

シンガポール共和国

シンガポール共和国憲法制定調査(1978)

報 告 書

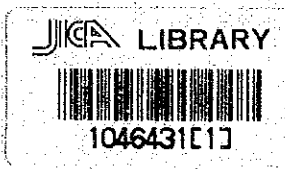
昭和54年1月

国際協力事業団

7593

9504

3571



シンガポール共和国

シンガポール浅瀬浚渫計画調査(土質等)

報 告 書

昭和54年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 22	119
登録No. 01409	61.7 SDF

序 文

本調査は、国際協力事業団の御依頼により国際航業株式会社が実施致しました。ここに調査結果を御報告致します。

調査の内容は、(1)音波探査、(2)磁気探査、(3)潜水調査、(4)グラフ船による試掘調査、(5)ボーリング調査、(6)室内試験(岩石・土質試験)よりなり、現地調査期間は昭和53年9月21日より同年12月31日迄の102日間です。

現地調査には下記の者が従事致しました。

総 括	門 脇 淳
音波・磁気探査	斎 藤 秀 穂
	川 島 茂
	林 勉
	宮 内 幸 男
ボーリング・室内 試験 主任	水 野 宏
ボーリング掘進	山 口 純 一
業務調整	坂 本 荘太郎
	以 上 8 名

第 1 編

淺 瀬 浚 渫 調 査

目 次

第1章 要 約	1
第2章 まえがき	4
第3章 調査概要	6
3-1 調査位置	6
3-2 調査内容	8
3-3 測量一般	17
第4章 調査地域の概要	20
4-1 地形概要	20
4-2 地質概要	22
第5章 調査結果	24
5-1 深淺測量	24
5-2 音波探査	30
5-3 潜水探査(地形 底質)	31
5-4 ボーリング結果	40
5-5 グラブ堀削結果	45
5-6 爆弾探査	57
5-7 岩石試験	64
5-8 現地の潮流	75
第6章 調査結果のまとめ	83
第7章 付 録	89
7-1 基準点測量	90
7-2 深淺測量	109

7-3	音波探査	113
7-4	断面図	124
7-5	土量計算	129
7-6	潮流調査	130
7-7	グラブ浚渫(試験掘削)調査	157
7-8	潜水調査日報	169
7-9	室内岩石試験成果	170

第1章 要 約

シンガポール海峡の4ヶ所の浅瀬で浚渫計画のための事前調査をおこなった結果をまとめると下記のとおりである。

- (1) 調査は、シンガポール海峡中部のシンガポール国領海内にある4ヶ所の浅瀬 (Shoal - A, B, C and D) でおこなった。
- (2) 調査は、深淺測量による地形調査、ボーリングおよび音波探査による海底地質調査、ダイバーによる海底地形・底質調査、グラフ船による試験堀削調査、爆弾等危険物探査、ならびに、室内岩石試験より構成されている。これらの調査結果をもとに、調査地域の海底地形、地質の状況、岩盤の特性等を明らかにした。また、浚渫対象となる土量計算を行い、浅瀬浚渫計画のための資料とした。
- (3) 調査位置は、電波測位機を用いて決定した。測位システムの従局点は P. Saki Jang と P. Sebarok に設置し、従局点の位置は、Port of Singapore Authority で管理している三角網にもとづいて測量した。
- (4) 調査の基準面として Chart Datum Level を用いた。
- (5) 深淺測量の結果は、水深図、海底地形図にまとめた。また音波探査の結果も考慮して断面図を作成した。
- (6) 音波探査の結果、Shoal の区域は、砂等の堆積物が存在していても極めて薄層であり、海底下全層、岩盤が分布していると思倣うことが出来る。
- (7) ボーリング調査結果、試験堀調査の結果から Shoal の地質は Jorong

Formationに相当し、礫岩、砂岩、凝灰質砂岩、泥岩等の互層であることが明らかとなった。また、各 Shoal ともに岩盤は強風化されている。部分的には硬質砂岩が賦存しているが、全体として層理が発達しているので脆い。

(8) グラブ堀削の結果、サイクルタイムは 177 sec から 232 sec、バケット係数は 0.29 となった。

(9) 爆弾探査の結果、Shoal - A のグラブ堀削調査地点付近で 9 本の 500 ポンド爆弾を発見し、シンガポール海軍により爆発処理を行った。Shoal - A 付近には未だ爆弾他危険物が多数存在していると思われるので、浚渫工事前に掃海調査を行う必要がある。

(10) 室内岩石試験の結果 Shoal - A では岩石は石材分類による準硬石、Shoal - C では軟石に分類された。

(11) 現地では、潮流が速く、グラブ堀削、ボーリング調査の際、多くの障害が発生した。潮流を観測した結果、現地の潮流は、Guson Tower 潮流予報地点より、Bt. Berhanti Lt. Buoy 地点の潮流に近いことが明らかとなった。

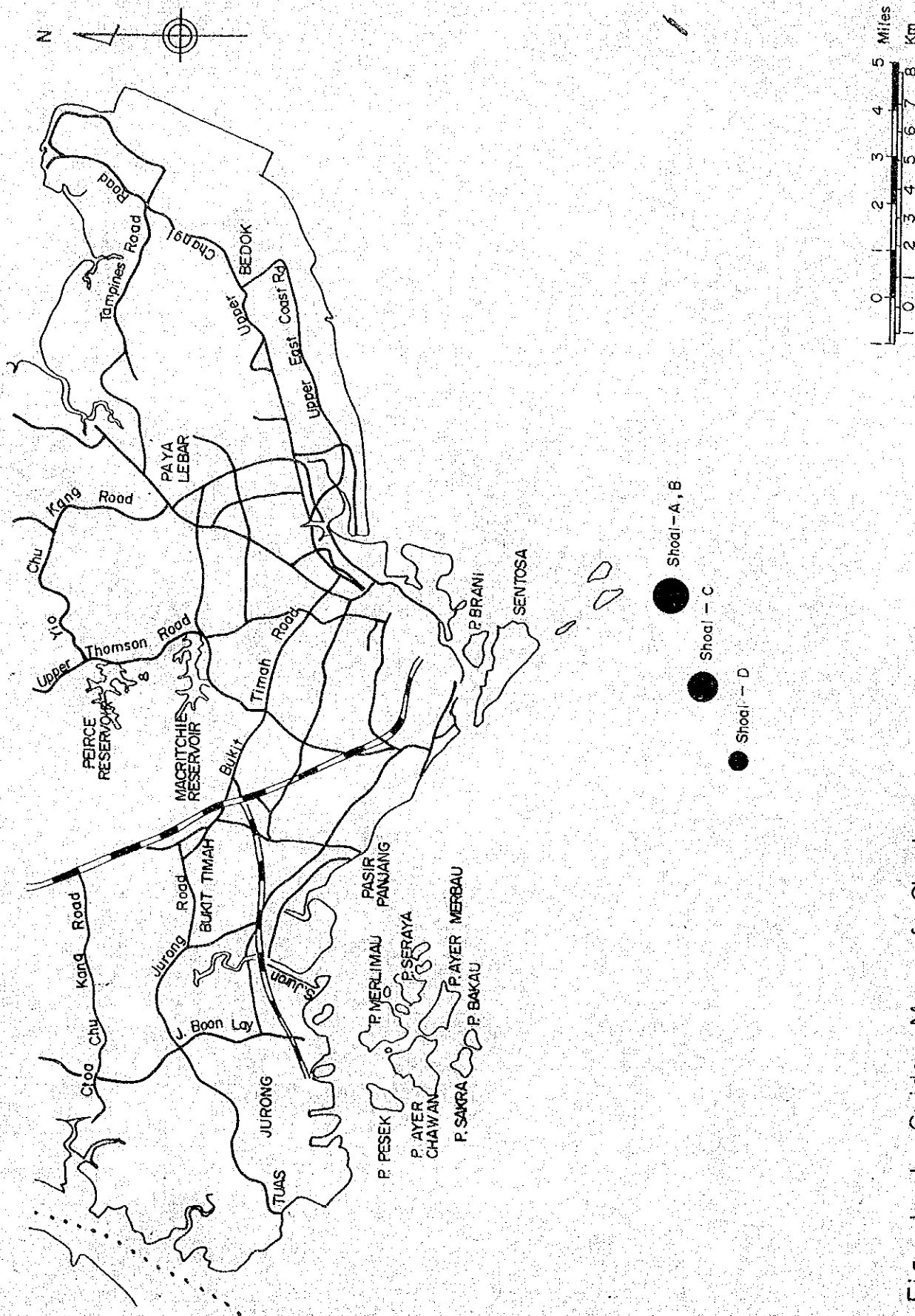


Fig 1-1 Guide Map of Shoals

第2章 ま え が き

シンガポール海峡西部から中部にかけての海域（Raffles 燈台～Batu Bahanti 燈台）には、多数の浅瀬が存在し、船舶航行上危険な海域となっている。このため、この海峡を利用している各国の間で分離通航方式をとることが決定され、航行の安全がはかられている。しかしながら、大型船舶の安全航行のためにはさらに水路の整備の必要性が要望されている。

シンガポール海峡浅瀬浚渫計画は、海峡のシンガポール領域に沿って存在している4ヶ所の浅瀬を浚渫除去し、深奥水航路の幅員を拡大する計画である。

本調査は、浚渫プロジェクトの事前調査であり、浅瀬の地形・地質条件を調査し、実施計画を立案するための基礎資料を得ることを目的として実施された。

調査は主として下記の項目によって構成されている。

- (1) 深淺測量
- (2) 音波探査
- (3) ボーリング調査
- (4) 試堀調査
- (5) 潜水探査
- (6) 爆弾探査
- (7) 室内岩石試験

これらの調査項目のうち、ボーリング調査は、調査区域の地形・海象条件が悪く、計画の一部を実施するにとどまった。

この報告は、調査結果をもとに地形地質条件、岩盤の状況等についてとりまとめた。

また、調査項目には含まれていないが、現地の潮流条件が、浚渫工事を制約すると思われるので、既存資料を用いて考察を加えた。

調査に際して、Port of Singapore Authorityの関係各位より多くの御援助、御教示を賜りました。また、現地のMarine Construction企業の関係各位からも、現場作業に際し多くの御協力をいただきました。

ここに記して謝意を表する次第です。

第3章 調査概要

3-1 調査位置

このプロジェクトで対象となっている浅瀬は、シンガポール海峡 Main Strait のシンガポール領域にあり、Scope of Work では、各々 Shoal - A, B, C, D と名称された4ヶ所の浅瀬である (Fig. 3-1-1)。

Shoal A と B は、P. Subar Laut の南東約 2 Km 地点にある Kg. Hambat と称される浅瀬で Southern Fairway と Sister's Fairway の分岐点に位置を占めている。

Shoal - C は、P. Sebarok の南東約 2.5 Km の浅瀬であり4ヶ所の浅瀬の中では最も大きい。Jong Fairway の入口に位置を占めている。

Shoal - D は、P. Sebarok の南約 2.5 Km にある浅瀬である。これらの浅瀬の概略の位置は次のとおりである。

名 称	位 置
Shoal - A	1° 11' 52" N 103° 51' 07" E 付近
Shoal - B	1° 12' 05" N 103° 51' 02" E 付近
Shoal - C	1° 11' 25" N 103° 49' 06" E 付近
Shoal - D	1° 10' 43" N 103° 47' 58" E 付近

