

伊万里湾七ツ島前面海域の海底地盤地質と岩盤掘削

松石 秀之
原田 暁
(本社海洋開発室)

古賀 真綱
(本社海洋開発室)

Seabottom Geology and Sea-Bed Rock Excavation of Nanatsujima Area, Imari Bay

Hideyuki Matsuishi Masatsuna Koga
Akira Harada

Abstract

The Nanatsujima Area, the eastern part of Imari Bay, was investigated by the Sonoprobe Method. The basement rocks of this area consists of sandstone, shale and their alterations belonging to the Ainoura Member, the lowest of the Sasebo Group of the Tertiary Period. The strike of these formations is NE, and they are inclined about 10~20° towards the west. Some remarkable eroded valleys of basement are shown. These eroded valleys are filled with alluvium which is divided into three layers according to the patterns of the formations and geological age of deposition. For sea-bed rock excavation, grab-dredgers and dippers were used. However, the rock breaking before the excavation of sea-bed rocks was needed. In this paper, the reason why the rock breaking was needed is proved from the texture, occurrences and physical properties of basement rocks.

概要

伊万里湾工業用地海域の音波探査による海底地盤地質調査を行なった。更に本海域の2号~7号護岸及び泊地の海底岩盤掘削状況を検討した。本海域の基盤は新第三紀佐世保層群最下部の相ノ浦層に属する砂岩、頁岩及び両者の互層からなる。一般走向はほぼ南北、傾斜は西落ち10~20°である。侵蝕地形が顕著で、南北方向に走る侵蝕谷が発達している。侵蝕谷は沖積層堆積物で埋められている。沖積層堆積物の砂・シルト層は、その成層状態から3層に分けられる。海底岩盤掘削調査は3号、6号、7号護岸及び前面泊地を対象に行なった。岩掘削はグラブ式浚渫船及びディッパー船で行なっているが、計画基盤まで掘削するには岩盤掘削前に砕岩を必要とすることを基盤岩の岩石学的組織、産状及び物理的性質から述べた。

1. 序

伊万里湾東岸七ツ島海域に建設中の伊万里湾工業用地2号~7号護岸前面及び七ツ島南端の七ツ島公園前面海域の海底沖積層の地質層序及び層厚並びに基盤岩線(海底第3紀層)を確認する目的でソノプローブによる海底地盤地質調査を行なった。又、同工業用地建設前の海底地形、海底地質調査の結果とあわせて、海底岩盤掘削状況の調査を行ない、海底岩盤掘削方式についての考察を行なった。

2. 海底地盤地質

2.1. 海底地質概説

調査海域を構成する地層は新第三紀相ノ浦層の砂岩、頁岩で、これらの侵蝕された部分を小規模に洪積層の砂礫が埋め-20m前後の面をつくっている。これらを更に沖積層の砂質シルトが厚く覆っている。相ノ浦

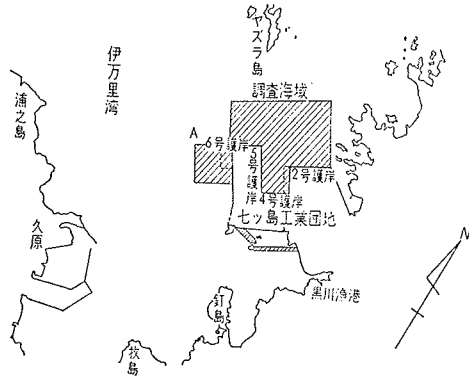
層の」走向はほぼ南北、西に緩く傾斜している。これを反映して七ツ島は東側に急で西側に緩い傾斜の地形となり、ケスタ状を呈している。

時代	層名	地質区分	層相
第四紀	沖積層	A ₀ 層	砂・シルト
		A層 { A _c 層 A _{sc} 層	砂・シルト 砂・シルト 砂・シルト互層
	洪積層	B層	砂礫
新第三紀	佐世保層群 相ノ浦層	T層 { S・S層 S _h 層 A _{lt} 層	砂岩・頁岩 砂岩 頁岩 砂岩・頁岩互層

