

広域ごみ処理施設整備に係る測量・地質調査業務

報 告 書

(地質調査編)

令和 4 年 1 月

東 紀 州 環 境 施 設 組 合

中 央 開 発 株 式 会 社

目 次

ページ

1. 業務概要	1-1
1.1 要項	1-1
1.2 数量	1-4
2. 調査方法	2-1
2.1 機械ボーリング	2-1
2.2 標準貫入試験	2-2
3. 地形・地質概要	3-1
3.1 地形概要	3-1
3.2 地質概要	3-3
4. 調査結果	4-1
4.1 地盤状況	4-1
4.2 標準貫入試験結果	4-9
5. 調査総合解析	5-1
5.1 地盤定数の設定	5-1
5.2 設計・施工上の留意点	5-9

1. 業務概要

1.1 要項

- (1) 発注者：東紀州環境施設組合
- (2) 業務名：広域ごみ処理施設整備に係る測量・地質調査業務
- (3) 目的：ごみ処理施設建設予定地である三重県尾鷲市矢浜地内周辺の測量及び地質調査
- (4) 場所：三重県尾鷲市地内

(図 1.1 調査位置案内図，図 1.2 調査位置図参照)

- (5) 期間：令和 3 年 7 月 29 日～令和 4 年 1 月 21 日

- (6) 内容：地質調査

機械ボーリング 4 箇所 計 45m

サウンディング及び原位置試験 計 44 回

(標準貫入試験)

解析等調査 1 式

※詳細は表 1.1 参照

- (7) 受注者：中央開発株式会社 三重営業所

住所：三重県津市栄町 4-216-1

電話：059-225-1496

(実施事務所) 中央開発株式会社 中部支店

住所：愛知県名古屋市中村区牛田通 2-16

電話：052-481-6261

主任技術者：遠藤 彰博 技術士（総合監理・建設部門）

現場代理人：林田 利夫 地質調査技士

担当技術者：世良 賢司 地質調査技士

担当技術者：畑中 麻緒



国土地理院「地理院地図（電子国土Web）」に加筆

図 1.1 調査位置案内図

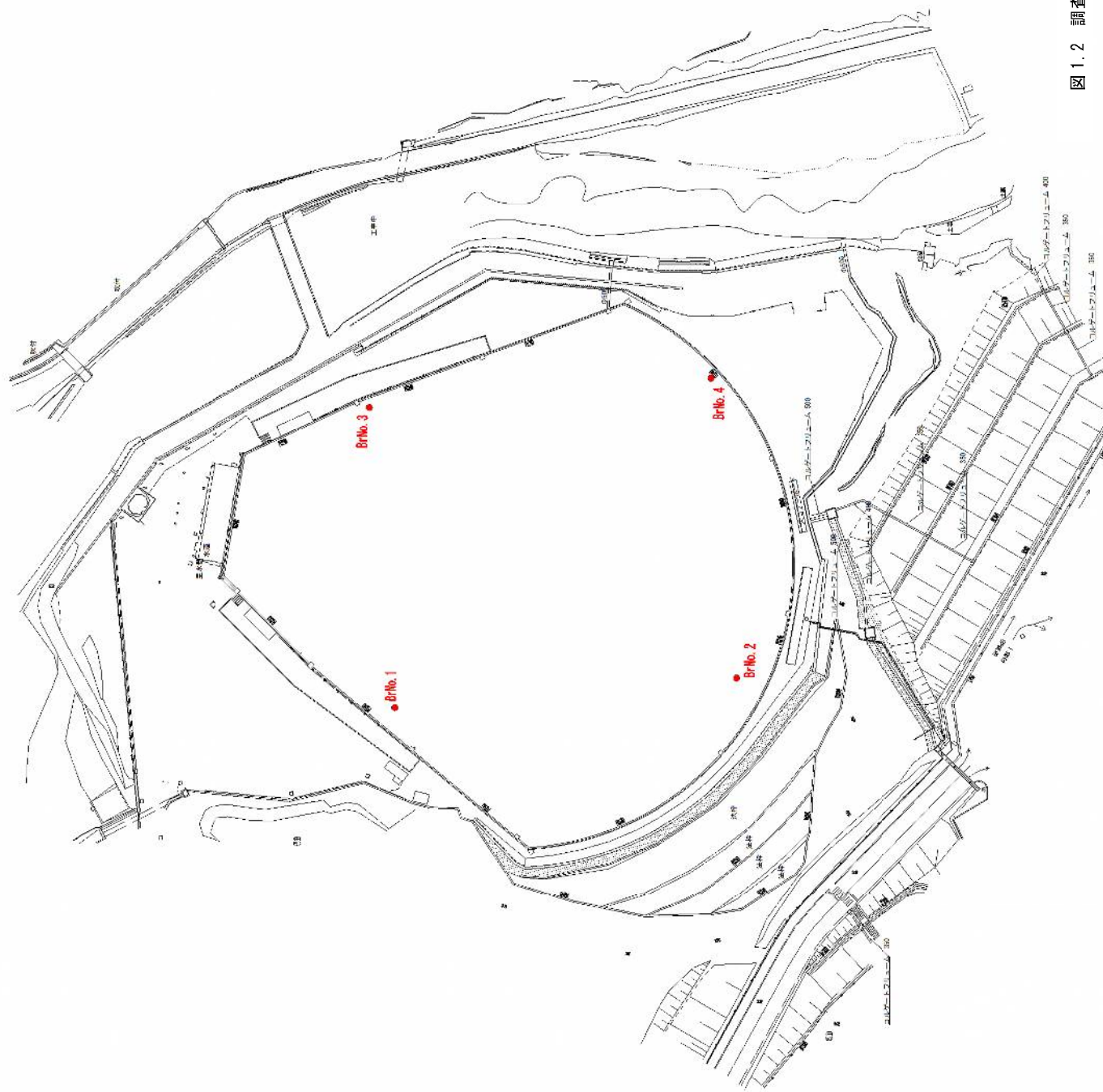


図 1.2 調査位置図 (S=1/1,000)

1.2 数量

本業務における調査実施数量を表 1.1 に示す。

表 1.1 調査実施数量（地質調査）

作業項目			単位	実施数量				
				No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	合計
機械 ボーリング	土質ボーリングエ	φ66ノンコア 粘土・シルト	m	1.6	0	0	0	1.6
	土質ボーリングエ	φ66ノンコア 礫混じり土砂	m	2.8	0.5	4.7	0	8.0
	土質ボーリングエ	φ66ノンコア 玉石混じり土砂	m	5.4	0	3.05	4.1	12.6
	岩盤ボーリングエ	φ66 軟岩	m	4.4	7.5	5.25	4.9	22.1
	岩盤ボーリングエ	φ66 中硬岩	m	0.8	0	0	0	0.8
	合計		m	15.0	8.0	13.0	9.0	45.0
サウンディング 及び原位置試験	標準貫入試験	粘土・シルト	回	2	0	0	0	2
		礫混じり土砂	回	2	0	4	0	6
		玉石混じり土砂	回	5	0	3	3	11
		軟岩	回	5	8	6	6	25
	合計		回	14	8	13	9	44

2. 調査方法

2.1 機械ボーリング

ボーリングは、地盤性状を明らかにすることを目的として実施した。ボーリング地点の決定に当たっては監督員の確認のうえ決定した。

ボーリングの方法は、「地盤調査の方法と解説，第4編ロータリー式ボーリング(地盤工学会)」に準拠し，ロータリー式試錐機を用いて行った。なお，ボーリングの孔径は $\phi 66\text{mm}$ ，標準貫入試験併用のオールコアボーリングとした。掘削に際しては，コアチューブ，ビット，送水の種類を地質条件により適宜選択した。また，孔壁の保護についてはケーシングパイプの挿入により抑留事故を未然に防ぐように心がけた。掘削中は湧水・逸水や地質・土質の境界・性状などの変化に十分留意して実施した。ボーリング完了後の調査孔の閉塞は砂および現地発生土を用いた。

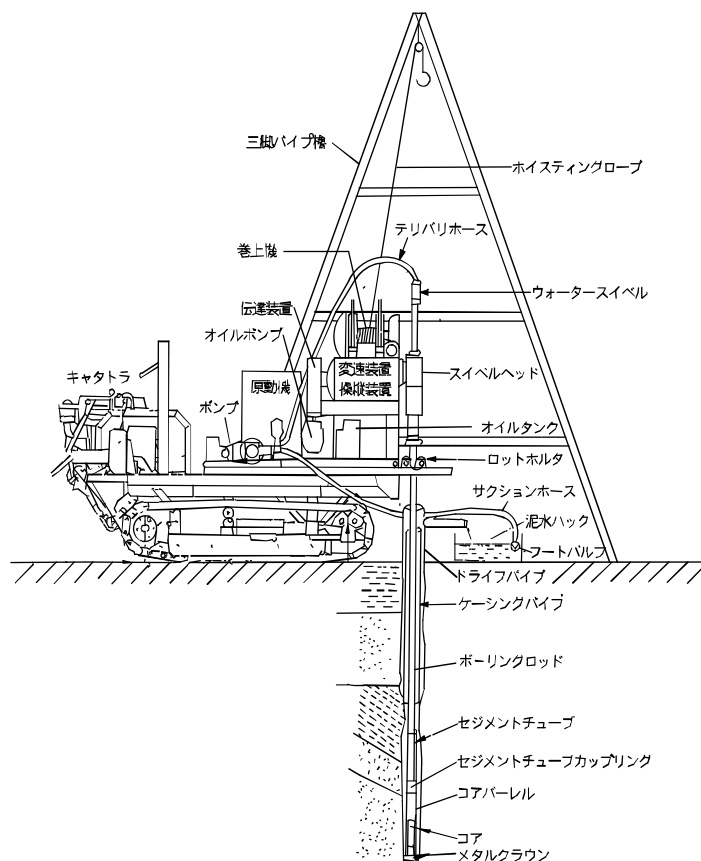


図 2.1.1 ボーリング概要図（平地足場）

2.2 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における土の硬軟または締まり具合を判定するための N 値を求めるとともに、土層の構成を判定するための乱した試料を採取することを目的として実施した。

試験方法は「JIS A 1219-2013」に基づき、原則として深さ 1.0m 毎に実施した。

試験は、図 2.2.1 に示すように全長 810mm、外径 51mm の標準貫入試験用サンプラーを所定の孔底に降ろし、質量 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ の鋼製ハンマー（モンケン）を $76 \pm 1\text{cm}$ の高さから自由落下させ、先端のサンプラーを地中に打ち込むものである。打ち込む深さは、予備打ち 15cm、本打ち 30cm の計 45cm で、 N 値とは本打ち 30cm を打ち込むのに要する打撃回数である。

