

4-2 地質概要

シンガポール国の地質は、本島中央部に広く広布する花崗岩（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 4-2-1 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、及び海岸線ぞいの低地には沖積層が分布している。

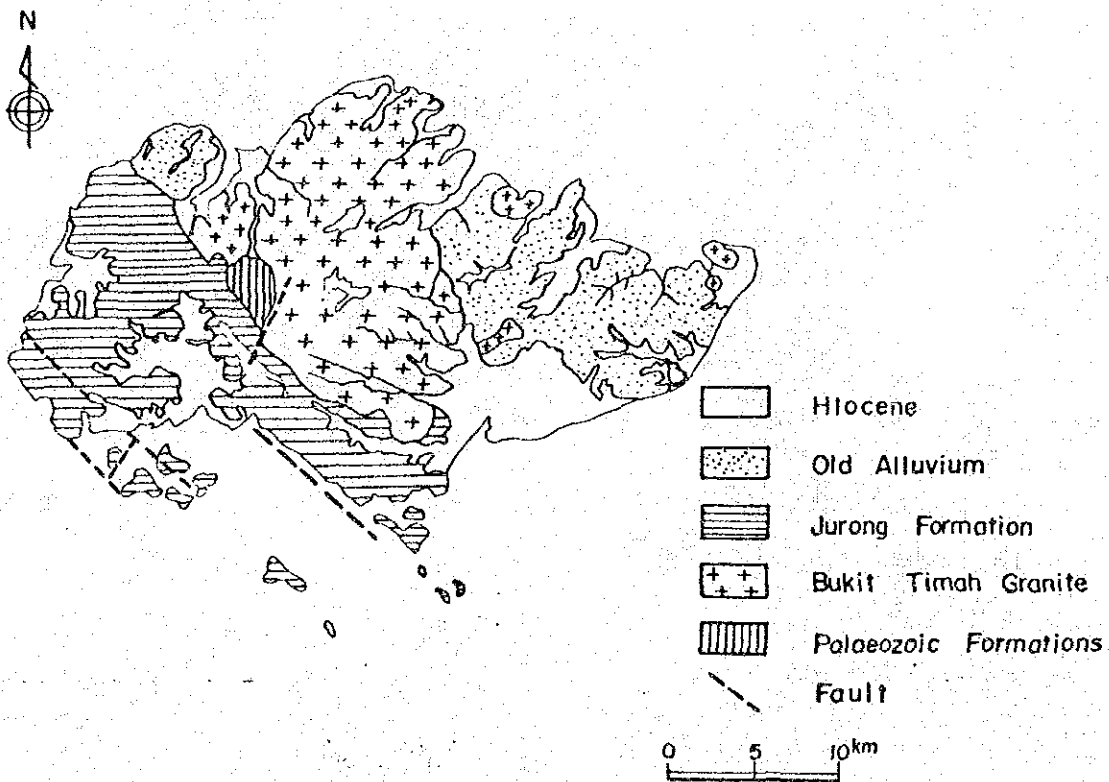


Fig.4-2-1 Simplified Geological Map (After P.W.O., 1976)

本調査地域に分布する地層は、第四紀洪積世の Old Alluvium を基盤とし、それ以後の堆積物よりなっている。以下各層について、PUBLIC WORKS DEPARTMENT, SINGAPORE 発行の Geology of the Republic of Singapore, の層序区分に基づいて説明する。

Table 4-2-1 Quaternary Stratigraphy of Singapore

Age		Formation	Rock Facies (Content)	Remarks	
Quaternary	Holocene	KALLANG FORMATION	Reef Member	coal, unconsolidated calcareous sand.	
			Transitional Member	unconsolidated estuarine mud, muddy sand or sand.	
			Littoral Member	well sorted unconsolidated estuarine mud, mudysand or sand.	
			Alluvial Member	pebble bed, sand, muddy sand, clay to peat.	
			Marine Member	clayey mud, peatard sand.	site deposit
		TEKONG FORMATION	unconsolidated marine and littoral well sorted sand.		
		HUAT CHOE FORMATION	white kaolin clay and minor quartz gravel.		
Pleis tocene	OLD ALLUVIUM	loose coarse quartz stone /conglomerate.	site deposit		
Pre-Tertiary	Mesozoic & Paleozoic Sediments, BUKIT-TIMAH granit				

(Reference Data, P.W.D., 1976)

(1) Pre-Tertiary

本島最古の地層は、地質概要の項でも説明したように古生層であるが、これは Bukit Timah Hill 周辺に分布するにすぎない。岩質は Andistic tuff Gabbroic and Noritic Rock, Quartzite, Quartz Sand Stone よりなっている。本島西部に広く分布する Jurong For-

283

mation は中生代 (mesozoic) の堆積岩である。岩質は Sandstone, Conglomerate, mudstone の互層よりなっている。本層はきわめて強度の風化作用を受けている。

この他に、本島中央部に分布する Bukit Timah Granite も中生代初期に生成されたものと考えられる。

これらの時代の地層から第四紀層になり、この間の第三紀層は欠除している。

(2) Old Alluvium

本地層は、東部地域に広く分布し、海域内にも比較的広く分布している。本調査地域の基盤を構成する地層である。岩質(土質)は、陸成ないしは delta 堆積物で Loose Coarse Quartz-Feldspar Sand, Gravel, ないしは、Lightly Cemented Sand ~ Conglomerate よりなっている。Silty Clay が局部的に分布している。礫の径は最大 10 mm 程度であるが、礫及び Sand の形状は角ばっている。

本地層の堆積は、Riss Glaciation から始まって、Late Würm にかけて堆積したものと考えられている。音波探査結果を見ると多くの侵食面をもっていて、その谷を沖積層でうめているのが見られる。

