

業務名：こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託

位置：沖縄市胡屋五丁目7番1号、他

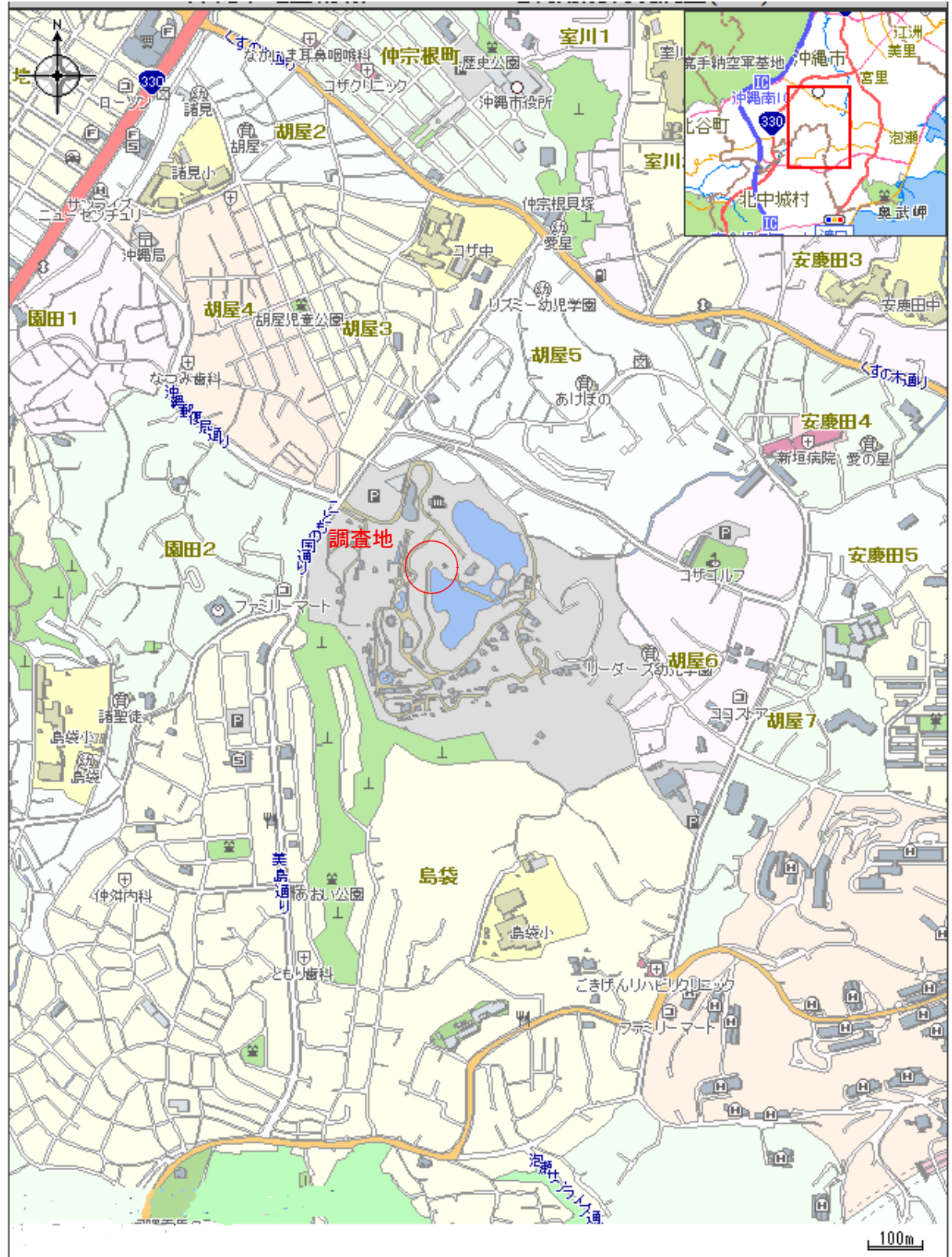
## 土質調査報告書

令和3年2月

発注者：沖縄市企画部プロジェクト推進室

# 調査地案内図

沖縄市こどもの国内



## 目 次

§ 1. 業 務 概 要	1
1-1. 概 要	1
1-2. 調査方法	2
§ 2. 調査地域の地形・地質	6
§ 3. 調 査 結 果	9
3-1. 地盤概要	9
3-2. 孔内水位	10
3-3. 液状化について	11
§ 4. 土質定数の推定	13
4-1. 土質定数の推定式	13
4-2. 各土層の土質定数	15
§ 5. 地盤の許容応力度の算定	16
5-1. 直接基礎の地盤の許容応力度の算定	16
§ 6. 基礎に関する考察	18
6-1. 基礎形式	18
6-2. 支持地盤	19

### ==== 添付図面、資料等 =====

- ・ 調 査 位 置 図
- ・ 推 定 土 層 断 面 図
- ・ ボーリング柱状図
- ・ サウンディングデータ
- ・ 調 査 記 録 写 真
- ・ 磁 気 探 査 報 告 書

## § 1. 業務概要

### 1-1 概要

- 1) 業務名称 : こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託
- 2) 履行場所 : 沖縄市胡屋五丁目7番1号
- 3) 調査期間 : (自) 令和 2年 6月16日  
(至) 令和 3年 2月26日
- 4) 発注者 : 沖縄市企画部プロジェクト推進室
- 5) 受注者 :
- 6) 目的 : 沖縄市こどもの国公園内における「こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託」に伴い、土層構成や地盤の支持力特性等、設計・施工に必要な基礎資料を得ることを目的とする。
- 7) 調査内容
  - a) 試錐工
 

工種 : ロータリー式ボーリング(孔径φ66mm)

孔数 : 1孔

試錐長 : 8.00 m
  - b) 原位置試験
 

標準貫入試験 : 8回
  - c) スウェーデン式サウンディング試験 : 2箇所=8m+2.60m=10.60m
  - d) 磁気探査(別孔先行掘り)
 

鉛直探査 : 10.00 m

表1-1 調査数量表

孔番 No.	地盤高 BM(m)	掘進長 (m)	層別掘進長 (m)				標準貫入試験 (回)			
			φ66mm (ノンコアボーリング <sup>※</sup> )				内訳			
			粘性土	砂質土	砂礫土	砂岩	粘性土	砂質土	砂礫土	砂岩
B-1	- 0.37	8.00	2.40	4.00	0.40	1.20	2	4	-	2
合計		8.00	2.40	4.00	0.40	1.20	2	4	-	2

## 1-2 調査方法

ボーリング調査は、ロータリー式の hidroリックフィード式試錐機(YBM-05D,)を使用し行った。ボーリング孔径はφ66mmとし掘削を行った。また、必要に応じては孔壁保護を目的とするφ86mmのケーシングイブによる送水掘りを平行して行った(図-2.1参照)。

標準貫入試験は、原則として1m毎に実施し、N値の記録は10cm毎の打撃回数あるいは打撃回数が60回の時の貫入量を記録した。ハンマーの落下方法は「半自動式装置」を採用した。

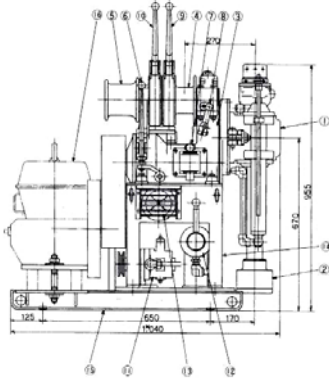
(図-2.2参照)

### 1) 使用機械器具

ボーリング機械	——	hidroリックフィード式 (YBM-05DA-2, 吉田鉄鋼) (図-2.1参照)
標準貫入試験	——	JIS A 1219に規定されるもの (図-2.2参照)
コアバーレル	——	シングルチューブコアバーレル
ボーリングビット	——	メタルクラウン
孔壁保護	——	φ86mmケーシングパイプ
ボーリングポンプ	——	カーツ(株)SX-251

Model YBM-O5DA-2

【本体主要部の名称】



- ① スイベルヘッド
- ② スクリューチャック
- ③ トランスミッション
- ④ ホイストドラム
- ⑤ キャットヘッド
- ⑥ メインラッチレバー
- ⑦ ギヤチェンジレバー
- ⑧ スピンドルシフトレバー
- ⑨ プレーキレバー
- ⑩ ホイストチェンジレバー
- ⑪ オイルポンプ
- ⑫ マニアルバルブ
- ⑬ プレッシュヤージ
- ⑭ シャシー
- ⑮ ベース
- ⑯ アルミムーブ

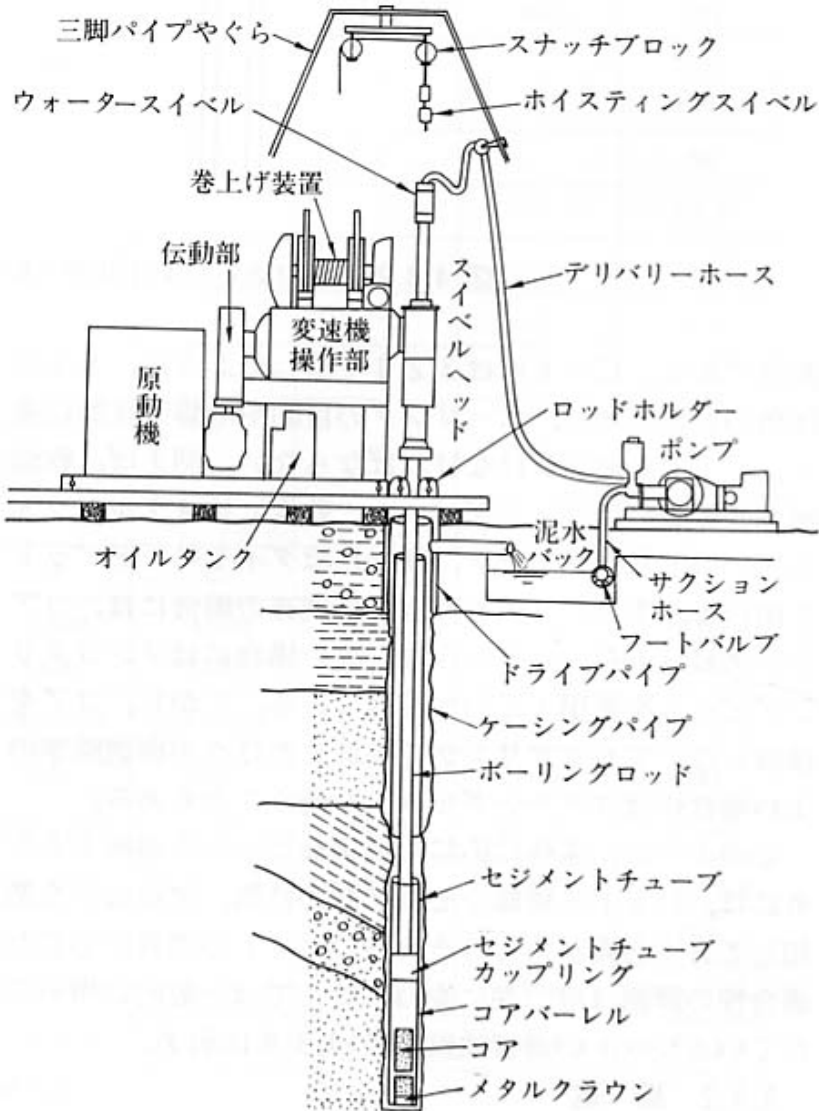


図-2.1 ボーリング装置概念図

## 2) 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における地盤の硬軟、締まり具合の相対値を求めるためのN値の測定と乱した試料採取を目的とする。下記に標準貫入試験の概念図を参照。

土の標準貫入試験方法 (JIS A 1219)	
概念図	<p>The diagram illustrates the SPT setup. On the left, a hammer (ハンマー) with a mass of 63.5 kg is shown falling from a height of 76 cm onto an anvil (アンビル). The anvil is connected to a sampler (標準貫入試験用サンプラー) which is 30 cm long. The sampler is mounted on a boring rod (ボーリングロッド). The diagram also shows details of the sampler components: the sampler sleeve (サンプリングスリーブ) with a diameter of 47 mm, the sampler spoon (サンプリングスプーン) with a diameter of 31 mm, and the sampler head (サンプリングヘッド) with a diameter of 25 mm. The anvil has a diameter of 71 mm and a height of 43 mm. The hammer has a diameter of 810 mm and a height of 173 mm. The sampler has a diameter of 43 mm and a length of 180 mm. The diagram also shows the sampler being used to take a sample from a borehole.</p>
目的	<p>①N値を求めて、原位置地盤における土の相対的な硬軟と、土の締まり具合を判定、および土の地盤工学的性質を把握すること。</p> <p>②採取した試料により、土の判別と分類を行うこと。</p>
原理	<p>この試験は、動的貫入試験に分類される。</p> <p>N値とは、質量<math>63.5 \pm 0.5 \text{ Kg}</math>のドライブハンマーを<math>76 \pm 1 \text{ cm}</math>より自由落下させることによって、サンプラーを<math>30 \text{ cm}</math>貫入させるのに必要な打撃回数をいう。</p> <p>試験器具は、標準貫入試験用サンプラー、ハンマー (<math>63.5 \pm 0.5 \text{ kg}</math>の鋼製ハンマー)、ノッキングヘッド、ボーリングロッドおよび半自動式などの落下用具からなる</p> <p>試験手順は次のようである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①ボーリングで所定の深さまで掘進する。</li> <li>②ボーリング孔底のスライムを取り除く。</li> <li>③サンプラーをロッドの先端に付けて孔底に降ろす。</li> <li>④試験は原則として、<math>15 \text{ cm}</math>の予備うちの後、質量<math>63.5 \pm 0.5 \text{ kg}</math>の重錘を、<math>75 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}</math>の高さから落下させることによって、サンプラーを<math>30 \text{ cm}</math>貫入させ、この時の打撃回数(N値)を測定する。</li> <li>⑤さらに、<math>5 \text{ cm}</math>の後打ちの後ロッドを引き上げる。このときサンプラー内に土質試料を採取する。</li> </ul>
適用性・留意点	<p>①本試験は主として粗粒土の強度と変形定数を求めるために用いられるが、他の種類の地盤に摘要してもよい。</p> <p>②一般に砂質土は粘性土より高いN値を示し、砂と粘土の混合割合によって、N値も変化する。</p> <p>③測定上の留意点</p> <p>本試験は、ボーリング孔底下の地盤を対象として行う試験であるので、スライムや孔底のゆるみをできるだけ生じない状態で試験を行うことが肝要である。</p>