試験終了後、地表にサンプラーを引き上げ分解し、採取試料の観察を行い、採取試料は透明な容器に密封し土質標本とした。

試験結果は、測定した N 値と採取試料の観察結果をボーリング結果と合わせてボーリング柱状図に整理した。

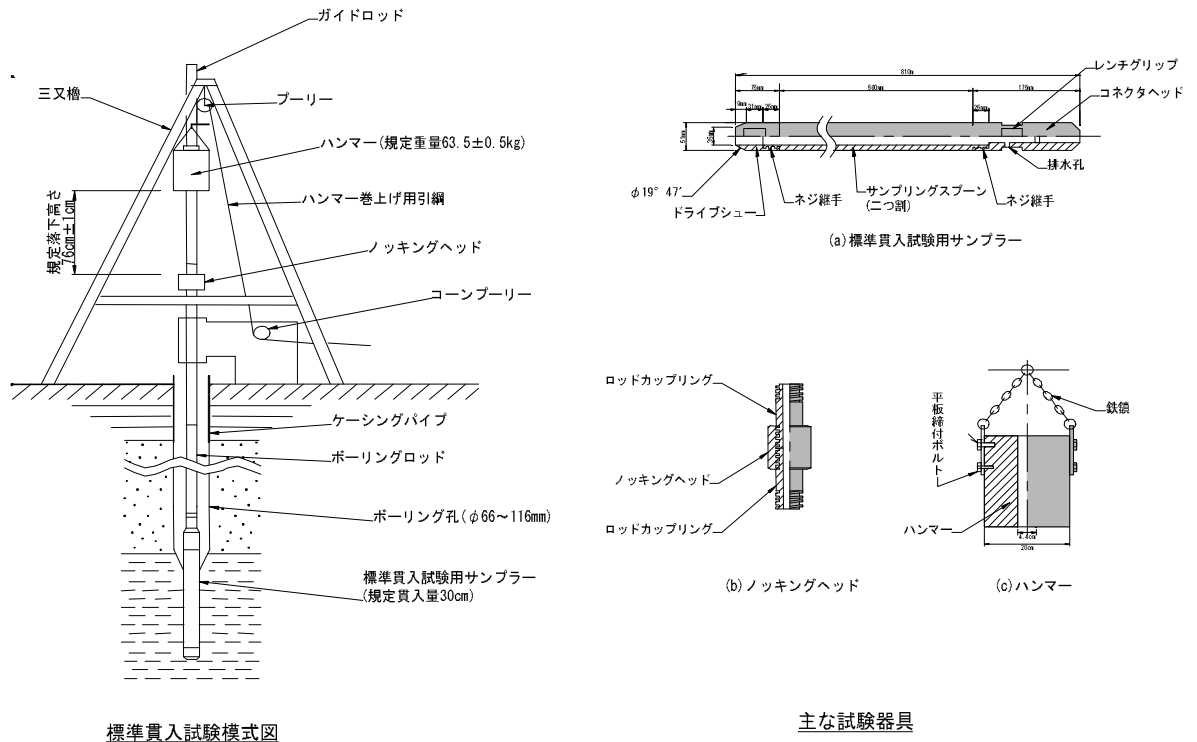


図 2.2.1 標準貫入試験の概略図

3. 地形・地質概要

3.1 地形概要

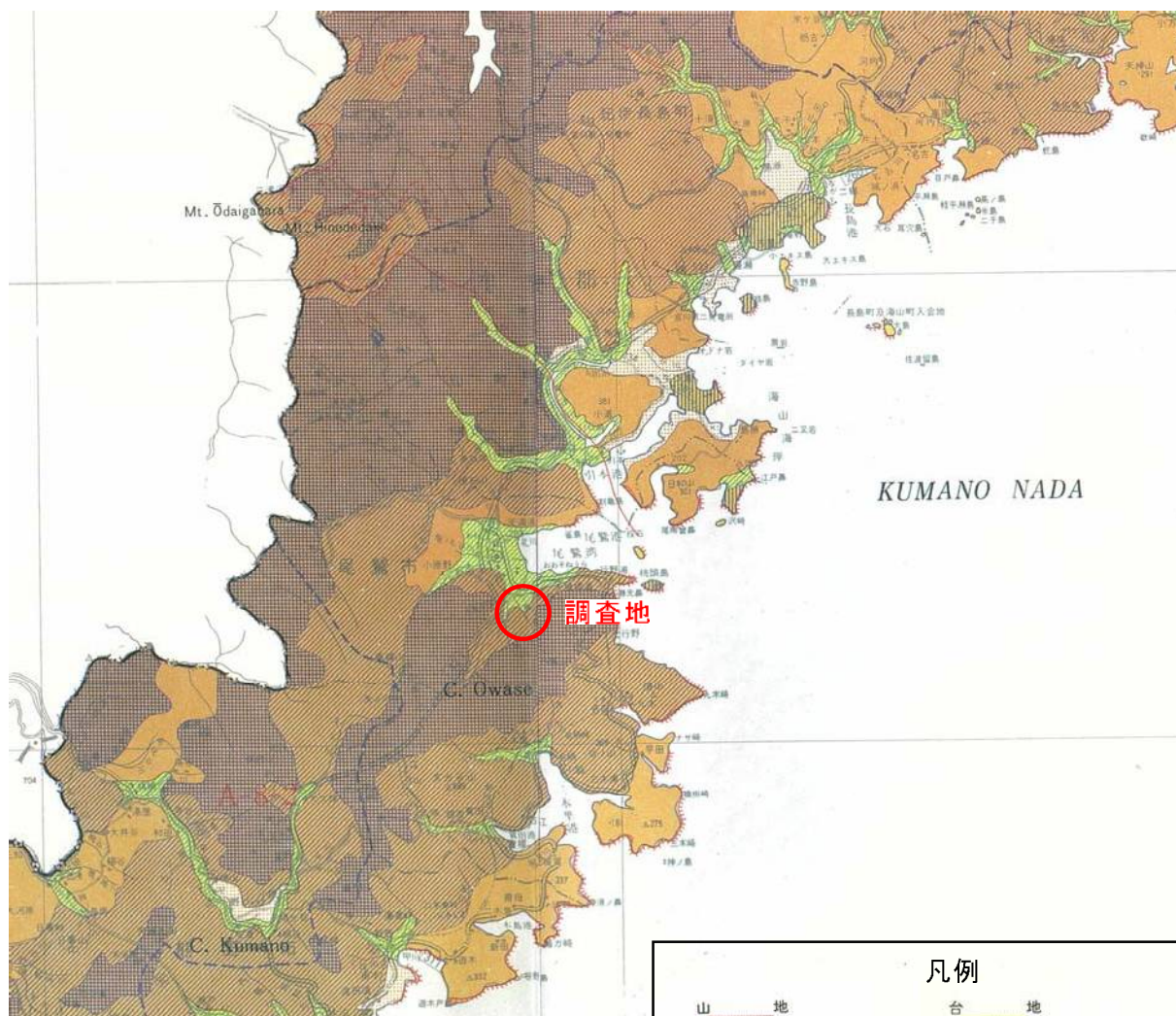
本調査地は、三重県尾鷲市矢浜真砂地内にある尾鷲市市営野球場を中心とした地域である。

調査地は、尾鷲市街の南端であり、その背後には紀伊山地が広がっている。尾鷲市街は尾鷲湾に面し、市街地中心部の中川や、調査地周辺の矢ノ川によって形成された低地部に位置している。

調査地は、図 3.1.1 の調査地周辺の地形分類図に示すように、紀伊山地のうちの熊野山地に分類され、その低地部から山地部への地形が変化する中間地点であり、標高は 24m 程度である。調査地である野球場の東側を流れる真砂川は、山地内を南から北へと深く開拓しており、その河床は急こう配である。そのため、土石流性の巨礫が河床を中心とした周辺に堆積している。

熊野山地をはじめとした紀伊山地は、激しい隆起と多雨地域特有の強い浸食作用によって形成された急峻で起伏が激しいのが特徴である。また、中央部が隆起する一方で海岸部が沈降したため、平野の発達が悪く、溺れ谷と半島が交互し海岸線が入り組んだリアス式海岸を形成している。

調査地は、図 3.1.1 の調査地周辺の地形分類図に示すように尾鷲市街の南端部に位置している。



三重県内の地形地域区分

A 山地	地	
	左	右
A-1	養老山地	A-2-1 鈴鹿山地
A-2	鈴鹿山地	A-2-2 布引山地
A-3	一志山地	A-4-1 高見山地
A-4	高見・多気山地	A-4-2 多気山地
A-5	伊勢志摩山地	A-5-1 度会山地
A-6	笠置山地	A-5-2 朝熊山地
A-7	室生山地	A-6-1 高旗山地
A-8	紀伊山地	A-6-2 名張山地
		A-8-1 台高山地
		A-8-2 熊野山地

凡例

山地	台地
大起伏山地	砂礫台地(上位)
中起伏山地	砂礫台地(下位)
小起伏山地	低地
山麓地	扇状地性低地
丘陵地	三角洲性低地
大起伏丘陵地	自然堤防・砂州
小起伏丘陵地	埋立地

図 3.1.1 調査地周辺の地形分類図

「土地分類図（三重県）」，国土庁土地局より引用・加筆

3.2 地質概要

調査地を含む三重県全域の地質分布図を図 3.2.1 に示した。

三重県は、紀伊半島東縁に位置するが、この半島を東西に横断する中央構造線が位置するため、県北と県南とで大きく異なる地質構造を示す。図 3.2.1 の地質分布図に示すとおり、中央構造線により南側の外帯と北側の内帯に分けられる。

調査地が位置する外帯は、北側から主に結晶片岩からなる三波川帯、頁岩・砂岩・チャート・緑色岩等からなる秩父帯、砂岩や頁岩からなる四万十帯と呼ばれる地質帯が東西に帯状に分布する。

調査地は、地質構造区分としては、西南日本外帯の四万十帯に相当する。

図 3.2.2 には調査地周辺の地質図を示す。

調査地は、図 3.2.2 に示すように、第四期（現生～沖積・洪積層）～紀伊半島南東部に広く分布する熊野酸性岩類の境界部に位置する。熊野酸性岩類は、新第三紀の中新世中期に生成した火成岩体であり、調査地はこのうちの北岩体にあたり、地質としては花崗斑岩が主体となる。

熊野酸性岩は、今から 1,400 万年～1,600 万年前のマグマ活動により、マグマ溜りがゆっくりと冷却されて形成されたと考えられる半深成岩であり、荒牧・羽田(1965)によれば、時代・岩相を異にする 3 つのユニットに区分されている。岩質別に示せば、初期に陸上で噴出した流紋岩、それに続く凝灰岩、そして最後に貫入・固結した花崗斑岩に区分される。熊野酸性岩の分布図を図 3.2.3 に示す。

花崗斑岩は、新鮮な岩体をみると、岩盤の特徴が深成岩の代表である花崗岩類の状況に近似する。このため、花崗岩類などの特徴としてみられる風化や節理の発達様式がほぼ同様である。