(3) Alluvium

沖積層 (Alluvium Formation) は、Table-4-2-1 に示すように四つの層に分類されている。本項では調査地域に直接関係のある、Kallang Formation の Marine Member についてのみ説明する。

f) Kallang Formation—Marine Member

分布範囲は、海域、海岸線や Sungai, Kallang の低地帯の地表面下に分布する。

Marine Member はさらに二つの Member に分類することが出来る。一つは Upper Marine Member (So-Called New Marine Clay) と Lower Marine Member (So-Called Old Marine Clay) である。堆積底面は E.L. -35 m とされているが今回の調査結果では -40 m 以上になるところが見られた。

谷地形の基底面は、Peaty Clay Sand, Mud, Sandy Mud 等が堆積している。その他の部分は Mud が多く堆積している。本層の最上部に (Upper member と Lower member の境界) Stiff reddish brown silty clay か Loose Sand が数 m の層厚で堆積している。その面は A.C.D. -10 ~ 20 m 附近である。時には -28 m 附近の場合がある。本層は Upper member と Lower member とを区分する Key Bed である。

Upper Member は均質な Clayey Mud よりなっている。

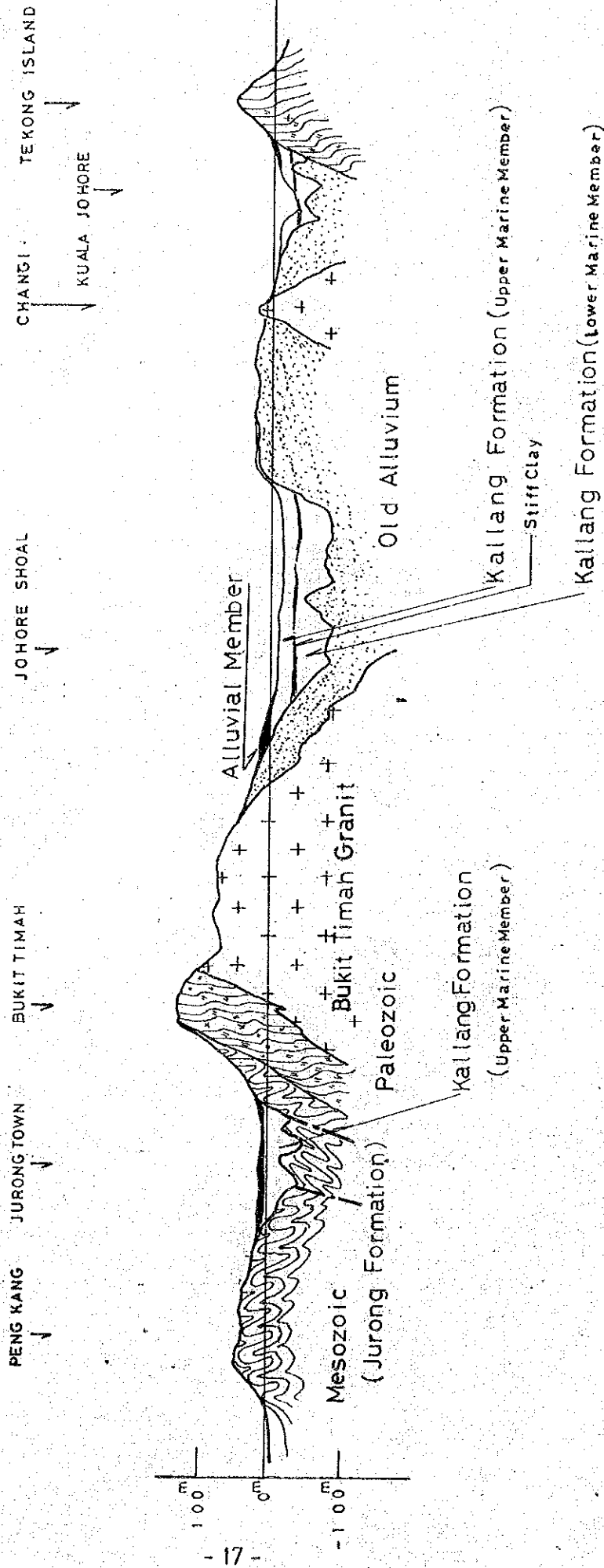


FIG. 4-2-2 Schematic Geological Cross Section of Singapore Island (after PWD 1976)

第5章 調査結果

調査の方法は、音波探査により地域全域の探査をおこない、地層断面図を作成した。さらにこの解析結果を基にして、地層の構成物を確認するためにボーリングを実施した。ボーリングで採取された試料を肉眼で判定すると同時に、土質試験をおこない土の物理特性を定量的に把握し埋立材料の判定資料とした。

この他にボーリング実施地点を中心に、磁気探査をおこない海底に分布すると思われる危険物の探査をおこなった。以下各調査項目について説明する。

5-1 音波探査

調査地域が OUTER SHOAL と OFFSHORE OF CHANGI の2地区あるので地区別に説明する。

5-1-1 OUTER SHOAL 地区 (E地区)

本地域の海底面はすべて、KALLANG FORMATION の UPPER MARINE MEMBER (So-called New marine Clay) でおおわれていることが今回の調査結果で明らかになった。本地域の模式地質断面図を Fig. 5-1-1 に示す。

下位より洪積世 (Pleistocene) の Old Alluvium を基盤層として沖積世 (Alluvium) の MARINE MEMBER が堆積している。