図-2.2 標準貫入試験方法

### 3) 磁気探査の方法

#### ○ 鉛直探査方法

表層探査後、0.30mボーリングを実施し、小型磁気傾度計により探査を行う。鉛直探査は、孔底直下の安全を確認するためにボーリング0.3m毎に「削孔→探査」を繰り返し5インチ砲弾貫入深度3.5mか、爆弾推定埋没深度計算により得られた50キロ爆弾の推定埋没深度まで行い、その深度以降については0.5m毎に「削孔→探査」を繰り返し、250キロ爆弾の貫入深度に達するまで行う。





## § 2. 調査地域の地形・地質

沖縄本島中部地形は比較的なだらかな島尻層の丘陵と低平で単調な石灰岩台地からなり、標高200mをこえる山地はほとんどない。首里以北の地形的特徴は全体的に太平洋側すなわち中城湾側に高く、ゆるやかに東シナ海に傾斜する傾動地形をなし、その傾斜面は海岸台地となって広がる。中城湾は断層による急崖が発達する。

沖縄本島中部の地質は新生代第三紀の島尻層群を基盤とし、その上部には新生代第四紀の琉球石灰岩が不整合に覆っている。

調査地の沖縄市の主要市街地は、北中城村島袋・沖縄市山里を通過してコザ中央公園、仲宗根方向へ伸びる標高100m～130mの尾根状の島尻台地と、その東斜面及び西斜面に集中している。

沖縄市の台地の基盤は新第三紀島尻層群の泥岩（クチャ）からなっている。しかし、局部的に砂岩（ニービ）と第四紀の琉球石灰岩の残留風化岩が露出している区域が存在する。砂岩・泥岩ともに風化に対して抵抗力が大きいので、これらの露出地は急崖状の丘部を形成し、尾根状地形を助長する働きをしている。

沖縄市では琉球石灰岩は仲宗根一帯に露出しており、石灰岩の崖縁部の標高は仲宗根側で115m、嘉真良側で100mとなり、その地層は20m前後となっている。

仲宗根の石灰岩段丘から見おろす美里・具志川方面は、新第三紀の島尻層が低地の台地面を構成し、緩やかな波状地形を示す島尻丘陵となって広がっている。一方、古謝・桃原・大里から比屋根・与儀に至る地域は、背後山地の標高約100mの台地の崖縁から海岸にかけて勾配15°～20°のなだらかな傾斜地形となっている。

中城湾に面する東側には台地の縁が海岸に平行して延び、地滑りの起こりやすい傾斜地となっている。海岸沿いには、細長く沖積低地が広がり、軟弱地盤を形成している。

調査地はこどもの国園内に位置する。1972年に沖縄県の本土復帰記念事業として開園された施設で沖縄県を代表する動物園としての特性を踏まえつつ、2004年に人材育成施設として生まれ変わった。園内には動物園、ワンダーミュージアム、チルドレンセンターなど遊んで学べる参加体験型プログラムを提供する施設が立ち並ぶ。調査地の地質は、第三紀島尻層群を基盤としている。島尻層群は沖縄の方言では泥岩を「クチャ」、砂岩を「ニービ」と称しているが、当該調査地では後者の砂岩が分布している。

図2-1 沖縄本島中・南部の地質

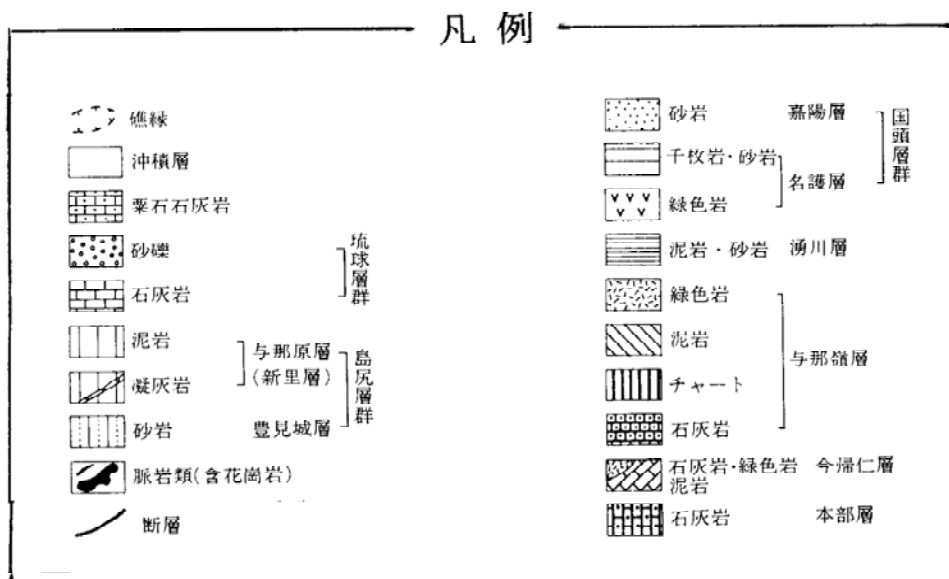
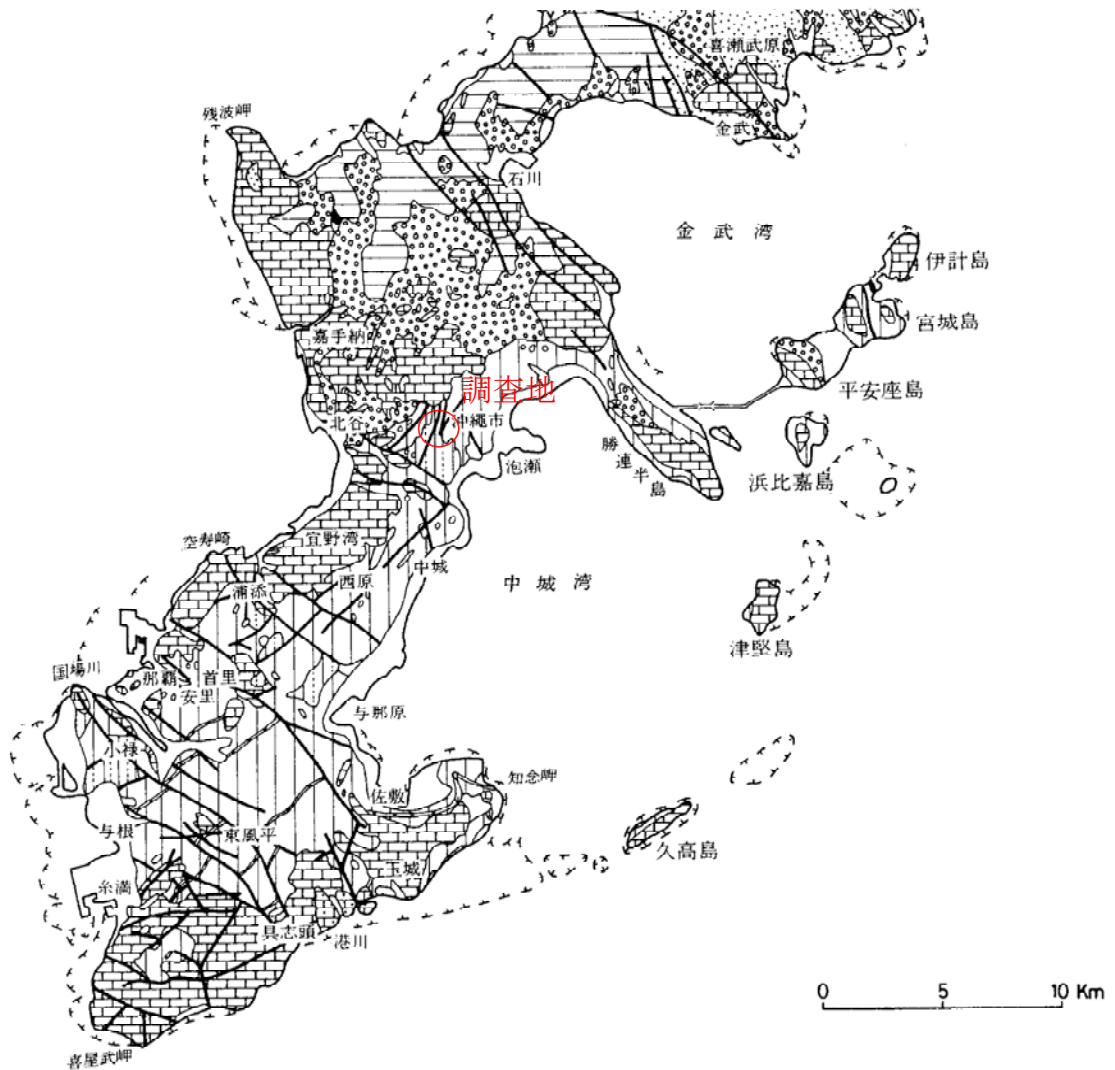


表2-1 沖縄中・南部の地質層序表

時代	柱状図	地質区分	岩相・構造	地形	土 壤	
第 四 世		現世サンゴ礁 堆積物	サンゴを主体とする固結・礫状及び礁池の粘土・シルト・砂・礫を主体とする軟弱部	サンゴ礁 地形	土壌化せず	
		新 期砂丘砂層	石灰質砂層 埋設腐植土をはさむ	砂 丘	砂質未熟土	
		沖 積 層	暗灰～暗褐色泥・砂・礫、サンゴ片などの海生化石を含む	沖積低地	灰色低地土壌（沖積土壌）	
紀 新 世		段 丘 石 灰 岩	褐色粘土質土 砂質石灰岩（栗石） 固結し、層理発達 分布は南東に高く北西に低い	段 丘 （中位段丘） 60～5m	褐色土壌 （黄褐色土）	
		赤 褐 色 土 琉 球 石 灰 岩	島尻マーヅ（石灰岩の風化土） 石灰岩は表層数～10mが再結晶作用をうける 下部は層理発達し、砂礫主体。固結部と砂礫状未固結部との互層あり	石灰岩台地 （断層ブロックによって断層崖多し）	赤褐色～黄褐色粘土質土壌（島尻マーヅ）	
		知 念 層	石灰質砂層			
第 三 紀 中 新 世		島 尻 層 群	新 里 層	砂岩（未～半固結）と泥岩（固結）の互層凝灰岩をはさむ	地形面なし 小起伏丘陵面及び急傾斜面	灰色台地土壌（一部赤褐色土） （ジャーガル）
			与那原層	厚い泥岩に薄い砂岩と凝灰岩をはさむ		
			豊見城層	小緑砂岩が上部、泥岩が下部		

出典：木崎甲子朗編「琉球弧の地質誌」

### § 3. 調査結果

#### 3-1. 地盤概要

地形・地質概要を踏まえて、ボーリング調査による土質成層構成を述べる。

調査地の地盤構成は、表層部に粘性土による埋土が見られ、中間層に緩い沖積層、そして基盤層の第三紀鮮新世の島尻層群へと続く地質層序を示す。ボーリング調査結果に基づいて地層毎に区分すると表3-1地質層序表に示す通りである。

表3-1 地質層序表

地質時代	地質区分	地盤土層区分		層相	N値範囲	
		記号	土層名			
現代	埋土	Bc	粘性土	粘性土主体で砂礫分混入。 上部はコンクリート舗装。	5~50	
第四紀	更新世	沖積層	Ac	粘性土	既存データH14B-3より。 高含水比で軟らかい。	2~4
第三紀	中新世	島尻層群	Ts-w	風化砂岩	灰色を呈したシルト質細砂砂岩塊(ニービスフニ)混入。 未固結砂岩主体	34~46
			Ts	砂岩		50以上

#### 第1層 埋土層(粘性土)

調査地の表層部の埋土。島尻層起源の粘土や砂質土の混合土を主体として石灰岩礫や泥岩礫や砂岩礫を混入する。所々で褐色を呈した島尻まあじによる埋土が確認される。含水比は中位~やや高め。GL-2.00m~GL-2.25m間はコンクリート塊混入。

#### 第2層 島尻層群(砂岩・泥岩互層)

本層は、調査地一帯の基盤を成す第三紀島尻層群与那原層で、与那原層の中でも泥岩・砂岩が互層を成す下部層と思われる。本層の出現深度はGL-2.80m付近から確認された。上部は風化作用により若干の変色を帯び軟化している。風化部の下位(GL-6.80m)からN値=50以上を示す島尻層(砂岩・泥岩互層状)が確認された。GL-7m~8m附近では泥岩層中に赤褐色のサビ色を呈す亀裂面が確認された。層相としては全体的にシルト質細砂状で未固結砂岩状を呈している。色調は暗灰色を呈し低含水比で非常に密な状態にある。

### 3-2. 孔内水位

地下水位の観測方法は、下記に示す方法で確認を行い決定した。

1. 無水掘り時にコアやロッド及びレイモンドサンプラー等の表面が濡れている位置を確認して水位を決定する。
2. 有水掘りを行った場合は、孔内水の汲み上げ前の水位と、汲み上げ後の回復した水位の変動が微小になった時点の水位を確認して決定する。

※ GL-2.00mまでは無水掘りで水位は確認されず、GL-2.00mから有水掘りで掘削を実施した。。調査終了24時間経過後に水位計測した結果はGL-0.62mであった。

その結果は次表に示すとおりである。

表3-2 各調査地点の孔内水位

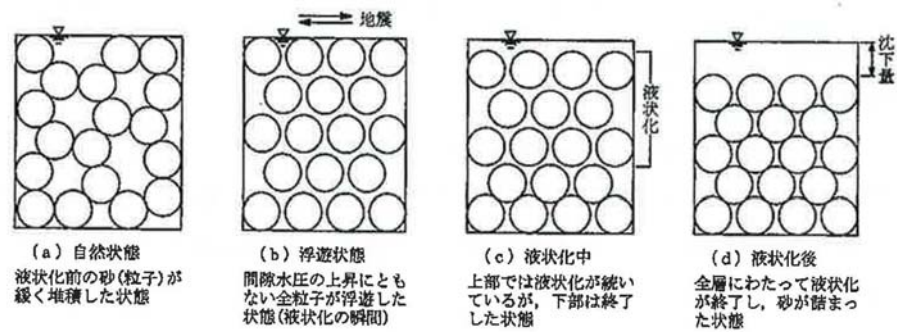
調査孔番号 No.	地盤高 BM (m)	確認水位		備考
		GL (-m)	BM (m)	
B-1	- 0.37	0.62	- 0.99	埋土