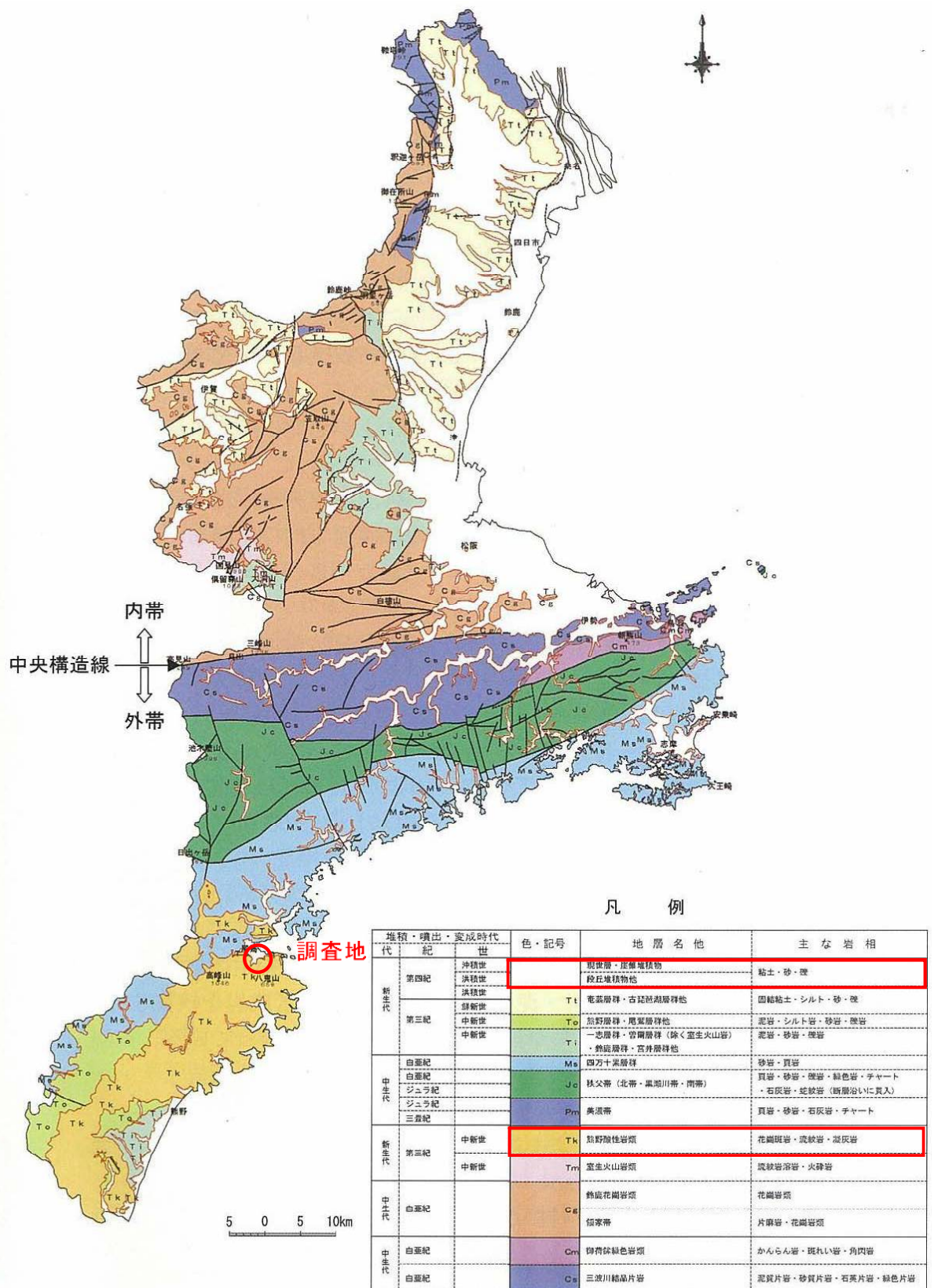


図 3.2.1 三重県全域の地質分布図

「三重の地質と斜面リスクマネジメント」 (財)三重県建設技術センター(2005)より引用・加筆

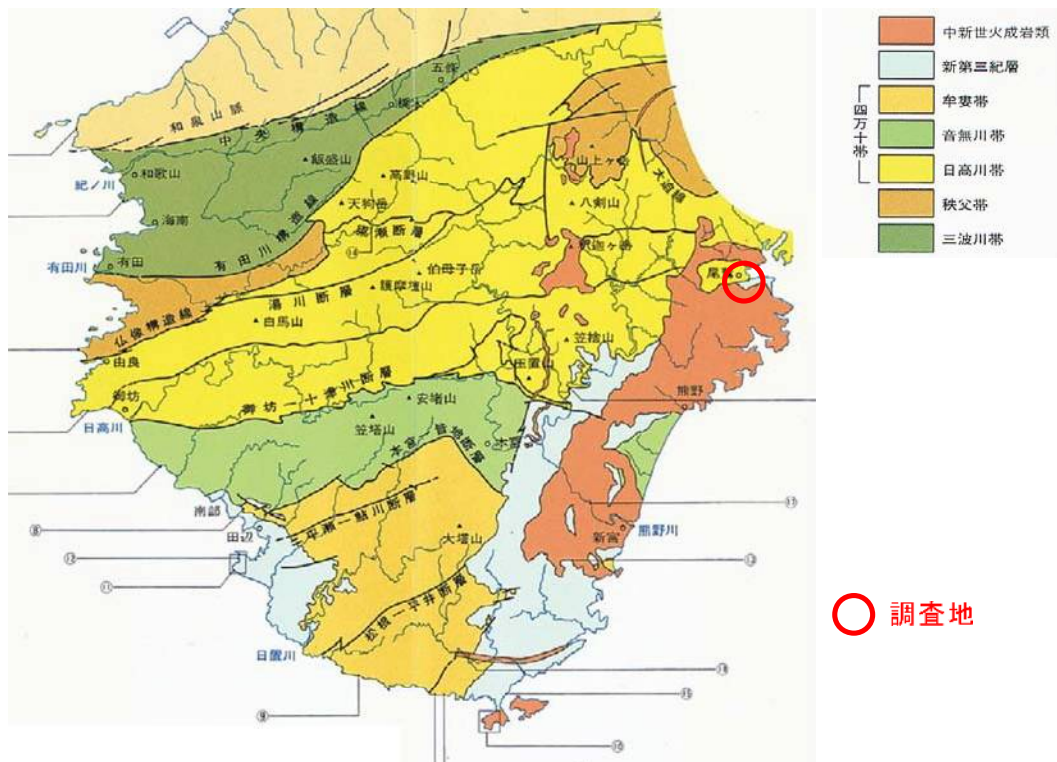


図 3. 2. 2 紀伊半島の地質 (URBAN KUBOTA No. 38 インターネット版一部加筆)

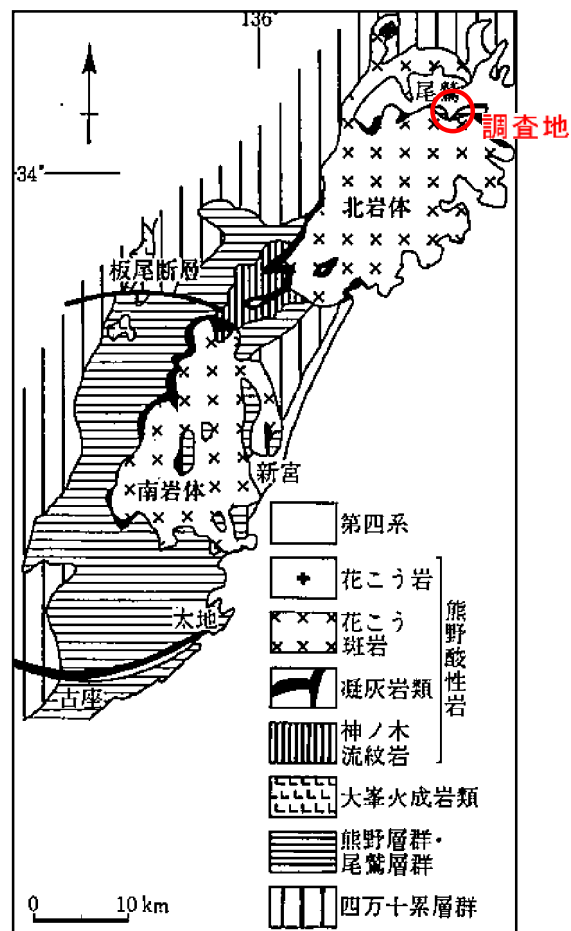


図 3. 2. 3 熊野酸性岩の分布図

「日本の地質 5-中部地方 2」 共立出版株式会社 P141 より引用・加筆

4. 調査結果

4.1 地盤状況

本調査では、Br. No. 1～No. 4 の 4 箇所においてボーリング調査を実施した。本章では、調査結果を下記の図表にまとめ、地盤状況や各地層の特徴を示す。

表 4. 1. 1 地層構成および層相

図 4. 1. 1 (1) ～ (2) 想定地質断面図 (S=1/400)

図 4. 1. 2 (1) ～ (4) ボーリング結果総括図

本調査は、市営野球場内において 4 箇所のボーリング調査を実施した。

地層構成は、第三紀中新世の熊野酸性岩類の花崗岩を主に基盤岩としている。一部では礫岩や泥岩となる。その上部に、崖錐堆積物や野球場建設時の盛土が分布する。

表 4. 1. 1 に示す地層構成および層相の N 値については、礫打ちと思われる値は除外して処理を行った値を示す。詳細は 4. 2 章に示す。

表 4. 1. 1 地層構成および層相

地 層			換算N値 () は平均	層 相	
現代		盛土	B	3～16 (9.7)	野球場建設時等に行われた盛土。南側は層厚が薄く、北側にかへ層厚が厚くなる。土質はφ2～40mm程度の亜角～亜円礫主体。基質は不規則な細～粗砂。最大φ300mmの玉石混入。部分的に薄層状に粘性土分優勢。
		崖錐堆積物	dt	3～20 (12.4)	野球場の北側にかへ分布。土質はφ2～30mmの亜角～亜円礫主体。基質は不規則な細～粗砂。最大φ250mmの玉石混入。層上部で粘性土分優勢。
第三紀中新世	熊野酸性岩類	花崗岩 (D級)	Gp (D)	50～93 (63.5)	調査地の主体基盤岩。全体的に風化が非常に進行。指圧により容易に砂礫状に分離。部分的に硬質な短柱状コア挟む。
		花崗岩 (CL級)	Gp (CL)	-	比較的硬質な短柱から柱状コアと、指圧により砂礫状に分離するまさ状コアの互層。亀裂面は褐色に変色。
	尾鷲層群	礫岩 (CL級)	Cg (CL)	-	Br. No. 2にのみ薄く分布。一部指圧により砂礫状に砕けるD級を挟むものの、概ね柱状コアとして採取されるCL級が主体。柱状コアは風化が進行しており、ハンマー打撃で容易に砕ける。
		泥岩 (D級)	Ms (D)	18～88 (54.8)	Br. No. 2にのみ分布。短柱～柱状コアとして採取されるが、岩芯まで風化が進行。ハンマー打撃で容器に砕ける。また、一部は指圧で変形。亀裂面は褐色に変色。

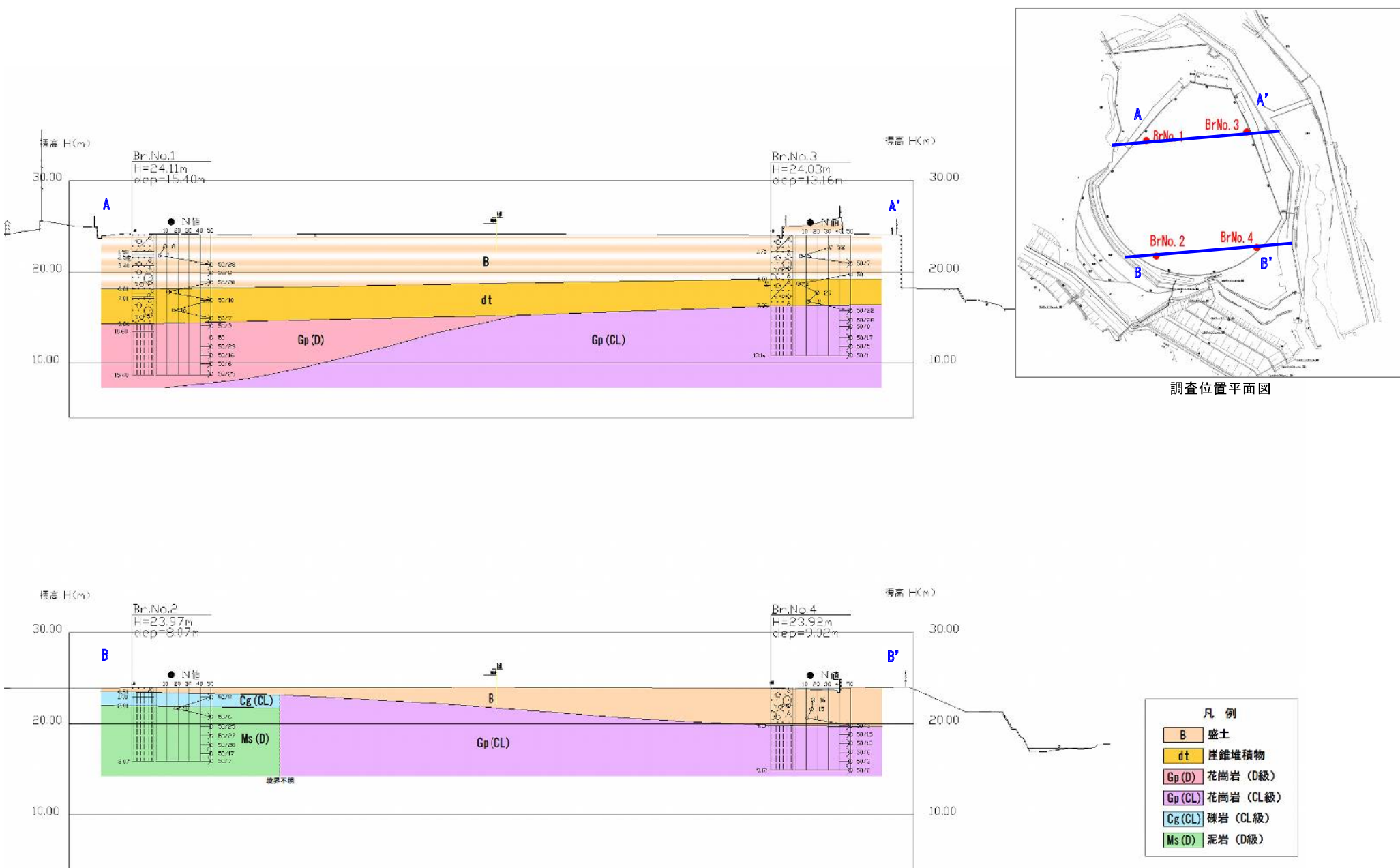
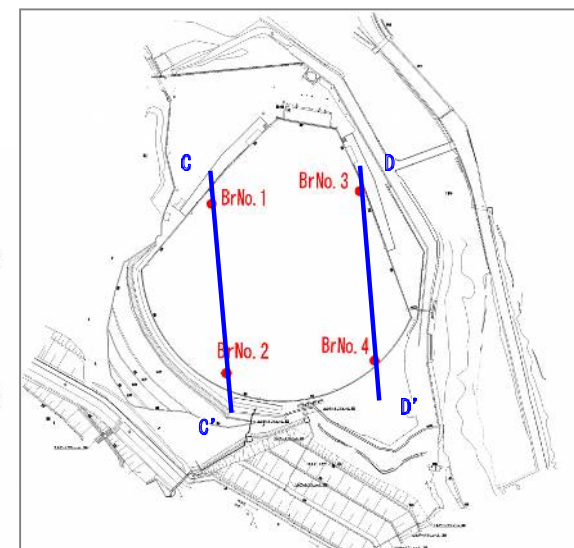
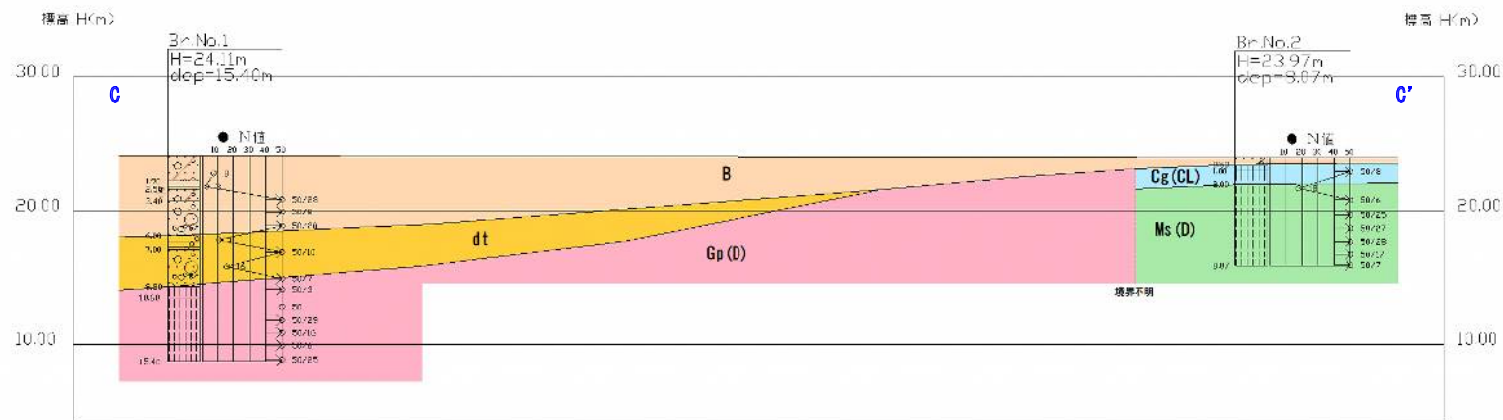
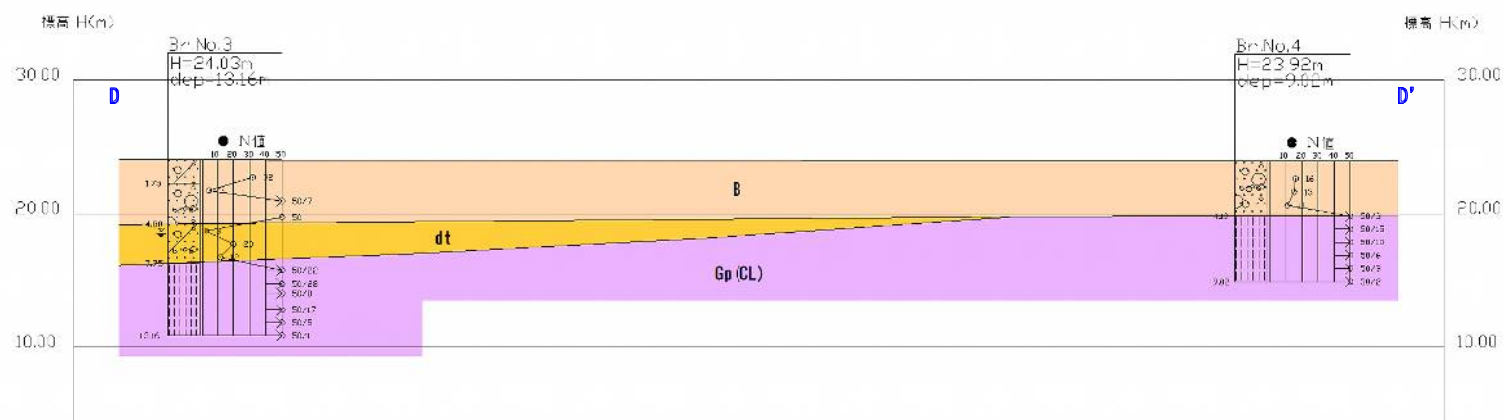