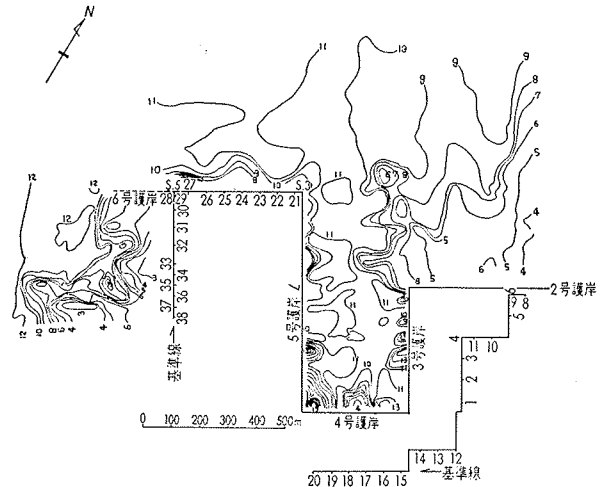
表-1 伊万里湾七ツ島前面海域の海底地質層序

音波探査記録を解析し、周辺陸上部の地質と対比して、本調査海域の海底地質を表-1のように区分した。

2.2. 海底地質各説



図一 調査海域位置図



図一 2 海底地形図

2.2.1. 沖積層

(1) A₀層 本調査海域海底に分布する最上位の地層で、下位のA層上に2~3mの比高を持った堆積面を形成している。海底沖積層の堆積物は砂・シルトで構成され、分布地域は2号護岸前面300m付近より、6号護岸の東端から北へ300m付近に至る海域である。記録は“強い反射面”と“白く抜けた”パターンが入り混った特徴を示している。

(2) A層 砂、シルトの堆積物であるが、記録パターン、堆積環境より考えてA_c層、A_{sc}層の2層に区分される。

a. A_c層 砂・シルトの混在した堆積物で、2、5号護岸前面海域に分布している。6号護岸前面に至ると、代ってA_{sc}層があらわれる。本層は局所的な堆積層と推定される。記録上のパターンは、全体として白く抜け、不規則な強い反射面を持っている。層厚

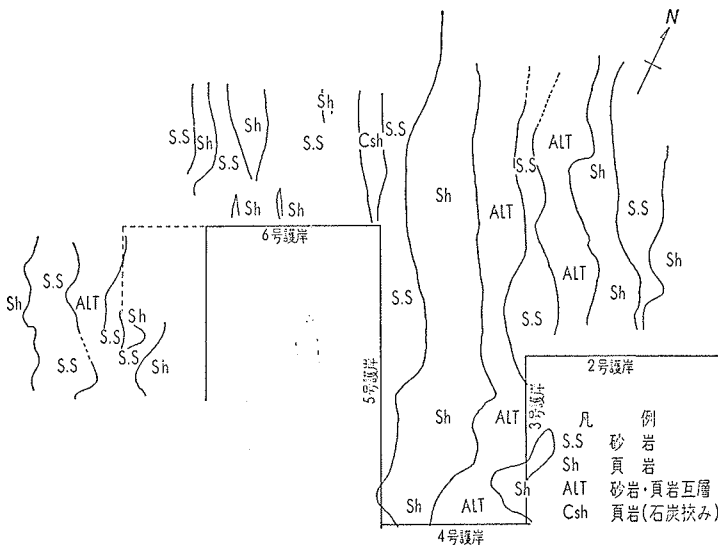
は5m前後を示す。

b. A_{sc}層 調査地域の全域に亘って分布する。砂・シルトの堆積物で、成層状況は極めてよい。一部洪積層を覆う他は、基盤の第三紀層を直接覆って堆積する。層厚は基盤の谷部で10m前後、その他では5~6mと変化が大きい。10mを越す部分は、4号護岸前面から、幅100m前後の帯状をなし、5号護岸とほぼ平行に進み、調査海域外に及んでいる。記録パターンは表面に平行な反射面が多いのを特徴とする。

c. 音波散乱層 本層の分布は2号、6号護岸前面付近に分布するのみであるが、必ず基盤が盆地状を呈した箇所が存在する。この層は通称“音波散乱層”と呼ばれ、音波が大部分この上面で反射散乱されてしまい、下位の情報を不明瞭にする。ボーリング資料などと対比すると、上位層と同じシルトであることが多い。

2.2.2. 洪積層 (B層) 基盤の谷を埋めた堆積物で、砂・礫からなる。分布海域は4号護岸前面300m付近から、北東方へ延びる帯状の海域で、A_{sc}層の10mより厚い分布域と一致する。堆積面はほぼ-20m前後である。記録上は強い反射面で特徴づけられる。