### 3-3. 液状化について

#### 1) 地盤の液状化現象とそのメカニズム

飽和状態にある粒径のそろった緩い砂質土が地震などによって揺すられた場合、粒子間に存在する間隙水の水圧が次第に上昇し、ついには砂粒子のかみ合わせが外れ、砂粒子は水中に浮遊した状態になる。このように、外力によってせん断力が繰返し作用し砂質土が液体状になる現象を液状化現象と呼んでいる。下図は液状化のメカニズムについて模式的に順を追って表現したものである。

地震時に液状化しやすい地盤は、地下水位が高く、かつ緩く堆積した砂質地盤であり、埋立地盤など人工造成地盤や比較的最近に堆積した沖積層がそれに該当する場合が多い。さらに、埋立地では、砂以外のたとえばシルトや礫が多く含まれる地盤でも液状化が発生する場合があることが確認されている。



液状化のメカニズム

## 2) 液状化判定

日本建築学会「建築基礎構造設計指針」で述べられている液状化の判定を行う必要がある土層の規定はつぎに示すとおりで、これらのすべての条件に該当する沖積層の飽和砂質土は、地震時に液状化が生じる可能性があるため、液状化の判定を行わなければならない。

- (1) 一般に地表面から20m程度以浅の沖積層
- (2) 細粒分含有率 $F_c$ が35%以下の土層(ただし、埋立地盤あるいは盛土地盤では、細粒分含有率 $F_c \geq 35\%$ でも粘土分含有率 $P_c \leq 10\%$ または塑性指数 $I_p \leq 15\%$ の土層)
- (3) 細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫

※ 今回の調査地では、沖積層の砂質土が確認されていないことから液状化の可能性は低いと判断される。

## § 4. 地盤定数の推定

### 1) 地盤定数の推定式

成層される各土層の地盤定数を求める方法として以下の推定式が提案されている。

#### (1) 粘着力 (C)

粘性土の場合には、N値と一軸圧縮強さ (qu) の関係が次式によって提案されている。

$$\phi = 0 \quad \text{として} \quad c = qu / 2 \quad (\text{建築基礎構造設計指針})$$

$$qu = 12.5N \quad (\text{kn/m}^2) \quad (\text{地盤工学会：地盤調査法})$$

#### (2) 内部摩擦角 ( $\phi$ )

対象土質が砂質土・礫質土の場合、次式より推定する。(建築基礎構造設計指針)

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N + 15}^\circ$$

#### (3) 単位体積重量 ( $\gamma$ )

採取した試料の観察と既存資料、表4-1及び表4-2を参考として推定する。

表4-1 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>(tf/m<sup>3</sup>))

土 質	密なもの	緩いもの
礫 質 土	20 (2.0)	18 (1.8)
砂 質 土	19 (1.9)	17 (1.7)
粘 性 土	18 (1.8)	14 (1.4)

日本道路協会(仮設構造物工指針)



(参考資料)

表4-2 N値による土の詳細

粘土のコンシステンシー、N値、 $q_u$ の関係				
粘土のコンシステンシー	N値	現場観察	一軸圧縮強さ ( $kN/m^2$ )	単位体積重量 ( $kN/m^3$ )
非常に軟らかい	2以下	こぶしが容易に10数cm入る	25以下	14~15
軟らかい	2~4	親指が容易に10数cm入る	25~50	16
中ぐらい	4~8	努力すれば親指が10数cm入る	50~100	17
硬い	8~15	親指で凹ませられるがつつこむことは大変である	100~200	18
非常に硬い	15~30	爪で印がつけられる	200~400	19
大変硬い	30以上	爪で印をつけるのが難しい	400以上	19~20

N値と砂の相対密度との関係			
N値	相対密度(Terzghi-Peck)による	現場判別法 (東京都交通局データによる)	単位体積重量 ( $kN/m^3$ )
0~4	非常に緩い (very loose)	$\phi$ 13mmの鉄筋が容易に手で貫入する	17
4~10	緩い (loose)	ショベル(スコップ)で掘削できる	18
10~30	中位の (medium)	$\phi$ 13mmの鉄筋を5ポンドのハンマーで容易に打込める	19
30~50	密な (dense)	同上で 30cm位入る	20
50以上	非常に密な (very dense)	同上でも5~6cm位しか入らない。掘削につるはしを要し、打込むとき金属音を発する	20

MeyerhofによるN-D r - $\phi$ の関係				
砂の状態	相対密度 (Dr)	N値	内部摩擦角 ( $\phi$ )	静的コン支持力 (t/sq, tf)
非常に緩い (very loose)	0.2以下	4以下	30 以下	20 以下
緩い (loose)	0.2~0.4	4~10	30~35	20~40
締まった (compact)	0.4~0.6	10~30	35~40	40~120
密な (dense)	0.6~0.8	30~50	40~45	120~200
非常に密な (very dense)	0.8 以上	50以上	45 以下	200 以上

参考資料 (土質基礎ライブラリー4. 土質試験結果の解釈と適用例/地盤工学会編) ※一部加筆

#### 4-2. 各土層の地盤定数

調査結果を基に、前述の推定式により確認された各土層の地盤定数を導く。

N値にバラツキのある土層は標準偏差を考慮して、次式にて設計N値を求める。

$$\text{設計N値} = (\text{平均N値}) - 1/2 (\text{標準偏差})$$

引用文献:地盤工学会発行「土質データのばらつきと設計」

表4-3 各土層の標準貫入試験結果 (N値整理表)

地質区分	土質名	データ数	範囲	平均N値	標準偏差	設計N値(案)
埋土	粘性土	1	5	5.0	-	5 (平均N値)
島尻層群	シルト質細砂	1	8	8.0	-	8 (平均N値)
	風化砂岩	3	34~46	38.3	6.6	35 (標準偏差N値)
	砂岩	2	50以上	50.0	0.0	5 (平均N値)

※埋土層のGL-2mのN値=50は礫当たりによるもので安全側に算定から除外した。

表4-4 土質定数一覧表

地質区分	土質名	提案N値	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦力 φ (度)	単位体積重量 γ <sub>t</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
埋土	粘性土	5	31.2	-	18
島尻層群	シルト質細砂	8	-	27.6	17
	風化砂岩	35	-	41.4	19
	砂岩	50	-	46.6	20

## § 5. 地盤の許容応力度の算定

### 1) 直接基礎の地盤の許容応力度の算定

許容応力度の算定は、平成13年7月の国土交通省告示第1113号の次式を用いる。

$$q_a = 1/3 (i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \dots (5-1式)$$

- 記号  $q_a$  : 地盤の許容応力度 (KN/m<sup>2</sup>)  
 $C$  : 基礎荷重面下にある地盤の粘着力 (KN/m<sup>2</sup>)  
 $\gamma_1$  : 基礎荷重面下にある地盤の単位体積重量 (KN/m<sup>3</sup>)  
 地下水以下にある場合は水中単位体積重量をとる。  
 $\gamma_2$  : 基礎荷重面下より上方にある地盤の平均単位体積重量 (KN/m<sup>3</sup>)  
 地下水以下にある部分については水中単位体積重量をとる。  
 $\alpha \cdot \beta$  : 表5-1に示す基礎荷重面の形状係数  
 $N_c \cdot N_r \cdot N_q$  : 表5-2に示す地盤内部の摩擦角に応じて定まる支持力係数  
 $i_c \cdot i_r \cdot i_q$  : 基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角に応じて計算した数値  
 $i_c = i_q = (1 - \theta / 90)^2$      $i_r = (1 - \theta / \phi)^2$   
 これらの式において、 $\theta$  および  $\phi$  は、それぞれ次の数値を表す  
 $\theta$  : 基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角 (度)  
 ( $\theta$  が  $\phi$  を超える場合は、 $\phi$  とする)  
 $\phi$  : 地盤の特性によって求めた内部摩擦角 (度)  
 $D_f$  : 基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ。(m)  
 $B$  : 基礎荷重面の短辺又は短径 (m)。

表 5-1 形状係数

基礎荷重面の形状 係数	形状	
	円形	円形以外の形状
$\alpha$	1.2	1.0+0.2・B/L
$\beta$	0.3	0.5-0.2・B/L

(注) B : 基礎荷重面の短辺又は短径の長さ  
 L : 基礎荷重面の長辺又は長径の長さ

表 5-2 支持力係数

$\phi$ (度)	$N_c$	$N_r$	$N_q$
0°	5.1	0.0	1.0
5°	6.5	0.1	1.6
10°	8.3	0.4	2.5
15°	11.0	1.1	3.9
20°	14.8	2.9	6.4
26°	22.2	8.1	11.9
28°	25.8	11.2	14.7
30°	30.1	15.7	18.4
32°	35.5	22.0	23.2
34°	42.2	31.1	29.4
36°	50.6	44.4	37.8
38°	61.4	64.1	48.9
40° 以上	75.3	93.7	64.2

調査地で確認された上層部の地盤の許容応力度を安全側に算定してみる。

荷重の傾斜に対する補正係数  $i_c$ ,  $i_r$ ,  $i_q$  は考慮しないものとし、安全側に、粘性土では内部摩擦角  $\phi = 0$ 、砂質土では粘着力  $C = 0$  として算定する。

よって(5-1)式は次のように表される。

$$q_a = 1/3 (\alpha \cdot C \cdot N_c + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \dots \dots \dots (5-2) \text{ 粘性土}$$

$$q_a = 1/3 (\beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \dots \dots \dots (5-3) \text{ 砂質土}$$

◎ 確認された第1層の礫混じり粘土層(埋土)を基礎底面とした場合

[算定条件]

基礎様式を正方形基礎1辺  $B = 2.0\text{m}$ 、根入れ  $D_f = 1.5\text{m}$  と仮定する。

設計 N 値	$N = 5$ (提案N値)
基礎荷重面の形状は 正方形基礎(仮定)とし	$\alpha = 1.2$
粘着力	$C = 31.2$
支持力係数	$N_c = 5.1$ $N_q = 1.0$
単位体積重量	$\gamma_2 = 18.0$
基礎の根入れ深さ	$D_f = 1.5$ (仮定)
基礎底面の最小幅	$B = 2.0$ (仮定)

∴ 地盤の許容応力度  $q_a$  は、

$$q_a = 1/3 (1.2 \cdot 31.2 \cdot 5.1 + 18.0 \cdot 1.5 \cdot 1.0) = 72.6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

## §6. 基礎に関する考察

調査結果に基づいて、計画される建築物の基礎に対する検討・考察を行う。

支持地盤と基礎形式は密接な関係にあり、両者の組み合わせとして基礎構造を検討することが重要である。

### 6-1. 基礎形式

建物の基礎構造は、その支持形式により直接基礎と杭基礎に大別される。直接基礎では、基礎スラブの形式によりフーチング基礎とべた基礎に分類され、杭基礎では杭の設置方法によって打ち込み杭、埋め込み杭等に分類され、また、杭材によっても分類される。

直接基礎の計画において、基礎は十分な強さ及び層厚をもつ良質な支持層に接地させることが重要である。

(支持層の目安について)

支持層の目安は砂質土や礫質土ではN値50(または60)以上、粘性土では20～30以上とすることが多いが、地盤条件や建築の要求性能、想定される基礎形式を勘案して設計者が適切に判断する。

「建築基礎設計のための地盤調査計画指針：日本建築学会」 P25

一般に、計画地盤高より2～3m程度に支持層が出現する場合は直接基礎が採用され、支持層がやや深い場合でもラップルコンクリート地業を含む支持力増強系に地盤改良工法の併用により、直接基礎が可能な場合もある。

深い基礎形式には、杭基礎が用いられるが、詳細な杭基礎の設計を行う前に概略の支持力や沈下の性能面からの検討、杭の施工性の検討、概算による工期やコスト面からの検討等総合的に判断し、諸条件を満足させるように、摩擦杭、中間層支持杭、支持杭等の支持形式と杭先端の支持地盤を選定する必要がある。

今回の調査結果から、前頁に示すように調査地の表層部で確認された粘性土層(埋土層)を支持層とした場合の支持力を仮定の条件下で求めた。計画建築物に対して支持力が不足するようであれば地盤改良工法あるいは杭基礎工法等の検討が必要になってくる。

## 6-2. 支持地盤

支持地盤選定の原則は、上部構造物の特性、想定し得る基礎形式、敷地の状況及び条件などからみて、建物自体ならびにその機能に有害な障害を生じないように建物を確実に支持できる地盤を選ぶことである。良質な支持層の目安は上部構造物の規模、基礎形式により若干異なっているが、例を示せば下表のようになる。

表6-1 各機関による支持層の目安

規程機関・出典等	上部構造物 基礎形式等	良質な支持層の目安		備 考
		粘性土	砂質土	
日本道路協会・ 道路橋示方書・4)	橋梁・直接ケルン等	N $\geq$ 20 (qu $\geq$ 0.4N/m <sup>2</sup> )	N $\geq$ 30 (砂礫層も概ね同様)	良質な支持層と考えられても、層厚が薄い場合や、その下に軟弱な層や圧密層がある場合はその影響の検討必要
日本道路協会・ 道路土工-擁壁工指針 道路土工-カルバート工指針	擁壁・カルバート等	N $\geq$ 10~15 (qu $\geq$ 100~200kN/m <sup>2</sup> )	N $\geq$ 20	良質な支持層と考えられても、層厚が薄い場合や、その下に軟弱な層や圧密層がある場合はその影響の検討必要
日本道路公団・ 設計要領第二集	橋梁・直接及び杭	N $\geq$ 20 (直接基礎の場合は地表 面下5m以内)	N $\geq$ 30 (直接基礎の場合は地表 面下5m以内)	良質な支持層と考えられても、層厚が薄い場合や、その下に軟弱な層や圧密層がある場合はその影響の検討必要