図4.1.1 (1) 想定地質断面図 (S=1/400)



調査位置平面図



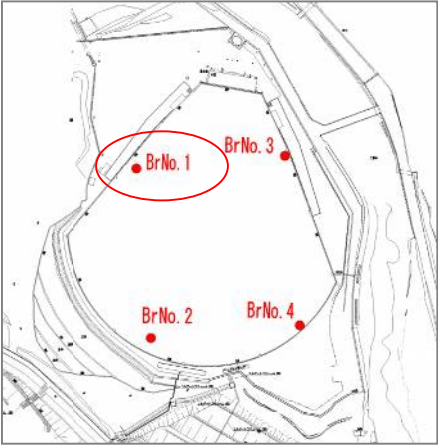
凡 例	
B	盛土
dt	崖壁堆積物
Gp (D)	花崗岩 (D級)
Gp (CL)	花崗岩 (CL級)
Cg (CL)	礫岩 (CL級)
Ms (D)	泥岩 (D級)

ボーリング No. 1

孔口標高 H+24.11m

総掘削長 15.40m

Br.No.1
H=24.11m
dep=15.40m



調査位置平面図

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	現 場 土 質 名 (模 様)	現 場 土 質 名	地 盤 材 料 の 工 学 的 分 類	色 相 対 対 照 調 度 度	相 対 密 度	記 事
1	22.21	1.90	粘土混じり砂礫	粘土	粘土	褐	rd2	礫はφ2~50mmの重角~亜円礫。基質は粘径不均一な相~粗砂を主体とし、粘土を少量含む。
2	21.61	2.50	粘土	粘土	粘土	褐	rd2	粘性中位、含水中位の粘土。
3	20.71	3.40	粘土混じり砂礫	粘土	粘土	褐	rd5	礫はφ2~30mmの重角~亜円礫。基質は粘径不均一な相~粗砂を主体とし、粘土を少量含む。
4			玉石混じり砂礫	玉石	玉石	褐	rd5	礫はφ2~30mmの重角~亜円礫およびφ60~200mmの玉石を多く含む。基質は粘径不均一な相~粗砂を主体とし、若干有礫質。
5								
6	18.11	6.00	粘土	粘土	粘土	褐	rd4	粘性強い~中位、含水中位の粘土を主体とし、φ5~20mmの重角礫を少量含む。
7	17.11	7.00	粘土	粘土	粘土	褐	rd4	粘性強い~中位、含水中位の粘土を主体とし、φ5~20mmの重角礫を少量含む。
8			玉石混じり砂礫	玉石	玉石	褐	rd4	礫はφ2~30mmの重角~亜円礫およびφ60~200mmの玉石を多く含む。基質は粘径不均一な相~粗砂。粘径中位含水中位の粘土を多く含む。
9	14.31	9.80	花崗岩	花崗岩	花崗岩	褐	rd4	柱状コアとして採取される塊状岩盤。岩は比較的硬質で、一部風化による変色が認められる。
10	13.51	10.60	花崗岩	花崗岩	花崗岩	褐	rd4	柱状コアとして採取される塊状岩盤。岩は比較的硬質で、一部風化による変色が認められる。
11								
12								
13								
14								
15	8.71	15.40	堆風化花崗岩	堆風化花崗岩	堆風化花崗岩	褐	rd4	風化が非常に進行しており粘土により容易に砂状に分離するD級岩盤。GL-13.3~14.32間には、比較的硬質な短柱状コアの風化残留核を断々に含む。

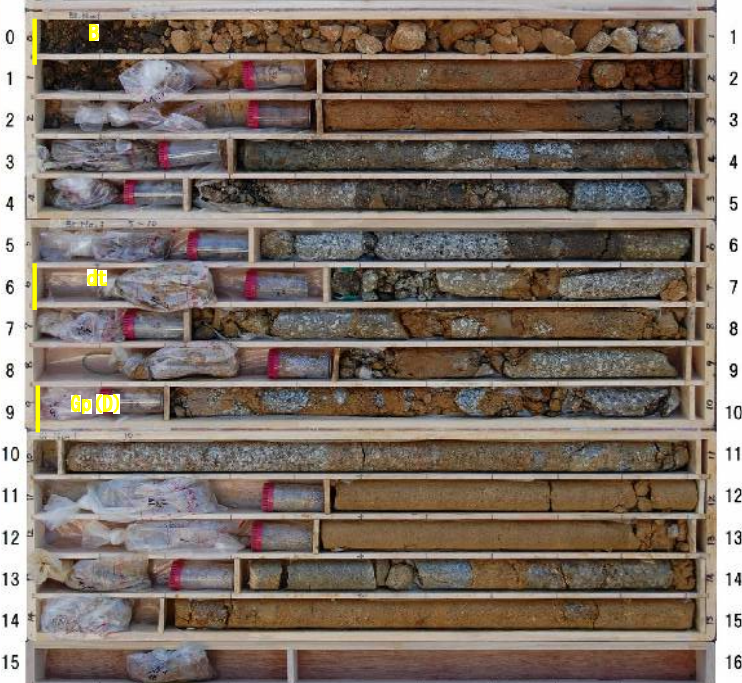
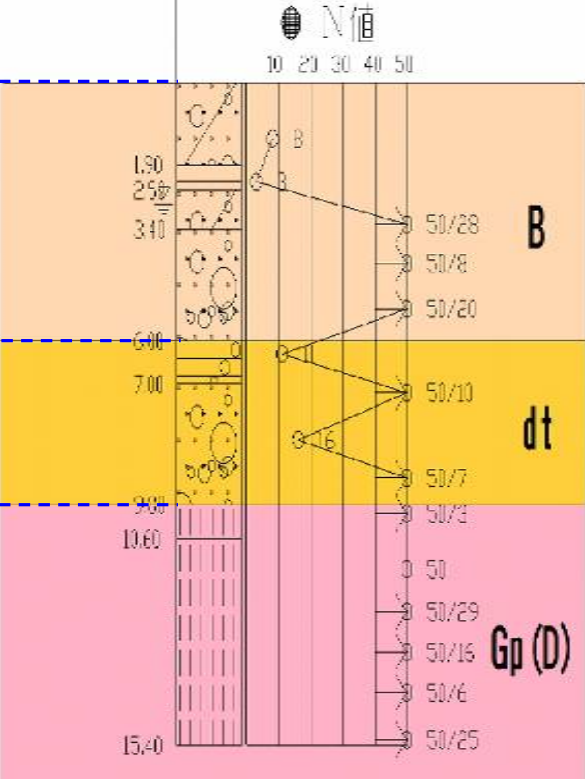


図4.1.2 (1) ボーリング結果総括図 (Br.No. 1)

ボーリング No. 2

孔口標高 H+23.97m

総掘削長 8.07m

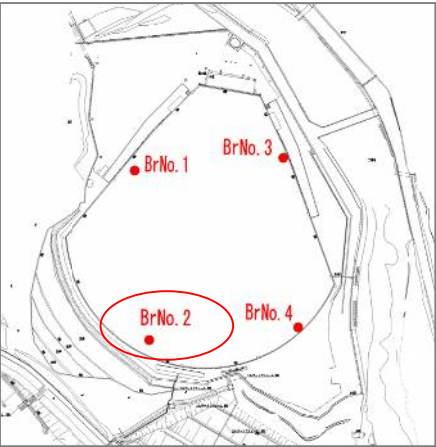
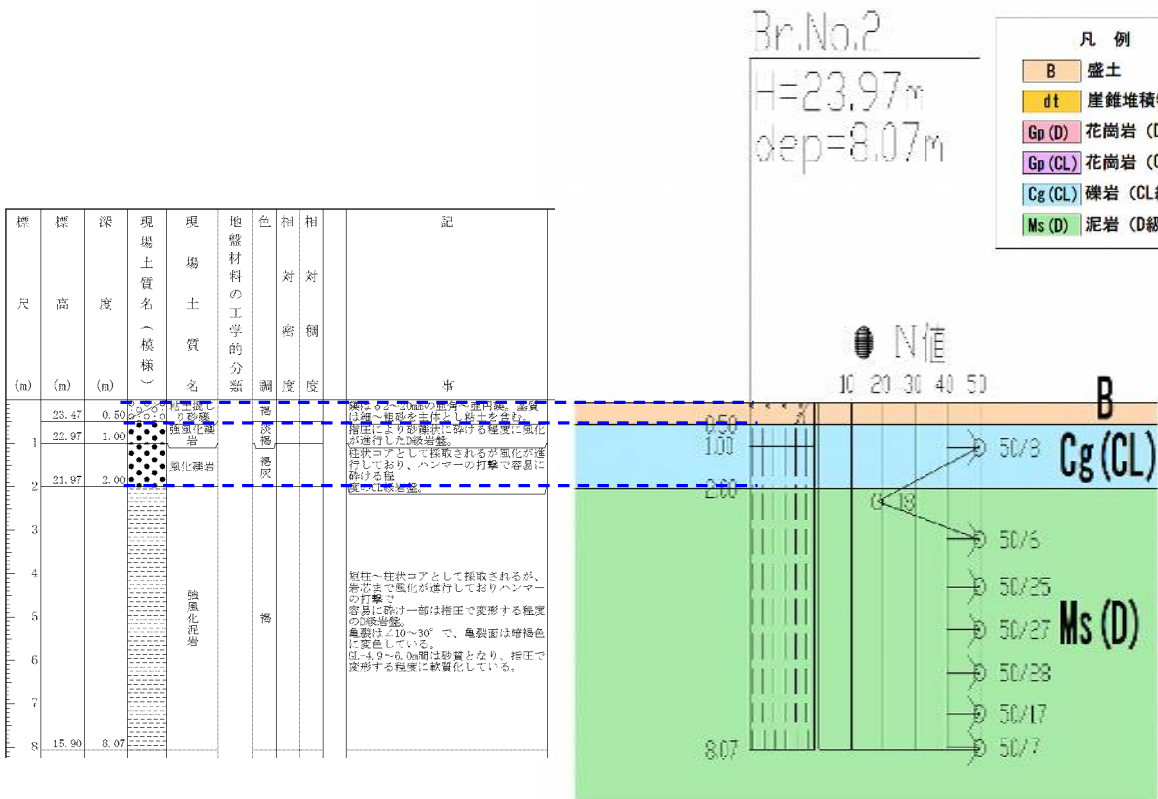


