

丸亀城 石垣耐震検討 【資料】 R5. 2. 13(月)

1. 検討条件

(1) 土質条件 1

(2) 天守荷重 17

(3) 物理探査結果 20

(4) 地震力 32

2. 石垣耐震診断結果

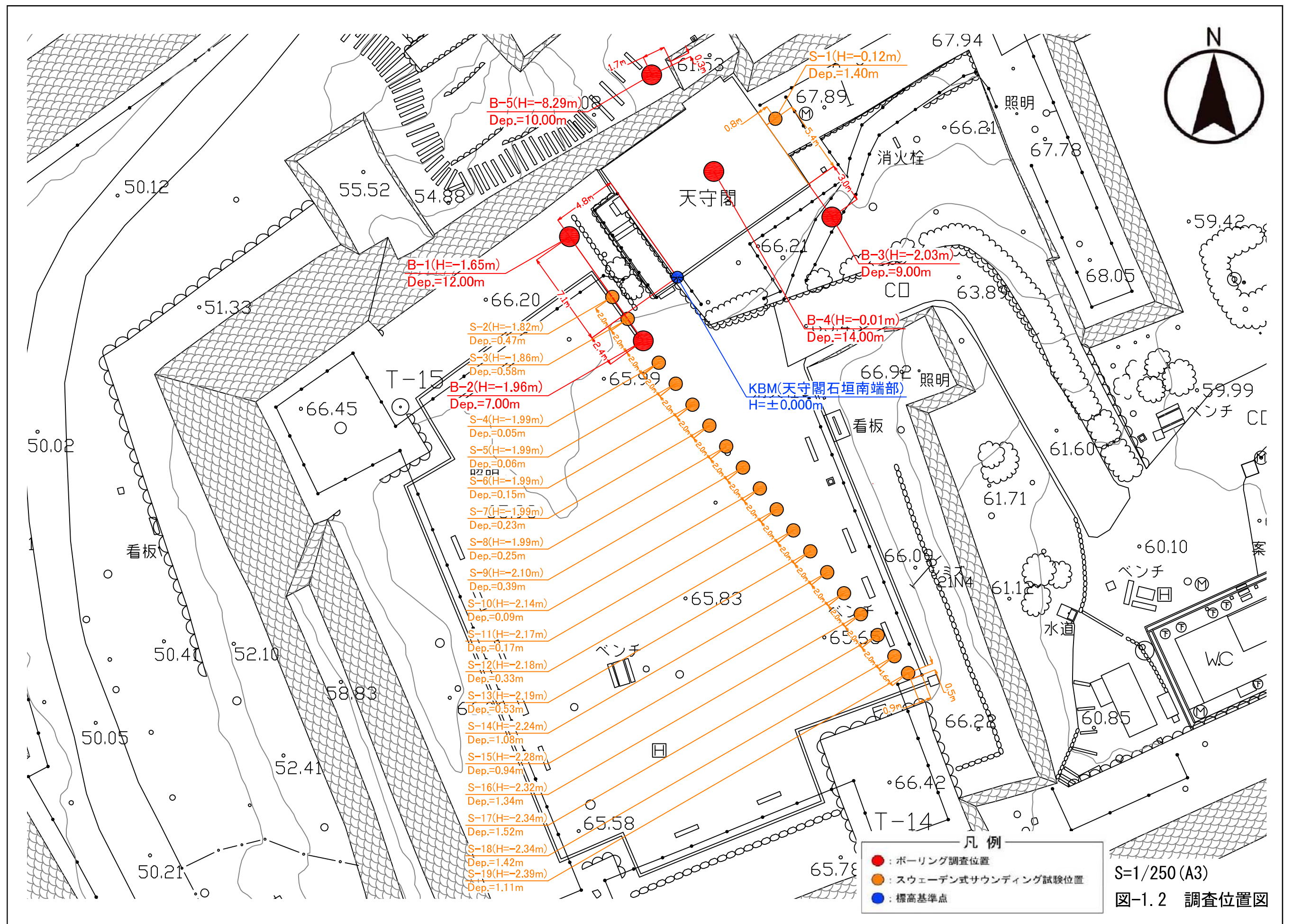
(1) はらみ出し検討 39