調査地は地表面よりGL-2.80m付近までは粘性土を主体とした埋土でGL-2.00m~GL-2.25m間ではコンクリート塊が確認された。GL-2.80m以深は調査地の基盤層である第三記島尻層群(砂岩・泥岩互層)が確認された。確認された第三記島尻層群は層上位で風化の影響により若干の強度低下はあるものの、深くになるに従い地盤強度は高まり安定した地盤特性を示す。建築物の支持地盤としてはN値 $\geq$ 30が連続で確認された島尻層群が検討対象になると思われる。支持地盤の決定には建築物の規模及び基礎形式により経済性、施工性を考慮されて最良の方法で決定されて下さい。

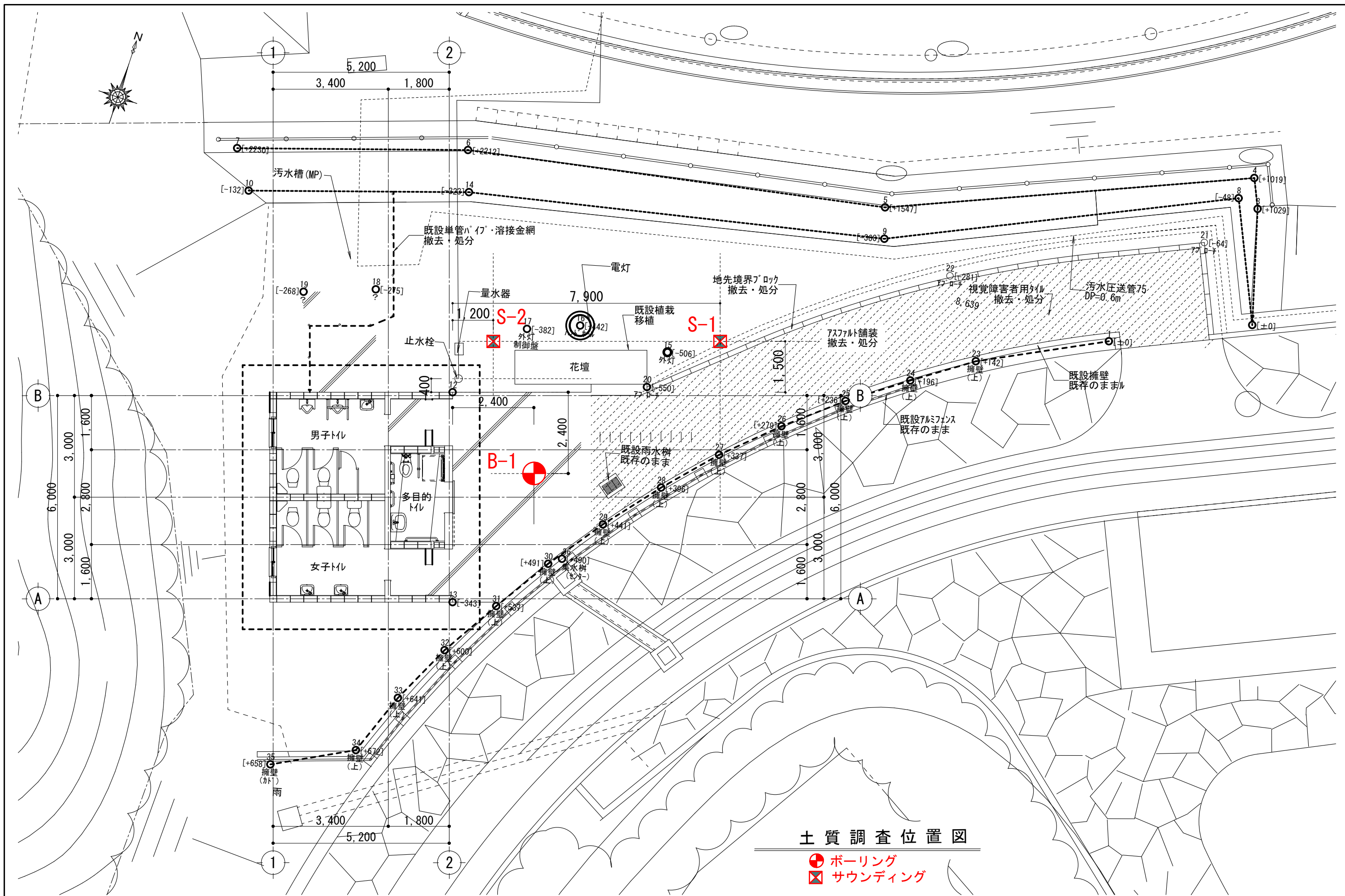
以上ご報告致します。

— 添 付 資 料 —

- ・ 調 査 位 置 図
- ・ 推 定 土 層 断 面 図
- ・ ボ ー リ ン グ 柱 状 図
- ・ サ ウ ン テ ィ ン グ 試 験 デ ー タ
- ・ 調 査 記 録 写 真
- ・ 磁 気 探 査 報 告 書

調査位置図





土質調査位置図

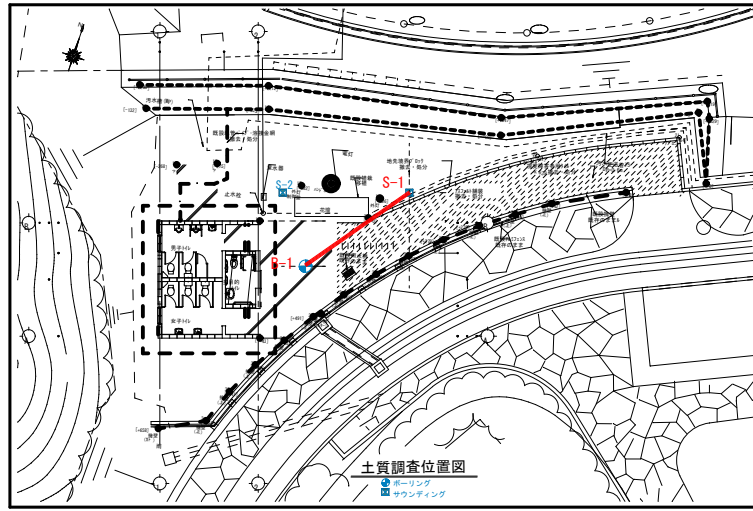
- ボーリング
- ⊠ サウンディング

注) 設計変更の際は建築士法19条によること  
 記事

製図 工事名称 水と緑の広場 トイレ新築工事  
 校図 工事場所 沖縄市胡屋五丁目7番1号 他

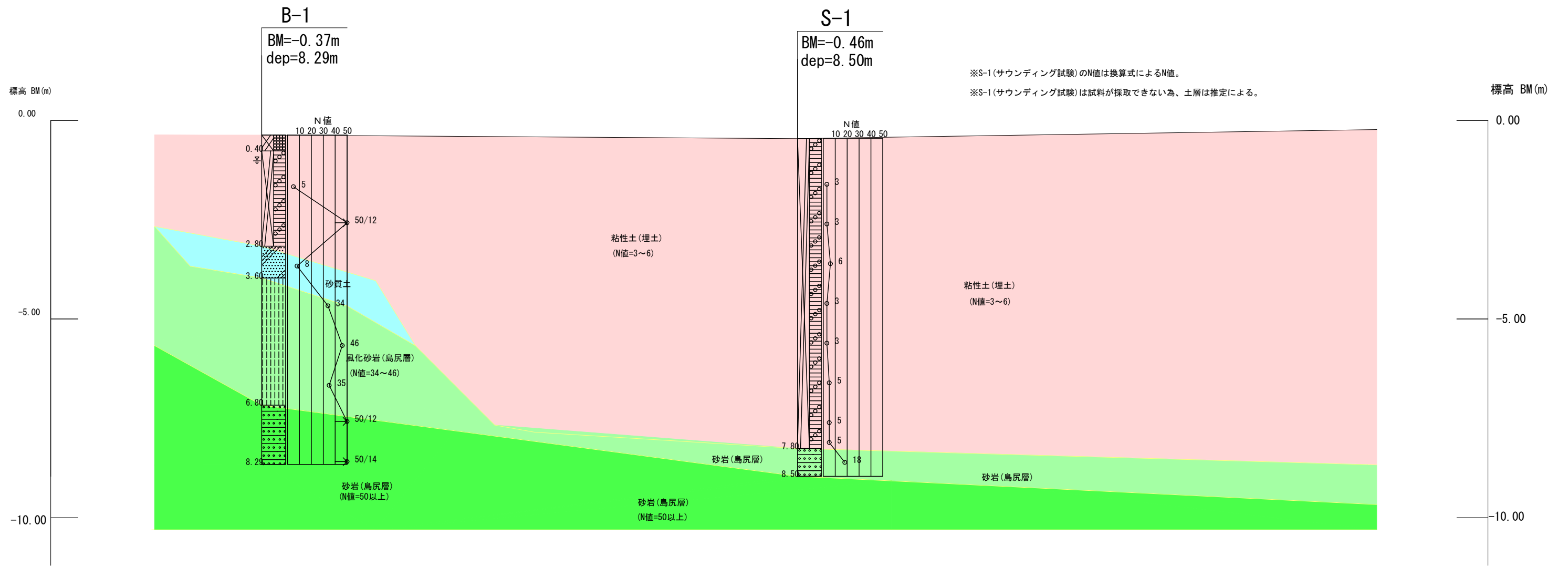
図面名称 土質調査位置図  
 縮尺 S=1:100 (A1)  
 S=1:200 (A3)  
 図面番号 A-21  
 年月日

推定土層断面図



### 推定土層断面図

縮尺：横1/50 縦1/100 (A3)



凡 例

Bc	粘性土	埋土
Ts-w1	シルト質細砂 (N値=10以下)	島尻層群
Ts-w2	風化砂岩 (35 ≤ N値 ≤ 45)	
Ts	砂岩 (50 ≤ N値)	

工 事 名	こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託
調 査 位 置	沖縄市胡屋5丁目7番1号、他
図面の種類	推定土層断面図
縮 尺	V=1:50 H=1:100 (A3)
作成年月日	令和3年2月
発 注 者	沖縄市企画部プロジェクト推進室

ボーリング柱状図

# ボーリング柱状図

調査名 こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託

ボーリングNo.									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

孔口標高: 86.14m 事業・工事名

シートNo.

ボーリング名	B-1		調査位置	沖縄県沖縄市胡屋5丁目7番1号 他				北緯	
発注機関	沖縄市企画部プロジェクト推進室			調査期間	2021年2月2日～2021年2月2日			東経	
調査業者名				主任技師	現場代理人	コア鑑定者	比嘉順昌	ボーリング責任者	島袋 駿
孔口標高	BM -0.37m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北 0° 270° 西 180° 南 90° 東	地盤勾配	水平 0° 鉛直 90°	使用機種	試験機
総掘進長	8.29m	度		向				エンジン	YBM-05 ハンマー落下用具 ポンプ
									半自動落下装置 (株)ハツタ YS550DX

標尺 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 m / 測定月日	標準貫入試験				N 値 - ○ -	原位置試験 深度 m	試験名 および結果	試料採取			室内試験 ( ) 掘進 月日		
										深 度 m	10cm毎の 打撃回数						打撃回数 / 貫入量 cm	深 度 m	深 度 m		深 度 m	採 取 方 法
											0	10	20									
	-0.77	0.40	0.40	埋土、砂礫	乳褐			埋土。 上部10m程はコンクリート。 敷石材30cm程(砂礫)。	2/3 0.62 年	1.15												
1				埋土、礫混じり粘土	灰褐～暗灰			埋土。 高塑性粘土主体で石灰岩砂礫分を所々に混入する。 部分的に砂岩礫や腐植物混入。 GL-2.00m～2.25m間ではコンクリート片混入。 含水比は中～高位。		1.45	2	1	2	5	5							
2										2.15	42	8		50	50							
3	-3.17	2.40	2.80	シルト質細砂	暗灰			シルト質細砂。 砂岩風化土。		2.27		2		12	50							
	-3.97	0.80	3.60							3.15	3	3	2	8	8							
4				風化砂岩	暗灰			第三紀島尻層群。 砂岩(俗称:ニービ)の風化土。 シルト質細砂状呈す。 部分的にシルト分を多く含む。 含水比は中～低位。 N値=30以上示す。		3.45				30								
										4.15	9	12	13	34	34							
5										4.45				30								
										5.15	11	15	20	46	46							
6										5.45				30								
										6.15	8	11	16	35	35							
7	-7.17	3.20	6.80	泥岩・砂岩互層	暗茶～暗灰			第三紀島尻層群砂岩・泥岩互層 砂岩主体で泥岩を挟む。 砂岩はシルト質細砂状、泥岩層中にはクラック面があり赤茶色のサビ色呈す。 含水比は低位。		6.45				30								
										7.15	28	22		50	50							
8	-8.66	1.49	8.29							7.27		2		12								
										8.15	27	23		50	50							
										8.29		4		14								

スウェーデン式サウンディング試験データ

調査件名 こどもの国便益施設基本・実施改修設計業務委託

試験年月日 令和 3年 2月 16日

地点番号 (地盤高) S-1 (BM-0.462m)