図4.1.2 (2) ボーリング結果総括図 (Br.No. 2)

ボーリング No. 3

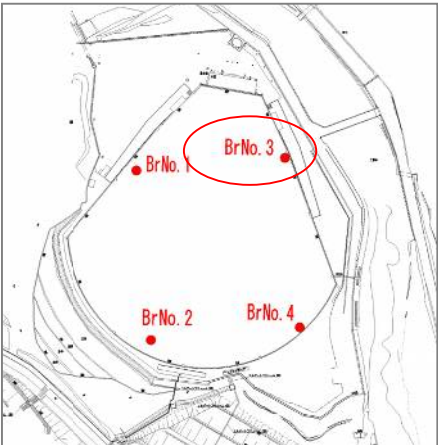
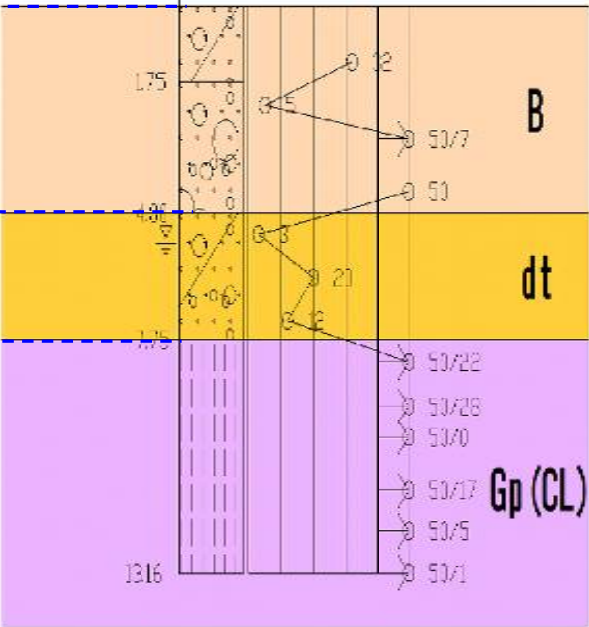
孔口標高 H+24.03m

総掘削長 13.16m

標 尺	標 高	深 度	現 場 上 質 者 (模 様)	現 場 土 質 名	地 盤 材 料 の 工 学 的 分 類	色 相 対 密 度	相 対 密 度	記 率
(m)	(m)	(m)				調 度	度	
1	22.28	1.75		粘土混じり砂礫	B	褐	34	礫はφ2~40mmの歪角〜直円礫。基質は粒径不均一な細〜粗砂を主体とし、粘土を少量含む。SL+0.1mまで植物根を含む。
2				玉石混じり砂礫		褐灰	中位〜特常に色な	礫はφ2~40mmの歪角〜直円礫およびφ50~250mmの玉石を多く含む。基質は粒径不均一な細〜粗砂。
3				粘土混じり砂礫	dt	褐灰	非常に緩い〜中位	礫はφ2~20mmの歪角〜直円礫。基質は粒径不均一な細〜粗砂を主体とし、部分的に粘性中に含まれる粘土を含む。SL+0.6m以降は若干有機質。
4	19.23	4.80		粘土混じり砂礫		褐灰		
5				粘土混じり砂礫	Gp (CL)	褐灰		比較的硬質な硬質〜粒状コアと、粘土により砂礫状に分離するマサ状コアからなるCL砂礫層。マサ部分は厚さ5~30cm程度で20~30cm間隔で表層部と互層状に分布する。亀裂は、20~70°で亀裂面は褐色に着色している。
6				粘土混じり砂礫		褐灰		
7	16.28	7.75		粘土混じり砂礫	Gp (CL)	褐灰		
8				粘土混じり砂礫		褐灰		
9				粘土混じり砂礫	Gp (CL)	褐灰		
10				粘土混じり砂礫		褐灰		
11				粘土混じり砂礫	Gp (CL)	褐灰		
12				粘土混じり砂礫		褐灰		
13	10.87	13.16		粘土混じり砂礫		褐灰		

Br.No.3
H=24.03m
dep=13.16m

N
10 20 30 40 50



調査位置平面図



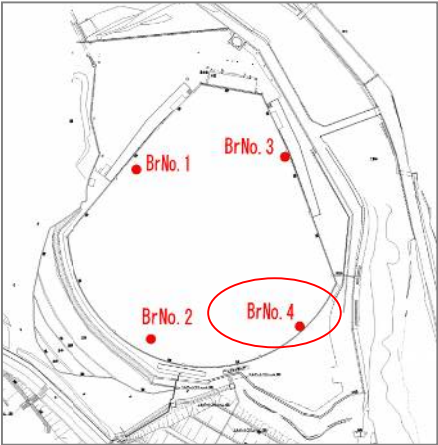
図4.1.2 (3) ボーリング結果総括図 (Br.No.3)

ボーリング No. 4

孔口標高 H+23.92m

総掘削長 9.02m

Br.No.4
H=23.92m
dep=9.02m



調査位置平面図

標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	現 場 土 質 名 (模 様)	地 盤 材 料 の 工 学 的 分 類	色 調	粗 細 密 度	相 対 硬 度	記 事
1				玉石混じり砂礫	灰 褐	中 位		礫はφ2~40mmの正角~亜正角およびφ80~300mmの玉石を多く含む。 基質は粘土~中細~粗砂。 CL~0.1mまで植物根を含む。
2								
3								
4	19.82	4.10						
5				風化花崗岩	灰 褐			比較的硬質な短柱~柱状コアと、指圧により砂礫状に分離するマサ状コアからなるCL 経断面 マサ部分は厚さ5~30cm程度で30~80cm間隔で分布する。 亀裂は20~60°で亀裂面は褐色に着色している。 面は部分的に変色が見られる。
6								
7								
8								
9	14.90	9.02						

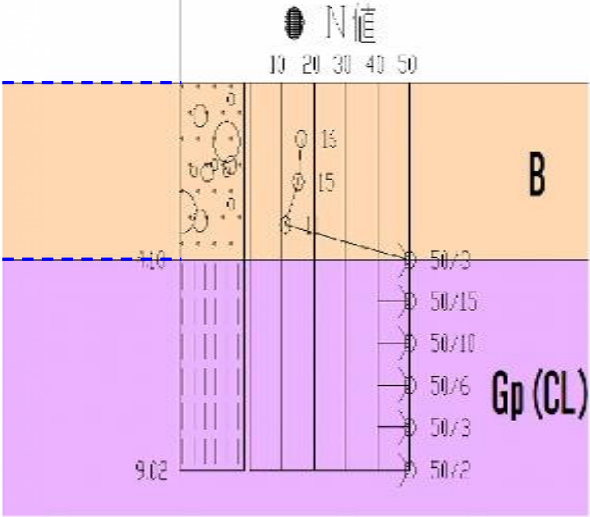


図4.1.2 (4) ボーリング結果総括図 (Br.No. 4)

4.2 標準貫入試験結果

標準貫入試験により得られたN値について、その試験結果を下記の図表にまとめ、その詳細を以下に示す。

表 4.2.1 標準貫入試験結果一覧

図 4.2.1 N 値の頻度分布図

貫入量が 30cm 未満の打撃回数については、30cm 相当の打撃回数に換算して算出している。なお、小数点以下は安全側を考慮し、切捨て処理をしている。また、換算N値の上限は 300 とするが、本調査では該当しない。

なお、盛土層（B）および崖錐堆積物層（dt）には、玉石が多く混入しており、礫打ちによりN値が過大評価されていると思われる値については、合計等の集計より除外している。また、花崗岩（D 級）（Gp D）の一部で明らかに前後のN値と異なる場合も、その値を集計より除外している。

CL 級以上の基盤岩については、貫入量がわずかであり、N値としての評価ができないことから、表 4.2.1 結果一覧には表記のみで換算N値の算出は行っていない。

①盛土（B）

盛土層のN値は 3～16（平均 9）と低く、緩い締まり具合を示す。

②崖錐堆積物（dt）

崖錐堆積物のN値は 3～20（平均 12）と一部低い値を示すが、概ね 10 程度の中程度の締まり具合を示す。

③花崗岩（D 級）（Gp（D））

花崗岩のD級のN値は 50～93（平均 63）である。風化が進行しており、基盤岩としてはやや低いものの、構造物の基礎としては十分な値を示す。

④泥岩（D 級）（Ms（D））

泥岩のD級のN値は 18～88（平均 54）である。風化が進行しており、基盤岩としてはやや低いものの、層最上部を除き、構造物の基礎としては十分な値を示す。

表 4.2.1 標準貫入試験結果一覧

地点名	地層名	上深度	下深度	打撃回数			貫入量 (cm)			換算 N 値 礫打ち等除く
Br. No. 1	B	1.15	1.45	3	3	2	10	10	10	8
	B	2.15	2.45	1	1	1	10	10	10	3
	B	3.15	3.43	6	6	38	10	10	8	
	B	4.15	4.23	50			8			
	B	5.15	5.35	12	38		10	10		
	dt	6.15	6.45	6	3	2	10	10	10	11
	dt	7.15	7.25	50			10			
	dt	8.15	8.45	4	8	4	10	10	10	16
	dt	9.15	9.22	50			7			
	Gp (CM)	10.00	10.03	50			3			
	Gp (D)	11.15	11.45	15	15	20	10	10	10	50
	Gp (D)	12.15	12.44	13	17	20	10	10	9	51
	Gp (D)	13.15	13.31	15	35		10	6		93
	Gp (D)	14.15	14.21	50			6			
	Gp (D)	15.15	15.40	14	20	16	10	10	5	60

地点名	地層名	上深度	下深度	打撃回数			貫入量 (cm)			換算 N 値
Br. No. 2	Cg (CL)	1.00	1.08	50			8			
	Ms (D)	2.15	2.45	5	6	7	10	10	10	18
	Ms (D)	3.15	3.21	50			6			
	Ms (D)	4.15	4.40	16	19	15	10	10	5	60
	Ms (D)	5.15	5.42	12	16	22	10	10	7	55
	Ms (D)	6.15	6.43	10	16	24	10	10	8	53
	Ms (D)	7.15	7.32	18	32		10	7		88
	Ms (D)	8.00	8.07	50			7			

地点名	地層名	上深度	下深度	打撃回数			貫入量 (cm)			換算 N 値
Br. No. 3	B	1.15	1.45	13	10	9	10	10	10	32
	B	2.15	2.45	2	1	2	10	10	10	5
	B	3.05	3.12	50			7			
	B	4.15	4.45	35	10	5	10	10	10	
	dt	5.15	5.45	1	1	1	10	10	10	3
	dt	6.15	6.45	6	7	7	10	10	10	20
	dt	7.15	7.45	3	6	3	10	10	10	12
	Gp (CL)	8.15	8.37	17	27	6	10	10	2	
	Gp (CL)	9.15	9.43	20	20	10	10	10	8	
	Gp (CL)	10.00	10.00	50			0			
	Gp (CL)	11.15	11.32	26	24		10	7		
	Gp (CL)	12.15	12.20	50			5			
	Gp (CL)	13.15	13.16	50			1			

地点名	地層名	上深度	下深度	打撃回数			貫入量 (cm)			換算 N 値
Br. No. 4	B	1.15	1.45	5	5	6	10	10	10	16
	B	2.15	2.45	4	6	5	10	10	10	15
	B	3.15	3.45	5	4	2	10	10	10	11
	Gp (CL)	4.10	4.13	50			3			
	Gp (CL)	5.00	5.15	29	21		10	5		
	Gp (CL)	6.00	6.10	50			10			
	Gp (CL)	7.00	7.06	50			6			
	Gp (CL)	8.00	8.03	50			3			
	Gp (CL)	9.00	9.02	50			2			