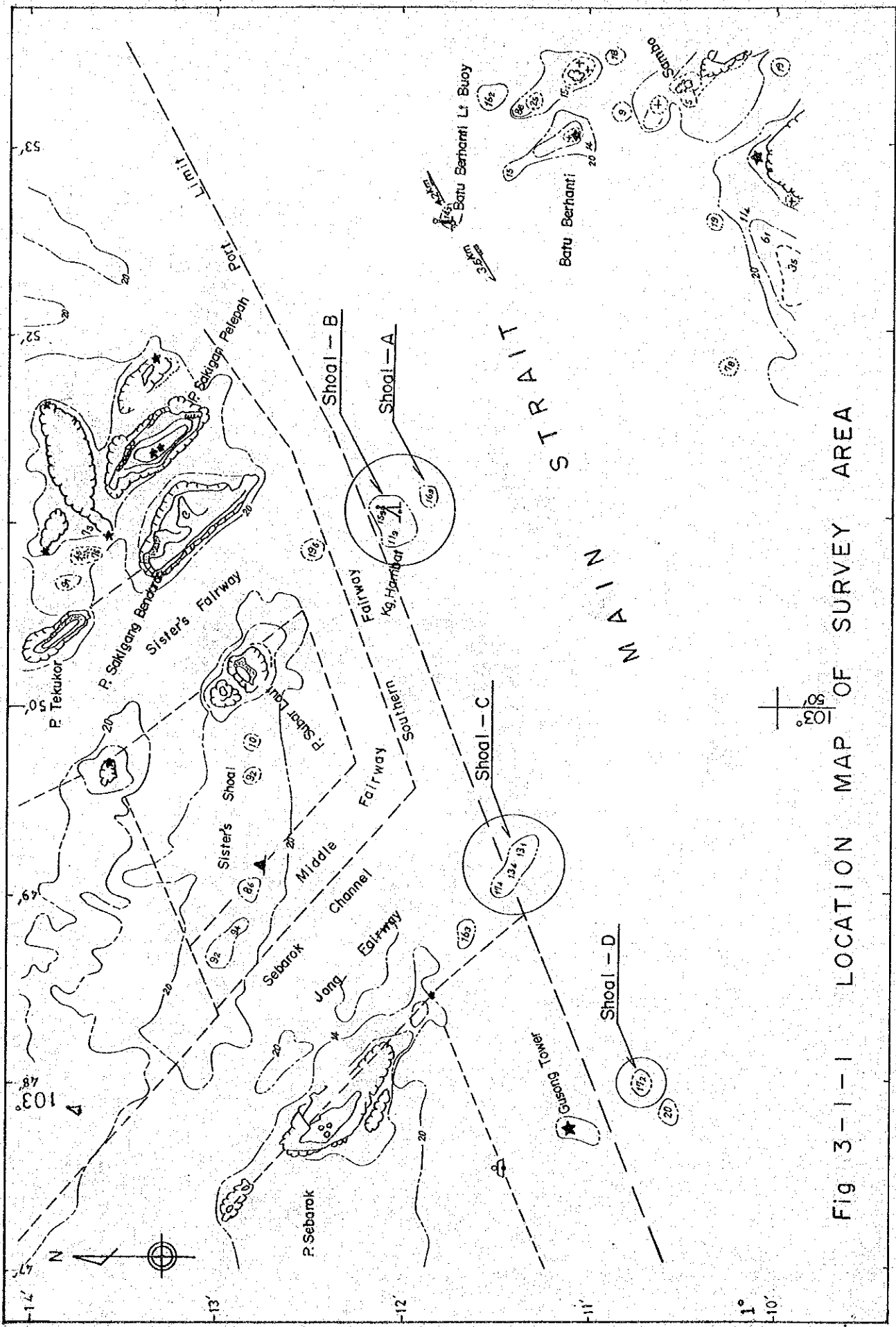


Fig 3-1-1 LOCATION MAP OF SURVEY AREA

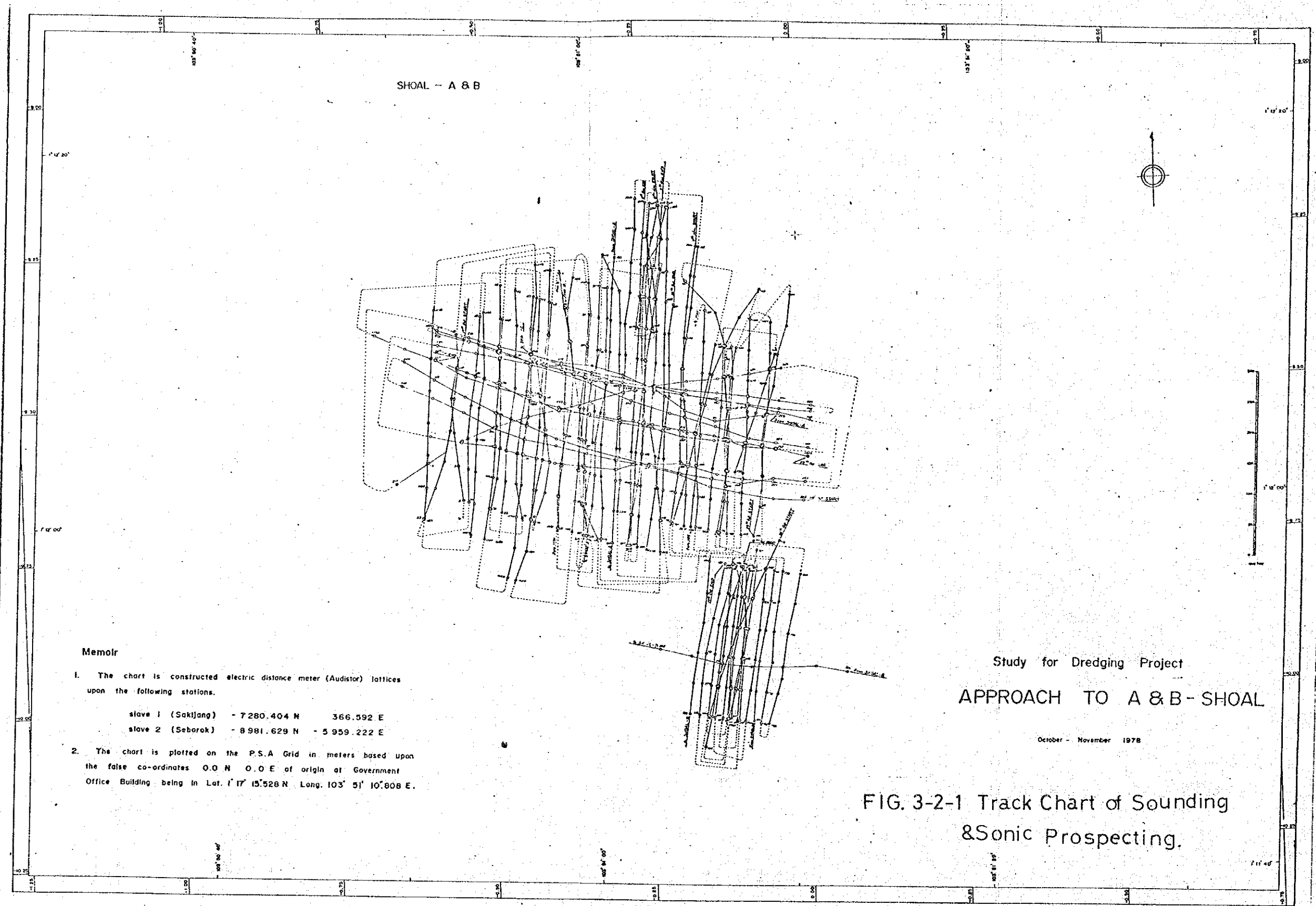
3-2 調査内容

今回の調査で実施した項目は、Table 3-2-1 に示したとおりである。また各々の調査地点の位置を Fig. 3-2-1 ~ Fig. 3-2-6 に示した。

Table 3-2-1 調査数量表

Area	調査項目	調査数量	摘要
Shoal - A	深浅測量	測線長 5900m	深浅図, 海底地形図
	音波探査	深浅測量と同じ	地形地質断面図
	ボーリング調査		地形の起伏が激しく且つ潮流が強いため、ボーリンググラフの仮設が不能。
	潜水探査	1ヶ所	海底の状況の観察。爆弾等危険物の探査。潜水日報としてまとめる。
	試掘	1ヶ所	調査カードとしてまとめる。
Shoal - B	深浅測量	測線長 22900 m	Shoal - A と同様
	音波探査	深浅測量と同じ	Shoal - A と同様
	ボーリング調査	—	Shoal - A と同様地形海象条件が悪くボーリンググラフの仮設不能

Shoal -B	潜水探査	B-1, B-2 予定地点 2ヶ所	危険物の確認 海底観察
Shoal -C	深浅測量	測線長 26300 m	Shoal -A と同じ
	音波探査	深浅測量と同じ	Shoal -A と同じ
	ボーリング調査	C-1 10.35 m C-2 10.20 m C-3 2.70 m	試錐柱状図
	潜水探査	C ₁ , C ₂ , C ₃ 3ヶ所	危険物の確認 海底の観察 サンプリング
Shoal -D	深浅測量	測線数 測線長 2700m	深浅図, 海底地形図, 地形地質断面図にまとめる。
	音波探査	深浅測量と同じ	地形地質断面図
	潜水探査	D-1 地点	観察 サンプリング
室内試験	岩石試験	Shoal -A 18ヶ Shoal -C 3ヶ	密度, 吸水率, 含水率 一軸圧縮 圧裂試験



SHOAL - A & B



Memor

1. The chart is constructed electric distance meter (Audistor) lattices upon the following stations.

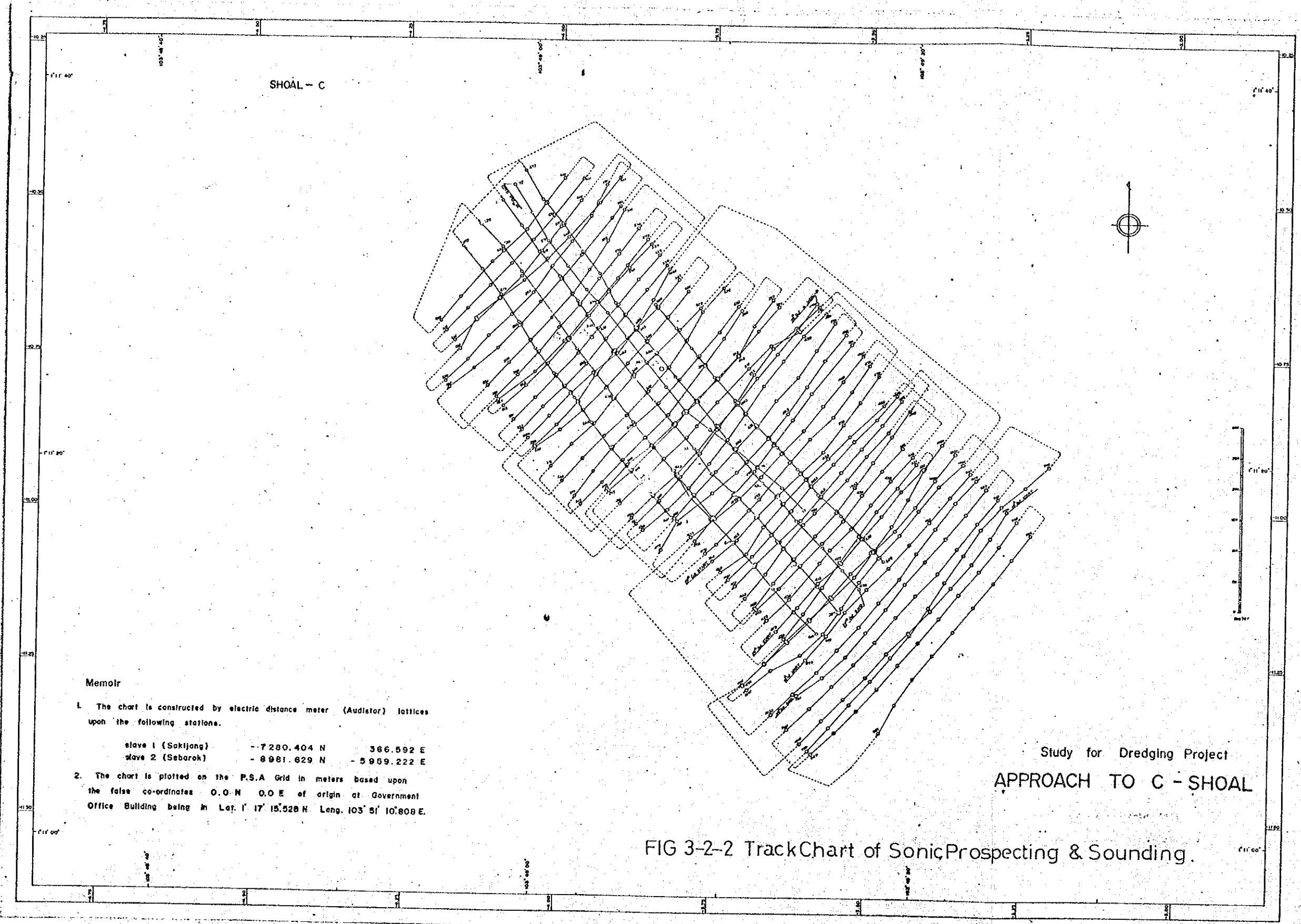
slave 1 (Saktjang)	- 7280.404 N	366.592 E
slave 2 (Sebarok)	- 8981.629 N	- 5959.222 E
2. The chart is plotted on the P.S.A Grid in meters based upon the false co-ordinates 0.0 N 0.0 E of origin at Government Office Building, being in Lat. 1° 17' 15.528 N Long. 103° 51' 10.808 E.

Study for Dredging Project
APPROACH TO A & B - SHOAL

October - November 1978

FIG. 3-2-1 Track Chart of Sounding & Sonic Prospecting.

15



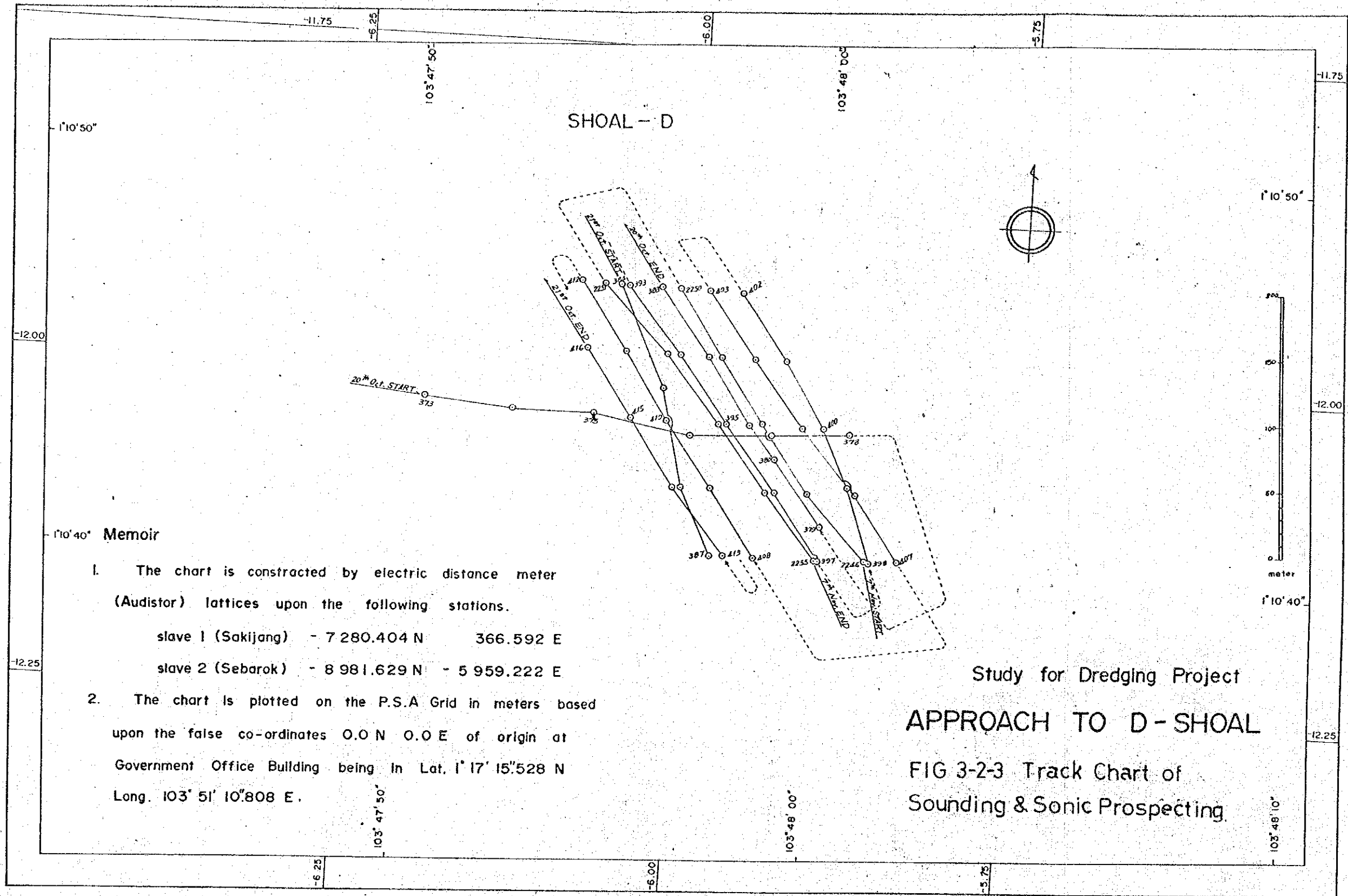
Memor

1. The chart is constructed by electric distance meter (Audistar) lattices upon the following stations.

slave 1 (Saktijang)	- 7 280.404 N	366.592 E
slave 2 (Sebarok)	- 8 981.629 N	- 5 969.222 E
2. The chart is plotted on the P.S.A Grid in meters based upon the false co-ordinates 0.0 N 0.0 E of origin at Government Office Building being in Lat. 1° 17' 15.528 N Long. 103° 51' 10.808 E.

Study for Dredging Project
APPROACH TO C - SHOAL

FIG 3-2-2 Track Chart of Sonic Prospecting & Sounding.



1°10'40" Memoir

1. The chart is constructed by electric distance meter (Audistor) lattices upon the following stations.
 - slave 1 (Sakijang) - 7 280.404 N 366.592 E
 - slave 2 (Sebarok) - 8 981.629 N - 5 959.222 E
2. The chart is plotted on the P.S.A Grid in meters based upon the false co-ordinates 0.0 N 0.0 E of origin at Government Office Building being in Lat. 1°17'15".528 N Long. 103°51'10".808 E.