2.2.3. 新第三紀層 (T層) 調査海域海底の基盤を成すもので、砂岩・頁岩及び両者の互層からなる。本層の海底露出区域は、各護岸線及び2号、3号護岸コーナーより北へ350mの海域である。侵蝕面には4本の旧河川の侵蝕谷がみられる。第1のものは測線No. 38付近より北東方へ向うもの、第2は6号護岸の前面100m~200m付近を北方へ向うもの、第3のものは4号護岸から5号護岸の前面を平行に流れ



図一 3 基盤地質図

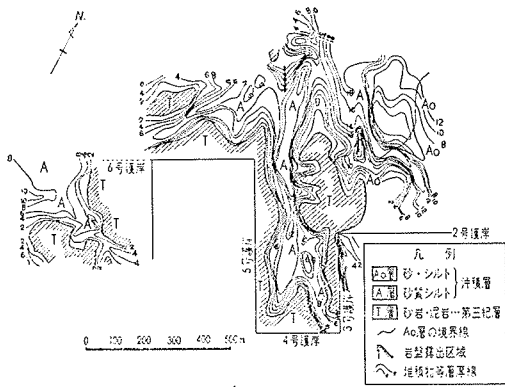


図-4 海底地質図

るもの、第4は2号護岸から第3のものと同様に走るものである。これらのうち最も顕著なものは第3のもので侵蝕谷基底は -18m から -26m まで変化する。

(1) 岩石学的組織 砂岩はその組織から塊状砂岩とラミナの発達した砂岩の2種に分類される。また粒度組成からは粗粒砂岩(粒径 $1/2 \sim 2\text{mm}$)、中粒砂岩(粒径 $1/4 \sim 1/2\text{mm}$)、細粒砂岩(粒径 $1/4 \sim 1/2\text{mm}$)の3種がある。3種の岩石は漸移し、細粒砂岩は後述の頁岩と漸移する。頁岩は粒径 $1/16\text{mm}$ 以下、粒度からは泥岩又はシルト岩であるが、殆どが明瞭なラミナを有するので、頁岩として一括した。砂岩・頁岩の互層を成す部分では、砂岩は中粒砂岩以下のものが多く、共にラミナの発達が顕著である。

(2) 産状 砂岩は一般に石英粒を主とする砂粒をマトリックスが埋め、黄褐色を呈する。細粒砂岩では青灰色を呈するものもある。砂岩は風化するとマトリックスが脱落し、砂粒となって崩れる。ラミナの発達した砂岩ではラミナの面に沿って剝離する。塊状砂岩

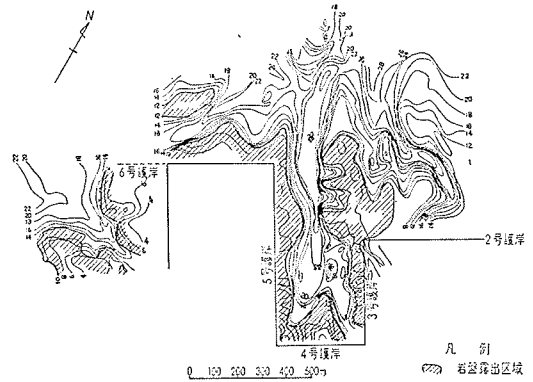


図-5 基盤等深線図

は風化によって球果状を呈する。頁岩はラミナの発達した砂岩と同様な剝離を示すが、表面又は剝離面から粘土化し、水と混じて泥状に溶け出す。砂岩、頁岩の互層部で両者がほぼ同層厚の部分では、しばしば層理面に垂直な節理が見られる。砂岩、頁岩を問わず層厚が大きくなる程、節理の間隔が大きくなる傾向がある。砂岩、頁岩互層部は層理面沿いの風化の他に、節理に沿っても風化し、崩れ易い。

2.2.4. 測線断面地質 代表的測線 No. 27 及び No. B について述べる。

(1) 測線 No. 27 6号護岸の西端を同護岸線に直角に走る測線である。基盤は砂岩(塊状砂岩)から成る。p. 3~p. 7 に顕著な侵蝕谷が認められる。p. 8~p. 9 は基盤の背の最高部であり、p. 10 から沖へ向って基盤の深度が増す。侵蝕谷は沖積世堆積物で充填されている。6号護岸及び前の掘削基底は -10m であるが、基盤岩は掘削されておらず、計画基底に達していない。