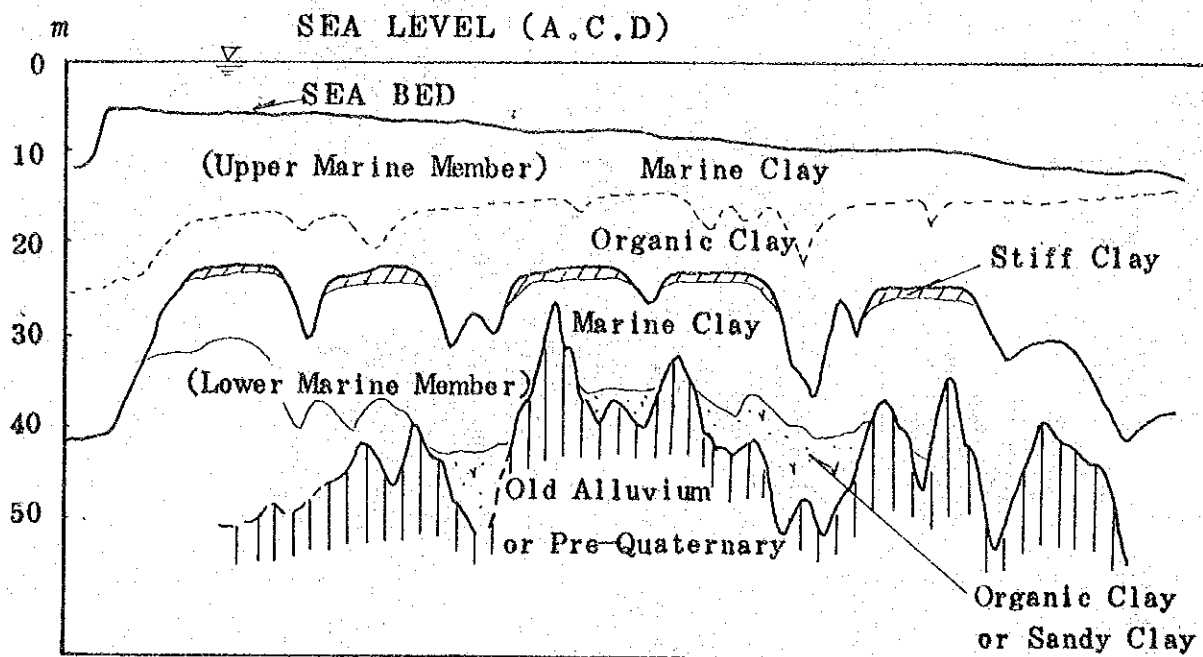


Fig 5-1-1 Schematic Geological Cross Section
of E-Area

(1) 洪積世 (OLD ALLIVIUUM)

本層は地質概要の項でも述べたように、シンガポール本島東側に
広く分布する地層である。構成物は、Sand with Gravel, Clayey
Sand with Gravel 等より構成されている。所々に Stiff Clay
(N-Value 40Blow/30cm~50Blow/30cm) がパッチ状に狹在する。

音波探査記録では明瞭な反射面をもって記録されている。この層
の上面の形状は模式図にも示すように凹凸が激しく多くの埋積谷 (Waste-
filled Valley) を形成している。本層の上面分布深度は、本調
査地では A.C.D. - 30 m 以下であった。

なお本層の分布は音波探査によって確認されたものでボーリング
では未確認である。

(2) 沖積層 (KALLANG FORMATION- Marine member)

本層は2つの相 (Facies) に分類される。Geology of the

288

Republic of Singapore(P.W.D -1976)では下位より Lower Marine Clay(So - Called Old Marine Clay) と Upper Marine Clay(So - Called New Marine Clay) である。 Lower Marine Clay は Sand,Sandy Clay,Organic Clay と Stiff Clay などから構成されている。 Upper Marine Clay との境界は, Stiff Clay で区分されている場合が多い。本調査地域では, A.C.D-20m~25m 附近に分布していることが音波探査・ボーリング結果によって確認された。陸域に近い所では一般に, 15~23m 程度の深度に分布すると云われている。この Stiff Clay は 2~6m の層厚で水平方向に比較的良く分布しているが, 所によっては欠除するところがある。本層の N-Value は 13blow/30cm~14 blow/30cm であった。

Upper Marine Clay はきわめて軟弱な粘土 (Very soft Clay) である。分布深度は A.C.D-30m 前後迄である。本層の分布範囲・分布深度は明瞭に区分することが出来る。

以上のように本地区は, Marine Member の分布地域で A.C.D -20m 附近迄は砂質土は分布していない。さらに下位の Old Aluvium は, 凹凸が激しく, 多くの埋積谷を形成している。この埋積谷の深度は A.C.D-50m 以上にまで分布する所もある。

埋積谷の堆積物については, ボーリングでも確認されなかったが他の Data(H.D.B EAST COAST RECLAMATION SCHEME PHASES VI&VII)によれば谷の基底部に砂質土が数m堆積し, その上位に Organic Clay が分布している。この堆積物は一般に連続性にとほしいので, 今後この堆積物を調査する場合にはボーリングで確認する必要がある。

289

5-1-2 OFFSHORE OF CHANGI (F地区)

本調査域を構成する地質は、洪積層 (Old Alluvium) に対比される。砂、粘土混り砂 (with gravel) と沖積層に対比されるいわゆる Marine Member よりなっている。

音波探査の記録上ではこの差が明瞭に見られる。しかし表層 (海底面下) の新しい砂層が厚く堆積しているところでは下位の Marine Member の記録は不鮮明になっている。本地域の地質構成の模式図は Fig. 5-1-2 のような形で記録されている。