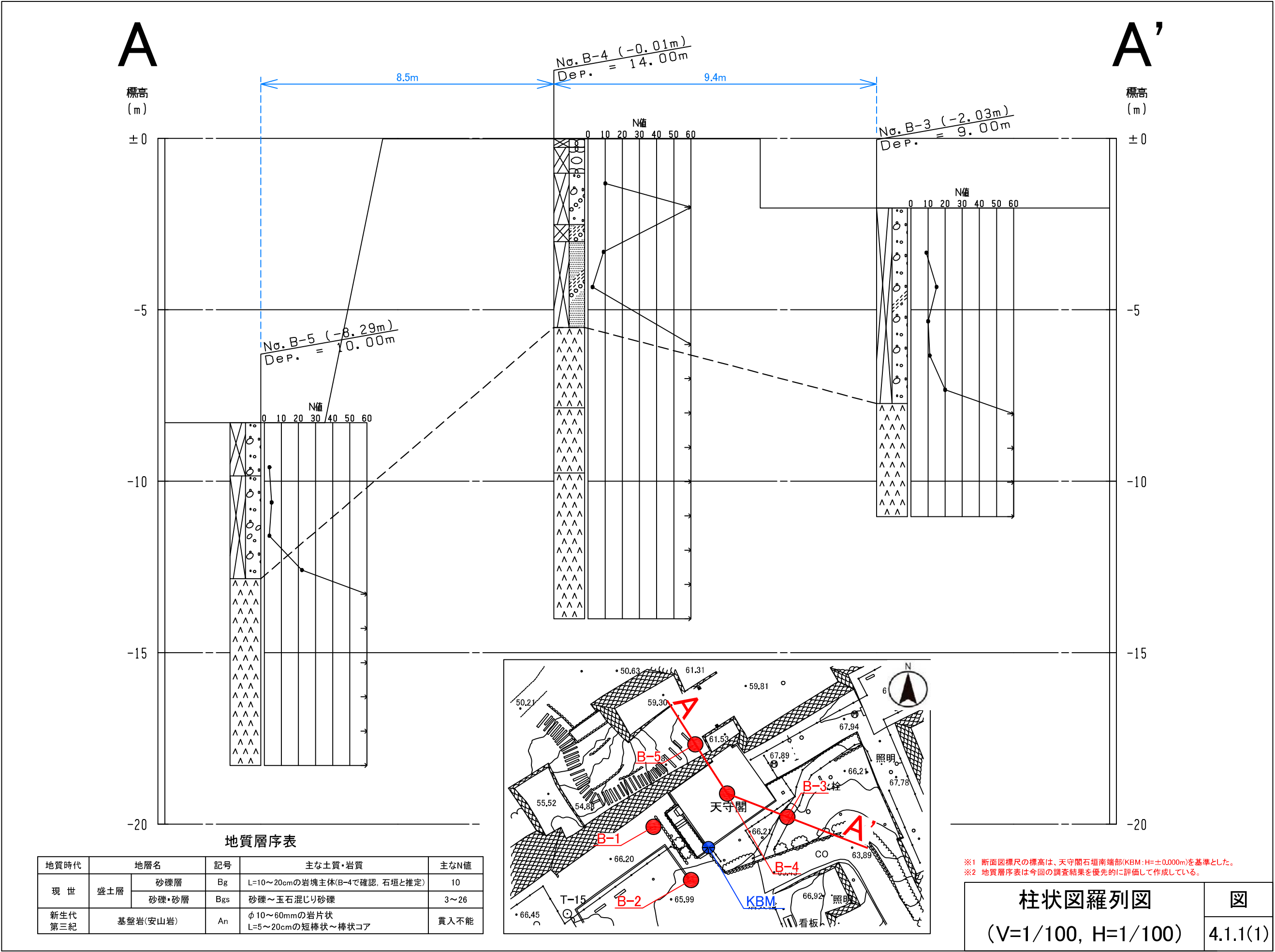
(2) 示力線法 42

(3) 円弧すべり法 55

1. 検討条件

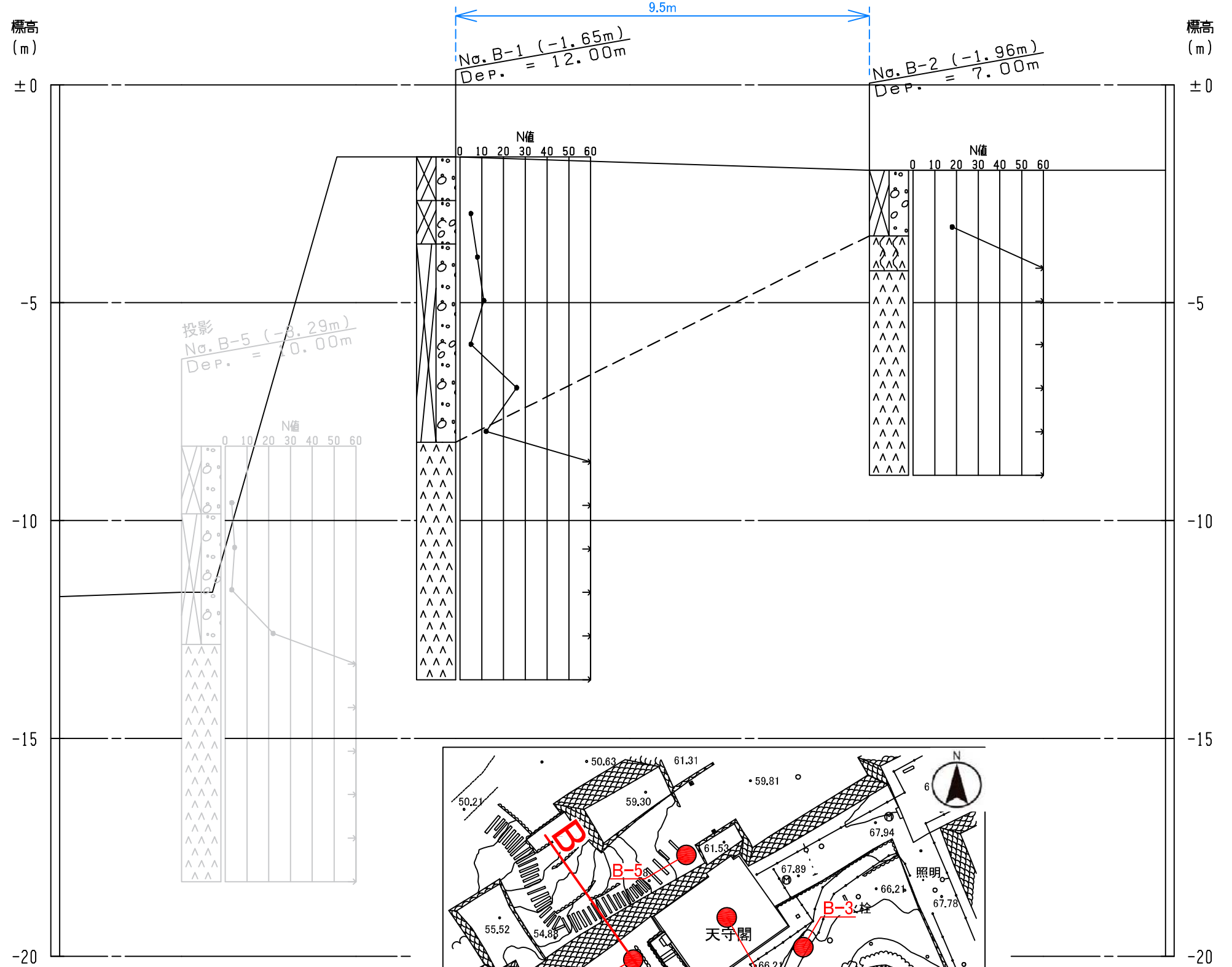
(1) 土質条件





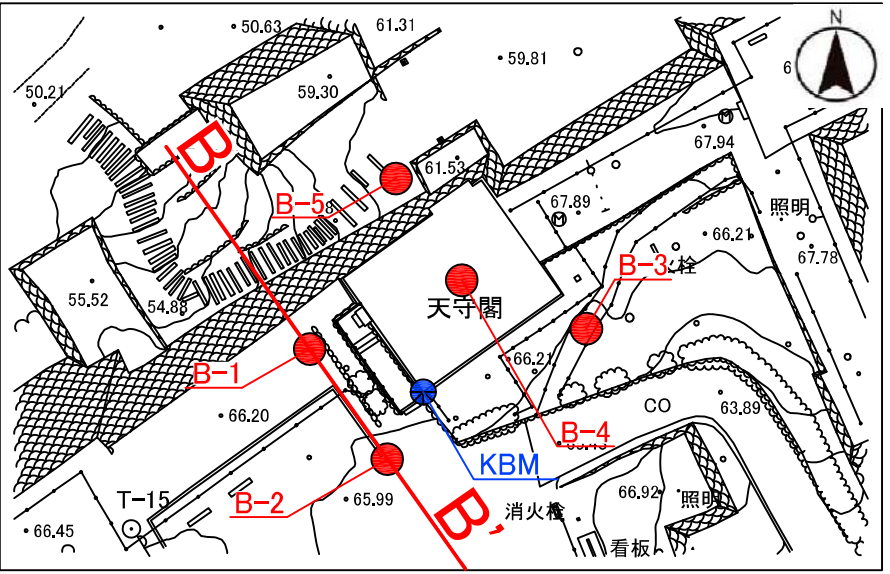
B

B'