試験者 金武 雄洋

載荷装置の種類		重りによる載荷		回転装置の種類			機械		天候		晴れ	
荷重 $W_{sw}$ kN	半回転数 $N_a$	貫入深さ $D$ m	貫入量 $L$ cm	1m当たりの 半回転数 $N_{sw}$	換算 N値	長期許容 応力度 kN/m <sup>2</sup>	深さ m	荷重 $W_{sw}$ kN 0 0.25 0.5 0.75 0	貫入量 1 m 当たりの半回転数 $N_{sw}$ 0 50 100 200 300 400 600			
1.00	2	0.25	25	8	3.4	34.8						
//	5	0.50	25	20	4.0	42.0						
//	2	0.75	25	8	3.4	34.8	0.50					
//	0	1.00	25		3.0	30.0						
//	7	1.25	25	28	4.4	46.8	1.00					
//	0	1.50	25		3.0	30.0						
//	0	1.75	25		3.0	30.0	1.50					
//	0	2.00	25		3.0	30.0						
//	51	2.25	25	204	13.2	152.4	2.00					
//	7	2.50	25	28	3.8	46.8						
//	8	2.75	25	32	4.1	49.2	2.50					
//	1	3.00	25	4	3.2	32.4						
//	3	3.25	25	12	3.6	37.2	3.00					
//	2	3.50	25	8	3.4	34.8						
//	0	3.75	25		3.0	30.0	3.50					
//	0	4.00	25		3.0	30.0						
//	2	4.25	25	8	3.4	34.8	4.00					
//	3	4.50	25	12	3.6	37.2						
//	4	4.75	25	16	3.8	39.6	4.50					
//	5	5.00	25	20	4.0	42.0						
//	6	5.25	25	24	4.2	44.4	5.00					
//	6	5.50	25	24	4.2	44.4						
//	17	5.75	25	68	6.4	70.8	5.50					
//	19	6.00	25	76	6.8	75.6						
//	13	6.25	25	52	5.6	61.2	6.00					
//	11	6.50	25	44	5.2	56.4						
//	13	6.75	25	52	5.6	61.2	6.50					
//	7	7.00	25	28	4.4	46.8						
//	8	7.25	25	32	4.6	49.2	7.00					
//	8	7.50	25	32	4.6	49.2						
//	16	7.75	25	64	6.2	68.4	7.50					
//	79	8.00	25	316	18.8	219.6	8.00					
							8.50					
							9.00					
							9.50					
							10.00					

特記事項

礫・砂・砂質土 :  $N = 2W_{sw} + 0.067N_{sw}$   
 粘土・粘性土 :  $N = 3W_{sw} + 0.050N_{sw}$

荷重による貫入 :  $q_a = 30 \times (W_{sw})^2$   
 回転による貫入 :  $q_a = 30 + 0.6 \times N_{sw}$

調査件名 こどもの国便益施設基本・実施改修設計業務委託

試験年月日 令和 3年 2月 16日

地点番号 (地盤高) S-2 (BM-0.362m)

試験者 金武 雄洋

載荷装置の種類		重りによる載荷		回転装置の種類			機械		天候		晴れ	
荷重 $W_{sw}$ kN	半回転数 $N_a$	貫入深さ $D$ m	貫入量 $L$ cm	1m当たりの 半回転数 $N_{sw}$	換算 N値	長期許容 応力度 kN/m <sup>2</sup>	深さ m	荷重 $W_{sw}$ kN	貫入量 1 m 当たりの半回転数 $N_{sw}$			
								0 0.25 0.5 0.75 0	50 100 200 300 400 600			
1.00	8	0.25	25	32	4.6	49.2						
//	8	0.50	25	32	4.6	49.2	0.50					
//	55	0.75	25	220	16.7	162.0						
//	22	1.00	25	88	7.8	82.8						
//	44	1.25	25	176	11.8	135.6	1.00					
//	10	1.50	25	40	4.6	54.0						
//	9	1.75	25	36	4.8	51.6	1.50					
//	35	2.00	25	140	10.0	114.0						
//	97	2.25	25	388	22.4	262.8	2.00					
//	87	2.50	25	348	20.4	238.8						
//	43	2.60	10	430	24.5	288.0	2.50					
							3.00					
							3.50					
							4.00					
							4.50					
							5.00					
							5.50					
							6.00					
							6.50					
							7.00					
							7.50					
							8.00					
							8.50					
							9.00					
							9.50					
							10.00					

特記事項

礫・砂・砂質土 :  $N = 2W_{sw} + 0.067N_{sw}$   
 粘土・粘性土 :  $N = 3W_{sw} + 0.050N_{sw}$

荷重による貫入 :  $q_a = 30 \times (W_{sw})^2$   
 回転による貫入 :  $q_a = 30 + 0.6 \times N_{sw}$



調査記録写真

業務名 : こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託

位置 : 沖縄市胡屋5丁目7番1号 他

基本色調



標準貫入試験試料 写真 ボーリング No. B-1 深度 1.15m~8.29m

標本



深度	1.15~1.45	2.15~2.45	3.15~3.45	4.15~4.45	5.15~5.45	6.15~6.45	7.15~7.27	8.15~8.29		
N 値	5/30	50/12	8/30	34/30	46/30	35/30	50/12	50/14		
土質名	埋土(礫混じり粘土)	埋土(礫混じり粘土)	シルト質細砂	風化砂岩	風化砂岩	風化砂岩	砂岩・泥岩互層	砂岩・泥岩互層		

業務名:こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託



ボーリング調査
B-1
施工前



ボーリング調査
B-1
全景及び掘進状況



ボーリング調査
B-1
標準貫入試験状況

業務名:こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託



ボーリング調査
B-1
残尺



ボーリング調査
B-1
検尺



ボーリング調査
B-1
施工後

業務名:こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託



スウェーデン式 サウンディング試験
S-1
試験状況
最終貫入深度
8.00m



スウェーデン式 サウンディング試験
S-1
残尺状況



スウェーデン式 サウンディング試験
S-1
検尺状況

業務名:こどもの国便益施設基本・実施・改修設計業務委託



スウェーデン式 サウンディング試験
S-2
試験状況
最終貫入深度
2.60m



スウェーデン式 サウンディング試験
S-2
残尺状況



スウェーデン式 サウンディング試験
S-2
検尺状況

磁気探査報告書

業務名：こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託

位置：沖縄市胡屋五丁目7番1号

## 磁気探査報告書

令和3年2月

発注者：沖縄市企画部プロジェクト推進室



# 目 次

1. 探 查 概 要	—————	1
2. 探 查 機 器	—————	2
3. 探 查 方 法	—————	6
4. 解 析 方 法	—————	7
5. 探 查 結 果	—————	13

## ==== 添 付 資 料 =====

- ◆ 性能試験成績証明書
- ◆ 磁気探査数量表
- ◆ 鉛直探査異常点断面図
- ◆ 磁気測定値一覧表
- ◆ 写真
- ◆ 原記録紙

## 緒 言

本業務は、【こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託】の調査ボーリングに伴い埋没する地雷・爆弾等の危険物を探査し、工事の安全を図ることを目的として実施された。

危険物を探査するにあたって、爆弾等の鉄類の強磁性を利用した磁気探査が一般に用いられる。しかし、爆弾等の持つ磁気は地球の持つ磁気量に比較するとはるか小さいものであり、種々の障害物や変化に富む地形での探査は難しいものがある。

今回の探査に用いた両コイル型磁気傾度計は、これらの埋没鉄類を探査するために開発された機器である。

今回の調査は、爆弾等のもつ磁気の磁束をコイルが通過する際に生じる起電力を利用して低周波増幅器で増幅し、ペンレコーダに記録し、それを解析する探査方法で行った。

## 1. 業務概要

- 1) 目的: こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託の、調査ボーリングに伴い埋没する爆弾等の危険物を磁気探査し、業務の安全確保を図ることを目的として実施するものである。
- 2) 業務名: こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託
- 3) 探査位置: 沖縄市胡屋五丁目7番1号
- 4) 発注者: 沖縄市企画部プロジェクト推進室
- 5) 受注者:
- 6) 工期: (自)令和2年6月16日  
(至)令和3年2月26日
- 7) 数量: 以下に本業務における実施数量を示す。

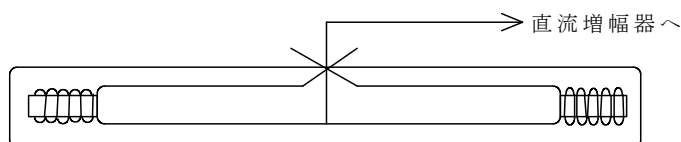
種別	細別	積算要素	単位	設計	変更	実施
磁気探査	水平磁気探査	計画準備	式	-	-	-
		表層探査	m <sup>2</sup>	-	-	-
		資料解析	m <sup>2</sup>	-	-	-
		経層探査	m <sup>2</sup>	-	-	-
		資料解析	m <sup>2</sup>	-	-	-
		簡易探査	m <sup>2</sup>	-	-	-
		確認探査	点	-	-	-
	鉛直磁気探査	計画準備	式	1	0	1
		測点設定	点	1	0	1
		ボーリング長	m	10.5	0	10.5
		鉛直探査	m	10.0	0	10.0
		資料解析	m	10.0	0	10.0
		確認探査	点	-	-	-
成果	報告書	部	1	0	1	

## 2. 探査機器

### 2-1 両コイル型磁気傾度計

今回使用する磁気探査機は、両コイル型磁気傾度計と呼ばれるものである。原理は、コイルの断面を横切る磁力線の変化に比例して生じる誘導起電力を測定することにより、磁気異常物の磁気量及びコイルの距離を算出する。

一般に鉄類の磁気は、物体に残っている残留磁気と、地球磁場により誘起される感応磁気によっている。これまでの実験によると、機雷・爆弾等の磁気は、ほぼ感応磁気である。これらの磁気異常は、地球磁場に比べて小さく、また局所的なものである。一つのコイルを移動する場合、一直線上に動かすことは非常に難しく、わずかな振動により、大きな起電力を生じる。したがって、これらの原因によるノイズを消去し、局所的な磁気異常をとらえるために、下図のような構造になっている。



両コイル型磁気傾度計

全く同様に作られた 2 個のコイルを、1.0m(鉛直探査)間隔に離し、コイルの中心が一直線上になるように固定し、逆方向に結線する。各コイルに生じる起電力は、振動及び外部の広範囲の磁気(地磁気・地質)に対して打ち消しあう。また、局所の磁気異常に対しては、両コイル間に起電力の差を生じ、検知することができる。

このようなセンサを水平または鉛直にして移動させるとき、磁界の変化に応じてそれぞれのコイルに起電圧が生じる。その両コイルの起電圧差を取り出して増幅し、記録紙に描かせる。このようにすると、センサの移動に際してセンサが傾いた場合、地球磁場による起電圧がそれぞれのコイルに発生するが、この値は等しいので相殺してゼロとなり、ノイズにはならない。地中に埋没した鉄類に対しては、2つのコイルに生ずる起電圧に差があるので、異常として検出する。

## 2-2 探査機器仕様


### 1) 両コイル型磁気傾度計(水平用)

#### 【水平探査】

本機の仕様	フラックスメータ
外形寸法	$\phi = 50.0\text{mm}$ L = 1990mm
重量	約7.0kg
センサー材質	アルミニウム・真鍮
能力	小型爆弾・砲弾等(50kg級)で地表面下-1.0m 大型爆弾・砲弾等(250kg級)で地表面下-2.0m の深度まで探知可能
	

### 2) 両コイル型磁気傾度計(鉛直用)


#### 【鉛直探査】

本機の仕様	フラックスメータ
外形寸法	$\phi = 25.4\text{mm}$ L = 1410mm
重量	約2.0kg
センサー材質	真鍮
能力	小型爆弾・砲弾等(50kg級)で地表面下-1.0m 大型爆弾・砲弾等(250kg級)で地表面下-2.0m の深度まで探知可能
	

3) 増幅機能併用無線機


本器は、磁気探査中に磁気傾度計が磁気異常を感知して発生する微少な電気信号を増幅し、記録器に送り出す機器である。

増幅方式	差動増幅方式
入力インピーダンス	50K $\Omega$
出力インピーダンス	50K $\Omega$ 以上
増幅度	36dB
フィルタ特性	ローパスフィルタ
送受信距離	WIFI

4) 卓上型自動平衡記録器(U-329)

記録方式	パソコン
ペン走行時間	1/3sec以下
測定範囲	(1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500)mV (1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200) V (17レンジ)
有効記録幅	250mm
外形寸法	430(W)×170(H)×410(D) mm
重量	

5) 簡易探知機 フラックスゲート GA-72Cd 型

構造	頑丈、全ソリッドステート構成
感度切替	L～H
動作温度	-25℃～+60℃
出力	感度音量調節
全長	約876mm
重量	1.14kg



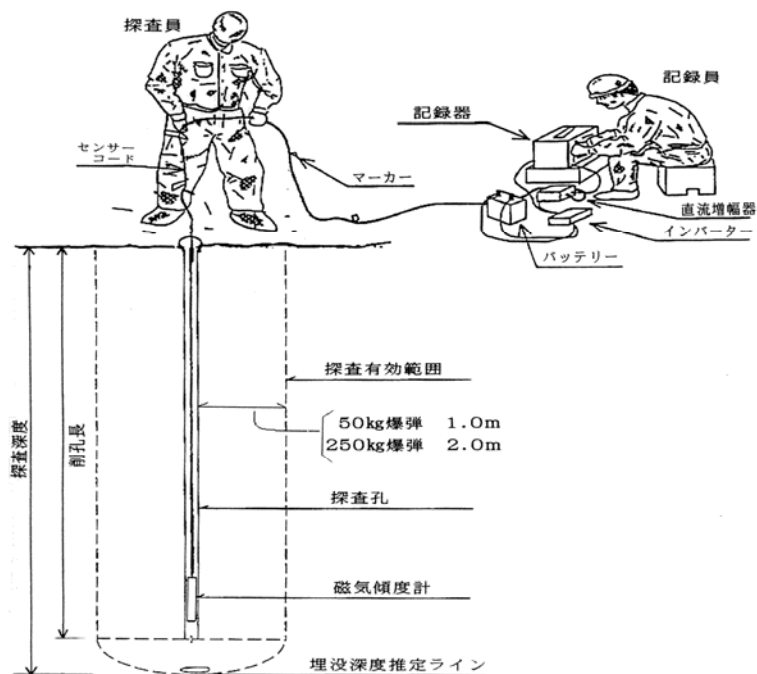
### 3 探査方法

#### 鉛直探査

簡易探査の実施後にボーリング点を設置し、掘削を 0.3m ずつ掘り下げ、1.0m 毎に探知機の滑り落とし・引き上げを数回繰り返して、ボーリング孔底下に磁気異常がないかを調査する。

探査員は下図のように探知機を滑り落とし、引き上げる際には 1m 毎に記録員に合図をし、記録員は 1m 毎に記録紙上にマークする。このマークは、磁気異常物の位置を知るのに必要なものである。