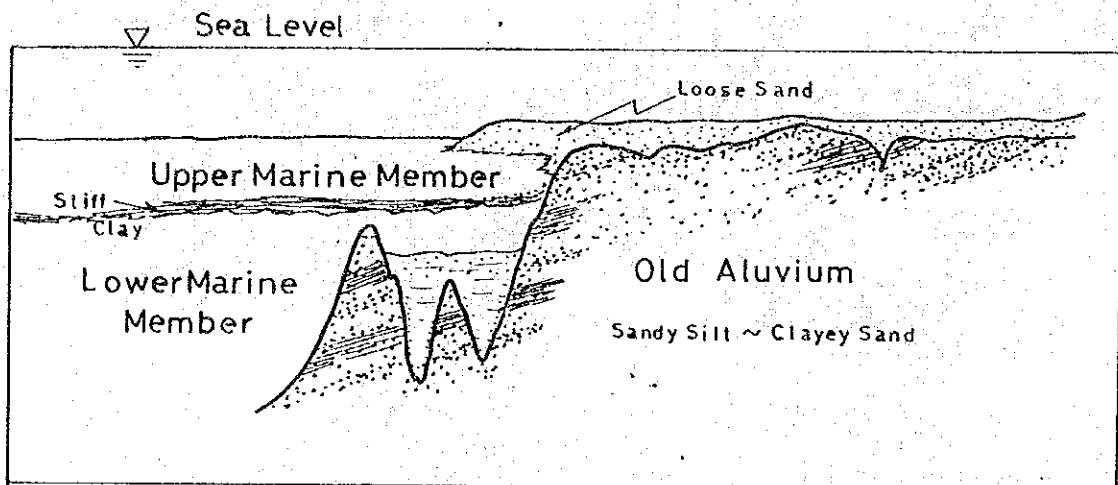


Fig 5-1-2 Schematic Geological Cross Section

調査地域の地質について既存資料及び今回のボーリング結果を参考に説明する。

(1) 洪積層 (Old Alluvium)

本地層は、調査地の基盤を構成する地層ではほぼ全域にわたって分布している。一部、Fig 5-1-3 に示すように東北部～東部で Marine Clay におおわれている。構成する物は、主に Clayey Sand with Gravel で Sandy Clay, Sandy Silt, が不連続に分

布している。Sand の礫径 (Grain Size) は 0.5 ~ 2 mm の粒粗砂である。その間をうめる Clay はきわめて高い粘性を示す褐色粘土である。礫のほとんどが石英角礫状を呈している。この他長石 (Feldspar) 粒子も一部見られる。Gravel は径 2 cm の大きなものも見られる。音波探査の記録では本層上面で音波が反射しその下が白くぬけている。Marine Clay zone では、凹凸が激しく、埋積谷を形成している。

(2) 沖積層

本地域に分布する沖積層は、P.W.D 発行の Geology of the Republic of Singapore の層序区分の内 KALLANG FORMATION の Marine Member に対比される。

音波探査結果によると、Old Alluvium を侵食し多くの谷地形が形成され、その谷を埋めて堆積している。本地層をボーリング結果を参考にして下位より説明する。

1) Lower Marine Member (Old marine Clay) 埋積谷基底面より Clayey Sand, Clay with Organic, Clay (Marine Clay) Silty Clay, Clayey Sand 又は Stiff Clay の順序で堆積している。

この内、Stiff Clay, Clayey Sand は比較的鮮明な反射面をもって記録されている。

沖積層との境界面である Stiff Clay は、A.C.D-15 m ~ 25 m の位置に連続して見られる。

その下位の埋積谷をうめる Sandy Clay は、A.C.D.-18 m ~ 25 m の位置より深部に分布している。本層の層厚が厚くな

ると音波探査ではその下部の記録は不鮮明になることがある。
Marine Clay は Lower Marine Member で代表的な地層で、
very sticky で均一な Clay である、音波探査の記録上では白
くぬけた状態で見られる。この他、基底砂層 (Basal Sand For-
mation) の直上と Stiff Clay or Clayey Sand の下部に
Organic matter を含む Brownish gray Clay が分布する。

2) Upper Marine Member (New Marine Clay)

本層はきわめて軟弱な粘土層 (Very soft Clay) で海底面よ
り A. C. D. -15 m ~ -25 m 附近迄堆積している。Marine Member
が分布する全域に分布している。grey to darkgrey の Uniform
Clay である。音波探査の記録上ではほぼ白くぬけて見えるが部
分的に堆積面を示す線状模様が見られる。

3) Loos Sand

本層は、洪積台地より、Marine Member に変わる部分と JOHOR
SHOAL ぞいに分布するごく新しい地層である。層厚は 2 ~ 10
m 程度である。洪積層の表面から運搬されたもので、Medium to
Coarse grainded Sand with gravel よりなっている。本層が
厚く堆積しているところでは音波が反射されて下位の地層の情報
が得られないことがある。

(3) 地質構造

本地域は、洪積層 (Old Alluvium) より古い地層は見られない。
陸上ではわずかに Changi 2.2 マイル地点に Bukit Timah Granite
が露出しているにすぎない。他地域のボーリングデータによれば
本層の厚さは 140 m 前後あると記載されている。本調査では A.