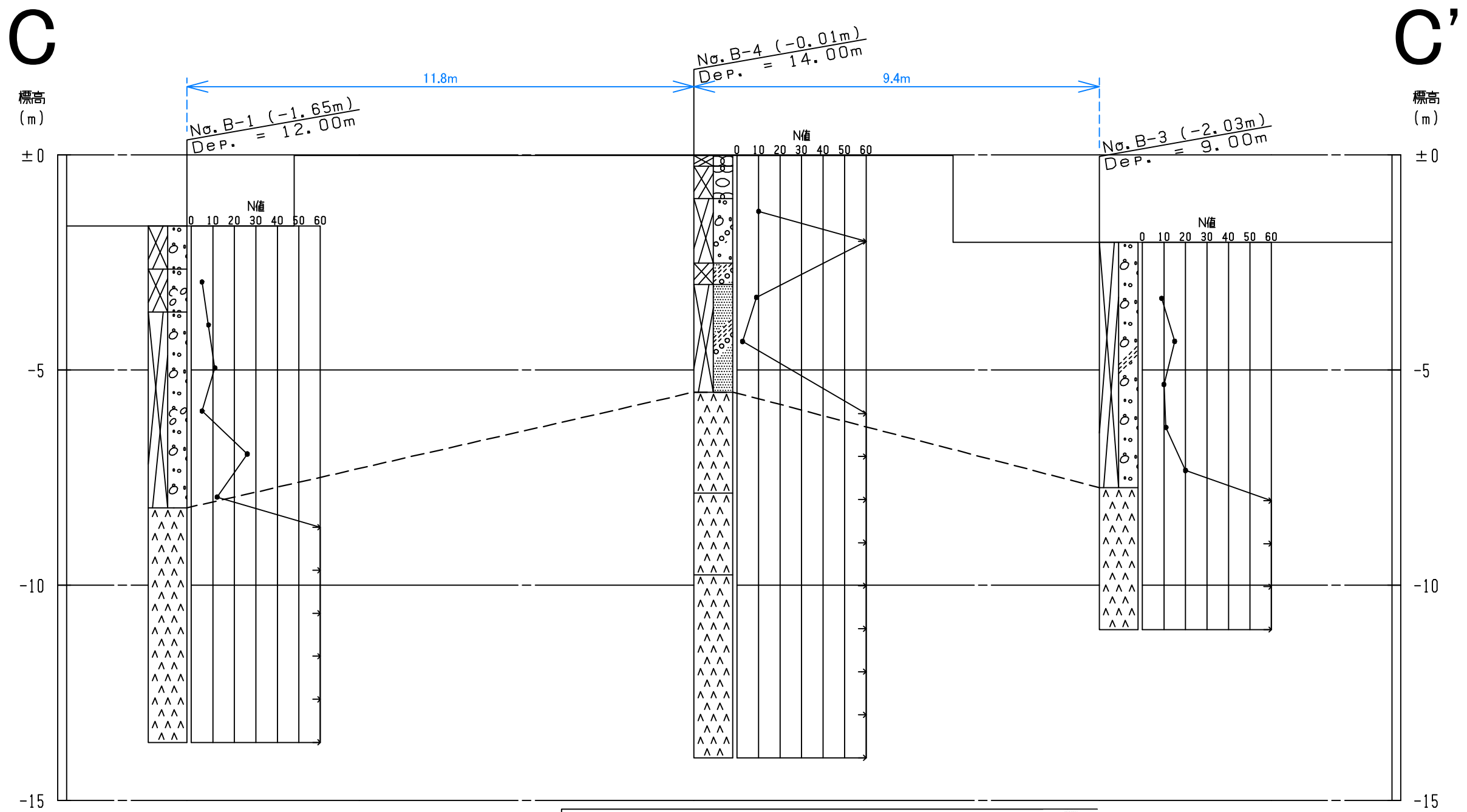
地質層序表

地質時代	地層名		記号	主な土質・岩質	主なN値
現 世	盛土層	砂礫層	Bg	L=10～20cmの岩塊主体(B-4で確認、石垣と推定)	10
		砂礫・砂層	Bgs	砂礫～玉石混じり砂礫	3～26
新生代 第三紀	基盤岩(安山岩)		An	φ10～60mmの岩片状 L=5～20cmの短棒状～棒状コア	貫入不能



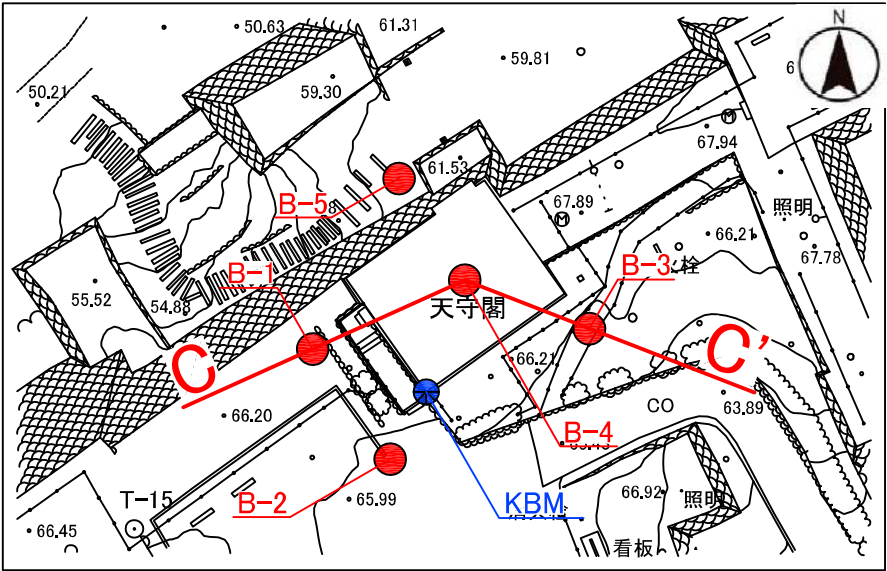
※1 断面図標尺の標高は、天守閣石垣南端部(KBM: H=±0.000m)を基準とした。
※2 地質層序表は今回の調査結果を優先的に評価して作成している。

柱状図羅列図 (V=1/100, H=1/100)	図 4.1.1(2)
------------------------------	---------------



地質層序表

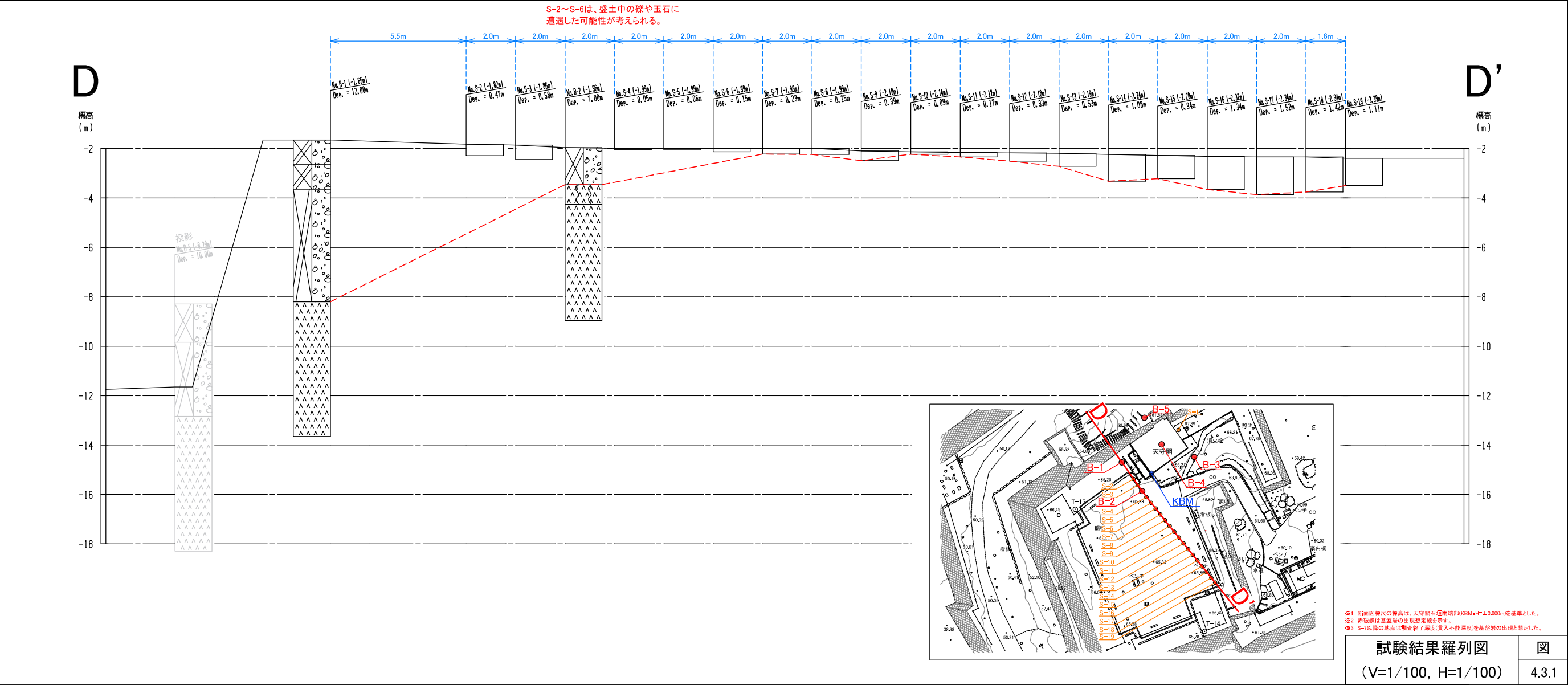
地質時代	地層名	記号	主な土質・岩質	主なN値
現 世	盛土層	砂礫層	Bg L=10~20cmの岩塊主体(B-4で確認、石垣と推定)	10
		砂礫・砂層	Bgs 砂礫～玉石混じり砂礫	3～26
新生代 第三紀	基盤岩(安山岩)	An	φ10~60mmの岩片状 L=5~20cmの短棒状～棒状コア	貫入不能



※1 断面図標尺の標高は、天守閣石垣南端部(KBM: H=±0.000m)を基準とした。
※2 地質層序表は今回の調査結果を優先的に評価して作成している。

柱状図羅列図
(V=1/100, H=1/100)

図
4.1.1(3)



4.4 室内土質試験

室内土質試験は、土の分類と粒度特性および力学特性を把握する目的で、ダブル
コアチューブにて試料を用いて行った。試験結果は、付図表-3「室内土質試験結果
図表」に示すとおりであり、主な試験結果を表-4.4.1 に示す。

表-4.4.1 室内土質試験結果一覧表

調査地点			B-1	B-5
地層名(記号)			砂礫・砂層(Bgs)	
採取深度（試料番号）			2.00～3.00m（B-1-1）	0.50～1.50m（B-5-1）
一般	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.679	2.649
	自然含水比 W_n (%)		18.5	24.0
	湿潤密度 ρ (g/cm ³)		1.987	1.860
粒度	礫 分 2～75mm (%)		0.0	30.5
	砂 分 75 μ m～2mm (%)		45.8	27.1
	シルト分 5～75 μ m (%)		30.8	20.2
	粘土分 5 μ m 未満 (%)		23.4	22.2
コンシステンシー特性	液性限界 W_L (%)		44.4	42.4
	塑性限界 W_P (%)		18.2	18.3
	塑性指数 I_P		26.2	24.1
	液性指数 I_L		0.0	0.2
分類	分類名		砂質粘土(低液性限界)	細粒分質砂質礫
	分類記号		CLS	GFS
せん断	試験条件		UU	UU
	全応力	C (kN/m ²)	25.6	25.9
		ϕ (°)	8.4	4.6

a) 物理試験

① 盛土，砂礫・砂層(Bgs)