17

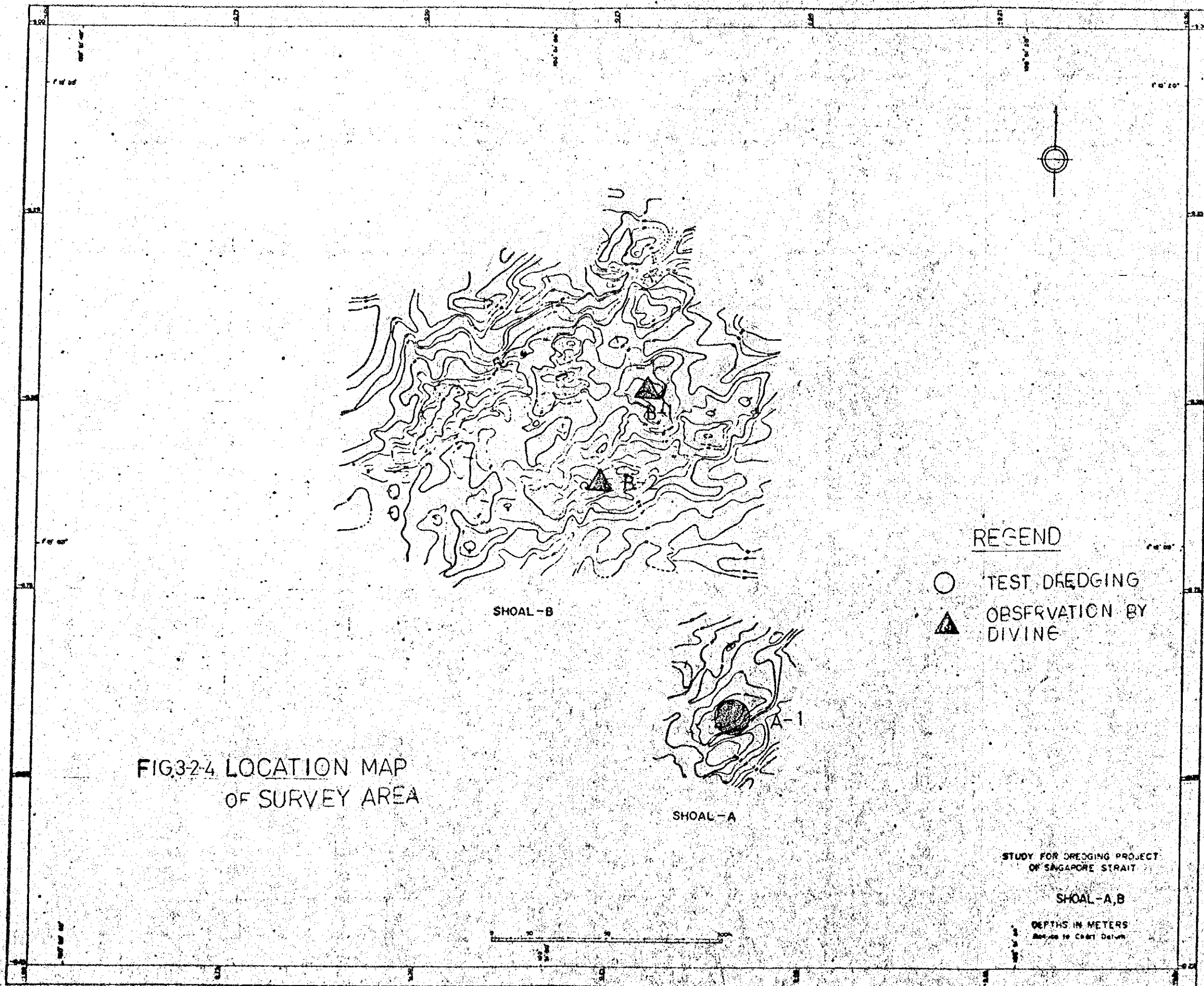


FIG3-2-4 LOCATION MAP OF SURVEY AREA

REGEND

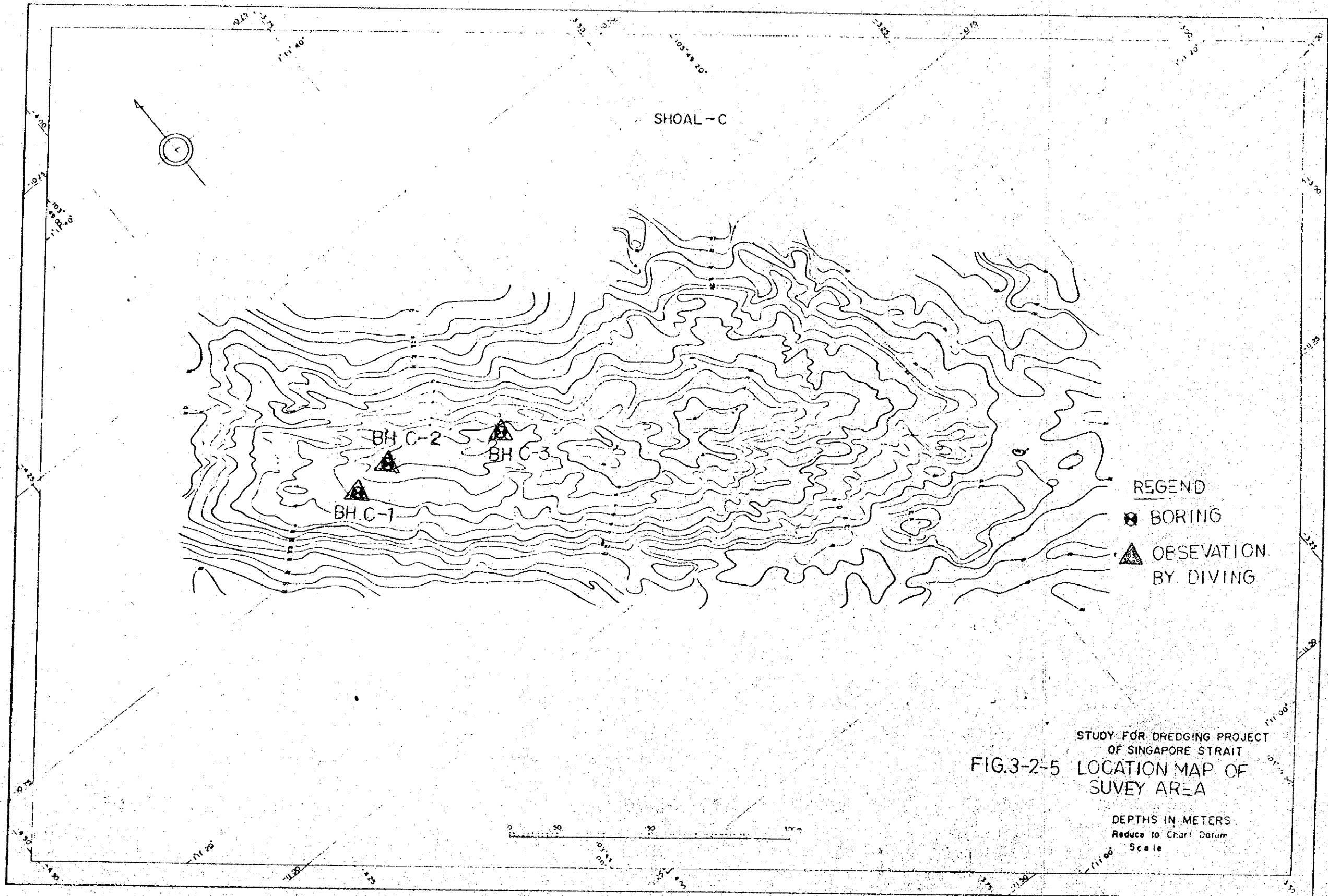
- TEST DREDGING
- ▲ OBSERVATION BY DIVINE

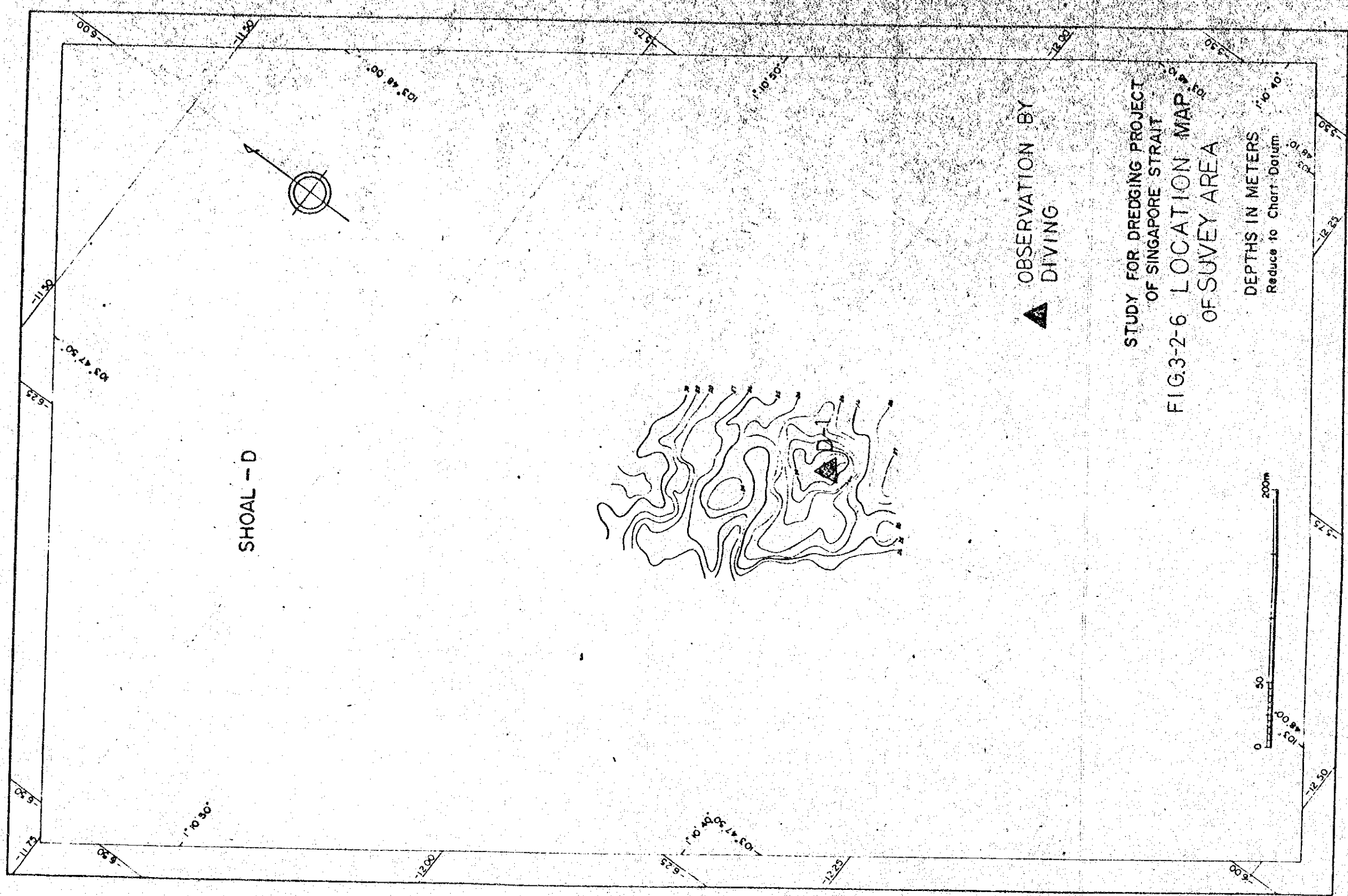
STUDY FOR DREDGING PROJECT OF SINGAPORE STRAIT

SHOAL-A, B

DEPTHS IN METERS
Refer to Chart Datum

18
 14-2





3-3 測量一般

基準点測量、他測量の細部については、巻末にまとめてあるので参照していただくものとして、ここでは、測量および諸図作成の際基本となる項目について記述する。

(1) 座標系

シンガポールで設置している基準点と座標に基づいて測量を行った。シンガポールの基準点は、マレー半島で使用されている Kertau Datum に準拠して座標が求められている。

今回の調査では、Kertau Datum 系における経緯度を用いて、直角平面座標系を設定し作業を行った。この座標系の原点は、P.S.A. Grid の原点と同一とした。

この報告で、調整した図面の座標は、原則として今回設定した直角平面座標系 (Fig. 3-3-1) で表示し、必要と思われる場合に応じ、経緯度を算出した。

(2) 測位

測位には、全て電波測位機 (Audister) を用いた。測位機の従局点は、P. Sakijang Pelepah (R 1) と P. Sebarok (R 2) に設置した。従局点の座標は次のとおりである。

P. Sakijang 従局点 (R 1)

地理学的経緯度 (Kertau Datum)

1° 19' 18." 4814

103° 51' 22." 6676

平面直角座標 $x = -7280.40 m$

$y = +3665.9 m$

P. Sebarok 従局点 (R 2)

地理学的経緯度 (Kertau Datum)