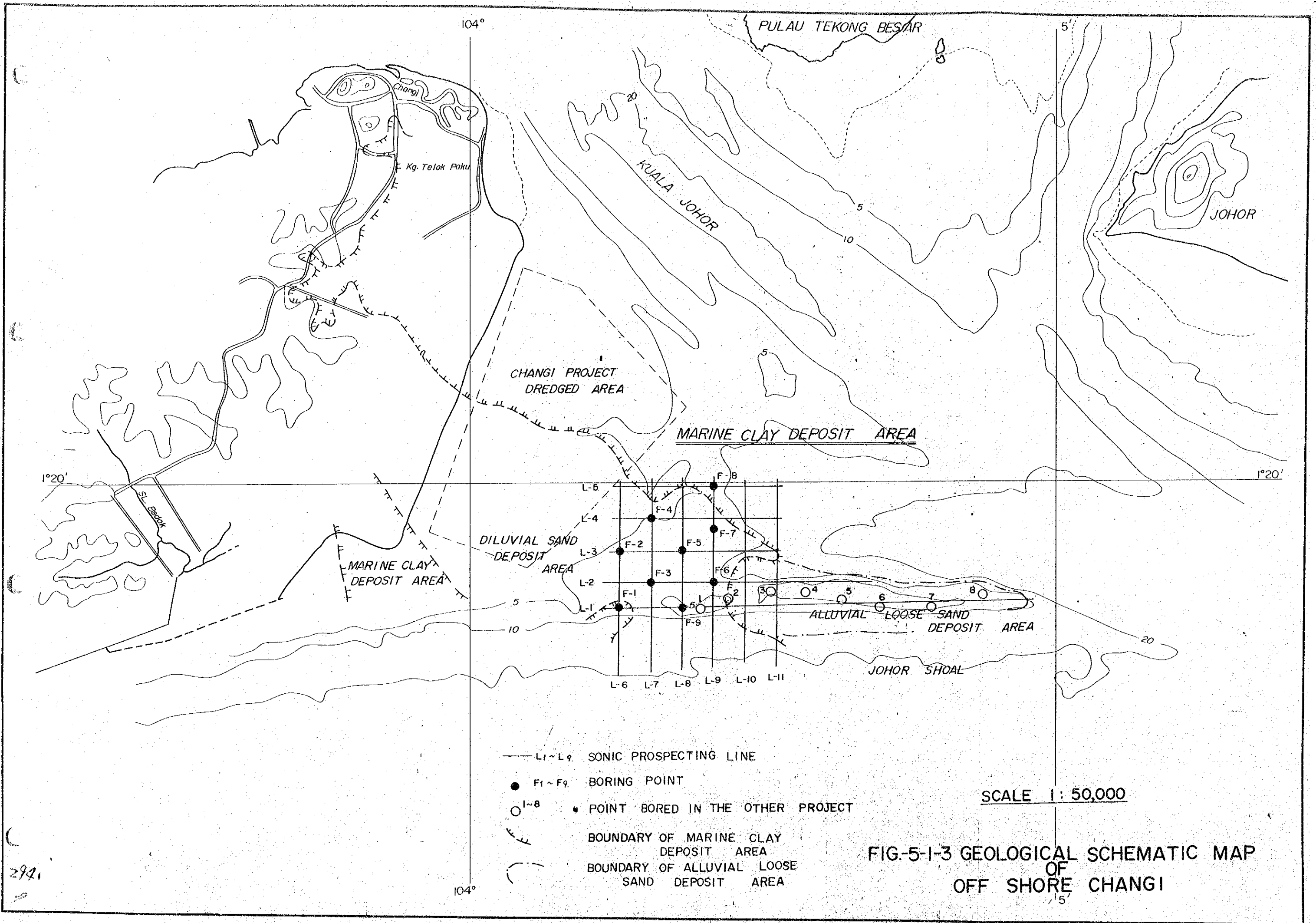
C、D-30m 迄ボーリングをおこなっているが、いずれも洪積層であった。

本層は、過去の海水準変動で多くの侵食谷を形成した。今回の調査結果では、A、C、D-45m 以上の埋積谷が記録された。(音波探査結果)

これらの谷のすべてが Kallang Formation の Marine member でうめられている。

洪積層が海底面に直接分布するおおよその範囲は Fig-5-1-3 の通りである。Marin Clay は調査地北部から東部にかけて分布しこれより北東方向 (Tekong Island 方向) にかけて広く分布している。

したがって良好な砂の分布する範囲は、これより西側になる。又既存データによれば Bedok New Town (Sungi Bedok) 附近の低地帯を形成している埋積谷 (沖積低地で軟弱粘土層が厚く堆積している。) がほぼ南方向にのび海底下に分布している。このため砂の分布する範囲は Fig-5-1-3 に示す範囲はかぎられるようである。



- L1~L9 SONIC PROSPECTING LINE
- F1~F9 BORING POINT
- 1~8 POINT BORED IN THE OTHER PROJECT
- - - BOUNDARY OF MARINE CLAY DEPOSIT AREA
- - - BOUNDARY OF ALLUVIAL LOOSE SAND DEPOSIT AREA

SCALE 1 : 50,000

FIG-5-1-3 GEOLOGICAL SCHEMATIC MAP OF OFF SHORE CHANGI

294

15

5-2 ボーリング結果

ボーリングはE地区で2本，F地区で9本実施した。この結果について説明する。

5-2-1 OUTER SHOAL (E地区)

E地区については音波探査の記録が深部迄良く出ている地区(E-2)と，記録の不鮮明な部分(E-1)を選んで実施した。

E-1，E-2ボーリング結果を見ると，海底面より9~11m迄は，N-Value 0~1 blow/30cmの軟弱な粘土層である。本層の基底部にOrganic Clayが分布する。本層はUpper Marine Memberに対比される層と思われる。その下位にN-Value 3 blow/30cmの粘土及び11~14 blow/30cmの砂質シルトが分布している。本層は，Lower Marine Memberに対比される。E-1，E-2両ボーリング孔共基盤層を確認することが出来なかった。

5-2-2 OFFSHORE OF CHANGI (F地区)

本地区では9本のボーリングをおこなった。この結果ボーリングF-1，F-8をのぞいた他は，すべて洪積層のOld Alluviumが海底面より分布している。

F-1，F-2は，Kallong FormationのMarine Memberが分布している。上位より，LooseなSand with gravelが2~3m堆積しその下部にUpper Marine Memberの軟弱な粘土層が堆積している。本層の分布深度はA.C.D.，-13~-17m程度迄であった。

Upper Marine Clay の下位には、F-1、F-8 のボーリング孔共、Clayey Sand の層が分布している。N-Value は 3 ~ 5 blow / 30cm ときわめてゆるい層である。層厚は、3 ~ 6 m である。F-1 ボーリング孔ではこの下位に N-Value、18blow/30cm の Stiff Clay が分布していることから Upper Marine Member の基底砂層とも考えられる。本層以下は Lower Marine Member に属するものと思われる。

Lower Marine Member は上位より Stiff Clay (N=18blow/30cm)、Marine Clay (N=3~4blow/30cm)、Clay with Organic (N=6blow/30cm)、Clayey Sand (N=15~38blow/30cm) と分布している。

洪積層は、きわめて締った砂質土を主体として、所々に Clayey Silt が狭在している。N値は風化部で 15blow/30cm ~ 50blow/30cm であるが未風化部は N = 50blow/10cm ~ 20cm であった。

ポ ー リ ン グ 柱 状 図

297

Table 5-2-I COORDINATES of BORING POSITIONS.