粒度組成は礫分が 0～30%、砂分が 25～45%、シルト分が 20～30%、粘土分が
25%程度の構成を示す。日本統一土質分類では B-5-1 試料は「細粒分質砂質礫
(GFS)」に分類される。

自然含水比は 20～25%で、土粒子の密度は 2.65～2.68g/cm³ である。

土粒子の密度とは、土を構成する土粒子部分の単位体積当たりの平均質量であ
り、一般的には、土粒子を構成する主要な造岩鉱物のひとつである石英(ρ_s =2.60
～2.70g/cm³)に近い値を示すことが多い(表-4.4.2 参照)。

試験結果は、ほぼ石英と同等の値を示す。

表-4.4.2 主な鉱物と土粒子の密度の測定例

鉱物名	密度 ρ_s (g/cm ³)	土質名	密度 ρ_s (g/cm ³)
石英	2.6～2.7	豊浦砂	2.64
長石	2.5～2.8	沖積砂質土	2.6 ～2.8
雲母	2.7～3.2	沖積粘性土	2.50～2.75
角閃石	2.9～3.5	洪積砂質土	2.6 ～2.8
輝石	2.8～3.7	洪積粘性土	2.50～2.75
磁鉄鉱	5.1～5.2	泥炭（ビート）	1.4 ～2.3
クロライト	2.6～3.0	関東ローム	2.7 ～3.0
イライト	2.6～2.7	まさ土	2.6 ～2.8
カオリナイト	2.5～2.7	しらす	1.8 ～2.4
モンモリロナイト	2.0～2.4	黒ぼく	2.3 ～2.6

〔出典：土質試験の方法と解説―地盤工学会〕

液性限界・塑性限界によれば、液性限界 W_L が 45%程度、塑性限界 W_P が 20%
程度で、塑性指数(I_P : $I_P=W_L-W_P$)は 25 程度である。塑性図(図-4.4.1 右図)では、
A 線の上付近および B 線の左側にプロットされ、B-1-1 試料は「低液性限界の砂
質粘土(CLS)」に分類される。

また、土の安定度の目安となる液性指数(I_L : $I_L=(W_n-W_P)/I_P$: I_L は 0 に近い
ほど安定であることを示す)は 0.0～0.2 を示しており、比較的安定した土性を示
している。

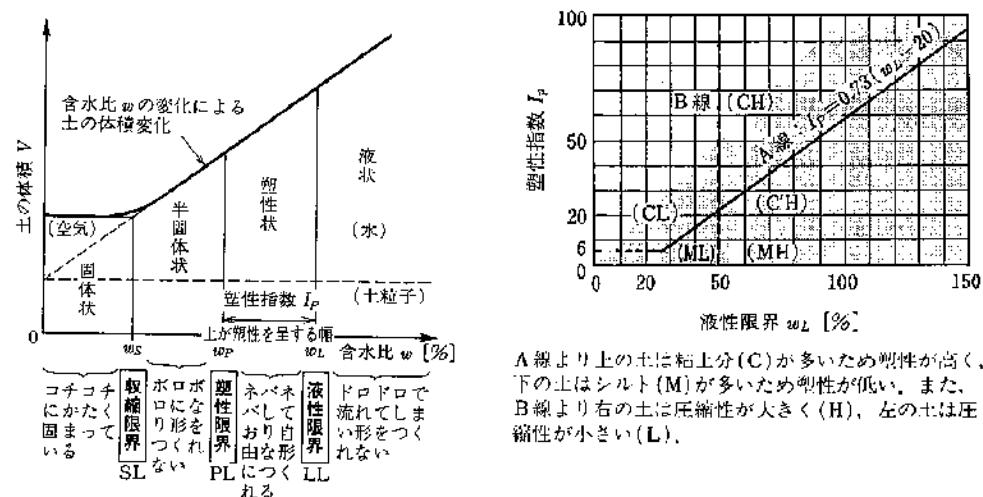


図-4.4.1 土の状態変化とコンシステンシー限界（左）と粘性土の分類のための塑性図（右）
〔出典：絵とき土質力学ーオーム社〕

b) 力学試験

① 盛土，砂礫・砂層(Bgs)

三軸試験(UU 試験：全応力)の結果によれば、粘着力 c は 25kN/m^2 程度、内部摩擦角 ϕ は $5\sim 8^\circ$ である。

5. 考察

5.1 地盤調査結果のまとめ

以下に、調査結果をまとめて列記する。

- 1) 調査地は香川県丸亀市の中心部、一番丁地内に位置しており、予讃線「丸亀駅」の南東約 900m の「丸亀城」の一面にあたる。
- 2) 天守閣付近の標高は 65m 前後である。
- 3) 調査地の地盤は上位より現世の盛土層、新生代第三紀の基盤岩(安山岩)より構成される。
- 4) 各層の土質・岩質、 N 値は次表のとおりである。なお、下表は今回の調査結果(B-1, B-2, B-5)を優先的に評価して作成した。

表-5.1.1 地質層序表

地質時代	地層名		記号	主な土質・岩質	主な N 値
現世	盛土層	砂礫層	Bg	L=10～20cm の岩塊主体 (B-4 で確認, 石垣と推定)	10
		砂礫・砂層	Bgs	砂礫～玉石混じり砂礫	3～26
新生代第三紀	基盤岩(安山岩)		An	$\phi 10\sim 60\text{mm}$ の岩片状 L=5～20cm の短棒状～棒状コア	貫入不能

- 5) 盛土，砂礫層(Bg)は前回調査の B-4 地点で確認しており、石垣と推定される。
- 6) 深度 1.50～6.55m 以浅は、盛土，砂礫・砂層(Bgs)が分布している。本層中には $\phi 10\sim 30\text{cm}$ の玉石や転石の混在が予想される。
- 7) 盛土層の下位(深度 1.60～6.55m 以深)には、基盤岩である安山岩が分布している。安山岩は表-4.1.2 の岩盤区分によると、 C_H 級主体(中硬岩状)で、一部で C_M 級(軟岩 I ～ II)に相当する。
- 8) 自由地下水は、調査深度以深の基盤岩の深い部分に帯水しているものと予想される。
- 9) 天守閣前の広場で実施したスウェーデン式サウンディング試験の結果、広場の北側から中央(S-4～S-11)は、表層付近から基盤岩が出現するものと想定され、北端(S-2～S-3)および南端(S-12～S-19)に向けて、徐々に基盤岩の出現深度が深くなる傾向を示している。
- 10) 三軸試験(UU 試験：全応力)の結果、盛土，砂礫・砂層(Bgs)の粘着力 c は 25kN/m^2 程度、内部摩擦角 ϕ は $5\sim 8^\circ$ である。

5.2 地盤定数の提案

本項では、調査結果を基に、以下の 5 項目について各土層の地盤定数を提案する。
なお、以下にまとめる地盤定数は、前回調査および今回調査で得られた結果から推定している。

- 1) 平均 N 値 (N)
- 2) 単位体積重量 (γ_d)
- 3) 粘着力 (c)
- 4) 内部摩擦角 (せん断抵抗角： ϕ)
- 5) 変形係数 (E)

各定数の算定方法は以下のとおりとする。

- 1) 平均 N 値 (N)

平均 N 値は、各土層の標準貫入試験結果の値を平均して求めた。なお、過大に評価された値は除外している。

- 2) 単位体積重量 (γ_d)

室内土質試験を実施した地層については、試験値とした。試験を実施していない土砂部については、「設計要領第一集(NEXCO)」に示す値(表-5.2.1 参照)を用いた。
岩盤部については、表-5.2.2 より推定した。