鉛直探査状況





## 4. 解析方法

### 1) 原理

#### ・クーロンの法則

磁石の磁極の強さはその付近に他の磁石を置いた場合に、両磁極間に作用する吸引力または反発力の大小で比較する。2 個の磁極間に作用する力の大きさは、それらの磁極の強さの相乗積に比例し、相互間の距離の 2 乗に反比例するものである。

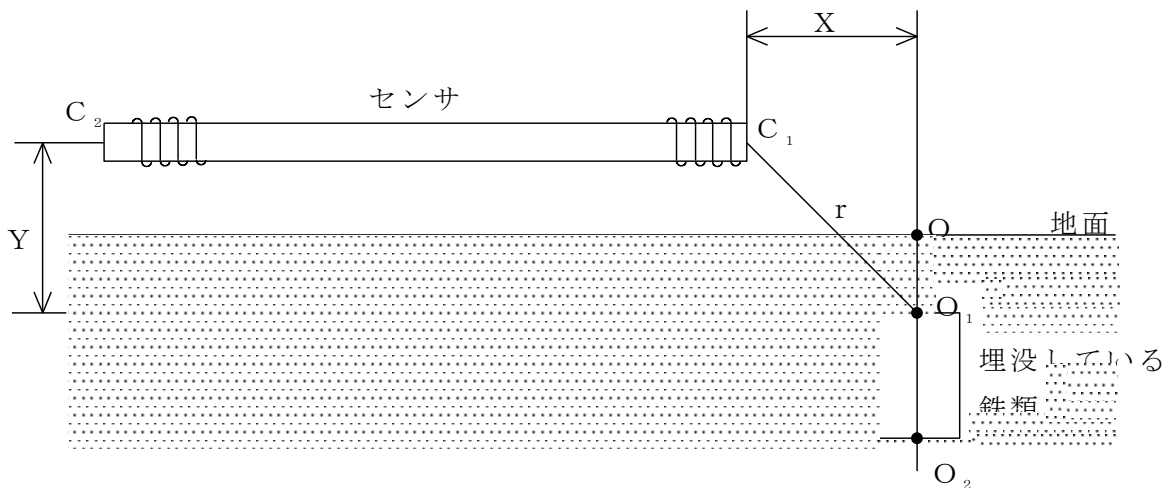
いま  $m_1$ 、 $m_2$  の強さを持つ二つの微小磁極を空気中に  $r$  の距離を隔てて置くと、これらの相互間に働く力  $F$  は次式で表される。

$$F = \propto \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \text{or} \quad F = K \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

### 2) 埋没鉄類による磁気

地中に埋没している鉄類の形状、帯磁の状況を正確にとらえるのは不可能としても、爆弾・砲弾・機雷等のようなものは N、S の 2 極を持つものと考えることができる。

いま A 図の示すように磁極の一つが深さ  $Y$  に埋没しているものとして、その鉄類の磁極を単極として考えてみる。



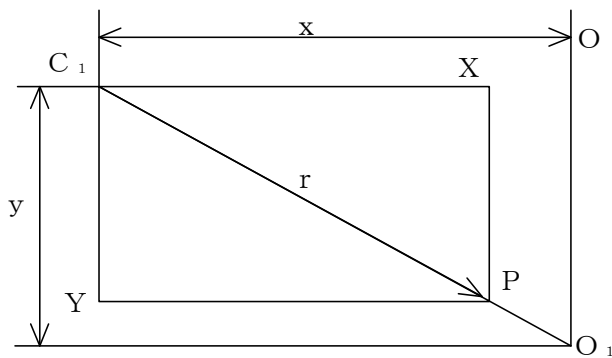
この鉄類の上をコイル  $C_1$ 、 $C_2$  をつけたセンサが地表に平行に移動するものとし、センサと鉄類は同一鉄鉛直面内にあるものとする。

いま  $M$  は鉄類の一端  $O$  の磁気量、 $r$  は  $C_1 O_1$  間の距離とするとセンサの端に働く磁場の強さ  $P$  はクーロンの法則により、

$$P = \frac{M}{r^2} \dots\dots\dots (1)$$

で表すことができる。

次に、この磁界の強さ  $P$  は  $O_1 C_1$  間に働くものであるから、これを水平成分と垂直成分に分解すると、次のようなベクトル図ができる。



$$\frac{X}{P} = \frac{C_1 O}{C_1 O_1} = \frac{x}{r}$$

ゆえに

$$X = \frac{P x}{r} \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式を (2) 式に代入すると

$$X = \frac{M x}{r^3} \dots\dots\dots (3)$$

が得られる。

すでに前の頁でも説明したように両コイル型磁気傾度計のセンサで測定されるのはコイルが移動する際に、磁束をコイルが切るときに生じる起電力であるから、起電力  $E$  は  $X$  成分を時間で微分して得ることができる。

$$E = \frac{d X}{d t} = \frac{d X}{d x} \cdot \frac{d x}{d t} \dots\dots\dots (4)$$

ここで  $d X / d x$  は場所による磁力の変化であり、 $d x / d t$  はセンサの移動速度  $V$  である。

次に(3)式より、 $d X / d x$  の値を計算してみる。

$$\begin{aligned} \frac{d X}{d x} &= M \cdot \frac{d}{d t} \left( \frac{x}{r^3} \right) \\ &= M \cdot \left\{ \frac{1 \cdot r^3 - x \cdot 3 r^2 \cdot \frac{d r}{d x}}{(r^3)^2} \right\} \end{aligned}$$

次に  $dr / dx$  を  $r^2 = (x^2 + y^2)$  より求めると

$$\frac{dr}{dx} = \frac{1}{2} (x^2 + y^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot 2x = \frac{x}{r}$$

$$\therefore \frac{dr}{dx} = \frac{x}{r}$$

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dx} &= M \cdot \left( \frac{r^3 - 3x^2 \cdot r}{r^6} \right) \\ &= M \cdot \left( \frac{r^3 - 3rx^2}{r^6} \right) = M \cdot \left( \frac{r(r^2 - 3x^2)}{r^6} \right) \\ &= M \cdot \frac{r^2 - 3x^2}{r^5} \end{aligned}$$

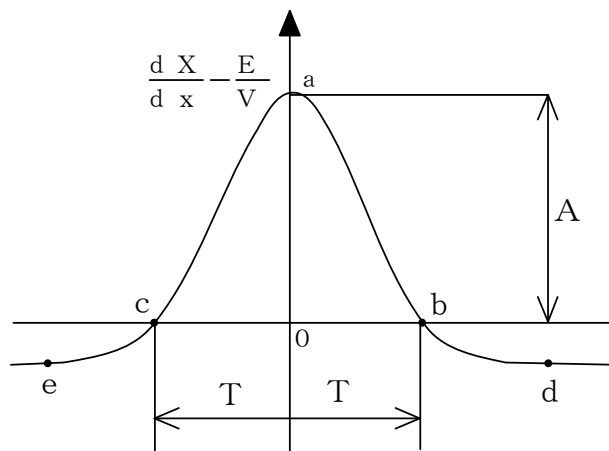
$$\therefore \frac{dX}{dx} = M \cdot \frac{y^2 - 2x^2}{r^5} \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式に (4) 式を代入すれば

$$E = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{dX}{dx} = V \cdot M \cdot \frac{y^2 - 2x^2}{r^5}$$

$$\therefore E = V \cdot M \cdot \frac{y^2 - 2x^2}{r^5} \dots\dots\dots (6)$$

次に両コイル型磁気傾度計を移動させ、異常点上(異常磁界中)を通過させた時のペンレコーダの波形を分析してみる。



上図に示されているグラフより極大値、極小値を求めてみる。  $dX / dx$  の 0 値は図に示される通り b、c 点である。

(6)式より  $E = 0$  とすれば、 $y^2 - 2x^2 = 0$

$$x = \pm \sqrt{\frac{1}{2}} y \quad \dots\dots\dots (\text{点 } b, c)$$

極値は  $dE / dx = 0$  すなわち、 $d^2 X / D x^2 = 0$  とおくことにより

$$\frac{d^2 X}{d x^2} = M \frac{d}{d X} \left( \frac{y^2 - 2 x^2}{r^5} \right) = M \frac{3 x (2 x^2 - 3 y^2)}{r^7} = 0$$

ゆえに、 $X = 0$  のとき

$$\frac{d X}{d x} = M \left( \frac{y^2}{r^5} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{点 } a)$$

$$X = \pm \sqrt{\frac{3}{2}} y \text{ のとき}$$

$$\frac{d X}{d x} = M \left( \frac{-2 y^2}{r^5} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{点 } d, e)$$

以上の計算結果から明らかのように、記録の周期( $x$  軸方向の  $b, c$  の長さ)は

$$\overline{O b} \quad \overline{O c} = \sqrt{\frac{1}{2}} y$$

であり、周期が深さに比例することが判る。

また、記録の最大振幅すなわち  $a-0$  の長さは、 $x = 0$  のときであり、 $r = y$  となるから、

$$\frac{d X}{d x} = M \left( \frac{y^2}{r^5} \right) = \frac{M}{r^3}$$

$$\therefore M = y^3 \left( \frac{d X}{d x} \right)$$

となる。

すなわち、振幅が磁気量に比例することが判る。

### 3) 削孔中心からの距離【鉛直探査】

すでに述べたように周期は長さに比例するので、周期を読みとることによって埋没深度が算出される。

この両コイル型磁気傾度計では、1.0m間隔でコイル2個を使用しているため、異常波形は1.0m離れて逆向きに現れる。

この間隔をL (cm) とする。

この記録紙上のLが1.0mに相当するので右図のAB=CD=Tとすると

Tを距離に換算すると

$$1.0 T / L \quad (\text{m})$$

となる。

(6) 式より  $E = 0$  とすれば

$$y^2 - 2x^2 = 0$$

$$X = \pm \sqrt{\frac{1}{2}} y$$

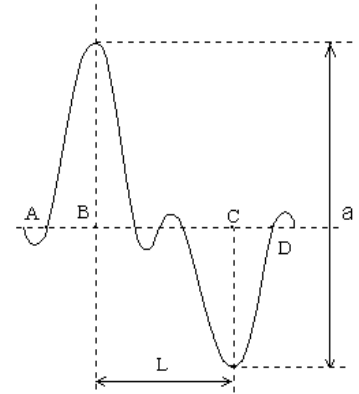
したがって、

$$\frac{1.0 T}{L} = \sqrt{\frac{1}{2}} D$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

ただし、

$$D = \sqrt{2} \cdot K \cdot \frac{1.0 \cdot T}{L} \quad (K = \text{係数})$$



4) 磁気量【鉛直探査】

磁気量を求めるために、測定記録から読みとった最大振幅  $a$  を用いる。(6)式において、起電力  $E$  と最大振幅  $a$  とは正比例の関係にあるため、次式が成り立つ。

$$A \propto E = V \cdot \frac{dX}{dx} \dots\dots\dots (7)$$

(7) 式は前項より記録の最大振幅、すなわち  $a = 0$  の長さは  $X = 0$  の時であり

$r = y$  つまり  $r = D$  となるから

$$\frac{dX}{dx} = M (y^2 / r^5) = M \cdot \frac{1}{r^3} = M \cdot \frac{1}{D^3}$$

(7) 式により

$$A \propto E = V \cdot M \cdot \frac{1}{D^3}$$

$$\therefore M = A \cdot D^3 \cdot 1 / V$$

ここで速度  $V$  は、記録紙上で  $L$  に相当する長さを単位  $cm$  で表すと、記録紙の送り速度は  $300 \text{ mm/min}$  つまり、1秒間で  $0.5 \text{ cm}$  であるからコイル間隔  $1.0 \text{ m}$  に相当する時間は

$$\frac{L}{0.5 \text{ (sec)}}$$

となる。従って

$$V = 1.0 \text{ (m)} \div \left( \frac{L}{0.5 \text{ (sec)}} \right) = \frac{0.5}{L} \text{ (m/sec)}$$

となる。よって求める磁気量 ( $M$ ) は

$$M = A \cdot D^3 \div \left( \frac{0.5}{L} \right) = \frac{1}{0.5} \cdot K \cdot A \cdot D^3 \cdot L \quad (K=1)$$

$$\therefore M = \frac{1}{0.5} \cdot K \cdot A \cdot D^3 \cdot L \qquad \text{振幅}(A) = \frac{a}{2}$$

## 5. 探 査 結 果

### 鉛直探査について

上記の記述通り探査孔 1 孔実施した結果、上部に既存構造物(トイレ)と思われる磁気反応がみられた。確認探査を実施していない為、不発弾かはわからないが、こどもの国施設内という事もあり GL-1.0m に不発弾があるとは考えにくい。

GL-1.0m以深は反応がなく安全に作業を実施した。

尚、不発弾等の危険物は確認されませんでした。

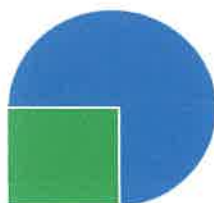
性能試驗成績證明書



# J-SOK検査報告書

増幅器型式/番号 WH004 (H119)

検査日付 2020年10月1日



〒901-0201

沖縄県豊見城市字真玉橋 146 番地

コモドハウス K 102 号

株式会社 **沖縄海洋工機開発**

Okinawa Ocean Mechatronics Inc. (o2m)

URL: [www.o2mec.jp](http://www.o2mec.jp) e-mail: [info@o2mec.jp](mailto:info@o2mec.jp)