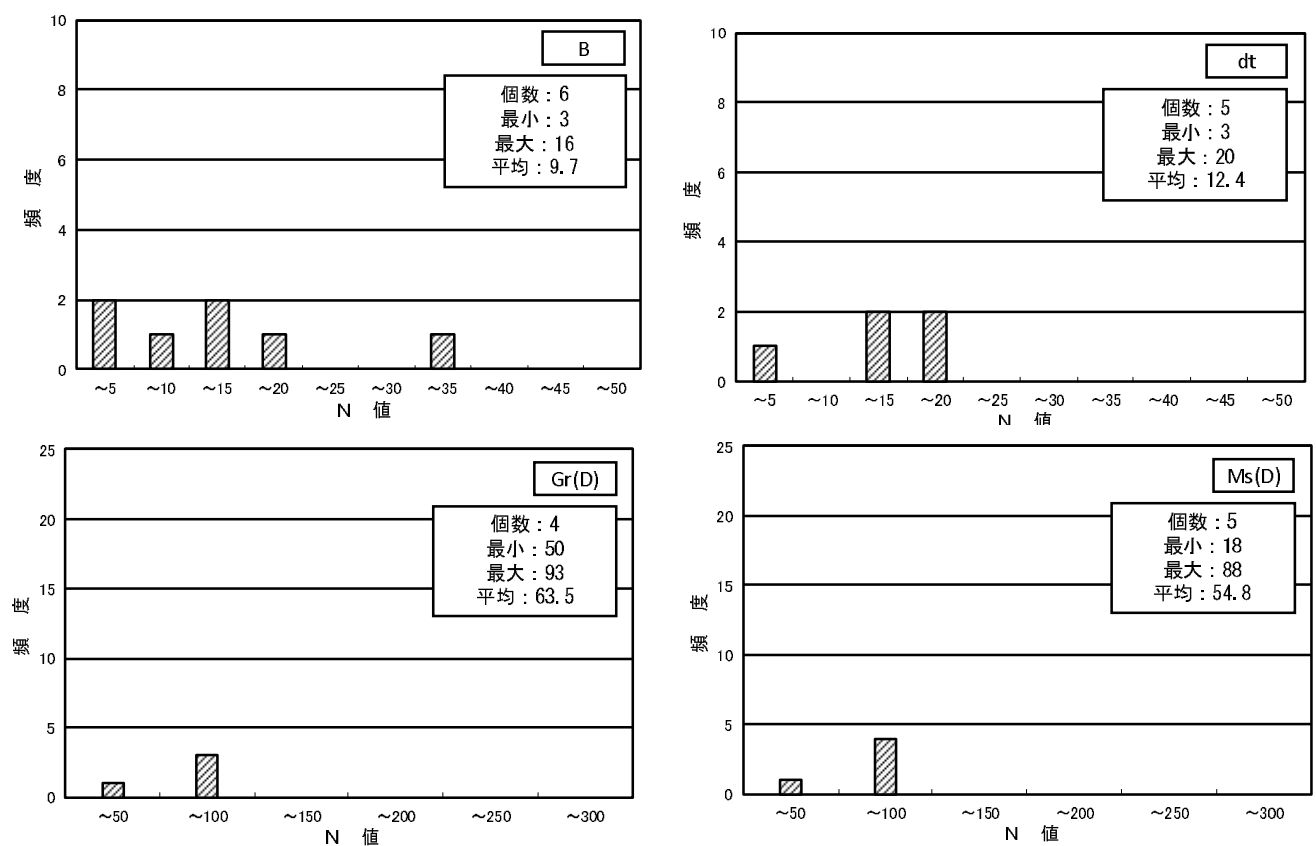


図 4.2.1 N 値の頻度分布図

5. 調査総合解析

5.1 地盤定数の設定

本調査結果より，設計時に使用する地盤定数を設定する。設定する地盤定数は共に，設計N値，単位体積重量，粘着力，内部摩擦角，変形係数とした。

(1) 設計N値

調査ボーリングの結果，明らかとなった地盤情報をもとに，地層毎に地盤定数の代表N値を提案する。各地層の代表N値については，4.2章にて統計処理した値を採用した。

(2) 単位体積重量 γ_t (kN/m³)

本調査では室内土質試験を実施していないため，以下のように設定した。

① 土砂部

土砂部の単位体積重量は，表 5.1.1 に示す一般値を参考に設定した。盛土層（B）は「盛土-砂および砂れき」，崖錐堆積物（dt）は「自然地盤-砂および砂れき-ゆるいもの」の値とした。

表 5.1.1 土の単位体積重量

地 盤	土 質	ゆるいもの	密なもの
自 然 地 盤	砂および砂れき	18	20
	砂 質 土	17	19
	粘 性 土	14	18
盛 土	砂および砂れき	20	
	砂 質 土	19	
	粘 性 土	18	

（出展：道路土工・擁壁工指針 平成 24 年度版 日本道路協会）

② 岩盤部

岩盤部の単位体積重量は、N 値からの推定値、一般値を総合的に検討し設定した。
推定式は、D 級限定の次の推定式より求めた。

単位体積重量 (γ_t) =

$$(1.173 + 0.4 \log N) \times 9.807 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

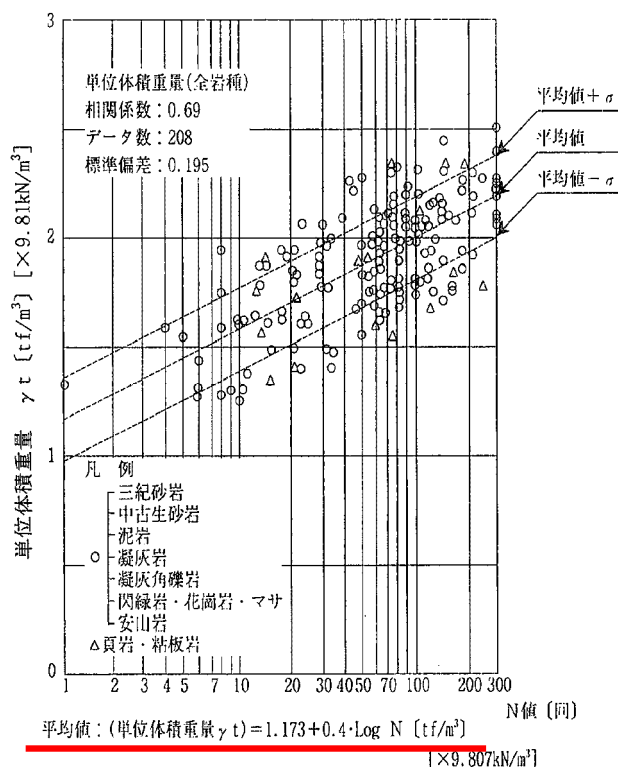


図 5.1.1 岩級区分と湿潤密度の一般的な関係

(出典：設計要領 第二集 橋梁建設編平成 28 年 8 月 西・中・東日本高速道路株式会社)

一般値は、図 5.1.2 中の深成岩の値を中心に参照した。

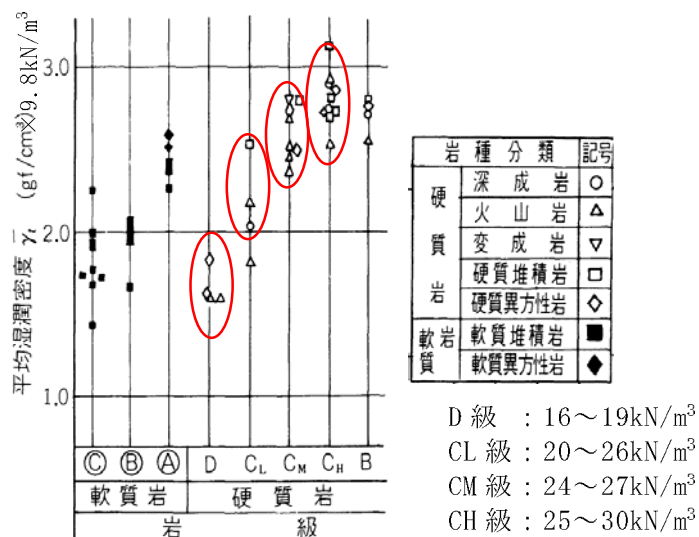


図 5.1.2 岩級区分と湿潤密度の一般的な関係

(出典：岩盤分類とその適用 H1.7 (株) 土木工学社)

(3) 粘着力 c (kN/m²) , 内部摩擦角 ϕ (度)

本調査では室内土質試験を実施していないため、以下のように設定した。

① 土砂部

本調査では、礫質土層 (B 層, dt 層) のみが確認されている。

砂礫層のせん断強さは、安全側を考慮し、粘着力 $c=0$ 、内部摩擦角 ϕ 成分のみに依存した特性を示すものとした。

本調査では、砂質土層を対象とした三軸圧縮試験は実施していない。よって、以下に示す N 値からの推定式によって求めた。なお、 N 値の平均集計時、礫打ち等によって除外された値は排除して算出している。地点ごとに、推定した内部摩擦角の一覧を表 5.1.2 に示す。

$$\phi = 4.8 \log N_1 + 21 \quad (N > 5)$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70}$$

ここに,

ϕ : 砂のせん断抵抗角 (°)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²) で、標準貫入試験を実施した時点の値

N_1 : 有効上載圧 100kN/m² 相当に換算した N 値。ただし、原位置の σ'_v が $\sigma'_v < 50$ kN/m² である場合には、 $\sigma'_v = 50$ kN/m² として算出する。

N : 標準貫入試験から得られる N 値

(出典：道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 (H29.11))

なお、上記をはじめ、推定式の多くは N 値 > 5 以上で用いることとなっているため、本 B 層, dt 層の N 値が低い部分については使用不可である。

よって、 N 値が低い部分については、内部摩擦角については、安全側を考慮し、最小値とするのが妥当であると考えるが、砂質土の内部摩擦角の最小値については、明確な基準は設けられていない。よって、本調査では、表 5.1.3 に示す土質定数の一般値のうち「自然地盤 砂質土 密実でないもの : 25 度」を参照として 25 度と設定した。

表 5.1.2 N 値からの内部摩擦角推定一覧

地点番号	土質 区分	深度	γ_t	N値	σ_v'	ϕ			
		(m)	(kN/m ³)		(kN/m ²)	N_1	補正 N_1	ϕ	平均 ϕ
Br.No.1	B	1.3	20.0	8	26.0	11.33	11.33	32.65	32.46
Br.No.1	B	2.3	20.0	3	46.0			25.00	
Br.No.3	B	1.3	20.0	32	26.0	45.33	45.33	39.31	
Br.No.3	B	2.3	20.0	5	46.0			25.00	
Br.No.4	B	1.3	20.0	16	26.0	22.67	22.67	35.98	
Br.No.4	B	2.3	20.0	15	46.0	21.25	21.25	35.67	
Br.No.4	B	3.3	20.0	11	66.0	13.75	13.75	33.58	31.83
Br.No.1	dt	6.3	18.0	11	91.5	11.58	11.58	32.76	
Br.No.1	dt	8.3	18.0	16	109.5	15.15	15.15	34.05	
Br.No.3	dt	5.3	18.0	3	104.0			25.00	
Br.No.3	dt	6.3	18.0	20	113.8	18.50	18.50	35.00	
Br.No.3	dt	7.3	18.0	12	122.8	10.58	10.58	32.32	

表 5.1.3 設計用地盤定数の参考値

	種 類	状 態	湿潤 密度 (kN/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	礫及び砂利混り砂	締め固めたもの	20	40	0 [0]	{G}
	砂	締め固めたもの	20	35	0 [0]	{S}
			19	30	0 [0]	
	砂質土	締め固めたもの	19	25	30 [3]以下	{SF}
	粘性土	締め固めたもの	18	15	50 [5]以下	{M},{C}
自 然 地 盤	関東ローム	締め固めたもの	14	20	10 [1]以下	{V}
	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0 [0]	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0 [0]	
	礫混じり砂	密実なもの	21	40	0 [0]	{G}
		密実でないもの	19	35	0 [0]	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0 [0]	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0 [0]	
	砂質土	密実なもの	19	30	30 [3]以下	{SF}
		密実でないもの	17	25	0 [0]	
	粘性土	固いもの(指で強く押し多少凹む $N=8\sim 15$)	18	25	50 [5]以下	{M},{C}
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入 $N=4\sim 8$)	17	20	30 [3]以下	
		軟らかいもの(指が容易に貫入 $N=2\sim 4$)	16	15	15 [1.5]以下	
		固いもの(指で強く押し多少凹む $N=8\sim 15$)	17	20	50 [5]以下	
盤	粘土およびシルト	やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入 $N=4\sim 8$)	14	15	30 [3]以下	{M},{C}
		軟らかいもの(指が容易に貫入 $N=2\sim 4$)	14	10	15 [1.5]以下	

*) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの値から 9kN/m^3 を引いた値とする。

(出典：設計要領 第一集 土工 保全編 平成 28 年 8 月 西・中・東日本高速道路株式会社)

② 岩盤部

岩盤部のせん断強度は、N 値による推定、および測定例を参考に設定した。

D 級岩盤において、N 値によるせん断定数の推定式が表 5.1.4 のように示されている。本調査で確認した花崗岩については、「砂岩・礫岩・深成岩類」の式を用いた。礫岩、泥岩は該当式を用いた。