表-5.2.1 土質と地盤定数

種 類		状 態		湿潤 密度 (t/m ³)	せん断 抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m ²) [tf/m ²]	地盤工学会 基準
盛 土	礫および 礫まじり砂	締固めたもの		2.0	40	0[0]	{G}
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	2.0	35	0[0]	{S}
			分級されたもの	1.9	30	0[0]	
	砂質土	締固めたもの		1.9	25	30[3]以下	{S F}
	粘性土	締固めたもの		1.8	15	50[5]以下	{M} , {C}
	関東ローム	締固めたもの		1.4	20	10[1]以下	{V}
自 然 地 盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		2.0	40	0[0]	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		1.8	35	0[0]	
	礫まじり砂	密実なもの		2.1	40	0[0]	{G}
		密実でないもの		1.9	35	0[0]	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		2.0	35	0[0]	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		1.8	30	0[0]	
	砂質土	密実なもの		1.9	30	30[3]以下	{S F}
		密実でないもの		1.7	25	0[0]	
	粘性土	固いもの (指で強く押し多少へこむ)		1.8	25	50[5]以下	{M} , {C}
		やや軟らかいもの (指の中等度の力で貫入)		1.7	20	30[3]以下	
		軟らかいもの (指が容易に貫入)		1.6	15	15[1.5]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)		1.7	20	50[5]以下	{M} , {C}
		やや軟らかいもの (指の中等度の力で貫入)		1.6	15	30[3]以下	
		軟らかいもの (指が容易に貫入)		1.4	10	15[1.5]以下	
	関東ローム			1.4	5(ϕ 0)	30[3]以下	{V}

[出典]設計要領第一集(NEXCO)

表-5.2.2 未風化岩の物理特性・力学特性

岩種		比重	空隙率(%)	吸水率(%)	圧縮強度(MPa/m ²)	
					乾燥試料	潤潤試料
火成岩類						
流紋岩	2.6-2.7	1.0-7.0	0.1-0.6	-	-	-
安山岩	2.2-2.7	2.0-11.0	0.1-4.9	127-141	100-115	
玄武岩	2.3-2.8	0.1-6.9	0.1-0.9	-	-	-
花崗岩	2.6-2.7	0.1-2.8	0.2-1.6	139-241	128-240	
閃緑岩	2.7-2.9	0.1-1.0	0.1-0.1	199-290	-	-
かんらん岩	2.7-3.0	0.0-2.0	0.0-0.3	-	-	-
堆積岩類						
砂岩	1.9-2.6	0.6-12.0	0.7-13.8	107-266	103-266	
シルト岩	2.2-2.5	2.2-24.0	0.1-6.3			
頁岩	2.3-2.7	2.9-55.0	0.2-6.1	66-112		
礫層岩(火山性)	2.5-3.0	0.1-7.0		110-138		
礫層岩(石灰岩性)	2.3-2.5	1.0-35.0	-	-	-	-
ドロマイト	2.5-2.7	0.3-25.0	0.3-1.2	-	-	-
サンゴ	2.5-2.7	1.0-19.0	0.2-1.0	-	-	-
チャート	2.6-2.7	1.0-4.0	0.1-3.0	111-238	87-183	
石炭岩(硬質)	2.5-2.7	0.8-27.0	0.1-1.8	133-199	-	-
石炭岩(成質)	2.3-2.5	4.0-42.0	0.3-4.1	-	-	-
変成岩類						
片岩および粘板岩	2.6-2.8	0.1-10.0	0.1-0.8	103-189		
片麻岩	2.6-3.2	0.3-0.4	0.1-1.0	168-250	153-255	
輝岩	2.6-2.7	0.8-7.0	0.1-0.8	-	-	-
大理石	2.4-2.7	0.1-6.0	0.1-1.0	146-193		

[出典]小島圭二・中尾健児，1995，地質技術の基礎と実務(鹿島出版会)

3) 粘着力（ c ）

室内土質試験を実施した地層については、試験値とした。試験を実施していない地層については、平均 N 値を用いて下式から推定した。ただし、砂質土・礫質土については、安全側に $c=0\text{kN/m}^2$ とした。

$$c = qu \times 1/2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \phi = 0^\circ$$
$$qu = 12.5 N \cdots c = qu \times 1/2 = 12.5 N \times 1/2 = 6.25 N \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

岩盤部の粘着力は、岩盤区分より表-5.2.3 に示す関係例を基に推定した。

4) 内部摩擦角(せん断抵抗角： ϕ)

室内土質試験を実施した地層については、試験値とした。試験を実施していない地層については、平均 N 値を用いて下式(大崎の式)にて推定した。

$$\phi = \sqrt{20 \times N + 15} \quad (^\circ) \quad \text{ただし、} \phi \leq 40^\circ$$

岩盤部の内部摩擦角(せん断抵抗角)は、岩盤区分より表-5.2.3 に示す関係例を基に推定した。

5) 変形係数（ E ）

室内土質試験を実施した地層については、試験値とした。試験を実施していない地層については、平均 N 値を用いて図-5.2.1 に示す関係式($E=670N^{0.986}\text{kN/m}^2$)より推定した。岩盤部の変形係数は、岩盤区分より表-5.2.3 に示す関係例を基に推定した。

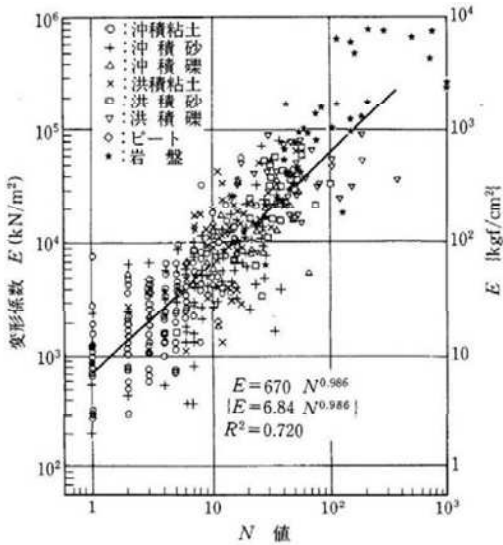


図-5.2.1 N 値と変形係数の関係(地盤調査の方法と解説)

以上の算定方法により算出した各土層の地盤定数をまとめたものを表-5.2.4 に示す。

表-5.2.4 各層の地盤定数推定値

地 層 名		記号	設計用 N 値	単位体積 重量 γ (kN/m^3)	粘着力 C (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 E (MN/m^2)
盛土層	砂礫層	Bg	10.0	19.6	0	29	6.5
	砂礫・砂層	Bgs	10.8	18.6～19.8※3	25.6～25.9※3	4.6～8.4※3	3.8※3
基盤岩(安山岩)※1		An	—※2	21.6～26.5	980～1960	38～45	490～1960

※1 安山岩は C_M 級として地盤常数を推定。

※2 N 値は貫入不能。

※3 室内土質試験結果の試験値。

盛土，砂礫層(Bg)および安山岩(An)の各地盤定数の提案理由は前回の報告書を参照されたい。

盛土，砂礫・砂層(Bgs)の各地盤定数は次のように求めた。

① 盛土，砂礫・砂層(Bgs)

N 値： $N=10.8$ (データ数 18)

γ ：室内土質試験結果より、 $1.86 \sim 1.98\text{g/cm}^3=18.6 \sim 19.8\text{kN/m}^3$

c ：室内土質試験結果より、 $c=25.6 \sim 25.9\text{kN/m}^2$

ϕ ：室内土質試験結果より、 $\phi=4.6 \sim 8.4^\circ$

E ：室内土質試験結果の平均値より、 $E=3.8\text{MN/m}^2$

以 上

表-5.2.3 塊状岩盤等級分級基準

塊状岩盤等級分級基準¹⁰⁾ (菊地宏吉ほか：ダム基礎岩盤の安定性に関する地質工学的総合評価について，第14回国際ダム会議提出論文，1982.)