(2) 測線 No. B 2号護岸の前面、距岸約 500m

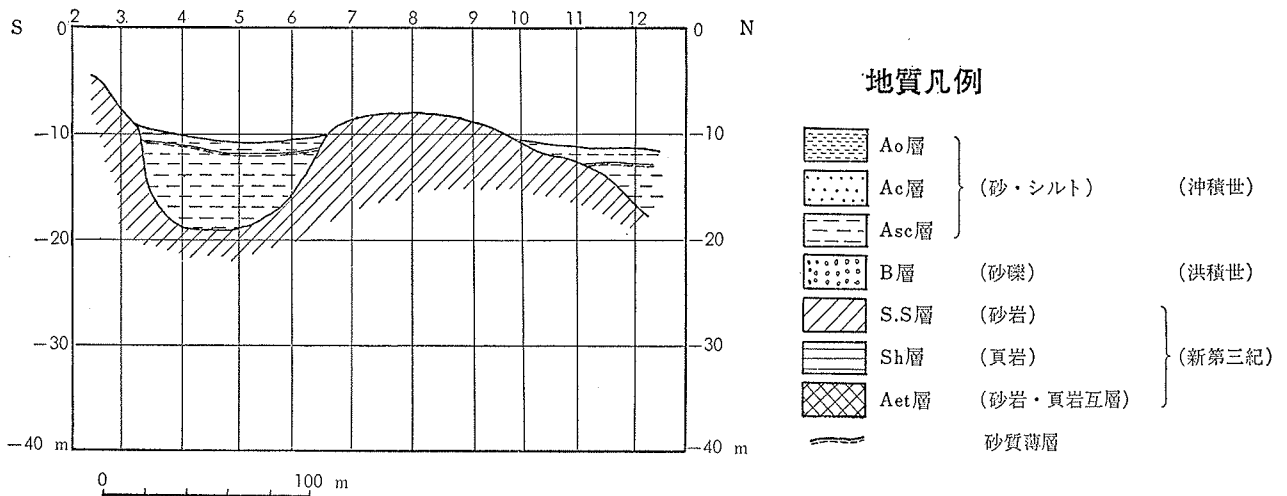
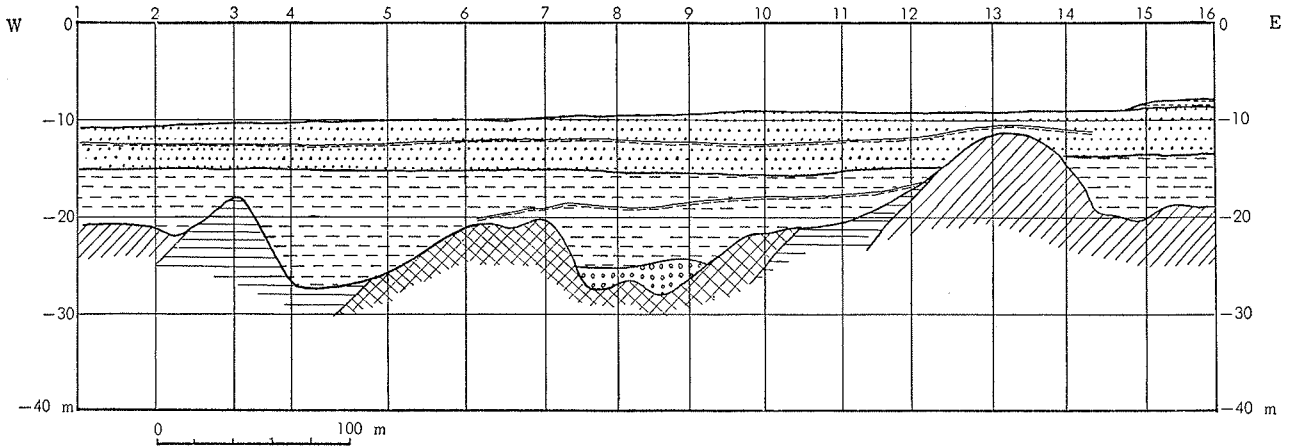


図-6(A) 測線 No. 27 の測線地質断面図



図一6(B) 測線 No. B の測線地質断面図

を、2号護岸線に平行に走る測線である。海底地形は-10~-8mの平坦な地形を示す。底質は全面に亘って、砂・シルトから成る。基盤地形は起伏に富み p.4~p.5 及び p.8~p.9 に深度約-18mの侵蝕谷が存在する。また、p.3, p.6~p.7, p.13~p.14 に基盤の背が存在する。基盤地質は p.2 付近が砂岩、p.2~p.5 が頁岩、p.5~p.11 までが砂岩・頁岩互層、p.11~p.12 までは頁岩、p.13~p.16 は砂岩と変化する。基盤岩を覆って海底沖積層が堆積する。海底沖積層ここでは3種に分けられ、-13m以深には Asc 層が分布し、それ以浅は Ac 層が分布する。p.15~p.16 には Ao層が層厚約1mで最上部に分布する。