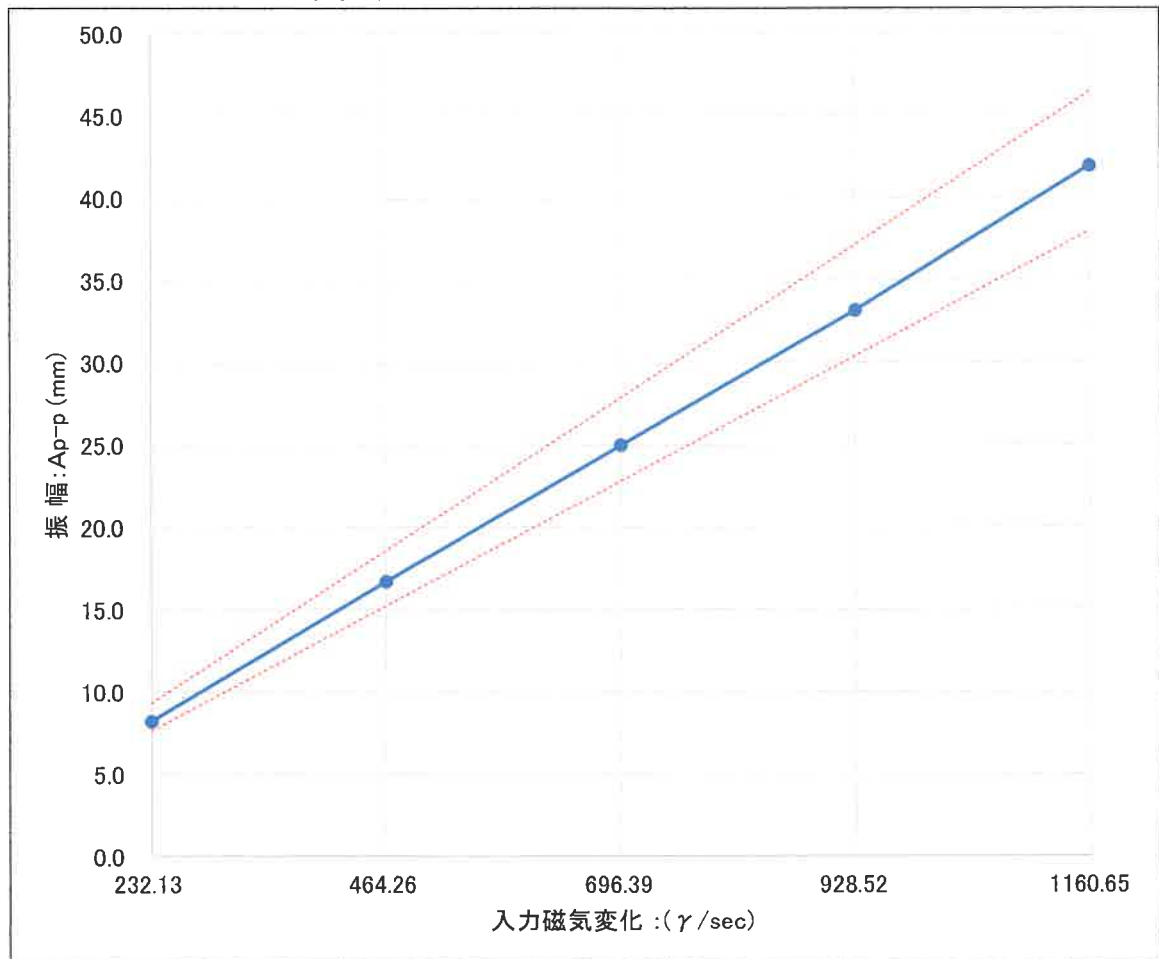
1. 増幅度特性

増幅器型式/番号	WH004(H119)
増幅器感度:[dB]	40
記録紙幅:[mm]	250
ペンレコーダレンジ:[V]	1
較正コイル:n (T/cm)	4.9
較正周波数: f[Hz]	0.3
感度係数 K=0.5:( $\gamma$ /sec/mm)	27.48

較正電流 :I (mA <sub>p-p</sub> )	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	感度係数 (平均値)
入力磁気変化 :( $\gamma$ /sec)	232.13	464.27	696.40	928.53	1160.67	
振幅: A <sub>p-p</sub> (mm)	8.2	16.7	25.0	33.2	42.0	0.508
感度:k ( $\gamma$ /sec/mm)	28.31	27.80	27.86	27.97	27.63	判定: 合
感度係数:K ( $\gamma$ /sec/mm)	0.515	0.506	0.507	0.509	0.503	
直線性(最小二乗法)	0.9999	>0.98				

入力磁気変化 :  $8\pi^2 n f l * 10 (\gamma / \text{sec})$

感度: k=入力磁気変化/A<sub>p-p</sub> ( $\gamma$ /sec/mm)



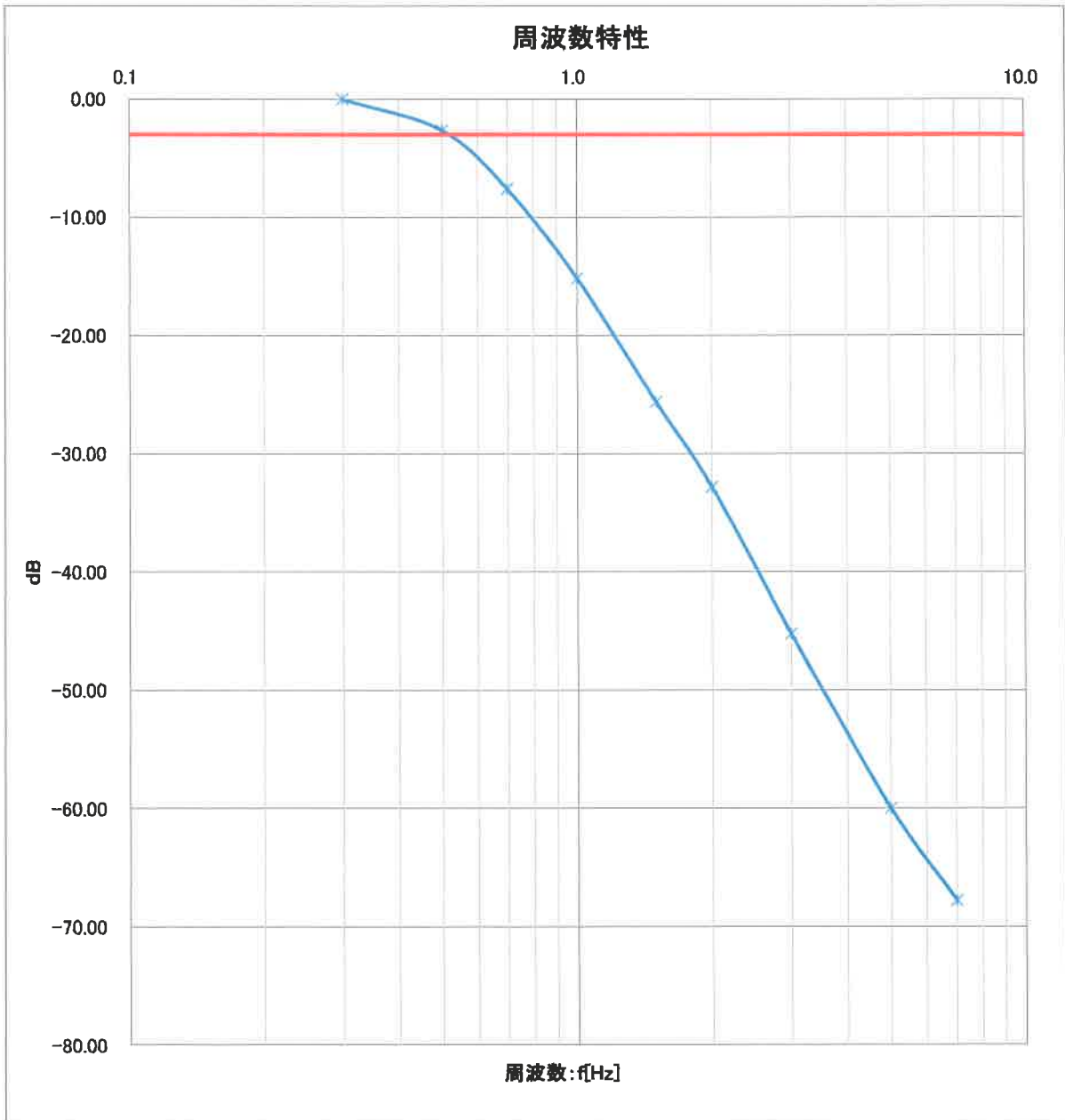
備考



2. 周波数特性

増幅器型式/番号	WH004(H119)
増幅器感度:[dB]	40
記録紙幅:[mm]	250
ペンレコーダレンジ:[V]	1
較正コイル:n (T/cm)	4.9
較正電流:I (mA <sub>p-p</sub> )	1.0

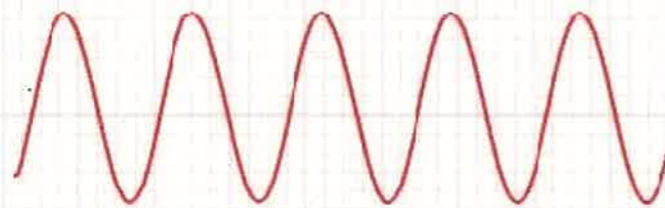
周波数:f [Hz]	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.0
出力:[V p-p]	0.17	0.21	0.16	0.10	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00
振幅: A <sub>p-p</sub> [mm]	42.0	51.7	40.9	24.4	11.0	6.4	2.3	0.7	0.4
A <sub>p-p</sub> /f	140.00	103.40	58.43	24.40	7.33	3.20	0.77	0.14	0.06
出力比:(A <sub>p-p</sub> /f)/(A <sub>p-p</sub> /f <sub>0.3</sub> )	1.00	0.74	0.42	0.17	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00
dB	0.00	-2.63	-7.59	-15.17	-25.62	-32.82	-45.23	-60.00	-67.78



備考

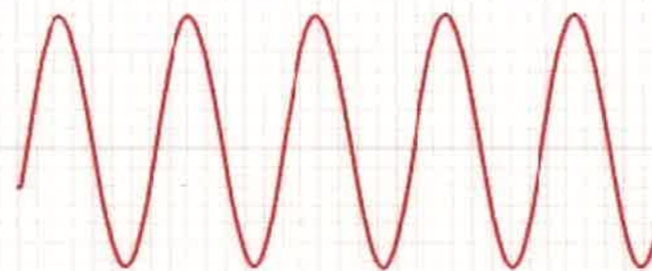


0.4mA



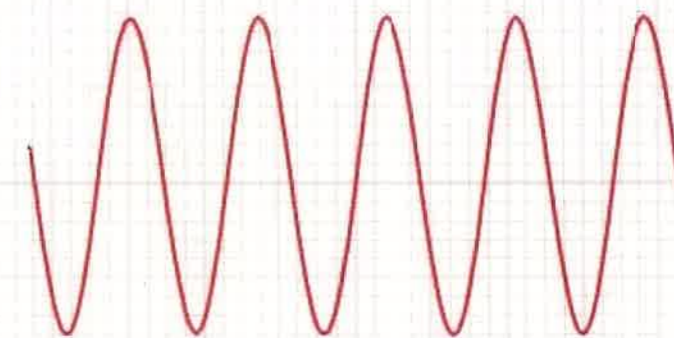
T1=0.46  
T2=0.4  
L=0.85  
A=25  
D=1.16  
W=7.7

0.6mA



T1=0.46  
T2=0.41  
L=0.86  
A=33.2  
D=1.17  
W=10.5

0.8mA



T1=0.4  
T2=0.46  
L=0.86  
A=42  
D=1.16  
W=12.6

1.0mA

0.3Hz

0 50 (mm)



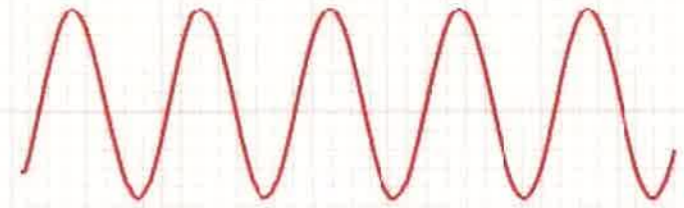
T1=0.45  
T2=0.38  
L=0.87  
A=8.2  
D=1.11  
W=2.8

0.2mA



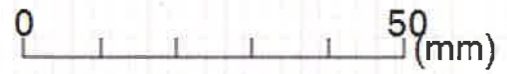
T1=0.43  
T2=0.42  
L=0.86  
A=16.7  
D=1.14  
W=4.9

0.4mA

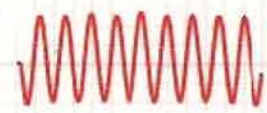


T1=0.46  
T2=0.4  
L=0.85  
A=25  
D=1.16  
W=7.7

0.6mA

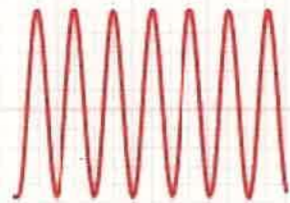


2.0Hz



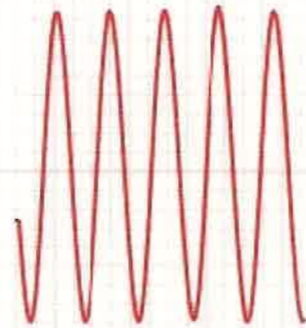
T1=0.09  
T2=0.09  
L=0.15  
A=11  
D=1.44  
W=1.4

1.5Hz



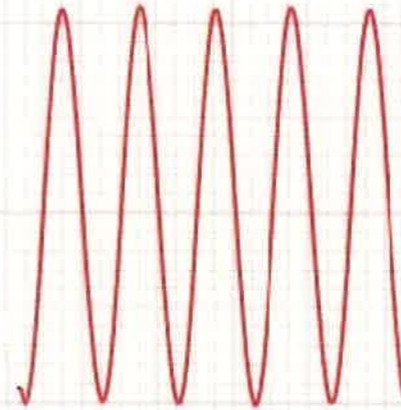
T1=0.15  
T2=0.12  
L=0.25  
A=24.4  
D=1.26  
W=2.8

1.0Hz



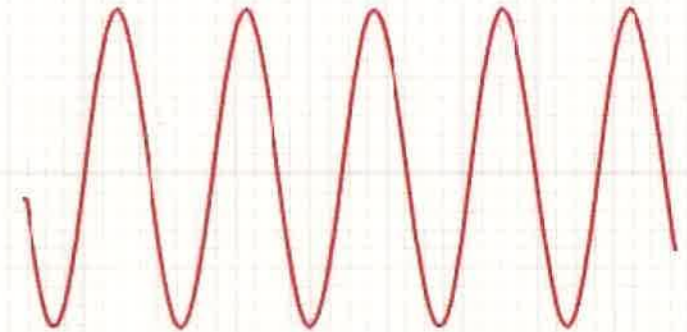
T1=0.55  
T2=0.17  
L=0.36  
A=40.9  
D=2.56  
W=54.6