[1kN/m²≒0.0102kgf/cm²]

岩盤等級	硬質岩	中硬質岩	軟質岩	岩盤の変形係数 (kgf/cm ²)	岩盤の静弾性係数 (kgf/cm ²)	岩盤のせん断強度	
	一応の目安としては新鮮な岩石のテストピースの一軸圧縮強度が800～1000 kgf/cm ² 以上のものである。岩石ハンマーによる打撃では一般に金属音を発する。	一応の目安としては新鮮な岩石のテストピースの乾燥一軸圧縮強度が200～300 kgf/cm ² ないし800～1000 kgf/cm ² の範囲にあるものである。岩石ハンマーによる打撃ではかなりしまった音を発生するが一般には金属音を発しない。この範囲にあるもののうち軟質側のもは岩石ハンマーの尖頭部による打撃で岩石の表面にわずかにくぼみを生ずる場合もある。	一応の目安としては新鮮な岩石のテストピースの乾燥一軸圧縮強度が200～300 kgf/cm ² 以下のものである。岩石ハンマーによる打撃ではにぶい弛緩した音を発し，時には破壊する場合もある。岩石ハンマーの尖頭部による打撃では岩石の表面に容易にくぼみが生ずる			粘着力 (kgf/cm ²)	内部摩擦角
A	岩質はきわめて新鮮で，火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子はまったく風化変質しておらず，また節理はほとんど分布していない。岩盤としてはきわめて堅牢，固密である。						
B	岩質は新鮮で，火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子はほとんど風化変質していない。また節理の分布はまばらであり，密着している。岩盤としては堅牢，固密である。	岩質は新鮮であり，構成粒子は二次的な風化変質をまったく受けていない。また節理などの割れ目はほとんど分布してない。岩盤としては堅固である。この場合，軟質岩に近いものについては，上記のような性状であっても，すでにこのクラスに属さずC _{II} 級に属するものがある。		50 000 以上	80 000 以上	40.0 以上	55° 以上
C	岩質はおおむね新鮮，堅硬であるが，火成岩では造岩鉱物中，長石類および雲母，角閃石などの有色鉱物がわずかに風化変質している場合もあり，また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類，および有色鉱物がわずかに風化変質している場合もある。節理はかなり分布しており，また節理面は風化変質を受けて変色汚染されている場合が多く，時には風化物質がうすく付着していることもあるが，一般にはおおむね密着している。岩盤としては堅固である。	岩質は新鮮であり，構成粒子は二次的な風化変質を受けていない。また節理の分布はまばらで密着している。岩盤としてはおおむね堅固である。ただし，この場合，硬質岩に近いものについてはこのような性状でもB級に属するものがある。	このクラスの対象となる岩石は，中硬質岩に近いもの（新鮮な岩石の乾燥一軸圧縮強度が150 kgf/cm ² 程度以上）である。岩質は新鮮で，構成粒子は風化変質をまったく受けておらず，また節理はほとんど分布していない。	50 000～20 000	80 000～40 000	40.0～20.0	55°～45°
	岩質は一般にやや風化変質している。このうち火成岩では石英を除き，長石類および有色鉱物は風化を受け，しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物が風化変質し，火成岩の場合と同様，しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。節理は開口し，しばしば粘土あるいは風化物質を挟在している。このクラスの岩石中には細かな毛髪状割目が多数に胚胎していることが多いので岩石ハンマーで強打すれば，この毛髪状割目を分離面として崩壊することがしばしばある。このほか岩質は新鮮であっても，開口節理の分布が著しく，クラッキーな状態を示すものもこのクラスに含まれている。	構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物がやや風化変質しているものが多い。風化程度としてはあまり進んでいないが，原岩が中硬質の岩石であるので，絶対的な硬さとしてはやや軟質な感じを受ける。節理はかなり分布しており，やや開口していることが多く，節理は風化変質を受けて変色汚染されており，しばしば粘土の薄層，風化物質を挟在している。このクラスの岩盤は毛髪状割目がある程度存在するので，岩石ハンマーによる打撃ではこの毛髪状割目を分離面として，しばしば崩壊する。	岩質は新鮮であり，構成粒子も二次的な風化変質を受けていない。また，節理はほとんど分布していないかあるいは分布していてもまばらであり，しかも密着している。岩盤としては風化をほとんど受けていないが，原岩が軟質な岩石であるので，絶対的な硬さとしては，軟質な感じを受ける。この場合，乾燥一軸圧縮強度が60～70 kgf/cm ² 程度以下のものではすでにこのクラスに属さずC _L 級に属する。	20 000～5 000	40 000～15 000	20.0～10.0	45°～38°
	火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく風化を受けているために，岩石全体としても一般に褐色あるいは赤褐色を呈する。節理は開口し粘土および風化物質の挟在が著しい。このクラスの岩石では細かな毛髪状割目の分布が著しく，さらにこの割目に沿って風化も進んでいるので，岩石ハンマーによる軽打によって容易に崩壊あるいは陥没する。このほか，岩質は新鮮であっても，開口節理の分布が著しく，石積状の産状を示すものもこのクラスに含まれる。	構成粒子は風化変質し，固結程度はかなり低くなっている。原岩が中硬質の岩石であるので，絶対的な硬さとしては，かなり軟質な感じを受ける。節理はかなり分布している。節理は開口し，また風化物質，粘土層を著しく挟在している。このクラスの岩盤では毛髪状割目に沿って，かなり風化がすすんでいるので，岩石ハンマーによる軽打撃によっても容易に崩壊する。	構成粒子はやや風化変質を受け，固結程度は著しく低下している。岩盤としての絶対的な硬さとしては，きわめて軟質な感じを受ける。岩石ハンマーの尖頭部で打撃すると，しばしば尖頭部は岩盤に突きささる。				
D	火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく風化を受け，しばしば砂状および粘土状を呈する部分が見られる。このクラスの岩盤では節理の分布はむしろ不明瞭である。	構成粒子は風化変質が著しくすすみ，固結程度は著しく低下し，しばしば砂状および粘土状を呈している。このクラスのものは割目の分布はむしろ不明瞭である。	構成粒子の固結程度はきわめて低くなり，大部分砂状あるいは粘土状を呈している。	5 000 以下	15 000 以下	10.0 以下	38° 以下
該当岩石	(1) 深成岩，半深成岩および火山岩などの火成岩類がこれに該当する。 (2) 中生代以前の砂岩，礫岩，チャート，石灰岩および輝緑凝灰岩などの堆積岩および火山砕屑岩がこれに該当する。ただし粘板岩，頁岩は原則的には除外する。 (3) 変成岩のうち，比較的塊状の片麻岩は，これに該当する。ただし結晶片岩類は除外する。 その他新第三紀の堆積岩および火山砕屑岩にもこれに該当するものもある。	新第三紀中新世以前の第三紀の堆積岩（泥岩，シルト岩，砂岩および礫岩）および火山砕屑岩（凝灰岩，凝灰角礫岩，火山角礫岩および溶結凝灰岩）の大部分がこれに該当する。 ただし，第四紀の溶結凝灰岩にはこれに該当するものもある。	新第三紀鮮新世以降の堆積岩（泥岩シルト岩，砂岩および礫岩）および火山砕屑岩（凝灰岩，凝灰角礫岩および火山角礫岩）の大部分がこれに該当する。 ただし第四紀の火山砕屑岩には，これに該当するものもある。				

〔出典：トンネルの地質調査と岩盤計測-土木学会〕

ボーリング柱状図

調 査 名 重要文化財丸亀城天守地盤調査（追加調査）

事業・工事名

[illegible]

ボーリング名	B-1	調査位置	香川県丸亀市一番町地内				北緯	
発注機関	公益財団法人文化財建造物保存技術協会		調査期間	2020年12月18日～2020年12月22日			東経	
調査業者名	株式会社 東京ソイルリサーチ 電話: 062-294-0101		主任技師	福田 裕之	現代理人	山本 浩樹 コ鑑定者 西澤 強志	ボーリング責任者	重富 正志
孔口標高	-1.65m	角		方		使用機種	試錐機 SPQ-14A ハッケン ハンマー落下用具 半自動落下装置	
総掘進長	12.00m	度		向	鉛	エンジン	Eu26i HONDA	ポンプ ASABA NS-2802