$1^{\circ} 12' 23.8 0883$

$103^{\circ} 47' 58.8 0230$

平面直角座標 $x = -8981.63 m$

$y = -5959.22 m$

(3) 基準面

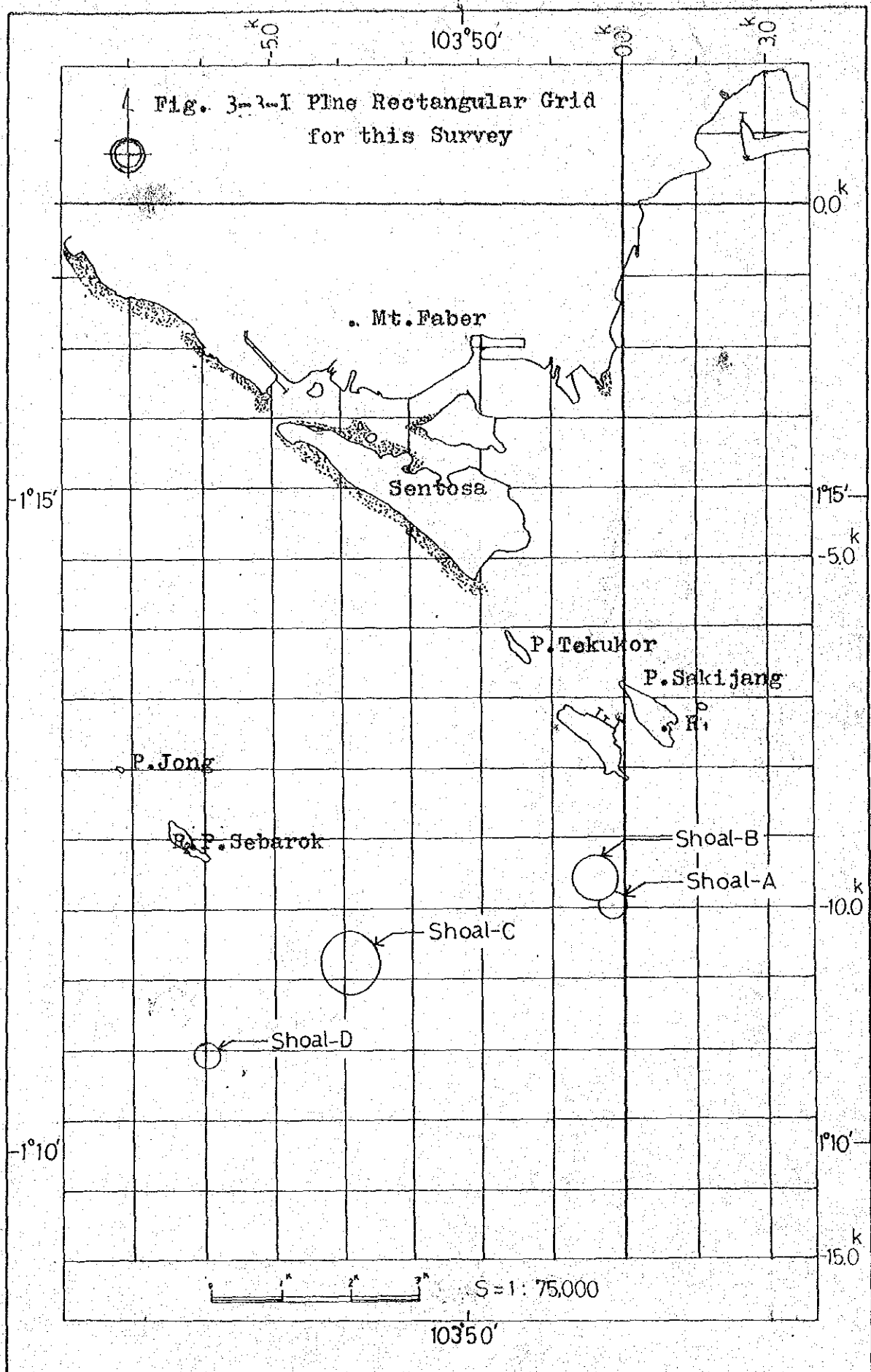
基準面は、Chart Datum Levelとした。(A.C.D.に同じ)

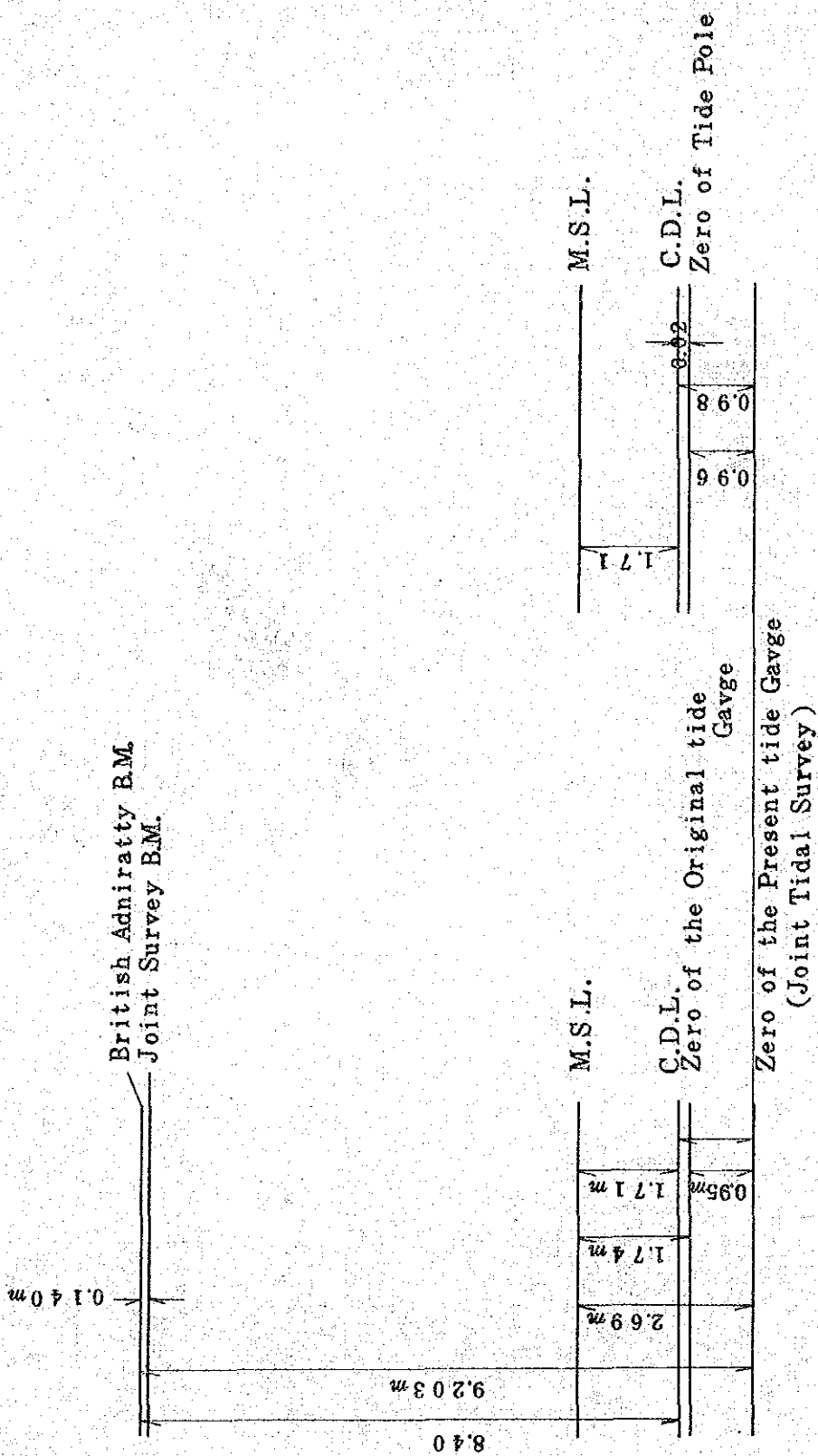
(4) 潮位観測

水深値およびボーリング掘進深度の際の潮高改正に供するために、P. Sebarok Jettyに Tide Pole を設置し、10分毎に潮位観測を実施した。

この Tide Pole の零位と、C.D.Lとの関係は、Raffles Light House に設置してある Tide Pole ならびに Tide Gauge と比較検潮を行い決定した。

各 Station における各レベルの関係は、Fig 3-3-2に示すとおりである。





Raffles Lt. Tide Gauge

P. Sebarok Tide Pole

Fig. 3-3-2 Relationship Between C.D.L. and Zero of Gauge

第4章 調査地域の概要

4-1 地形概要

シンガポール島は、南北約20 Km, 東西約40 Kmのダイヤモンド形の島である。

地形は、島の中央よりやや西側を南北に通る鉄道を境にして異なる。鉄道の西側は、小さな丘陵が多く起伏が激しいのに対し、中央部は、なだらかな丘陵がつらなっている。東側は、標高20 m前後で中央部よりさらになだらかな地形である。(Fig. 4-5-1)

本島の最高標高は、Bukit Timah Hillで166 mである。

これらの地形上の差は、地質構成を明瞭に反映している。すなわち、西側地区の比較的急起伏の大きい地形を示しているところが古期堆積岩で、中央部は花崗岩よりなっている。

東側は、固結度の低い洪積世の堆積物よりなっている。この他に、Jurong地区、Kallang River ぞいに沖積低地帯が比較的広く分布している。

調査地域のA, B地区の浅瀬は、Sentosa Island ~ P. Tekukor ~ P. Sakijang などSE方向につらなる島々と平行に配列している Terumbu Selegi, P. Subaru Draut P. Subaru Laut の先になる。さらに、海図を見るとSE方向に点々と浅瀬があり、IndonesiaのP. Sambo Islandへと続いている。この高まりは、明らかに古期堆積層(中生代に堆積したJurong Formation)の構造を反映している。

C, D地区についても同様にJurong ~ Bukom Island ~ Sebarok

Island と S E 方向にのびる島々の連続した浅瀬と考えることが出来る。

このように、Singapore 海峡は、陸上の地質構造がそのまま海底地形に反映しているものと思われる。(ただし P. Sakijang Island から P. Senang Island の間の海峡について云えることである。)

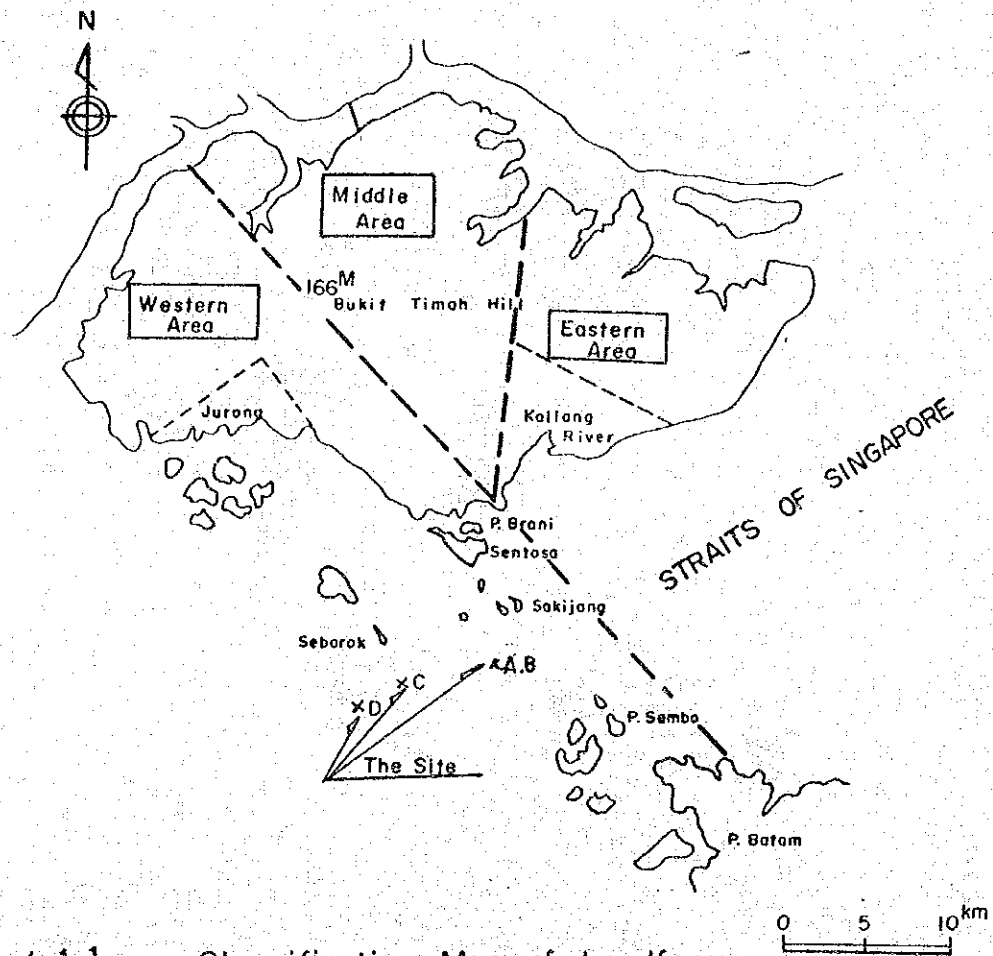


Fig 4-1-1 Classification Map of Landform

4-2 地質概要

シンガポール国の地質は、本島中央部に広く分布する花崗岩（中生代前期に活動した Bukit Timah Granite）と西側に分布する古期堆積岩（中生代中～後期に堆積した Jurong Formation）と東側に分布する洪積層（第四紀前期に堆積した花崗岩質の砂層）に大別することが出来る。（ Fig. 2-2-1 参照）

さらに島中央部 Bukit Timah Hill を中心に小規模ではあるが 古生層（ Palaeozoic ）が分布している。

この他に、Jurong 地区、Kallang River ぞいの低地、及び海岸線沿いの低地には、沖積層が分布している。

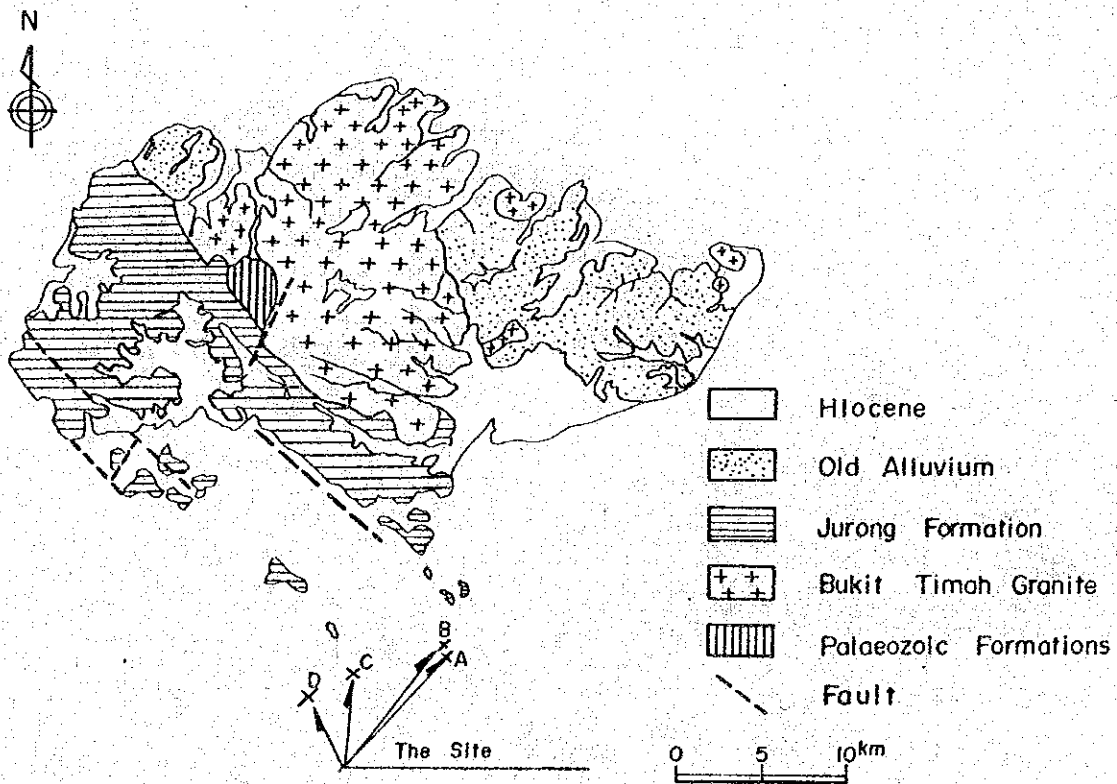


Fig 4-2-1 Simplified Geological Map (After P.W.O., 1976)