0.7Hz



T1=0.27  
T2=0.24  
L=0.52  
A=51.7  
D=1.14  
W=9.1

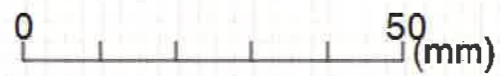
0.5Hz



T1=0.41  
T2=0.41  
L=0.86  
A=42  
D=1.12  
W=11.2

0.3Hz

1.0mA





7.0Hz

T1=0.1  
T2=0.14  
L=0.4  
A=0.4  
D=0.7  
W=0.7



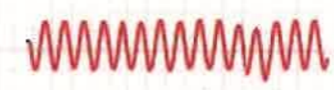
5.0Hz

T1=0.25  
T2=0.17  
L=0.28  
A=0.7  
D=1.85  
W=0.7



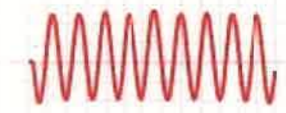
3.0Hz

T1=0.13  
T2=0.04  
L=0.25  
A=2.3  
D=0.77  
W=0.7



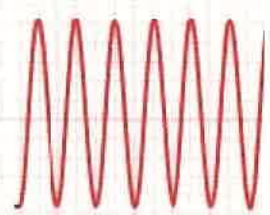
2.0Hz

T1=0.19  
T2=0.23  
L=0.12  
A=6.4  
D=4.58  
W=16.8



1.5Hz

T1=0.09  
T2=0.09  
L=0.15  
A=11  
D=1.44  
W=1.4



T1=0.15  
T2=0.12  
L=0.25  
A=24.4  
D=1.26  
W=2.8



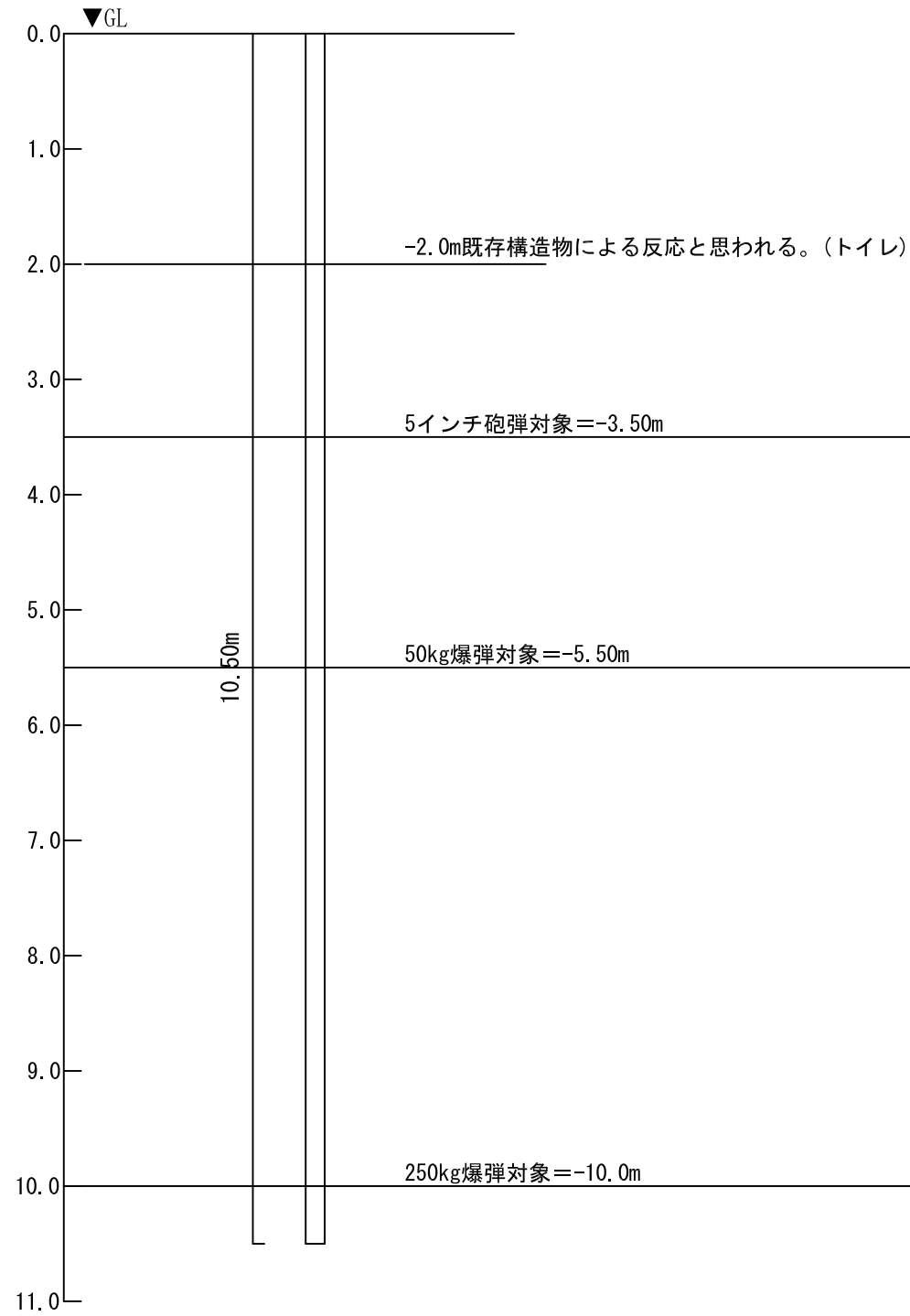
磁気探査数量表





異常点断面図

# 鉛直探査異常点断面図



工事名	こどもの国公園便益施設基本・実施・改修設計業務委託		
図面名	鉛直探査異常点断面図		
作成年月日			
縮尺	1/60	図面番号	/
会社名	有限会社 翔土質エンジニア		
事業者名	沖縄市企画部プロジェクト推進室		

磁気探査測定値一覧表



調査記録写真



鉛直探査
B-1
削孔状況



鉛直探査
B-1
下方安全確認状況



鉛直探査
B-1
残尺確認(遠景)
ステンロッド長=11.00 m
削孔長=10.50m
残尺=0.50m



工事名	こどもの国公園準益施設基本・実施・改修設計業務委託
工種	磁気探査工
測点	B-1
深度確認	
ステンロッド長	:11.00m
削孔長	:10.50m
残尺	:0.50m

鉛直探査
B-1
残尺確認(近景)
ステンロッド長=11.00 m
削孔長=10.50m
残尺=0.50m



工事名	こどもの国公園準益施設基本・実施・改修設計業務委託
工種	磁気探査工
測点	B-1
鉛直探査状況	

鉛直探査
B-1
鉛直探査状況



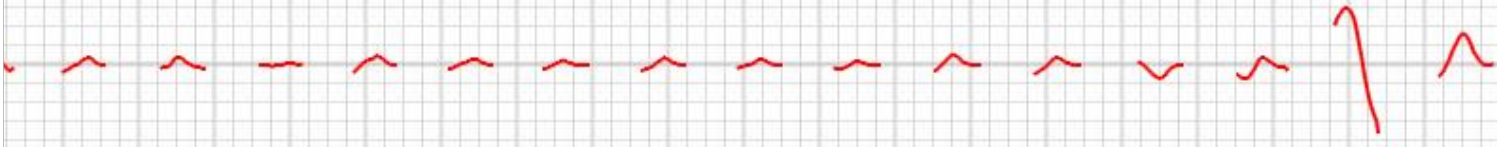
工事名	こどもの国公園準益施設基本・実施・改修設計業務委託
工種	磁気探査工
測点	B-1
深度確認	
ステンロッド長	:11.00m
検尺	:0.50m
削孔長	:10.50m

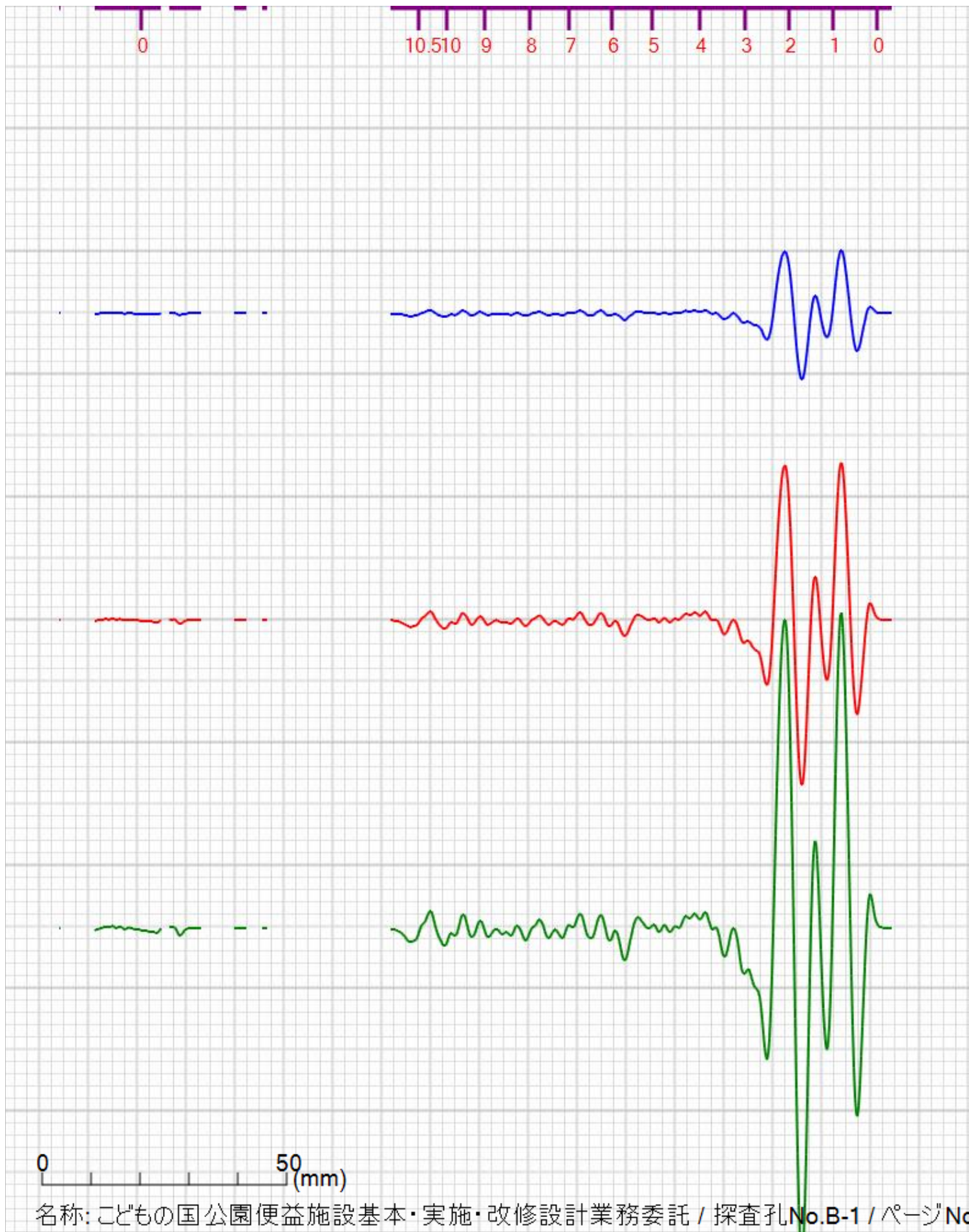
鉛直探査
B-1
検尺(遠景)
ステンロッド長=11.00 m
残尺=0.50m
削孔長=10.50m





原 記 録 紙





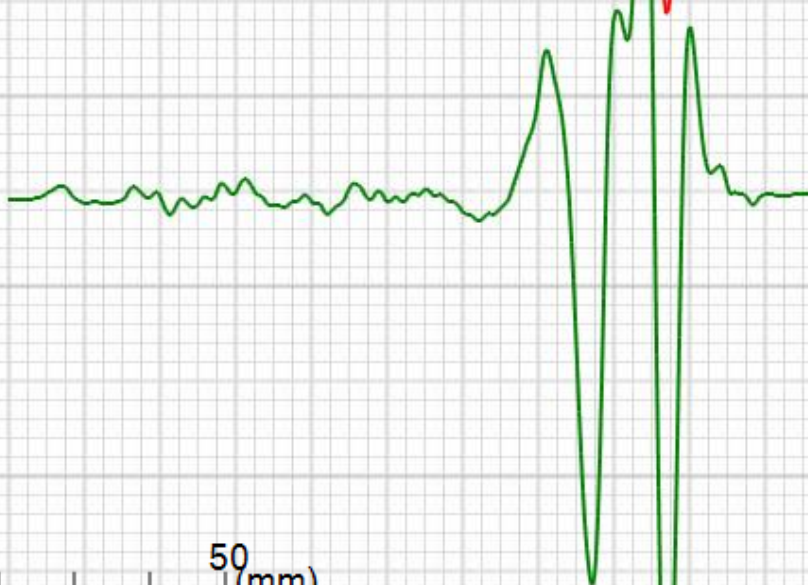
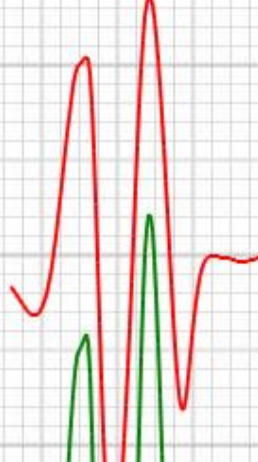
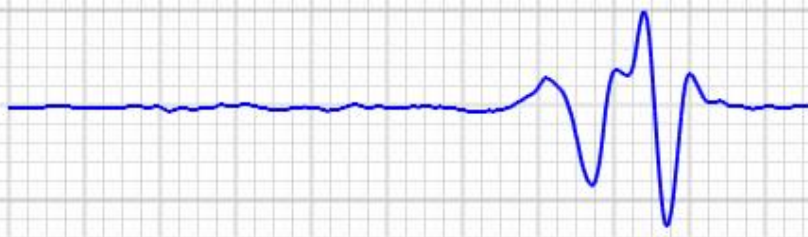
0 50 (mm)



0 50 (mm)

10.5 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

0 1 2



0 50 (mm)