標尺	標準高	層厚	深度	柱状図	土質区分	色相対密度	相對稠度	記事	孔内水位(m)／測定月日	標準貫入試験				原位置試験		試料採取		室内試験 () 進月日	
										深 度 (m)	10cm毎の 打撃回数	打撃回数／ 貫入量 (cm)	N 値	深 度 (m)	試験名 および結果	深 度 (m)	試料 番号		
1	-2.45	1.00	1.00		盛土 砂礫土 盛土混じり 中砂	淡褐色 暗灰	緩い	φ5~60mmの角〜亜角礫主体。 マトリックスは細砂〜中砂。 粗粒分少量含有。		1.15	1	2	5	5					
2	-3.45	1.00	2.00		玉石混じり 砂礫	暗褐色 中ぐらい	φ5~40mmの角〜亜角礫主体。 L=5~10cmの玉石混入。	1.45		2	2	8	8						
3								2.49		4	2	5	30						
4								3.15		4	2	5	30						
5								3.49		4	2	5	30						
6								4.15		2	1	2	30						
7	-4.20	4.55	6.55		安山岩	暗青灰	母岩の組織を明確に留める。 L=10~20cmの棒状コア採取。 全径に亀裂あり。 深度6.55~7.50m CH級(中硬岩)。 深度7.50~7.90m CM級(軟岩Ⅱ)。 深度7.90~8.40m CM級(中硬岩Ⅱ)。 深度8.40~10.50m CM級(軟岩Ⅱ)。 深度10.50~12.00m CH級(中硬岩)；	4.45		2	1	2	30						
8							5.15	12	9	5	30								
9							5.45	7	3	2	30								
10							6.15	64, 65	60										
11							7.00	60											
12	-11.30	3.45	12.00				8.00	60											
							10.00	60											
							11.00	60											
							12.00	60											

コア写真(B-1 地点:深度 0.00~12.00m)

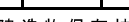
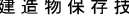


ボーリング柱状図

調 査 名 重要文化財丸亀城天守地盤調査

事業・工事名

[illegible]

ボーリング名	B-3	調査位置	香川県丸亀市一番町地内			北緯	
発注機関	公益財団法人文化財建造物保存技術協会		調査期間	2020年3月2日～2020年3月5日		東経	
調査業者名	株式会社東京ソイルサーチ 電話(082-294-0101)	主任技師	福田 裕之	代理人	山本 浩樹 コ 西澤 強志 定 安 春	ボーリング者	重富 正志
孔口標高	-2.03m	角			方		
総掘進長	9.00m	度			向		
			使用機種	試錐機	SPQ-14A ハッケン	ハンマー 落下用具	半自動落下装置
				エンジン	Eu16i HONDA	ポンプ	HPE1731 キョーリツ

標尺	標高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記事	孔内水位 (測定月日)	標準貫入試験					原位置試験		試料採取		室内試験 (掘進月日)	
											深度 (m)	10cm毎の打撃回数			打撃面数／貫入量 (cm)	N値	深度 (m)	試験名および結果	深度 (m)		採取方法
												0	10	20							
1					シルト質砂礫	淡褐色	緩い	中位	φ5~60mmの角礫主体。 マトリックスはシルト質砂。 深度2.5m付近に深、灌水流量多い。 深度2.8m付近に深、灌水激しい。 深度5.3~5.6m、乾石確認。		1.15			9							
2				1.45							2	3	4	30							
3				2.15							2	5	8	15					30		
4				2.45							5	2	3	10					30		
5	-7.75	5.70	6.70	3.15							5	2	3	10					30		
6				3.45							7	5	8	20	30	60	G	貫入不能(岩のため)			
7				4.15	3	4	4	11	30		60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
8				4.45							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
9	-11.61	3.30	9.00	5.15							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
				5.45							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
				6.00							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
				7.00							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
				8.00							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			
				9.00							60	G	60	G				貫入不能(岩のため)			

コア写真 (B-3 地点: 深度 0.00~9.00m)

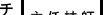


ボーリング柱状図

調 査 名 重要文化財丸亀城天守地盤調査

事業・工事名

[illegible]

ボーリング名	B-4		調査位置		香川県丸亀市一番町地内				北緯		
発注機関	公益財団法人文化財建造物保存技術協会				調査期間	2020年2月18日～2020年2月27日				東経	
調査業者名	株式会社東京ソイルサーチ 電話(082-294-0101)		主任技師	福田裕之		現地代表人	山本浩樹	コ定ア 鑑定書	西澤強志	ボーリング責任者	重富正志
孔口標高	-0.01m	角			地盤勾配			使用機種	試錐機 SP0-14A ハッケン	ハンマー落下用具	半自動落下装置
総掘進長	14.00m	度			地盤勾配			エンジン	Eu16i HONDA	ポンプ	HPE1731 キョーリツ

掘進 月日	室内試験 (一)	採取 番号	深 度 (m)	試験 名 および結果	原位置試験 深 度 (m)	標準貫入試験										孔内水位 (m)	測定月日	地質 区分	土質 状態	柱状 図	深 度 (m)	厚 度 (m)	層 厚 (m)	標 高 (m)	掘 進 尺 (m)
						深 度 (m)	10cm毎の 打撃回数	打撃回数/ 貫入量 (cm)	N 値																
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													
						0	10	20	30	40	50	60													

コア写真 (No. B-4 地点: 深度 0.00~14.00m)



ボーリング柱状図

調査名 重要文化財丸亀城天守地盤調査（追加調査）

事業・工事名

[illegible]

ボーリング名	B-5		調査位置		香川県丸亀市一番町地内				北緯		
発注機関	公益財団法人文化財建造物保存技術協会				調査期間	2020年12月23日～2020年12月27日				東経	
調査業者名	株式会社東京ソイルサーチ 電話(082-294-0101)		主任技師	福田裕之		現場代理人	山本浩樹	コ定ア考 鑑定査査	西澤強志	ボーリング責任者	重富正志
孔口標高	-8.29m	角			方			使用機種	試錐機 SP0-14A ハッケン	ハンマー落下用具	半自動落下装置
総掘進長	10.00m	度			向			エンジン	Eu26i HONDA	ポンプ	ASABA NS-2802

標尺	標高	層厚	深度	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記事	孔内水位(m) 測定月日	標準貫入試験					原位置試験		試料採取		掘進月日	室内試験()			
											深度 (m)	10cm毎の打撃回数			打撃回数／貫入量 (cm)	N 値	深度 (m)	試験名 および結果	深度 (m)			採取番号		
												0	10	20										
(m)	(m)	(m)	(m)	図								0	10	20	30	40	50	60						
1	-9.84	1.55	1.55		盛砂礫	暗褐色	非常に緩い		φ5~60mmの角~垂角礫主体。 マトリックスは砂質シルト。		1.15	1	1	3	3									
2					玉石混じり砂礫	暗灰色	非常に緩い		φ5~60mmの角~垂角礫主体。 マトリックスは砂質シルト。 L-5~10cmの玉石混入。		1.45	1	1	3	4.3									
3					盛土	暗灰色	非常に緩い		φ5~60mmの角~垂角礫主体。 マトリックスは砂質シルト。 L-5~10cmの玉石混入。		2.15	3	1	5	4.3									
4	-11.94	3.00	4.55		砂礫						2.50	3	1	5	4.3									
5									母岩の層線を明確に留める。 L-5~10cmの短棒状コア主体。 全体に亀裂あり。		3.15	1	1	3	22									
6					安山岩	暗灰色			母岩の層線を明確に留める。 L-5~10cmの短棒状コア主体。 全体に亀裂あり。		3.45	7	7	8	22									
7									母岩の層線を明確に留める。 L-5~10cmの短棒状コア主体。 全体に亀裂あり。		4.15	60	60	60	60									
8									母岩の層線を明確に留める。 L-5~10cmの短棒状コア主体。 全体に亀裂あり。		4.45	60	60	60	60									
9									母岩の層線を明確に留める。 L-5~10cmの短棒状コア主体。 全体に亀裂あり。		5.00	60	60	60	60									
10	-16.21	5.45	10.00						母岩の層線を明確に留める。 L-5~10cmの短棒状コア主体。 全体に亀裂あり。		5.00	60	60	60	60									