表 5.1.4 換算 N 値による場合のせん断定数の推定式

		砂岩・礫岩 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩 凝灰角礫岩	備 考
粘着力 (kN/m^2)	換算 N 値と 平均値の関係	$15.2N^{0.327}$	$25.3N^{0.334}$	$16.2N^{0.606}$	
	標準偏差	0.218	0.384	0.464	・Log 軸上の値
せん断 抵抗角 (度)	換算 N 値と 平均値の関係	$5.10\text{Log}N$ +29.3	$6.82\text{Log}N$ +21.5	$0.888\text{Log}N$ +19.3	Log の底は 10
	標準偏差	4.40	7.85	9.78	

(出典：設計要領 第二集 橋梁建設編 平成 28 年 8 月 西・中・東日本高速道路株式会社)

D 級以上も含め、岩盤のせん断強度の測定例は、表 5.1.5 に示す測定例一覧を参考にした。

表 5.1.5 c , ϕ の測定例

岩 級		粘板岩（ダムサイトの例）				花崗岩（本四連絡橋基礎の例）			
		c (kN/m ²)		ϕ (°)		c (kN/m ²)		ϕ (°)	
		範 囲	平均	範 囲	平均	範 囲	代表値	代表値	
硬 岩	B	2,250~2,750	2,500	40~50	45	1,500~2,500	1,500	45	
	CH	1,750~2,250	2,000	35~45	40	1,000~2,000	1,000	40	
	CM	750~1,750	1,250	35~45	40	500~1,000	500	40	
軟 岩	CL	250~750	500	30~40	35	100~1,000	100	37	
	D	100以下	0	20~30	25	0~500	0	30~35	

（出典：設計要領 第二集 橋梁建設編 平成 28 年 8 月 西・中・東日本高速道路株式会社）

(4) 変形係数

本調査では原位置試験（孔内水平載荷試験），および室内土質試験を実施していないため，以下のように設定した。

① 土砂部

土砂部の変形係数は，設計N値を用いて次の推定式より求めた。

$$E = 700 N \quad (\text{kN/m}^2)$$

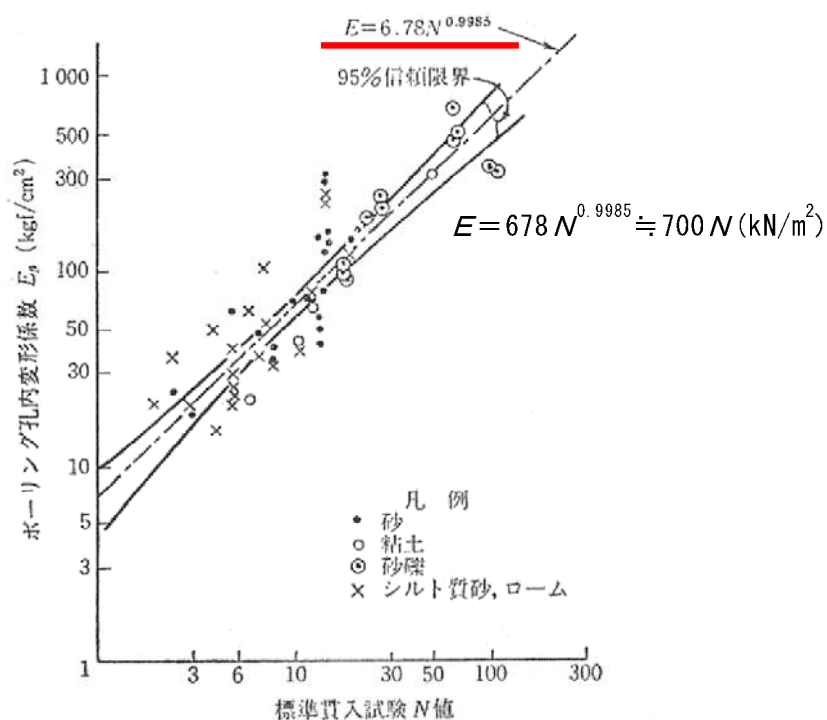


図 5.1.3 N 値と変形係数の関係

（出展：地盤調査の方法と解説 平成 25 年 3 月 (社)地盤工学会）

② 岩盤部

岩盤部の変形係数は、N 値による推定、および測定例を参考に設定した。

D 級岩盤において、N 値による変形係数の推定式は以下、および図 5.1.4 のように示されており、この式を用いた。

$$\text{変形係数 } E = 27.1 \times N^{0.69} \text{ [kgf/cm}^2\text{]} \quad [\times 98.1 \text{ kN/m}^2] \quad N = \text{換算 N 値}$$

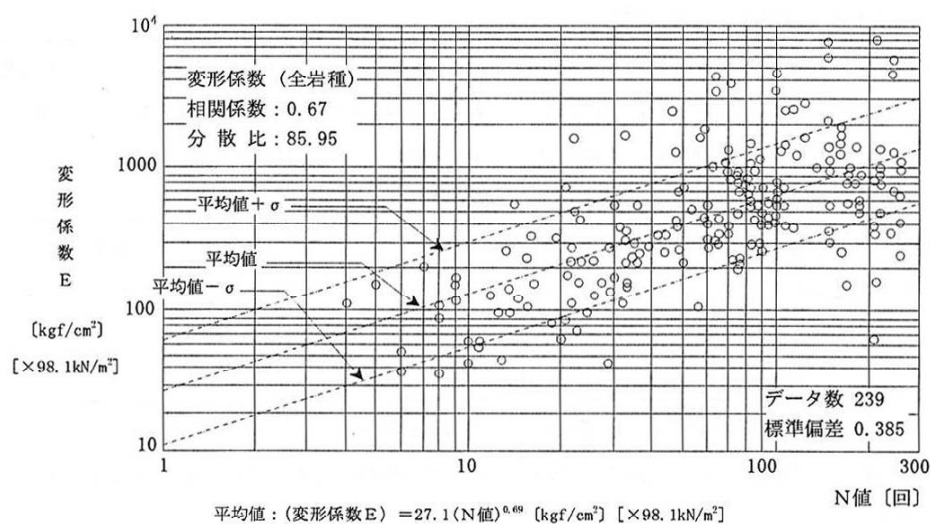


図 5.1.4 岩盤の変形係数の測定例（換算 N 値との関係）

（出典：設計要領 第二集 橋梁建設編 平成 28 年 8 月 西・中・東日本高速道路株式会社）

D 級以上も含め、岩盤の変形係数の測定例は、表 5.1.6 に示す測定例一覧を参考した。

表 5.1.6 変形係数の測定例

岩 級	粘板岩（ダムサイトの例）		花崗岩（本四連絡橋基礎の例）	
	範 囲	平 均	範 囲	代 表 値
B	3,000 以上	*3,000	1,200～3,000	2,000
CH	1,000～3,000	2,000	600～1,200	800
CM	500～1,000	750	300～ 600	450
CL	100～ 500	300	150～ 300	200
D	100 以下	-	5～ 150	10～100

（出典：設計要領 第二集 橋梁建設編 平成 28 年 8 月 西・中・東日本高速道路株式会社）

以上より、設定した地盤定数を表 5.1.7 に示す。

表 5.1.7 設計用地盤定数一覧

地層名		地層 記号	設計 N値	単位体積重量 γ (kN/m ³)			粘着力 c (kN/m ²)			内部摩擦角 φ (°)			変形係数 Esb (MN/m ²)		
				N値推定 ^{※4}	一般値 ^{※5}	採用値 ^{※7}	N値推定 ^{※6}	測定例 ^{※7}	採用値 ^{※7}	N値推定 ^{※6}	測定例 ^{※7}	採用値 ^{※7}	N値推定 ^{※8}	測定例 ^{※9}	採用値 ^{※9}
盛土	礫質土層	B	3 ～ 16 9	-	20.0	20.0	-	-	0	32.4	-	32.4	2.1 ～ 11.2 (6.3)	-	6.3
				-	18.0	18.0	-	-	0	31.8	-	31.8	2.1 ～ 14.0 (8.4)	-	8.4
第三紀中新世	礫質土層	dt	3 ～ 20 (12)	-	18.0	18.0	-	-	0	31.8	-	31.8	2.1 ～ 14.0 (8.4)	-	8.4
		Gp (D)	50 ～ 93 (63)	18.2 ～ 19.2 (18.6)	16～19	18.0	54.6 ～ 66.9 (58.9)	0～500 (0)	54.6	37.9 ～ 39.3 (38.4)	30～35	35.0	39.5 ～ 60.7 (46.4)	5～150 (10～100)	46.4
	花崗岩	Gp (CL)	-	20～26	20～26	23.0	-	100～1,000 (100)	100.0	-	37	37.0	-	150～300 (200)	150.0
		Cg (CL)	-	20～26	20～26	23.0	-	100～1,000 (100)	100.0	-	37	37.0	-	150～300 (200)	150.0
尾鷲層群	泥岩	Ms (D)	18 ～ 88 (64)	16.4 ～ 19.1 (18.3)	16～19	18.0	93.4 ～ 244.3 (244.3)	0～500 (0)	93.4	20.4 ～ 21.0 (20.8)	30～35	20.8	19.5 ～ 58.4 (41.7)	5～150 (10～100)	41.7

■土砂の根拠

- ※1：土の単位体積重量の一般値より
※2：φ=4.8logN+21 (N>5)。N≤5は設定例を参考として最小値の25.0°とした。
※3：N値より推定 E=0.7・N (MN/m²)
※4：D級のみN値より算出 γt=1.173+0.4・LogN×9.807 (kN/m³)
※5：岩盤の単位体積重量の一般値より
※6：D級のみN値より算出
※7：換算N値によるせん断定数の算出式

花崗岩・礫岩	泥岩
C=15.2N ^{0.337}	C=16.2N ^{0.656}
φ=5.10LogN+29.3	φ=0.888LogN+19.3

※7：換算定数の測定例の花崗岩の値を参照

- ※8：D級のみN値より算出
E=27.1×N^{0.69} (kgf/cm²) N=換算N値
SI単位換算×0.981
※9：変形係数の測定例の花崗岩の値を参照

- 採用値の設定方針（岩盤部）
- ・単位体積重量：一般値を採用した。
 - ・粘着力：砂質土対象のため安全側を考慮し0とした。
 - ・内部摩擦角：N値推定の平均値を採用した。
 - ・変形係数：N値推定の平均値を採用した。
- 採用値の設定方針（岩盤部）
- ・単位体積重量：D級についてはN値推定値が一般値の範囲を考慮しつつ、N値推定値の平均値を採用した。CL、CM級については一般値の平均値を採用した。
 - ・粘着力：D級については測定例の代表値が0であることを考慮し、N値推定値の最小値を採用した。CL、CM級については測定例の代表値（最小値）を採用した。
 - ・内部摩擦角：花崗岩のD級についてはN値からの推定が測定例の範囲外のため、測定例の最大値を採用した。泥岩のD級についてはN値からの推定を採用した。その他のCL級については測定例の代表値を採用した。
 - ・変形係数：D級については測定例を考慮しつつ、N値推定の平均値を採用した。CL、CM級については測定例の最小値を採用した。

5.2 設計施工上の留意点

本調査結果より、今後の設計・施工の際の留意点を以下に示す。

① 支持層について

- 1) 構造物の支持層は、その重要度や荷重条件によって異なり一概に決められないが、一般に、土砂の場合は、粘性土の場合はN値 20 以上、砂・砂礫の場合はN値 30 程度以上あれば良質な支持層とみなされる。また、強固な基盤岩も良質な支持層とみなされる。
- 2) 当該調査地の支持層としては、図 5.2.1 (1) ～ (2) に示すように、基盤岩の上面を支持層とする。各地点の支持層（基盤岩）上面は以下の通りである。

- ・ Br. No. 1 : GL-9.80m H+14.31m
- ・ Br. No. 2 : GL-0.50m H+23.47m
- ・ Br. No. 3 : GL-7.55m H+16.28m
- ・ Br. No. 4 : GL-4.10m H+19.82m

ただし、Br. No. 2 については、基盤岩確認後、その下位でN値 18 が確認されている。よって、上載荷重によっては支持力不足となる可能性があるため、注意が必要である。支持力不足が懸念される場合は、さらにその下の GL-4.0m 上面を支持層とすることが必要である。

- 3) 地形と表層部の工学的性質による分類は、表 5.2.1 に示すように、表層部の土質等の工学的性質から判断すると台地に属することから、地盤種別は I-B 種に区分される。設計される構造物の規模にもよるが、中層 (4～5) 階の建築規模とした場合、表 5.2.2 に示すように、一般的に基礎形式は直接基礎又は杭基礎が妥当であるものと考えられる。
- 4) なお、当該調査地の支持層の出現深度は地点により異なる。よって直接基礎と杭基礎の両方を採用する場合も考えられるため、構造物の配置等も考慮し、注意が必要である。