NAME	PLANE RECTANGULAR COORDINATES		GEOGRAPHICAL COORDINATES		
	X	Y	LAT.	LONG.	
E-1	-3875.00	1880.00	1 15 9.3596	103 52	11.6284
E-2	-3225.00	2960.00	1 15 30.5230	103 52	46.5579
F-1	3020.00	18845.00	1 18 53.8370	104 1	20.4313
F-2	3975.00	18840.00	1 19 24.9312	104 1	20.3216
F-3	3465.00	19345.00	1 19 8.3248	104 1	36.6782
F-4	4485.00	19335.00	1 19 "1.535"	104 1	36.3370
F-5	3995.00	19835.00	1 19 25.5801	104 1	52.5119
F-6	3425.00	20335.00	1 19 7.0201	104 2	8.6565
F-7	4310.00	20330.00	1 19 55.8351	104 2	8.5269
F-8	5000.00	20325.00	1 19 58.3011	104 2	8.3668
F-9	3035.00	19850.00	1 18 54.3231	104 1	52.9549

862

FIG. 5-2-1 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. E-1 Elevation ACD -8.60 m. Date 18th to 21st November, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery											
									Depth in m.	Sampling for Lab.	N-Value	Blows Per (Each 10cm)	(N-Value)							
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11	20.10	11.50	11.50	Y	Marine Clay	Greenish grey to Grey	Very soft	Very sticky. Uniform. High water content. Contains some sea shell fragments. With some fine sand. With some organic matters.												
12				Y																
13				Y																
14				Y																
15				Y																
16				Y																
17	25.60	17.00	5.50	Y	Clay with organic	Brownish grey	Soft	Contains fibrous organic matters. Less organic matters at 14m. Observed some laminae of organic matters.												
18				Y																
19				Y																
20	28.70	20.10	3.10	Y	Marine Clay	Dark grey	Soft	Sticky. Uniform. With some mudstone gravel (Ø=2-5mm) With some sand pockets												
21	30.00	21.40	1.30	Y	Silty Clay	Reddish brown	Stiff													
22	30.70	22.10	0.70	Y	Organic Clay	Grey to black	Soft	With decomposed wood												
23				Y																
24				Y																
25	34.05	25.45	3.35	Y	Silty Clay	Grey to Reddish brown	Soft	High plasticity with some decomposed vegetables.												
26																				
27								End of Drilling												

>99

FIG. 5-2-2 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. E-2 Elevation ACD -8.30 m. Date 22nd to 25th November, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery									
									Depth in m.	Sampling for Lab. (No.)	N-value (Blows Per Each 10cm)	(N-value)						
												10	20	30	40	50		
									Core Recovery									
1																		
2								Sticky, uniform. High water content. Contains seashell fragments.	2.15	P-1	0	Self Penetration						($\gamma_t = 1.62 \text{ g/cm}^3$)
3									2.45									
4									4.15	P-2	0	Self Penetration						($\gamma_t = 1.61$)
5									4.45									
6								With small quantity of fine sand.	6.15	P-3	0	Self Penetration						($\gamma_t = 1.70$)
7									6.45									
8						Greenish grey to Grey	Very soft	With small quantity of organic matters.	8.15	P-4	1	1/30						($\gamma_t = 1.62$)
9	17.90	9.60	9.60	✓	Marine Clay			With lots of organic matters.	8.45									
10				✓		Dark brown to Black	Soft	With some fine sand pockets. With decomposed woods.	10.15	P-5	3	1	1	1				($\gamma_t = 1.79$)
11	19.70	11.40	1.80	✓	Organic Clay				10.45									
12				✓		Yellowish orange to Grey	Stiff	High plasticity. Low water content.	12.15	P-6	13	3	4	6				($\gamma_t = 1.88$)
13	21.30	13.00	1.60	✓	Silty Clay				12.45									
14				✓				Sand is fine grained. With small quantity of seashell fragments.	14.15	P-7	14	4	5	5				($\gamma_t = 1.80$)
15	23.80	15.50	2.50	✓	Sandy Clay	Light brown	Stiff		14.45									
16				✓					16.15	P-8	4	1	1	2				($\gamma_t = 1.78$)
17				✓					16.45									
18				✓					18.15	P-9	3	1	1	1				($\gamma_t = 1.77$)
19				✓				Contains some fine sand at upper portion. Gradually change to uniform marine clay.	18.45									
20				✓					20.15	P-10	3	1	1	1				($\gamma_t = 1.74$)
21				✓				With some seashell fragments.	20.45									
22	30.75	22.45	6.95	✓	Marine Clay	Grey	Soft		22.15	P-11	3	1	1	1				($\gamma_t = 1.78$)
23				✓					22.45									
24								End of Drilling										
25																		