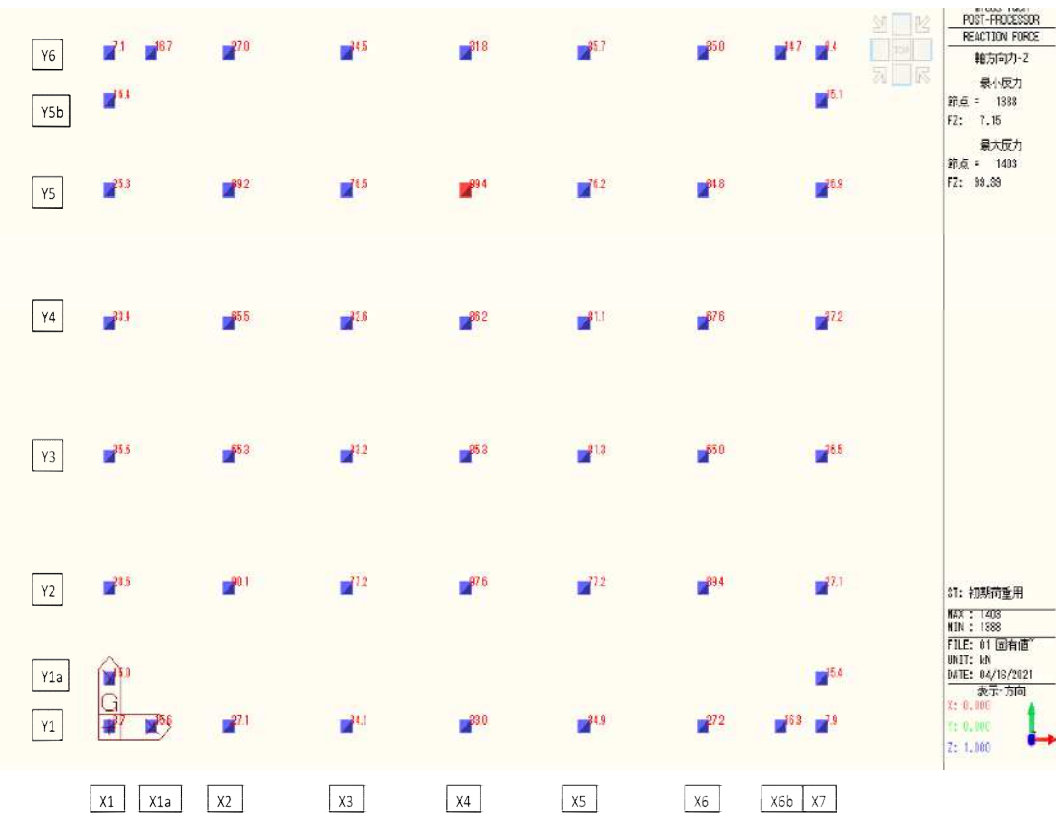
コア写真 (No. B-5 地点: 深度 0.00~10.00m)



1. 検討条件 (2) 天守荷重

●天守反力　：　常時

長期の反力図



長期の反力図

鉛直下向きを正とする。

長期の反力図										X端	11,526 m
										Y端	9,386 m
										kN	
										(kN)	Y平均 (X幅当り) (kN/m)
Y6	7.1	16.7	27.0	34.5	31.8	35.7	35.0	14.7	8.4	210.9	18.3
Y5b	16.4								15.1	31.5	2.7
Y5	25.3		89.2	76.5	99.4	76.2	84.8		26.9	478.3	41.5
Y4	23.4		65.5	82.6	86.2	81.1	67.6		37.2	443.6	38.5
Y3	35.6		65.3	83.2	85.3	81.3	65.0		36.5	452.2	39.2
Y2	28.6		90.1	77.2	97.6	77.2	89.4		27.1	487.2	42.3
Y1a	15.0								15.4	30.4	2.6
Y1	8.7	15.6	27.1	34.1	33.0	34.9	27.2	16.3	7.9	204.8	17.8
X1	X1a	X2	X3	X4	X5	X6	X6b	X7	合計 2338.9 kN		

●天守反力 ： 地震時（南北方向、北向き加振 最大反力抽出）



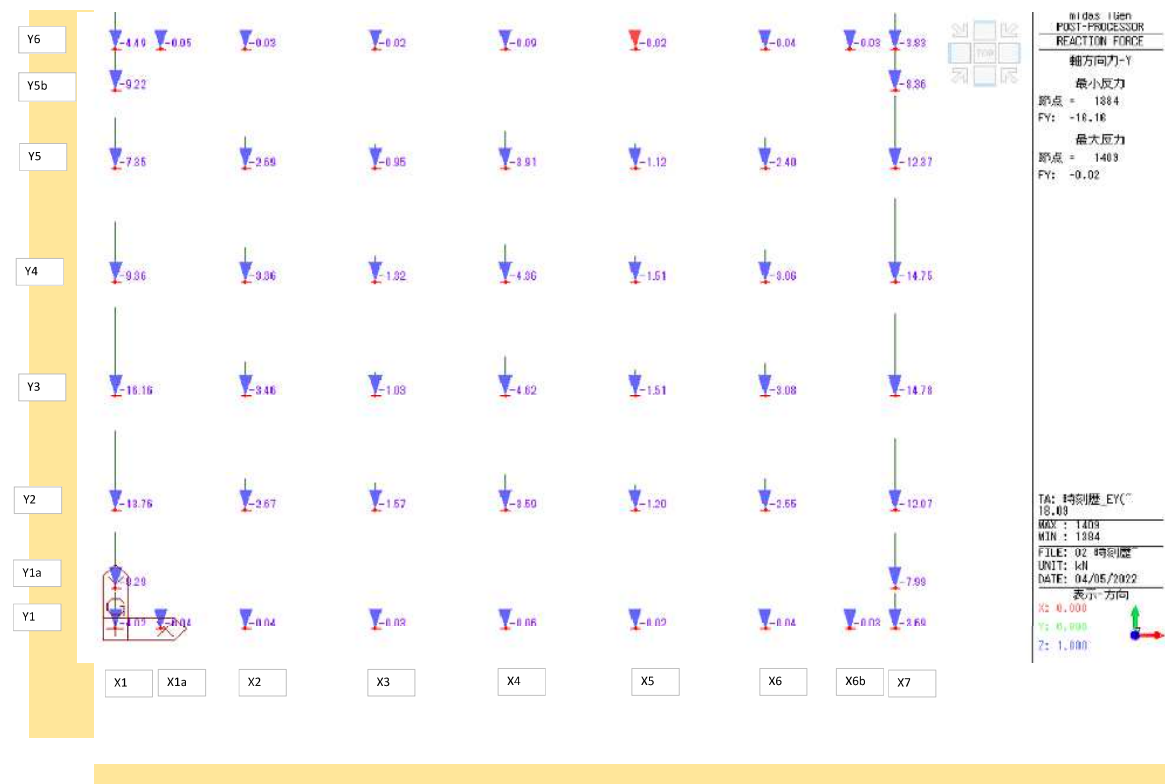
EY 八戸 長期+地震荷重

鉛直下向きを+とする。

	kN										Y合計	Y平均 (X幅当り)
											(kN)	(kN/m)
Y6	34.92	24.20	35.68	41.92	38.30	43.25	44.36	20.65	38.50		321.78	27.9
Y5b	21.52								20.98		42.50	3.7
Y5	9.68		130.16	77.78	106.37	79.08	124.72		25.01		552.80	48
Y4	47.41		66.58	88.06	86.22	87.87	75.38		40.33		491.85	42.7
Y3	36.57		65.31	77.68	85.26	74.59	58.43		33.36		431.20	37.4
Y2	27.55		49.41	76.53	89.51	75.56	49.54		28.14		396.24	34.4
Y1a											0.00	0
Y1			12.44	27.83	25.42	28.72	11.03				105.44	9.1
X1	X1a	X2	X3	X4	X5	X6	X6b	X7	合計 2341.81 kN			

Y方向：EY 八戸 長期+地震時

石垣側を+



Y方向：EY 八戸 長期+地震時

石垣側を+とする。

地震力 （鉛直反力含む）

	地震力 （鉛直反力含む）										Y合計	Y平均 (X幅当り)
											(kN)	(kN/m)
Y6	4.49	0.05	0.03	0.02	0.09	0.02	0.04	0.03	3.83		8.60	0.7
Y5b	9.22								8.36		17.58	1.5
Y5	7.35		2.69	0.95	3.91	1.12	2.40		12.37		30.79	2.7
Y4	9.36		3.36	1.32	4.36	1.51	3.06		14.75		37.72	3.3
Y3	16.16		3.46	1.03	4.62	1.51	3.08		14.78		44.64	3.9
Y2	13.76		2.67	1.57	3.59	1.20	2.55		12.07		37.41	3.2
Y1a	8.29								7.99		16.28	1.4
Y1	4.02	0.04	0.04	0.03	0.06	0.02	0.04	0.03	3.69		7.97	0.7
X1	X1a	X2	X3	X4	X5	X6	X6b	X7	合計 200.99 kN			