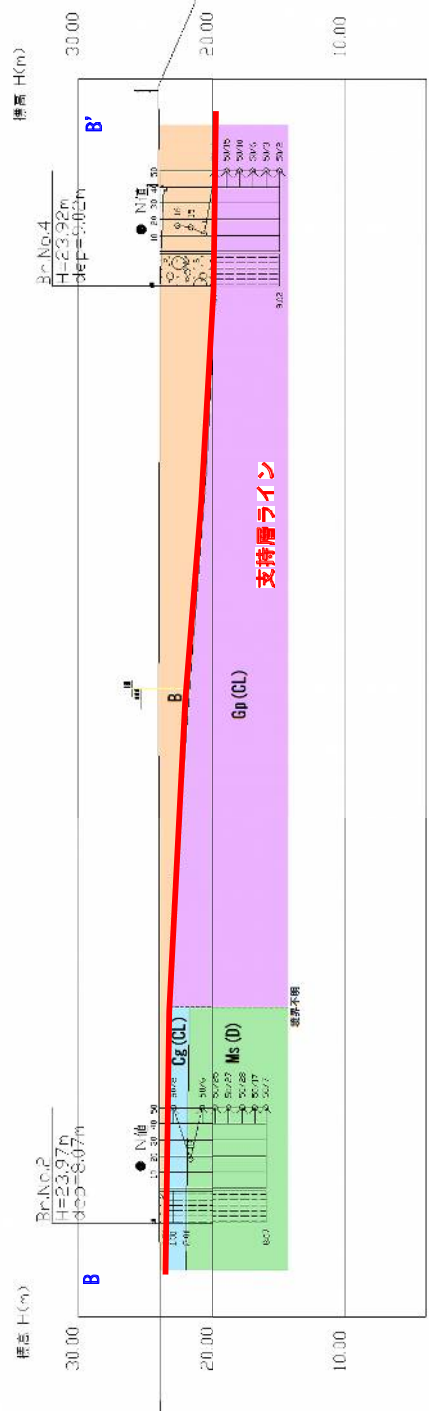
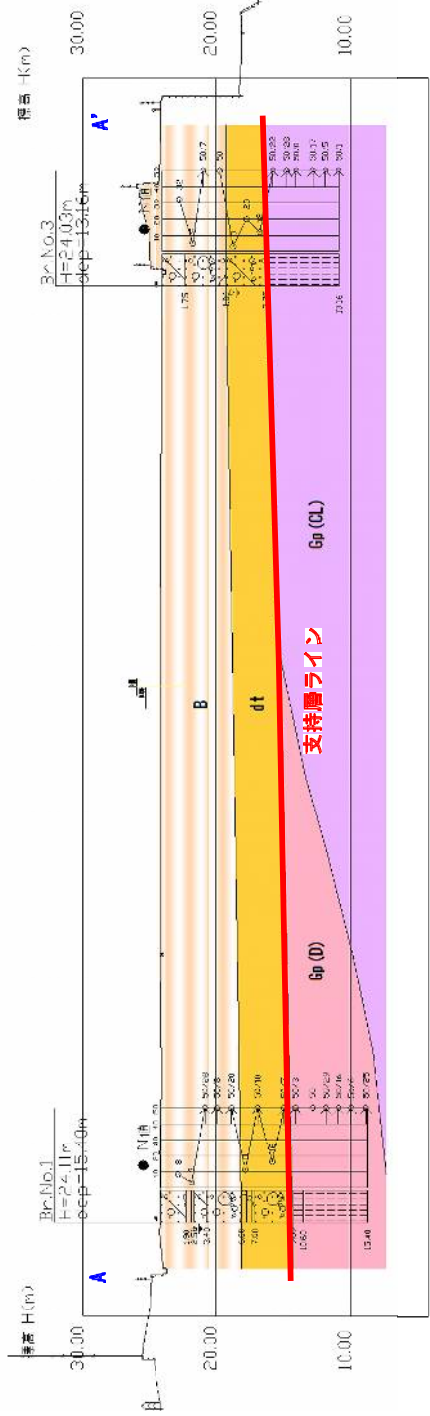
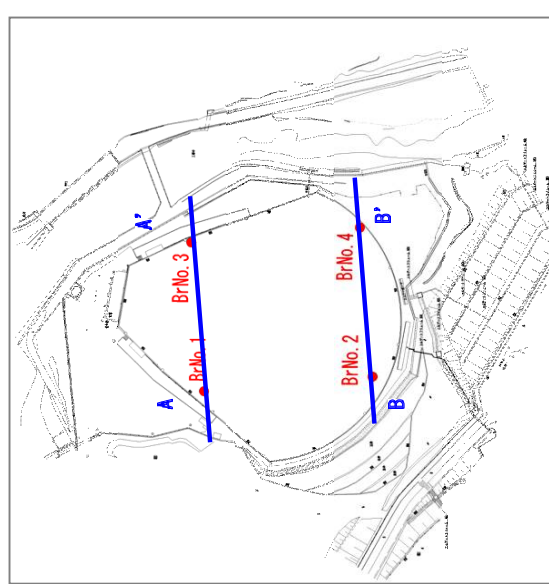
表5.2.1 地形と表層部の工学的性質による分類
(「建築基礎設計のための地盤調査指針, 1995」(社)日本建築学会編)

地盤種別	地 形	表層部の土質等の工学的性質
I-A種	山岳地	岩盤及び硬質土, 地耐力>1000kN/m ²
I-B種	台 地	洪積層(関東ローム, シラス層も含む, 扇状地及び段丘の堆積物(沖積世のものも含む), 風化土層地耐力>100~1000kN/m ²)
	丘陵地	
II種	平野, 盆地	一般の沖積層
III種	平野, 海浜	液状化のおそれのある地層, 鋭敏粘土, 腐植土層(泥炭(PEAT)を含む), 盛土・埋立土(干拓を含む), 廃棄物層
	人工造成地	

表5.2.2 地盤種別と基礎形式（RC造の場合）
 （「建築基礎設計のための地盤調査指針，1995」（社）日本建築学会編）

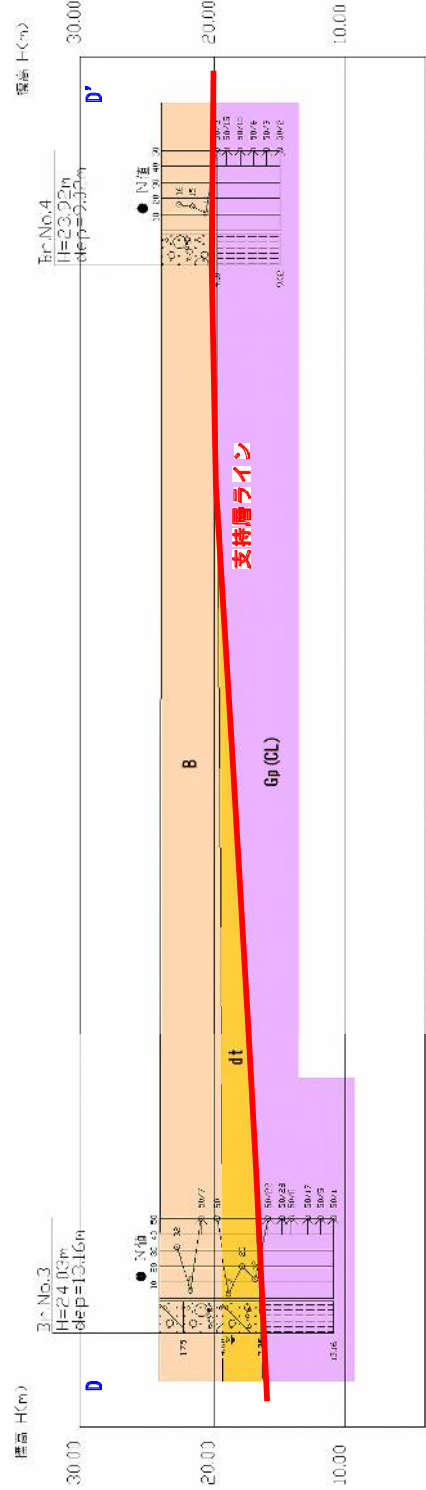
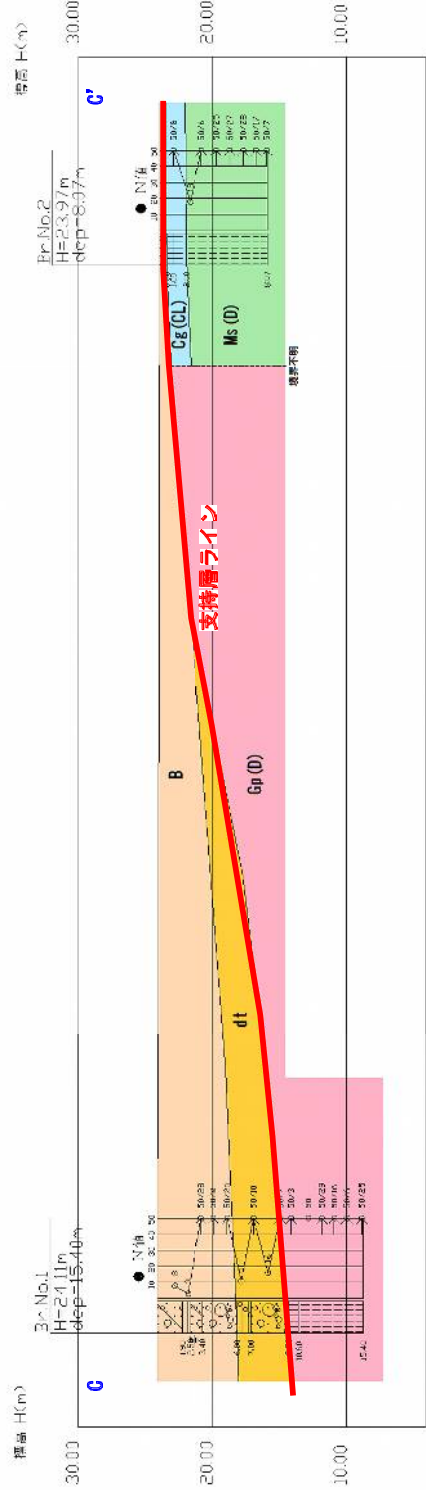
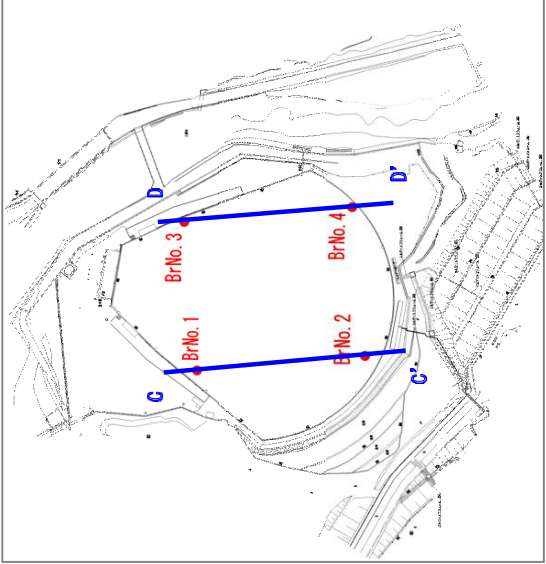
地盤種別 建物規模	べた基礎にしたときの 平均接地圧	I-A種	I-B種	Ⅱ種	Ⅲ種
低層(1～3)階	50kN/m ² 以下	直接	直接	直接 (杭等)	杭等
中層(4～5)階	50～100kN/m ²	直接	直接 (杭等)	杭等	杭等
中層(6～10)階	100kN/m ² 以上	直接	直接・杭	杭等	杭等

注（ ）：一部の建物に採用



- 凡 例
- B 盛土
 - dt 埋設埋設物
 - Gp(D) 花崗岩 (D級)
 - Gp(DL) 花崗岩 (DL級)
 - Cg(DL) 礫岩 (DL級)
 - Ms(D) 泥岩 (D級)

図5.2.1 (1) 支持層ライン (S=1/400)



凡 例

B	盛土
dt	崖縁堆積物
Gp (D)	花崗岩 (D級)
Gp (CL)	花崗岩 (CL級)
Gg (CL)	礫岩 (CL級)
Ms (D)	泥岩 (D級)

図5.2.1 (2) 支持層ライン (S=1/400)

② 中間層について

支持層の上記のように杭基礎と設定した場合，その中間層において，礫径が問題となる。本調査で確認した最大礫径は，盛土層（B）で径 300mm，崖錐堆積物（dt）で径 250mm である。実際の礫径は，ボーリング調査で確認した礫径の 3 倍とも言われており，それに準じると盛土層（B）で最大径 900mm，崖錐堆積物（dt）で最大径 750mm となる。このような礫径に対応した杭基礎の工法を選定する必要がある。