3. 海底岩盤掘削

海底岩盤掘削調査は海底岩盤掘削前及び掘削後に行なった海底地質調査結果から、

- ① 掘削の対象となっている海底岩盤の岩相
- ② 基盤岩を構成する第三紀層の砂岩、頁岩及び互層の岩石学的組織及び産状
- ③ 砂岩・頁岩の物理的性質

についての諸問題を考察した。

海底岩盤掘削に先立ち、-10m以浅の海底沖積層をポンプ船により浚渫した後、グラブ式浚渫船及びディッパー船で岩掘削を行なった。

3.1. 岩石の物理的性質

3.1.1. 硬度 岩石の硬度はドリル硬度及びショア硬度の2つがある。ドリル硬度においては、特に砂岩の様な堆積岩の場合、構成鉱物による差が大きいが、同組成のものであれば、粗粒な程岩石硬度は大となる。砂岩と頁岩を比較した場合、砂岩は頁岩より粒度大であり、ドリル硬度は砂岩が頁岩より大きく、砂岩は頁岩より摩耗し難い。ショア硬度に於ても構成鉱物によ

岩石名	摩耗度 (cc)	圧入抵抗 (kg/cm ²)	ショア硬度	珪酸量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)
閃緑岩	5,216	13,624	79	63.02	2,867
花崗岩	7,893	14,430	82	80.50	2,539
玄武岩	23,968	11,364	56	50.94	1,940
安山岩	54,671	6,892	41	59.38	1,294
橄欖岩	65,075	7,396	33	38.25	1,316
砂	7,857	10,352	64	79.85	1,589
" 1	43,220	6,352	36	81.22	1,103
" 2	58,166	4,228	31	80.82	713
" 3	68,105	5,974	31	67.33	915
" 4					

土木学会編「土木技術者のための岩盤力学」

表一2 岩石の硬度と強度の例

岩種	地時代	岩石名	等級						備考
			岩1	岩2	岩3	岩4	岩5	岩6	
変成岩・堆積岩	古生代	片麻岩							岩1: ツルハシにて掘起しうる程度のもの 岩2: 一部ツルハシを使用し、一部ダイナマイトを使用するもの、ダイナマイト使用量80g/m ³
		片麻岩						岩3: 全部ダイナマイトを用いるものダイナマイト使用量120g/m ³ 岩4: ダイナマイト使用量160g/m ³ 岩5: ダイナマイト使用量200g/m ³ 岩6: ダイナマイト使用量240g/m ³	
		片麻岩							
堆積岩	中生代	粘板岩						岩1: ツルハシにて掘起しうる程度のもの 岩2: 一部ツルハシを使用し、一部ダイナマイトを使用するもの、ダイナマイト使用量80g/m ³	
		粘板岩							
火成岩	第三紀	頁砂岩						岩1: ツルハシにて掘起しうる程度のもの 岩2: 一部ツルハシを使用し、一部ダイナマイトを使用するもの、ダイナマイト使用量80g/m ³	
		頁砂岩							
火成岩	深成岩	花崗岩						岩1: ツルハシにて掘起しうる程度のもの 岩2: 一部ツルハシを使用し、一部ダイナマイトを使用するもの、ダイナマイト使用量80g/m ³	
		花崗岩							
火成岩	火成岩	流紋岩						岩1: ツルハシにて掘起しうる程度のもの 岩2: 一部ツルハシを使用し、一部ダイナマイトを使用するもの、ダイナマイト使用量80g/m ³	
		流紋岩							

表一3 岩石硬軟分類表

る差が大きいが、砂岩48, 頁岩26という値が得られている。他の岩石と比較すると、例えば花崗岩87, 安山岩58, 大理石42, 粘板岩76であり、火成岩に比して堆積岩の硬度は低い。また砂岩は頁岩より数値的には2倍近い硬度を示す。このことから砂岩は頁岩より硬いと結論できる。