調査地域の浅瀬は、すべて中生代の Jurong Formation が分布していることが調査結果で明らかになった。この他、島の周囲の浅瀬には、現在の Coral 及び砂が堆積している。

調査地に直接関係のある Jurong Formation について説明する。

(1) Jurong Formation

Jurong Formation は P.W.D (1976) 発行の Geology of the Republic of Singapore によると、後期 Triassic から早期 Jurassic に堆積した、浅海性 (Shallow Marine) 堆積物である。これを 6 つの相 (facies) に分類して記載されているが岩質には大差がない。

6 つの相は、下位より Queenstown, Jong, Ayer Chauwan, Rimau, St. Johns, Tengah である。本調査地に対比される相は、A, B 地区が Rimau Facies (J r), C, D 地区が Jong Facies (J i) と考えられる。

Rimau Facies (J r) の岩質は、礫岩 (Conglomerate - sub - angular to rounded fragment usually less than 5 cm in diameter, but sometimes of coble grade), Quartz Sandstone と mudstone より構成されている。

Jong Facies (J i) は Conglomerate, Sandstone, mudstone, より構成されている。Sandstone は、礫灰質な部分も見られる。礫岩は Siltstone, Mudstone の中に 6 cm ~ 10 cm の経の礫が混入していることが多い。

第5章 調査結果

5-1 深浅測量

Shoal 周辺の地形と浚渫対象土量を把握するために、音響測深を行った。測線間隔は、原則として25mとし、Shoal の地形がとらえられるよう必要に応じて補測を行った。

今回の調査では、浚渫土量を求めることが重要であるので、平均的な土量を求めるため、水深の読みとり間隔を水深-21m以浅は5m間隔、-21m以深は10m間隔とし、いずれも等間隔とした。

ただし、Shoal の頂点などそれ以外に特に水深の浅い水深地点も読み取った。

測深の結果は水深図(DRW-1~DRW-3)海底地形図(DRW-4~DRW-6)および地形断面図にまとめた。これらは巻末に付録として掲げたので参照されたい。

ここでは測深結果のうち海底地形の特徴について述べる。

(1) Shoal - A (Fig. 5-1-1)

海上保安庁水路部発行の海図では、16.9mとして記載されている Shoal である。長径100m、短径30mのほぼ長円形の浅瀬であり、長軸の方向はNE方向で海峡の方向とほぼ一致している。水深-21mを、浚渫対象とした場合の土量及び底面積は概略次のとおりである。

土量	4900 m ³	(平均断面法による)
底面積	3000 m ²	(平均求積法による)

周辺部の水深はおよむね -23 m であるが、Shoalの南東側に -22 m ～ -23 m の浅瀬が存在している。今回の音測結果では -21 m 以浅の水深は記録されていないが、海底起伏量は 1 m ～ 2 m はあるので、未測深範囲(測線と測線の間)に -21 m より浅い地点が存在する可能性はある。その他の区域は、およむね -23 m 以深であり、浅瀬は存在しないと思われる。

(2) Shoal - B (Fig. 5 - 1 - 1)

Shoal-Aの北西約 400 m にあり、海図ではKg. Hambatと記載されている浅瀬である。

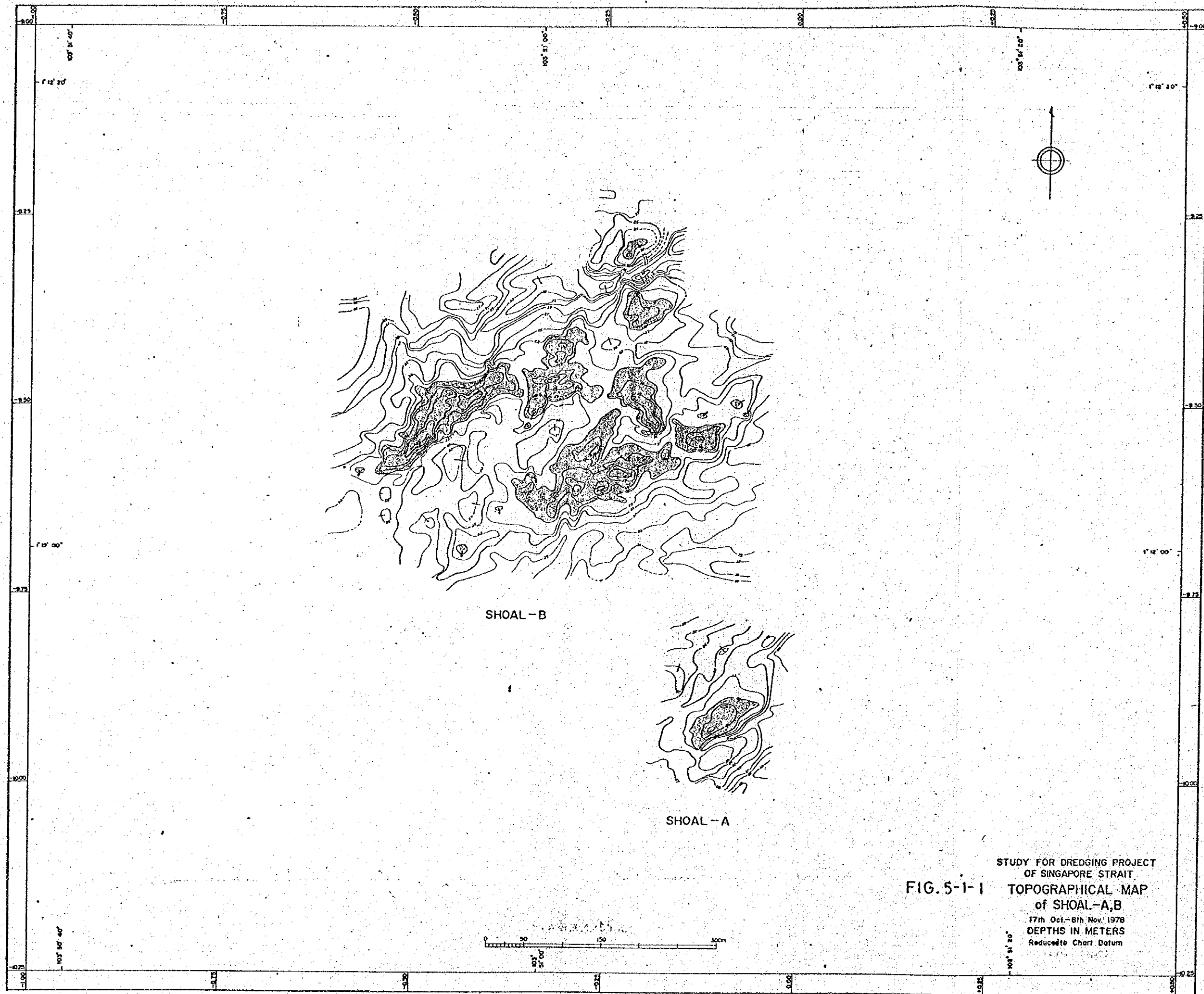
海底地形図に示すように、このShoalとその周辺に小さいShoalが多数存在している。

これらのShoalは地質構造を反映してSE-NW方向にも配列しているが、ここでは、NE-SEの方向(Main Straitの方向)性が強い。

Shoal - Bの浚渫土量は下記のようになるが、Shoalと同様に海底の起伏が測線と測線の間未測線区域には、小さな浅瀬が存在する可能性がある。とくに、Shoal - Bでは、 -22 m ～ -23 m の水深の区域が広いので工事前に更に高密度な掃海測深を実施し、小さな浅瀬の位置を確実に把握しておく必要がある。

Shoal - Bの浚渫対象となる土量は、次のとおりである。

土量	$88,000\text{ m}^3$
底面積	$34,300\text{ m}^2$



31
37

(3) Shoal - C (Fig. 5 - 1 - 2)

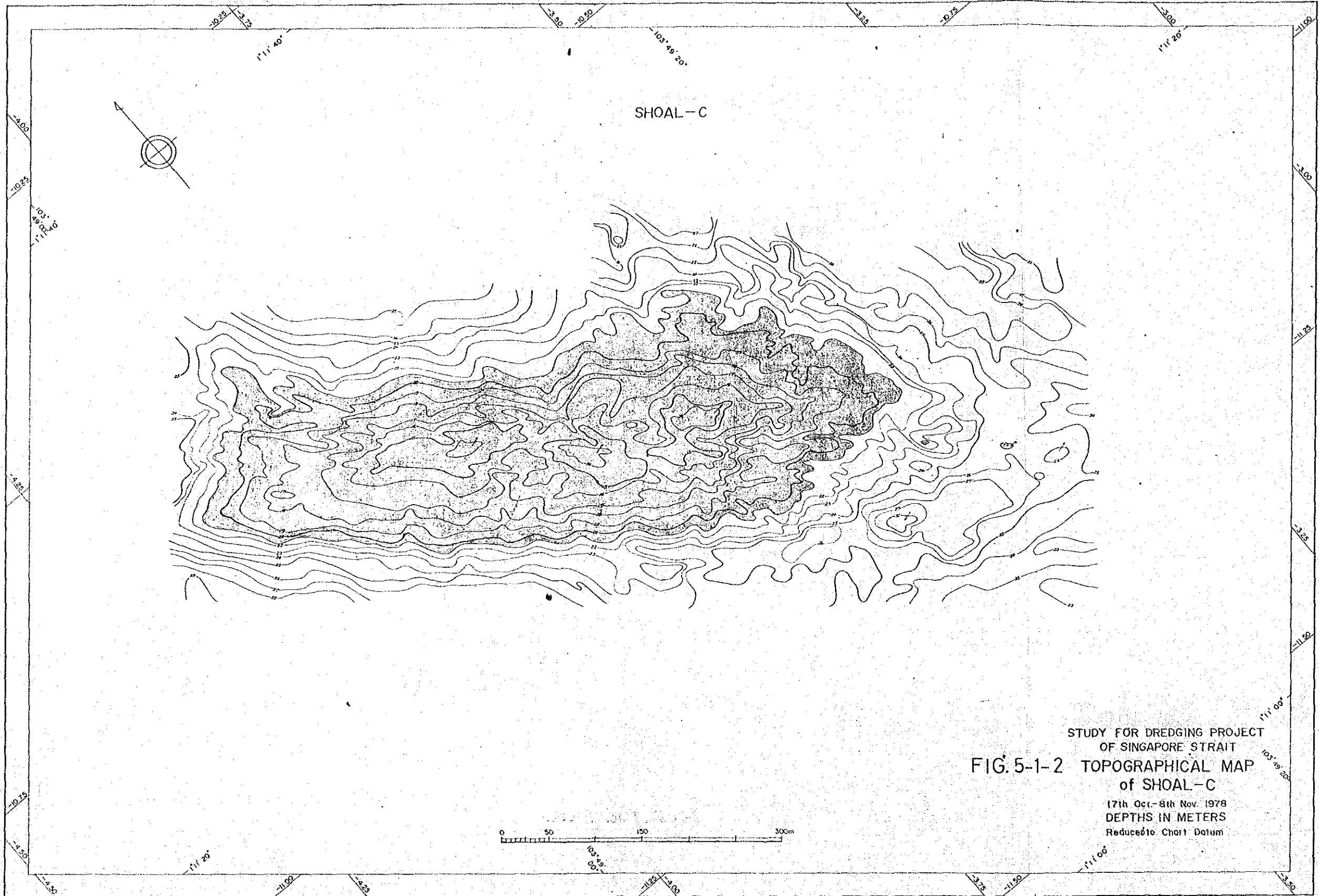
P. Sebarok の東南約 2.5 Km の地点にある舟状の浅瀬であり、長軸の方向は S E 方向になっている。この方向には P. Bukom , P. Jong P. Sebarok などが、ほぼ直線状に配列しており、地質構造と一致している。

Shoal - C は、地形図に示されるように、Shoal - A , B、および Shoal - D と比べて起伏量は少く地形も比較的単調であり、舟底を伏せた形状 (長軸 750 m , 短軸 250 m) をしている。今回の測深の結果では最も浅い水深は、13.3 m であったが、海図によれば 13.1 m の地点がある。

Shoal の浚渫対象土量は次のとおりである。

土量	389000 m ³
底面積	126000 m ²

Shoal の海底の起伏は余り大きくないので、今回の測深によってほぼ浅瀬の全容を把握したものと思われる。



STUDY FOR DREDGING PROJECT
 OF SINGAPORE STRAIT
FIG. 5-1-2 TOPOGRAPHICAL MAP
 of SHOAL-C
 17th Oct.-8th Nov. 1978
 DEPTHS IN METERS
 Reduced to Chart Datum

33
 78

(4) Shoal - D (Fig. 5 - 1 - 3)

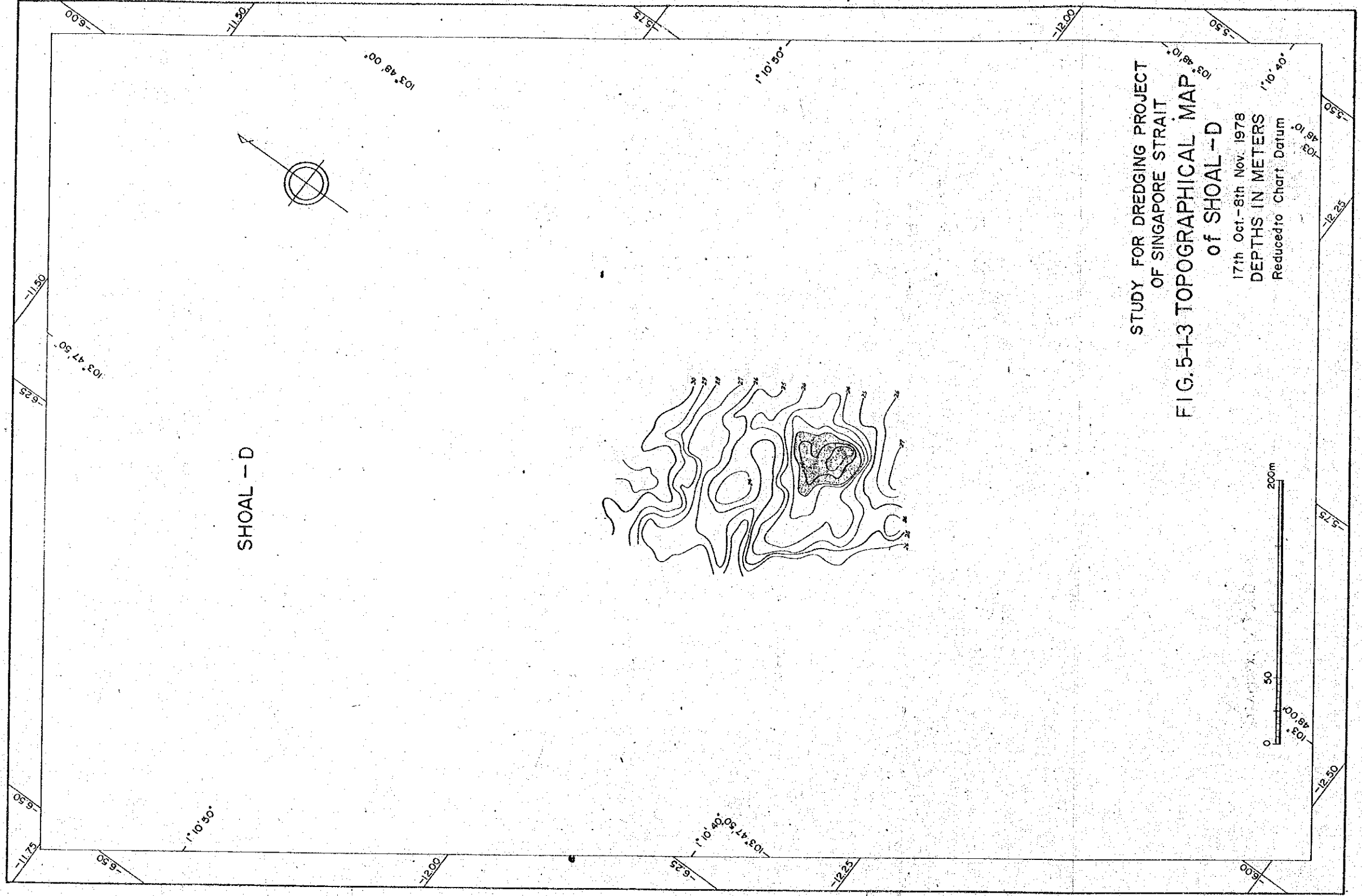
Shoal - DはGusong Tower の南々東約800 mにある浅瀬で、海図では17.2 mと記載されている。