300

FIG. 5-2-3 DRILLING LOG

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling _____

Hole Number No. F-1 Elevation ACD -7.00 m. Date 13th to 15th December, 1978

Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Remarks _____

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Pest	Type of Soil	Color	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery					
									Depth in m.	Sampling by Lab.	Blows Per Each 10cm (N-Value)	Core Recovery		
									10	20	30	40	50	
1				●				Sand is medium to coarse grained. With seashell fragments						
2	9.10	2.10	2.10	●	Sand with Gravel	Greenish grey			2.15	P-1	0			
3				●					2.45					
4				●					4.15	P-2	0			
5				●				Uniform, sticky. With some fine sand and seashell fragments.	4.45					
6				●				Contains black organic matters and sand below 7.5m	6.15	P-3	0			
7				●	Marine Clay	Grey to Dark grey	Very soft		6.45					
8	13.20	8.20	6.10	●					8.15	P-4	1	30		
9				●					8.45					
10				●				Sand is medium to coarse grained. With some fine gravel ($\phi = 2$ to 5mm)	10.15	P-5	3	1	1	1
11				●	Clayey Sand	Brownish grey	Very loose		10.45					
12	18.80	11.80	3.60	●					12.15	P-6	18	5	6	7
13				●					12.45					
14	21.40	14.40	2.60	●	Silty Clay	Reddish brown to Grey	Very stiff	Sticky. With some black organic matters	14.15	P-7	6	2	2	2
15				●					14.45					
16				●					16.15	P-8	3	1	1	1
17				●					16.45					
18				●					18.15	P-9	4	1	1	2
19				●	Marine Clay	Dark grey	Soft	Uniform. Very sticky.	18.45					
20	27.20	20.20	5.80	●					20.15	P-10	6	2	2	2
21				●					20.45					
22	29.10	22.10	1.90	●	Clay with organic	Dark grey	Medium	With black organic matters	22.15	P-11	38	12	15	11
23				●					22.45					
24				●					24.15	P-12	17	4	5	8
25				●					24.45					
26				●				Sand is medium to coarse grained. Partly changes to fine sand. With some fine gravel and organic matters	26.15	P-13	18	4	6	8
27				●	Clayey Sand	Greenish grey to Grey	Medium to Dense		26.45					
28	35.60	28.60	6.50	●					28.15	P-14	15	5	5	5
29				●	Silty Clay	Greenish grey to Light brown	Hard	With fine sand	28.45					
30	37.35	30.35	4.75	●					30.15	P-15	50	19	25	29
31				●				End of Drilling	30.35					

301

FIG. 5-2-4 DRILLING LOG

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling _____
 Hole Number No. F-2 Elevation ACD -6.60 m. Date 9th to 14th December, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Borifig ()

Remarks

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Color	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery											
									Depth in m.	Sampling for Lab.	N-Value	Blows Per Foot 10cm	(N-Value)							
1	8.10	1.50	1.50		Clayey Sand with Gravel	Greenish grey		With seashell fragments												
2									2.15		50	24								
3									2.29	p-1	14	26	4							
4	10.70	4.10	2.60		Silty Sand	Greenish grey	Very dense	Uniform. Sand is fine to medium grained	4.15	p-2	47	14	17	16						
5									4.45											
6									6.15	p-3	50	17								
7									6.27		12	33	2							
8									8.15	p-4	50	22								
9									8.30		15	28	5							
10									10.15	p-5	50	21								
11								Semi-angular to round gravel with dia. of 2 to 3mm. Max. dia. is about 5mm. Majority is quartz gravel. Contains some feldspar gravel.	10.29		14	29	4							
12									12.15	p-6	50	9								
13	20.10	13.50	9.40		Clayey Sand with Gravel	Yellowish brown to Grey	Dense to Very dense		12.27		12	41	2							
14									14.15	p-7	50	50								
15									14.25		10									
16									16.15	p-8	50	50								
17	23.60	17.00	3.50		Silty Sand	Purplish grey	Very dense	Uniform. Sand is fine grained.	16.23		8	8								
18									18.15	p-9	50	50								
19									18.25		9	9								
20									20.15	p-10	50	50								
21									20.22		7	7								
22									22.15	p-11	50	14	36	4						
23	29.60	23.00	6.00		Clayey Silt	Grey to Yellowish brown	Hard	With some fine sand.	22.29											
24									24.15	p-12	50	14	36	4						
25	31.87	25.27	2.27		Silty Sand	Whitish to Yellowish grey	Very dense	Sand is fine grained.	24.29		50	10								
26								End of Drilling	25.15	p-13	50	12	40	2						
									25.27											

FIG. 5-2-5 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. F-3 Elevation ACD -9.80 m. Date 28th Nov. to 4th Dec. 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Soil No.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Grain	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery					
									Depth in m.	Sampling for Lab.	(N)-Value	Blows Per Each 10cm	(N)-Value	Core Recovery
1														
2														
3									2.15					
					Clayey Sand	Whitish brown	Medium	Sand is fine to medium grained. With small quantity of gravel with dia. of 2~3 mm.	2.45	P-1	15	4	5	6
4	13.70	3.90	3.90						4.15					
									4.30	P-2	50/15	30	20	5
5														
6									6.15					
									6.27	P-3	50/12	41	9	2
7					Clayey Sand with gravel	Whitish brown to Grey	Very dense	Semi-angular to round gravel. Dia. of gravel is generally 2~3 mm. Max. dia. is about 5 mm.						
8									8.15					
	18.50	8.70	4.80						8.35	P-4	50/20	21	29	
9														
10									10.15					
	20.30	10.50	1.80		Silty Clay	Yellowish brown to Grey	Hard	Well cemented. Uniform.	10.31	P-5	50/16	26	24	6
11									11.15					
	21.25	11.45	0.95		Silty Clay	Greenish grey	Hard	Fairly well cemented. Uniform.	11.45	P-6	47	15	16	16
12														
13								End of Drilling						
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

page _____

FIG. 5-2-6 DRILLING LOG

Name of Project Fill Materials for Reclamation Project Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. F-4 Elevation ACD -5.30 m. Date 6th to 7th December, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Remarks