ショア硬度は圧入抵抗及び圧縮強度とほぼ比例関

係にある。各種岩石のショア硬度及び圧入抵抗、圧縮強度などを表一2に示す。

3.1.2. 硬軟分類 各種岩石の切取時の硬度分類を経験的に岩1から岩6まで分類し表一3に示す。

第3紀の砂岩は風化部又は割目の多いものは岩1、即ちツルハシで掘起し得るが、新鮮な砂岩で割目の少ないものはツルハシでの掘起しは不可能となる。頁岩は砂岩に比し新鮮なものでも硬度は低い。第三紀の砂岩・頁岩は他の岩石と較べて最も軟らかく、特に頁岩は軟らかい。岩2以上の岩石は陸上ではバックホーのみの掘削は不可能であり、海底においてはグラブ式浚渫船又はディッパー船では掘削不可能に近いと考えられる。前述したショア硬度を岩1、岩2に対応させると、ショア硬度約30以上が岩2に相当すると考えられる。

3.2. 海底岩盤掘削方式についての検討

海底岩盤掘削についての検討は、3号、7号護岸線及び3号、6号、7号護岸前面海域について、音波探査法による海底地盤地質調査と各岩石の性質をもとに行なった。

3.2.1. 実施された岩盤掘削

(1) 3号護岸 3号護岸の護岸線基底は-12mの第三紀層砂岩である(測線No.1とNo.2は頁岩)。護岸南部では海底に露出する岩盤を約2m掘削しているが、測線No.3では基盤岩が護岸線付近で上昇しているため、約8m掘削している。護岸北部では岩盤を1m(測線No.5)から5m(測線No.6)掘削している。3号護岸線では岩盤掘削前に護岸線全域に亘って砕岩した。

(2) 7号護岸 7号護岸の掘削基底は-10mの第三紀層に計画されているが、護岸北部の露岩部(砂岩・頁岩互層、砂岩)の岩盤掘削は進行していない。護岸南部では層厚約6mの沖積層堆積物を掘削し、更に、その下部の基盤岩(砂岩)を掘削し、計画基底に達している。7号護岸では南部は砕岩を実施したが、北部では砕岩は行なわれていない。

(3) 3号護岸前面泊地 この海域は中央部を深い侵蝕谷が走り、沖積層が厚く堆積している。この海域での掘削対象は一部岩盤を除いて全て海底沖積層である。

(4) 6号護岸前面泊地 この海域では護岸線の50m沖から掘削を実施し、計画掘削基底は-10mであ

るが、岩盤掘削はほとんど行なわれていない。

(5) 7号護岸前面泊地 南部護岸前面150~300mの露岩地域を、測線No.34では砕岩後5~6m掘削し、掘削基底は-10~-12mを示すが、測線No.35では砕岩せず、岩盤掘削は、ほとんどおこなわれていない。岩質は砂岩及び頁岩である。

3.2.2. 海底表層部の岩盤掘削 前項の岩掘削状況からも明らかな如く、海底岩盤の掘削は部分的に層理・節理の発達した頁岩又は砂岩・頁岩の互層帯ではある程度可能であるが、新鮮な岩盤では、グラブ式浚渫船又はディッパー船のみでの掘削は著しく能力が低下し、特に塊状砂岩帯では掘削は不可能に近い(6号前面泊地)。

陸上に於ても、これらの岩石の掘削にはダイナマイトを必要とし、岩石の硬軟分類からも砕岩なしで掘削を実施することは不可能である。

4. 結語

以上述べた如く、音波探査による海底地盤地質調査の結果、

(1) 本調査海域の基盤は、新第三紀層、佐世保層群最下部の相ノ浦層に属する砂岩、頁岩及び両者の互層の繰返しで、一般走向は南北、傾斜は西落ち10~20°である。

(2) 基盤は侵蝕谷、残丘地形が顕著で、中でも2号、4号護岸前面からそれぞれ北東へ伸びる侵蝕谷、6号護岸前面を西南から北東へ走る谷、また7号護岸前面から東方へ伸びる4本の侵蝕谷が特徴的である。

(3) 第三紀の基盤の上には、洪積世のものと思われる砂礫層が分布し、これらを覆って海底沖積層が広く分布する。沖積層は堆積構造から3つに分けられる。即ち、最上位に下位の沖積層に2~3mの比高を持った堆積面を形成しているA₀層(砂・シルト)が存在し、その下位には砂・シルトの混在したA₀層及び良い成層状態を呈するA_{se}層が存在する。

(4) 海底第三紀層の層理、節理の発達した部分はグラブ式浚渫船又はディッパー船でもある程度掘削は可能である。

(5) 新鮮な岩石、特に塊状砂岩から成る岩盤は砕岩を伴わないグラブ式掘削又はディッパー船による掘削は不可能である。