一辺約50 mの四角形の浅瀬となっている。

Shoal - DもShoal - A, Bと同様起伏に富んでいるが周辺の他の浅瀬は-23 mより深くなっている。

この浅瀬の浚渫土量は次のとおりである。

土量	2,100 m ³
底面積	1,700 m ²



35
1531

5-2 音波探査

潜水探査結果で述べるように、調査区域には Jurong Formation の地層が海底に露岩している。露岩していない Shoal - C でも、現地性の礫に覆われている。

このため、音波探査では、海底から岩盤の記録になっており、これらを被覆する砂、泥などの未固結堆積物はほとんど記録されていない。調査区域のうち、Shoal A, B, D では全区域海底は岩盤又は礫である。Shoal - C では、海底の谷部に堆積物が存在しているところがある。しかし、浅瀬の区域では、海底からほとんど岩盤であり、窪地に数 10 m の極く薄い砂層が堆積しているのみであることがダイバーにより確認されている。この堆積層は音波探査によると記録されない程薄い層厚であるので、海底面以下全層を岩盤と見做すことが出来る。

5-3 潜水調査結果

Shoal A, B, C, Dの海底地形及び表面の堆積物を確認するために潜水調査をおこなった。調査の方法は、海底地形の目視調査と写真撮影によった。同時に海底堆積物のSamplingをおこない地質の判定をおこなった。

以下 Shoal - A, B, C and D地区の状況について記す。

(1) Shoal - A

Shoal - Aは、測深結果より巾約30m、長さ約100mでNE-SW方向に延びていることが判明した。

潜水の調査の結果、海底面は、0.5m前後の凹凸のある露岩地帯であることが明らかになった (Sea Photo - 1)。

連続した平坦面は10~15m程度しかなく、さらにこの平坦面にも0.3~0.5mの凹凸があり完全な平坦面は見られなかった。

海底面を構成する地点は、砂岩、礫岩及び泥岩の互層である。潜水調査時には、泥岩の標本は採取出来なかった。

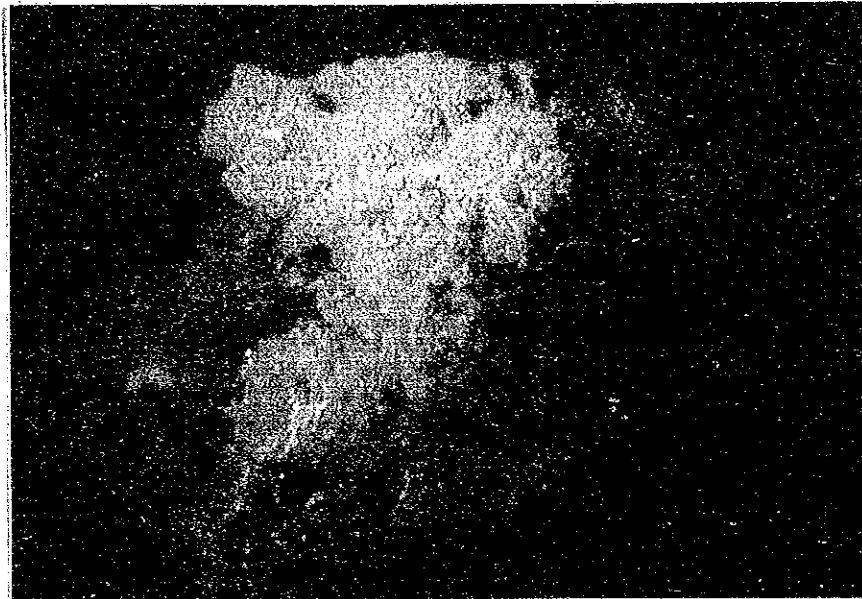


Photo. 5-3-1 Sea Bottom Scene of Shoal-A

(2) Shoal - B

Shoal - Bは、Shoal - AよりNW方向約300 mの地点に位置する。本地区の海底地形も Shoal - Aと同様に凹凸が激しく平坦面が見られない。

潜水調査の結果では、-24 m附近に比較的広い平坦面が見られるが (Fig. 5-3-1) 20 m以浅では10 m巾以上の平坦面は見られなかった。海底地形は Fig. 5-3-1 に示されるように比較的サイクリックに急崖 (0.5 ~ 1.0 m High) が見られる。この断面はほぼ

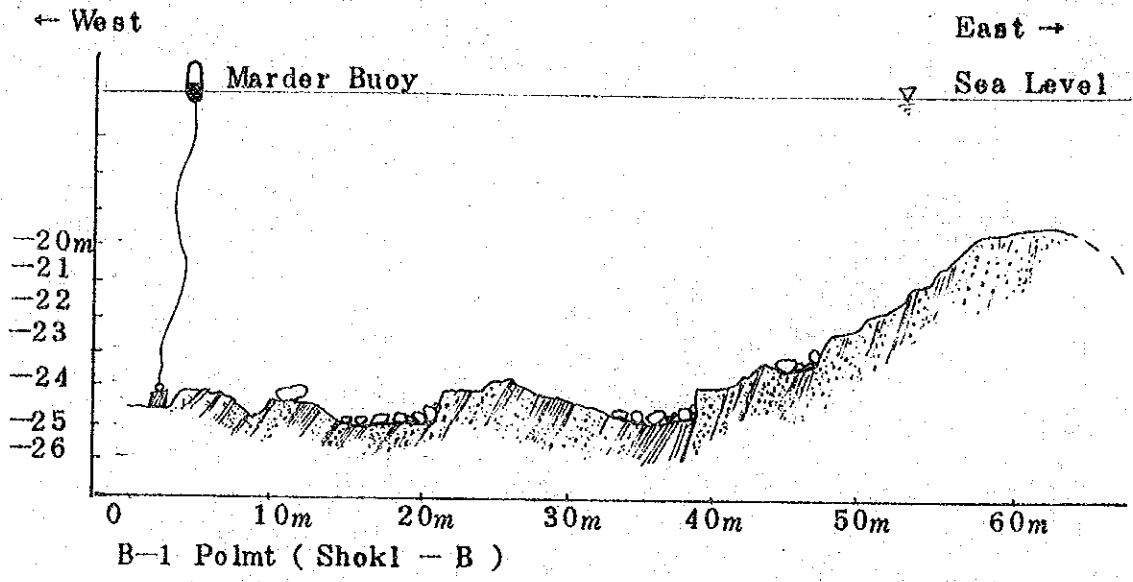


Fig. 5-3-1 Cross Section of B-1 Point.

東西方向の断面である。この方向は Jurong Formation の strike soon と直交する方向であるため地質構造を反映しているものと推定される。すなわち Jurong Formation は砂岩、礫岩、泥岩の互層でありそれぞれ風化侵食の度合が異なるため地形上にその傾向が出たのではないかと思われる。

本地区の底質は凹部に堆積している礫の他は A 地区同様露岩している。採取した礫の地質は、石英質の硬質砂岩 (Quartz Sandstone) であった。

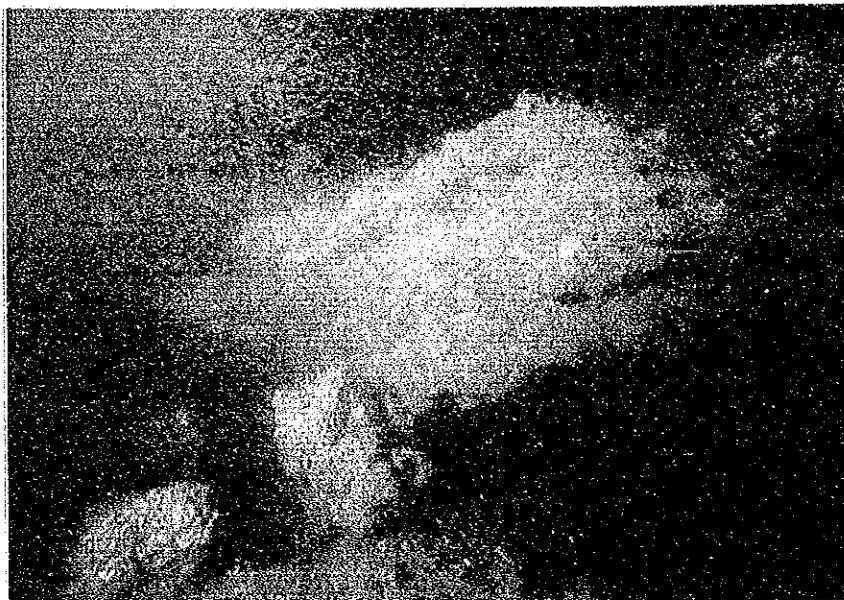


Photo-5-3-2

Sea Bottom Scene
of Shoal - B

(3) Shoal - C

Shoal - Cの海底地形は、Shoal A, B, Cとは異なり比較的なだらかな地形を呈していることが測深結果で明らかになっていた。潜水調査の結果では、0.3 m前後の凹凸はあるが急激な地形変化はなく、全体にゆるい傾斜(2°~5°)を呈していた。潜水調査結果の断面図をFig. 5-3-2に示す。

海底堆積物は、礫、砂が凹部に堆積している(Photo 5-3-3 参照)。礫径は10~30 cm大のものが多。砂は、貝がら片を主体とした粗砂(Coaso Sand)である。凸部には露岩しているので砂の堆積層厚は数十cmであろう。

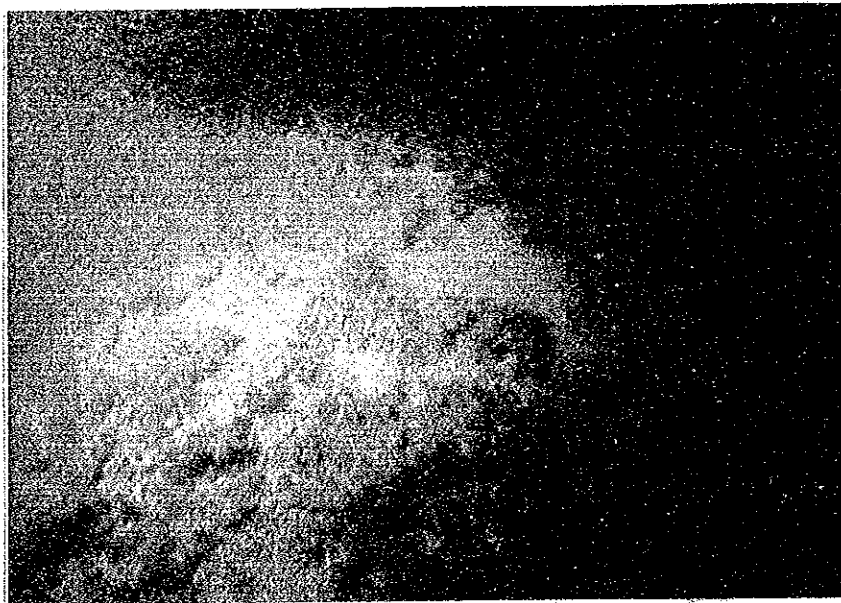
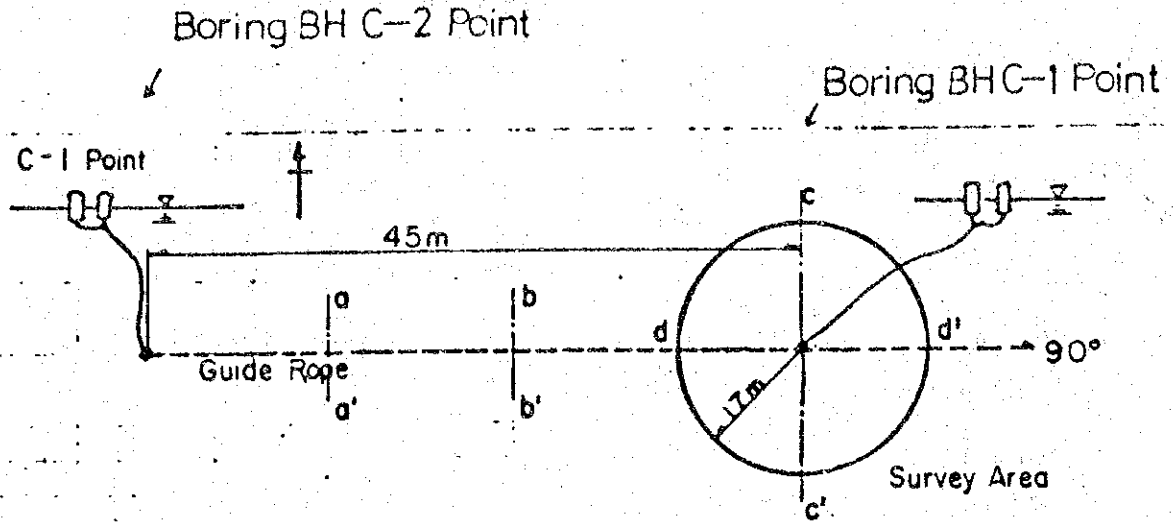


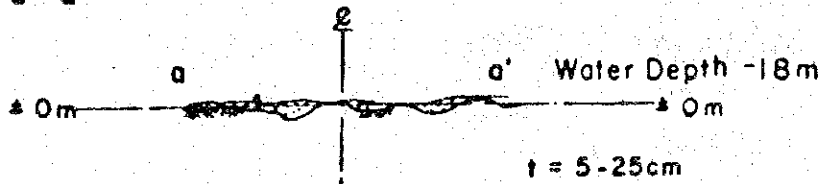
Photo 5-3-3 Sea Botton Scene of Shoal - C (C - 2)

