vb}'$ : 地表面からの深さ  $x$  における有効上載圧 ( $\text{kN/m}^2$ )

$x$ : 地表面からの深さ ( $\text{m}$ )

図 5.5-7 液状化の判定方式

(出典) 社団法人日本道路協会 (2017): 道路橋示方書 V 耐震設計編、p. 162-163

### 3) 液状化の判定結果

判定結果に使用する  $F_L$  値が、 $F_L$  値  $>1$  となれば、液状化発生の可能性はないものと判断し、1 以下となれば、液状化発生の危険性が高いと判断する。

判定の結果、レベル 1 地震動(構造物の耐用年数中に一度以上は受ける可能性が高い地震動)では、液状化が発生しないという結果となった。レベル 2 地震動(過去、将来にわたって構造物が受ける可能性のある最大規模の地震動)では、液状化が発生するという結果となった。

表 5. 5-4 R6-Bor. 1 での液状化判定結果

地点	判定 深度 m	地層	FL			判定 対象外理由			
			レベル 1	レベル 2 (タイプⅠ)	レベル 2 (タイプⅡ)				
R6-Bor.1	1.30	As1	判定対象外			地下水以浅			
	2.30								
	3.30	Ac							細粒分含有率 35% 以上かつ 塑性指数 15 以上
	4.30								
	5.30	Ag	1.898	0.633	0.708	—			
	6.30		1.475	0.492	0.489	—			
	7.30		1.475	0.492	0.499	—			
	8.30	As2	1.270	0.423	0.400	—			
	9.30		4.956	1.652	2.124	—			
	10.30		3.729	1.243	1.598	—			
	11.30		1.479	0.493	0.514	—			
	12.30		1.784	0.595	0.694	—			
	13.30	Dc1	判定対象外			細粒分含有率 35% 以上かつ 塑性指数 15 以上			
	14.30								
	15.30								
	16.20								
	16.34	Ds1							洪積層
	17.30								
	18.30	Dc2							細粒分含有率 35% 以上かつ 塑性指数 15 以上
	19.30								
	20.30								
	21.30								
	22.28	Ds3							GL-20m 以深
	22.43								
	23.26								
	24.25	Dc2							
	25.26								
	26.22	Ds4							
27.18									
28.13									

タイプ I : プレート境界型の大規模な地震

タイプ II : 兵庫県南部地震のような内陸直下型地震

表 5. 5-5 R6-Bor. 2 での液状化判定結果

地点	判定 深度 m	地層	FL			判定 対象外理由	
			レベル 1	レベル 2 (タイプ I)	レベル 2 (タイプ II)		
R6-Bor.2	1.30	As1	判定対象外			地下水以浅	
	2.30						
	3.33					細粒分含有率 35% 以上かつ 塑性指数 15 以上	
	4.33	Ac					
	5.30	Ag	1.124	0.375	0.306	—	
	6.30		1.574	0.525	0.528	—	
	7.30		1.343	0.448	0.421	—	
	8.30	As3	1.618	0.539	0.573	—	
	9.30		1.950	0.650	0.783	—	
	10.30		1.253	0.418	0.389	—	
	11.30		9.034	3.011	3.872	—	
	12.30		2.654	0.885	1.138	—	
	13.20		1.404	0.468	0.465	—	
	13.35	Dc1	判定対象外			細粒分含有率 35% 以上かつ 塑性指数 15 以上	
	14.30						
	15.26	Ds2				洪積層かつ N 値 50 以上 耐震設計上の 基盤面	
	16.27						
	17.20						
	17.34	Dc2				判定対象外	細粒分含有率 35% 以上かつ 塑性指数 15 以上
	18.27						
	19.28						
	20.27						
	21.30						GL-20m 以深
	22.28						
	23.26						
	24.24						

—以上—