Point C-1 Diver Survey

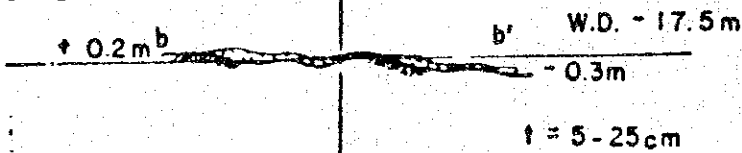


Cross Section

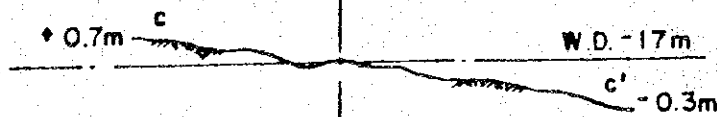
(1) a - a'



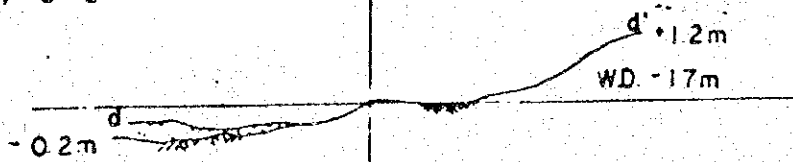
(2) b - b'



(3) c - c'



(4) d - d'



Note:

Sand

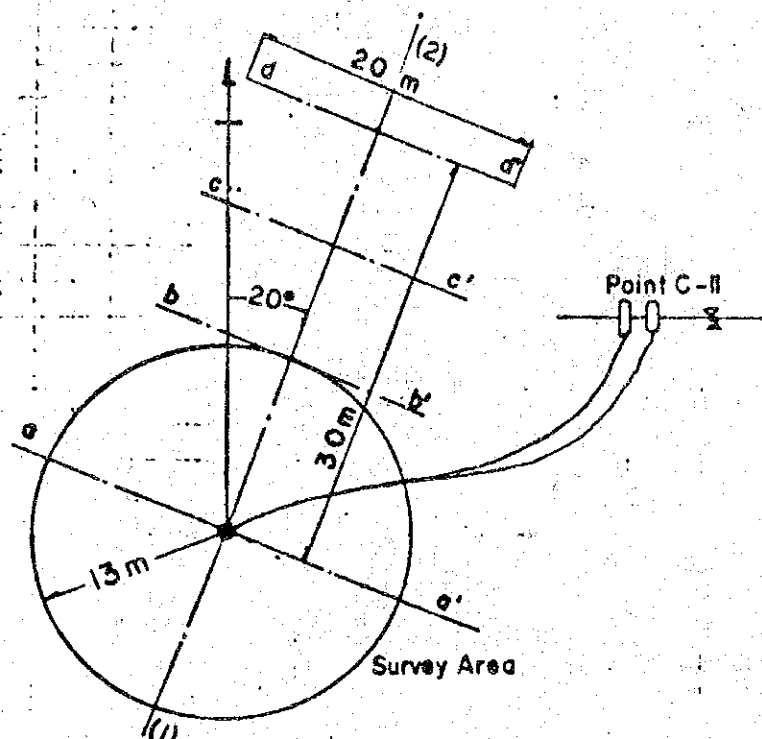
Rock

t = Thickness of Sand

Fig. 5-3-2(I) Cross Sections by Diver Survey

42

Point C-II Diver Survey (Boring BHC-3 Point)



Cross Section
(1) - (2)

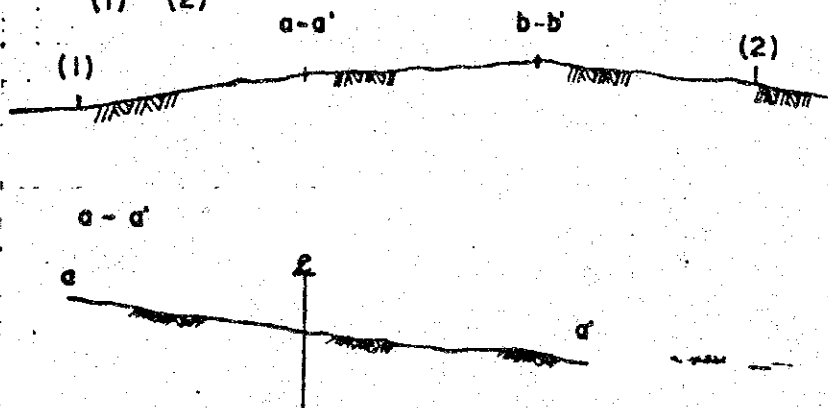
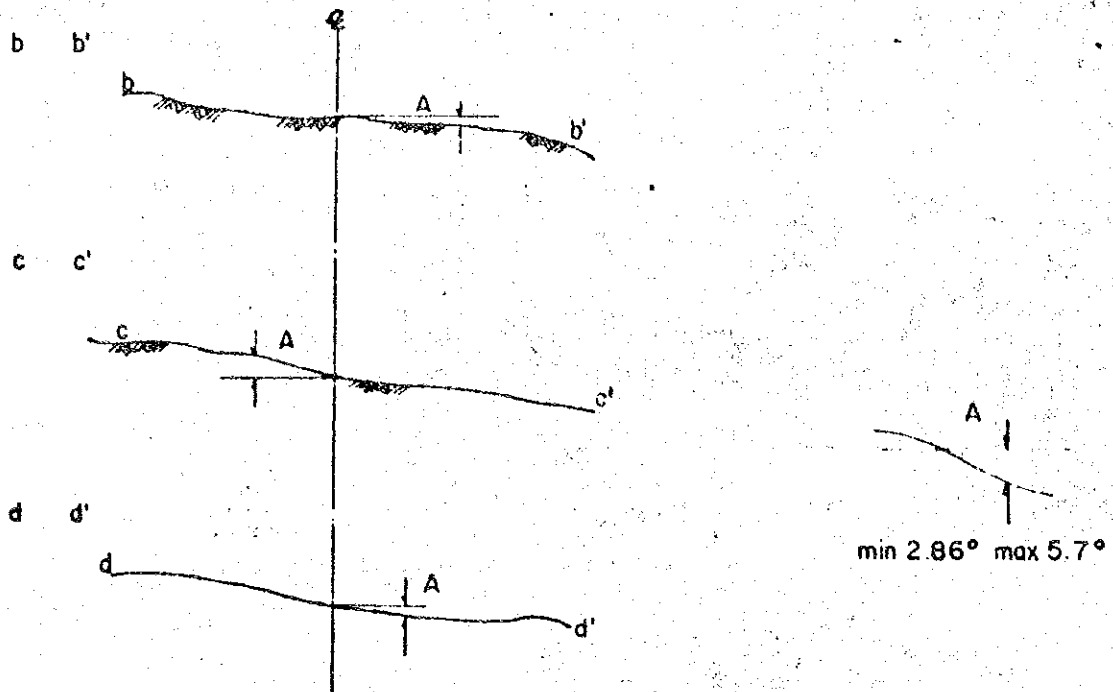


Fig. 5-3-2(2) Cross Sections by Diver Survey

43
38



Proposed Point C-II : Started the diving survey at North Direction to 20 degree.

Length about 30m : Placed the guide rope and surveyed the surrounding sea-bed.

Survey Points : b-b", c-c", d-d"

After surveying the above 3 points, divers returned to point C-II.

Divers surveyed the area of radius 13m from the point C-II.

Conditions : 2.86° to 5.7°

It was very difficult to lay the Boring Tower, but no dangerous objects were found lying around this area.

Some big stones and sand are found in the sea-bed.

38
42
39

(4) Shoal - D

Shoal - DはShoal - CよりS W方向約 2.5 Kmの所に位置する巾約 18 mの小さな浅瀬である。海底地形上の特徴は、径 1.0 m以上の大きさのある円礫が密集している。この礫の間を砂シルトが堆積している。露岩したところは潜水探査の範囲では見られなかったが、この巨礫の堆積状況の観察結果から見て表層のみに堆積しているものと推定される。

採取した標本 (Sample) は赤褐色の砂岩であった。



0 20 30^{cm}

Scale (Approximate)

Photo 5-3-4 Sea Bottom Scene of Shoal - D

29
75

5-4 ボーリング結果

ボーリングは、地質構成及び深さ方向の風化状況を確認するために Shoal - C で3ヶ所実施した。その結果は Drilling Log に示した。

採取したボーリングコアを見ると、いずれも Jurong Formation の砂岩、礫岩、泥岩の互層である。凝灰岩も部分的に見られる。

礫岩層の礫は、石英質の硬い礫で直径が2~5mmで最大径20m程度のものがボーリングコアとして採取された。

岩石は、全体的に強風化作用を受け、ボーリングコアの大部分が粘土化している。したがって、モースの硬度も2が最高値であった。

以下各ボーリング孔ごとに説明する。

(1) Boring C-1

本ボーリング孔の Sea Bed Level は C.D.L. - 17.19m で、G.D.L. - 27.54m 迄掘削をおこなった。

地質は凝灰質砂岩 (Tuffaceous Sandstone)、凝灰岩 (Tuff) より構成されている。C.D.L. - 17.99M より 21.69M 迄は、コア採取率100%で長さ20~30cmの棒状コアが採取された。C.D.L. - 21.64M より C.D.L. - 25.79M 迄は Tuff である。

全体的に強風化されていて C.D.L. - 25.79M より C.D.L. - 27.54M 迄は、コアが採取出来なかった。凝灰岩中の標準貫入試験値 (Standard Penetration Value) は、50 blow/16cm であった。採取されたコアの風化の程度は大きくハンマーで容易に破碎される。また、ボーリングコアの亀裂は60~70の傾斜をしており、地層の傾斜が高角度であることが推定される。

(2) B H, C - 2

本ボーリング孔の Sea Bed Level は、C.D.L.-1 5.6 5 m で、C.D.L.-2 5.8 5 m 迄掘削をおこなった。

C.D.L.-1 6.4 5 M より C.D.L.-1 9.4 5 m 迄は、赤褐色の硬質粘土で径 2 ~ 3 mm の礫が散点している。この粘土は、原岩の（泥岩）構造が残っていることから 2 次堆積物でなく泥岩が風化変質作用をうけて粘土化した部分と考えられる。

C.D.L.-1 9.4 5 M より C.D.L.-2 5.8 5 M 迄は、凝灰質砂岩、泥岩、礫岩の互層である。

本ボーリング孔も全層強風化作用を受け、礫岩の礫以外は粘土化している。

(3) B H, C - 3

本ボーリング孔の Sea Bed Level は C.D.L.-1 5.6 0 m で C.D.L.-1 8.6 0 M 迄掘削をおこなった。

全層が礫岩で、Matrix は、砂、泥岩で構成されている。礫径は ϕ 2 0 mm 以下で、泥岩（強風化して粘土になっている。）の中に散点している。

以上のように全層が強風化作用を受け C-1 の砂岩以外は粘土化していて棒状コアを採取することが出来なかった。又本地区のボーリングコア及び陸上の調査、既存の地質資料から判定し、Jurong Formation 中の Jong Facies に対比されるものと思われる。

FIG. 5-4-1 DRILLING LOG

Name of Project : Straits of Singapore Date : 10th to 11th November, 1978 Platform Level : CDL +7.81m
 Hole Number : BH C-1 Driller : Koken Boring Machine Co., Ltd. Sea Bed Level : CDL -17.19m
 Co-Ordinates : -10723.449 N -3992.704 E Type of Drilling : Rotary

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil & Rock	Colour	Visual Description	Depth in m.	Standard Penetration Test		R.O.D. (%)	Coring Time in min.	Mohs Scale of Hardness	Remarks
									blows/cm	Core Recovery				
1	17.99	0.80	0.80				No core boring for setting up of casing	0.80	0		-	10	-	Rotation of bit = 60 to 80 r.p.m.
2					Yellowish brown	Yellowish brown	Fine to medium grained. Heavily weathered. Can be crushed by fingers. Cracks with inclination of 50 - 60° are observed at 1.3m and 2.6m. Contains some fine gravels between 4.15 - 4.50m.	1.60	100		59	20	0	Delivery water = 15 to 20 l/min.
3					Whitish grey	Whitish grey		2.85	100		88	30	2	Delivery pressure = 2 to 4 kg/cm ²
4	21.69	4.50	3.70		Tuffaceous Sandstone	Yellowish brown		4.15	100		34	40	2	Type of bit: Metal Crown
5							Silty fine sand.	5.50	100		0	50	1	
6							Sand is fine to medium grained. Material seems to be soil between 4.50 - 5.60m. Can be crushed easily by fingers.	5.60	100		0	40	1	
7								7.10	87		0	30	1	
8								7.26				20	0	
9	25.79	8.60	4.10		Tuff	Grey	Laminae of clay at 5.1m, 5.6m & 8.1m. Contains some small gravels at 8.5m.	8.60	93		(50)	50	1	
10	27.54	10.35	1.75				No core was recovered below 8.6m.	10.35	0			50	-	

End of Drilling

FIG. 5-4-2 DRILLING LOG

Name of Project : Straits of Singapore Date : 14th to 15th November, 1978 Platform Level : CDL +9.35m
 Hole Number : BH C-2 Driller : Koken Boring Machine Co., Ltd. Sea Bed Level : CDL -15.65m
 Co-Ordinates : -10718.263 N -3948.314 E Type of Drilling : Rotary

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil & Rock	Colour	Visual Description	Depth in m	Standard Penetration Test		R.Q.D. (%)	Coring Time in min.					Remarks
									blows/cm	Core Recovery		10	20	30	40	50	
1	16.45	0.80	0.80				No core boring for setting up of casing.	0.80				10	20	30	40	50	Rotation of bit=80 r.p.m
2					Yellowish brown sandstone fragments at 1.8m.		2 to 3mm. Contains sandstone fragments at 1.8m.	2.40	41		0						Delivery water = 15 to 20 l/min
3					Silty Clay with gravel	Reddish brown	Contains mudstone fragments between 2.0 to 2.4m.				0						Delivery pressure = 2 to 4 kg/cm
4	19.45	3.80	3.00		Tuffaceous Sandstone	Whitish grey to brown	Can be crushed by fingers. Contains many cracks between 4.3 to 5.2m.	4.00	100	N = 50/6 (30)	11						Type of bit: Metal Crown
5	20.85	5.20	1.40			Whitish grey to reddish brown	Heavily weathered. Contains vertical veins of quartz below 6 to 7m.	6.00	100		0						
6					Mudstone	Reddish to yellowish brown	Heavily weathered. Dia. of gravel is generally 2 to 3mm. (max = 5mm). Round to semi-round gravels.	7.80	33		0						
7	23.45	7.80	2.60			Reddish to yellowish brown		9.00	71		0						
8					Conglomerate	Yellowish brown		10.20	67		0						
9	25.85	10.20	2.40														
10																	

End of Drilling

FIG. 5-4-3 DRILLING LOG

Name of Project : Straits of Singapore
 Date : 20th to 21st November, 1978
 Platform Level : CDL +9.40m
 Hole Number : BH C-3
 Driller : Koken Boring Machine Co. Ltd.
 Sea Bed Level : CDL -15.60m
 Co-Ordinates : -10767.240 N -3835.024 E
 Type of Drilling : Rotary

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil & Rock	Colour	Visual Description	Depth in m	Standard Penetration Test		R.Q.D. (%)	Coring Time in min.	Mohs Scale of Hardness	Remarks
									blows/cm	Core Recovery %				
15.90	0.30	0.30			Alternation of heavily weathered conglomerate Sandstone and Mudstone	Reddish brown to whitish grey	No core-boring	0.30						
18.60	3.00	2.70					Semi-angular to round gravel with dia. of 2 - 5mm, $\phi_{max} \approx 20mm$. Can be crushed easily by fingers. Slightly cemented below 2.1m	1.80	33		0			Rotation of bit = 80 r.p.m. Type of bit: Metal Crown.
End of Drilling							No core was recovered between 1.0 - 1.8m and 2.5 - 3.0m	3.00	50					

5-5 グラブ掘削結果

浅瀬浚渫工法決定及び工費積算資料をうるためにグラブ船による試験掘削を Shoal-A でおこない各種データを集収した。その結果について述べる。

5-5-1 使用船舶

a) Grab Dredger	9 4 3.1 4 GRT
(KEIHIN MARU)	
使用バケット	7 m ³ 60tone
	Ultra Heavy Type
b) Pusher Tug	1 7 0.5 2 G.R.T.
	(1 0 0 0HP)
c) Hopper Barge	4 8 0.0 0 G.G.R.T.
	(m ³)
d) Anchor Boat	1 9.9 9 G.R.T.
	(1 0 0 HP)
e) Passenger Boat	

5-5-2 試験掘削の方法

試験によって求める項目は、掘削のサイクルタイムと、つかみ効率であり、1回の掘削量（浚渫量）からバケット係数を算出した。

計測項目、計測時間は別表の通りであるが、計測項目の内巻上げ・旋回と積込み旋回は同時におこなったため計測時間は分離出来なかつ

た。

1 回当りの掘削量を求めるためバケツ内側に目盛をつけ読み取りをおこなったが、岩塊が盛上って、バケツ内の掘削岩塊が平らにならないため目測も多く入っている。

この誤差を少なくするため、試験掘削に関係なく全掘削回数を計測し、バースに積込まれた土量を求めて平均値を取り比較した。

5-3-3 作業期間

作業期間は Table 5-5-1 の通りである。爆弾探査のためグラブ船の現地滞留が多かったが、この内試験掘削をおこなった日は、11月2日～4日の3日間である。試験掘削時間が少ないのは、現地の潮流が速く、掘削出来ない状態で潮流待ちの時間が多かったことによる。

Table -- 5 -- 5 -- 1 Term of Grab -- Dredging

DATE	OPERATING TIME (hr)	WAITING TIME (hr)	TEST TIME (hr)	REMARKS
24 OCT.	0	24:00	0	Taking a Barge
25	2:50	21:10	0	
26	0	24:00	0	
27	0	24:00	0	Waiting For Bomb Suivey
28	0	24:00	0	"
29	0	24:00	0	"
30	0	24:00	0	"
31	0	24:00	0	"
1st NOV.	0	24:00	0	"
2	3:45	20:15	2:07	Test
3	5:40	18:20	2:36	"
4	3:45	20:15	2:09	"
5	0	24:00	0	Taking a Barge
Sum	(2:50) 13:10	296:00	6:52	

5-5-4 試験結果

試験結果をまとめたものが Table - 5 - 5 - 2 である。Table - 5 - 5 - 2 中の各 Sheets は、10 回の試掘の平均値を示したものである。したがって 11 Sheets で合計 110 回の試験掘削をおこなっていることになる。

ロスタイムも 10 回の試掘の平均値をとっているため、実際にかかった時間は付録の調査カードを参照されたい。ロスタイムに要した内容は、主に掘削位置を変更するため本船を移動するに要した時間である。

サイクルタイム調査結果では、各サイクル共あまりバラツキはなく、1 サイクル 177 sec から 232 sec となっている。ロスタイムの多かった Sheet No. 1 と Sheet No. 11 をのぞくと、177' ~ 191' の範囲であった。

バケット係数調査では、平均掘削量 $8.03 m^3$ でバケット係数は 0.291 となっている。

ホッパーバージに積込んだ岩塊量の体積を求めて掘削総回数で割って求める方法と、船の沈下量より岩の平均単位体積重量を仮定して求める方法で算出したものの対比をおこなう。

積込み総体積から求める方法では、付録の資料に示すように土量 $V = 689.49 m^3$ となった。掘削総回数 235 回より求めた 1 回当り土量は $2.93 m^3/回$ となる。

船の沈下量より求めた値は、 $519 m^3$ となった。これは岩の平均重量 (rt) を岩石試験の結果から $rt = 2.52 t/m^3$ として計算した結果である。

Table 5 - 5 - 2 DREDGING TEST (by Grab Bucket)

SHEET NO	CYCLE TIME						SUM (sec)	COEFFICIENT OF GRAB BUCKET
	REWINDING (sec)	DREDGING (sec)	WINDING & ROTATION	LOADING & ROTATION	LOSS TIME (sec)	DREDGING Coefficient of VOLUME (M ³ Grab Bucket)		
1	48'	36'	89'	37'	22'	231'	1.27	
2	46'	38'	59'	37'		180'	2.01	
3	48'	39'	56'	35'		178'	2.77	
4	40'	36'	62'	39'		177'	1.66	
5	46'	38'	58'	35'		177'	2.76	
6	44'	37'	64'	41'	18'	205'	3.50	
7	43'	38'	62'	37'	3'	183'	1.11	
8	46'	39'	61'	40'	5'	191'	1.43	
9	49'	36'	59'	37'		181'	2.07	
10	43'	39'	60'	36'		178'	1.65	
11	39'	40'	67'	37'	49'	232'	2.15	
SUM *1	492'	416'	697'	411'	97'	2113'	2237	
AVERAGE	45'	38'	63'	37'	9'	192'	2.03	

*1 Total Volume of Test Dredging. Total Number of Dredging were 110 Times.

この3ケースから求めた1回当たり平均土量、バケット係数は下記の通りである。

算出の CASE	1回当たり土量	バケット係数
① 試掘計測結果	2.03 m ³	0.291
② 総掘削量より求めた値	2.93 m ³	0.418
③ 船の沈下量より求めた値	2.21 m ³	0.315

(注) CASE ②, ③の掘削回数には空掘り回数を計数していない。

掘削時の岩塊の状況は、砂岩質のものは最大50 cm大のものが採取されたが、ほとんどがJoint面から破壊し10~20 cm大の角礫となっている。

礫岩は比較的亀裂が少ないため1 m大の亜円礫状になって採取されるが、ホッパーバージに投入すると破碎するものがほとんどであった。

5-5-5 地質状況

Shoal - Aにおいてグラブバケットによって採取された試料は、Jurong Formationの砂岩、泥岩、礫岩等の堆積岩である (Photo 5-5-1, Photo 5-5-2)。採取された岩塊は一般に数cm~数10 cmの角礫状をなし、地層の層理に沿って破碎されたものと推定される。海底面付近より採取された岩塊には海草、サンゴ等の生物が付着し、表面は茶褐色に酸化変色されている。今回の試掘で採取され、最大の岩塊は150 cm × 150 cm × 100 cmの大きさであった。

(1) 岩質

全体的に風化されて軟く、ハンマーの打設により鈍い音を発し、層理面に沿って簡単に破砕する。層理は、砂岩、泥岩に発達しており、一般に数cm～数10cm間隔に認められる。

今回の試掘で採取された岩質の比率は、およそ

(礫岩) : (砂岩) : (泥岩) = 5 : 3 : 2

となっており、Shoal - Aでは、礫岩、砂岩の比率が多い。各々岩質の特徴は下記のとおりである。

(a) 礫岩

青灰色または茶褐色を呈する。2～3mmの亜円礫～円礫が主体となり最大粒径は20mm程度である。礫は堅硬であるが、岩塊全体の風化は進み固結度は低く、ハンマーにより鈍い音を発し、比較的容易に破砕する。部分的に1～2mm幅の石英脈を含んだ比較的堅い礫岩(乳白色～青灰色)も認められた。

(b) 砂岩

青灰色～緑灰色或いは茶褐色を呈する。部分的に径2～3mmの細礫を含んでいる。数cm～数10cm間隔で層理が発達し、ハンマーで簡単に砕くことが出来る。また部分的には手で砕くことも出来る。

(c) 泥岩

青灰色～緑灰色或いは暗紫色を呈する。岩質はもろくハンマーにより簡単に砕ける。数cm～数10cm間隔に層理面が認められ、層理面に沿って簡単に剥離する。

以上のように、Shoal - A の地質は Jurong Formation の礫岩、砂岩の強風化岩より構成されている。

深部方向への風化の程度を調べるため同一地点で掘削を行い、約 3 m 掘下げたが、岩の風化の程度はほとんど変らなかった。風化の程度を目安として、モースの硬度計により試料の硬度を調べた。その結果 Table 5-7-2 に示したとおりであるが、岩質毎にまとめると次のようになつた。

岩 質	硬 度
礫 岩	3 ~ 5
砂 岩	3 ~ 6
泥 岩	2 ~ 4

この結果は、現場で観察した結果とよく一致している。砂岩が硬度 6 と比較的硬い値を示しているが、層理が良く発達し、風化も進んでいるので巨視的に見れば脆い岩盤となっている。



Photo 5-5-1 Blocks of the rock dredged by Grab



Photo 5-5-2 Blocks of the rock dredged by the grab

5-5-6 試掘中の潮流について

本調査地域では、潮流の data が無いので、グラブ掘削期間中電気流速計 (CM-2 TYPE) で計測を行った。この結果は、Fig 5-8-1 ~ Fig 5-8-3 に示すとおりである。この流速曲線には比較のために調査地に近い Gusong Tower 地点の予報値と、Berhanti Lt. Buoy 地点における予報値を記入した。Gusong Tower 地点における予報値は、Singapore 発行の潮汐表に掲載されているものであり、Berhanti Lt. Buoy 地点の予報値は、第3次マラッカソングポール海峡水路調査報告書に記載されている潮流調和常数を用いて、試掘調査期間中の潮流を予報した値である。この図から明らかのように、Shoal - A 付近の潮流は Gusong Tower 地点の潮流とは明らかに異っており、むしろ Berhanti Lt. Buoy 地点の潮流に近い。

現場作業では、特に、西流時に作業が困難であった。観測結果でも西流の流速が速く、現場の状況を反映している。

作業上の影響としては、グラブパケットを巻下げ中回転してワイヤーがねじれることと、海底面でグラブが転倒するトラブルが多かった。その他、船位移動のためアンカーチェーン操作をおこなうとアンカーが移動して船位を予定地点にセット出来ないことがあった。

今回の潮流観測は簡易的な方法によっているが、Berhanti Lt. 地点よりさらに潮流が早い傾向が認められる。また地形が複雑であるために潮流も2つの予報地点とは異っているように思われる。今後各浅瀬の潮流観測を行い正確なデータの下に施工計画を立案すべきと思われる。

5-5-7 潜水調査結果

グラブ掘削前後の海底地形状況の差を確認するために試掘前後に Diver による観察, 写真撮影をおこなった。

掘削跡は、Fig. 5-5-1 に示すように長さ 39 m、巾約 8 m の範囲で浅瀬の一番高まりのほとんどを掘削していた。掘り跡は平面でなく、2~3 m の凹凸が点々と分布していて、掘削前後の位置の確認が出来ないなど地形が変化していた。底質は、20~30 cm 径の角礫状の岩層が一面に分布していた。



Photo 5-5-3 Sea Bottom Scene after Dredging.

Point A Diver Survey

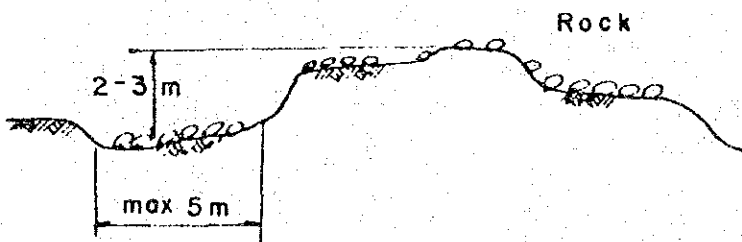
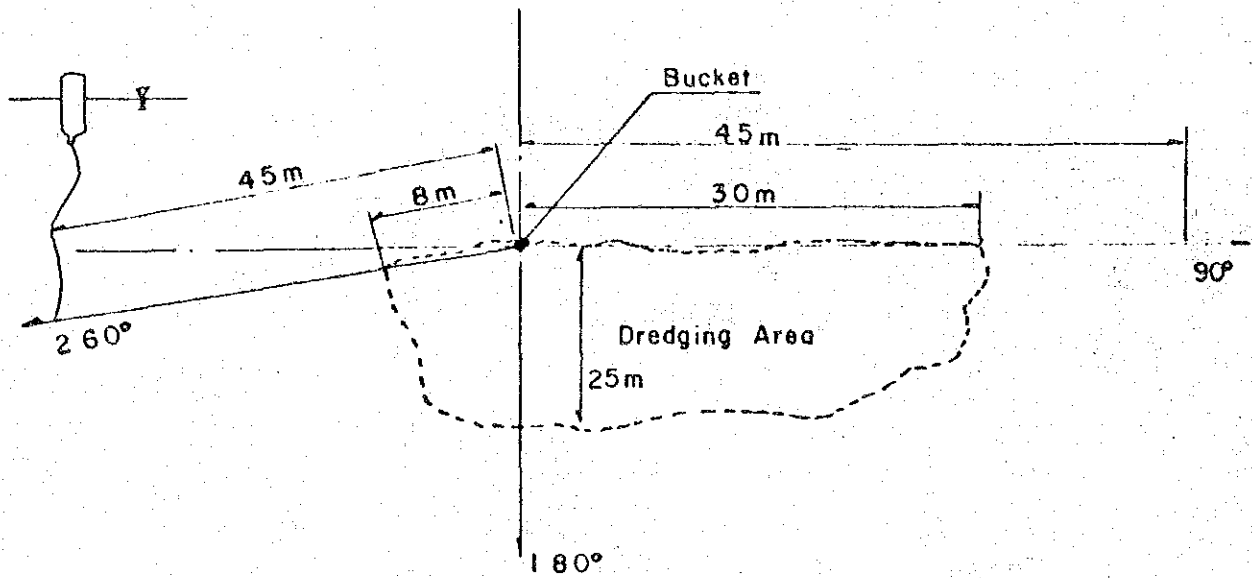


Fig. 5-5-I The bottom-form after Test Dredging.