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery						
									Depth in m.	Sampling for Lab.	(N-Value)	(Blows Per Each 10cm)			
1	7.10	1.80	1.80		Clayey Sand with Gravel	Yellowish grey	Medium	Semi-angular to round gravel with ϕ of 2-3mm. With shell fragments	0.15	P-1	18	4	5	9	Core Recovery
2									0.45						
3									2.15	P-2	50	8	50	8	
4	9.40	4.10	2.30		Silty Sand	Whitish grey to Yellowish orange	Very dense	Sand is fine to medium	2.23						
5									4.15	P-3	50	11	47	3	
6	11.40	5.80	1.70		Clayey Sand with Gravel	Whitish grey	Very dense	Contains a lot of gravel at some portion. With angular feldspar gravel	4.26						
7									6.15	P-4	40	13	12	15	
8	13.30	8.00	2.20		Clayey Sand	Whitish grey	Dense	Sand is fine to medium grained. Uniform	6.45						
9									8.15	P-5	50	17	26	7	
10	15.10	9.80	1.80		Clayey Sand with Gravel	Yellowish orange	Very dense	Gravel is generally semi-round quartz with dia. of 2-3 mm.	8.32						
11									10.15	P-6	50	22	19	22	9
12									10.37						
13	18.90	13.60	3.80		Clayey Sand	Whitish grey	Very dense	Sand is fine to medium grained. With some fine gravel	12.15	P-7	50	19	23	27	9
14									12.29						
15	20.55	15.25	1.65		Clayey Sand with Gravel	Yellowish grey	Very dense	Quartz gravel. Dia. of gravel is 2-3 mm	14.15	P-8	50	14	32	4	
16									14.29						
17								End of Drilling	15.15	P-9	50	10	50		
18									15.25						

page

304

FIG. 5-2-7 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. F-5 Elevation ACD -8.20 m. Date 29th to 30th November, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery																		
									Depth in m.	Sampling for Lab.	N-Value	Blows Per Each 10cm			(N-Value)												
1					Clayey Sand with gravel	Reddish brown to Grey	Medium to Very dense	Almost semi-round quartz gravel. Generally gravel is fine grained, i.e. $\phi=2-3$ mm. Max. dia. of gravel is about 5mm.	2.15																		
2													2.45	P-1	22	6	7	9									
3																											
4					Clayey Sand	Grey to Brown	Dense	Sand is fine to medium grained. With fine gravel.	4.15																		
5	13.90	5.70	5.70										4.31	P-2	16	25	6										
6													5.15		50												
7					Clayey Sand with gravel	Reddish brown to Brown	Very dense	Almost semi-round quartz gravel. With feldspar gravel. Gravel is fine grained. Max. dia. of gravel is 5mm.	5.39																		
8													6.15	P-3	24	21	22	7	4								
9													6.45		50												
10					Clayey Sand	Grey to Brown	Dense	Sand is fine to medium grained. With fine gravel.	8.15																		
11	16.10	7.90	2.20										8.32	P-4	17	23	7										
12													10.15		50												
13					Clayey Sand with gravel	Reddish brown to Brown	Very dense	Almost semi-round quartz gravel. With feldspar gravel. Gravel is fine grained. Max. dia. of gravel is 5mm.	10.29																		
14													11.15	P-5	14	24	4										
15	20.20	12.00	4.10										11.25		50	10	50										
16								End of Drilling																			
17																											
18																											
19																											
20																											

page _____

305

FIG. 5-2-8 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Project Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. F-6 Elevation ACD -8.90 m. Date 1st to 4th December, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery											
									Depth in m.	Sampling for Lab.	N-Value	Blows Per Each 10cm			(N-Value)					
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6	14.90	6.00	6.00		Clayey Sand	Yellowish brown	Medium to Dense	Sand is medium to coarse grained. With some fine gravel ($\phi = 2$ to 3 mm)	2.15	P-1	20	6	7	7						
7									4.15	P-2	33	10	10	13						
8									6.15	P-3	41	12	13	16						
9									8.15	P-4	47	11	14	22						
10									10.15	P-5	50	10	10	16						
11					Clayey Sand with Gravel	Yellowish brown to Greenish grey	Dense to Very dense	Semi-angular to round gravel. Dia. of gravel is generally 2 to 3 mm. Max. dia. is about 5mm. Contains a lot of gravel with ϕ of 3 - 5mm below 12m	10.41		26	19	21	16						
12	21.24	12.34	6.34						12.15	P-6	50	19	22	9						
13									12.34											
14								End of Drilling												
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				

page _____

306

FIG. 5-2-9 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. F-7 Elevation ACD -7.50 m. Date 9th to 11th December, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery										
									Depth in m.	Sampling for Lab.	N-Value	Blows Per (Each 10-cm)	(N-Value)						
1	7.60	0.10	0.10		Clayey Sand with Gravel	Grey		With seashell fragments											
2								Small quantity of gravel around 2m. Sand is fine to medium grained. Semi-angular to round gravel with diameter of 2 to 3 mm.	2.15	P-1	40	11	13	16					
3									4.15	P-2	55	17	18	20					
4	12.30	4.80	4.70		Clayey Sand with Gravel	Green to grey	Dense to Very dense		4.45										
5									6.15		50				12				
6	13.70	6.20	1.40		Silty Sand	Yellowish brown	Hard	Dia. of gravel is 3 to 5mm. Max. dia. is about 7mm.	6.39	P-3	24	18	20	4					
7									8.15										
8									8.45	P-4	41	12	13	16					
9									10.15		50				25				
10								Quartz gravel with dia. of 2 to 3mm. Max. dia. is about 5mm. A lot of gravel at 10m.	10.34	P-5	19	24	9						
11	19.30	11.80	5.60		Clayey Sand with Gravel	Green to grey	Dense to Very dense		12.15		50				14				
12									12.28	P-6	13	36	3						
13	20.74	13.24	1.44		Silty Sand	Brown to Greenish grey	Very dense	Sand is fine grained.	13.15		50	50	9	9					
14									13.24	P-7	9	9							
15								End of Drilling											
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			

page _____

FIG. 5-2-11 DRILLING LOG

Remarks

Name of Project Fill Materials for Reclamation Projects Type of Drilling Rotary
 Hole Number No. F-9 Elevation ACD -6.50 m. Date 16th to 18th December, 1978
 Water Table _____ m. Driller Koken Boring ()

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Standard Penetration Test or Core Recovery										
									Depth in m.	Sampling for Lab.	Blows Per Leach 10cm	(N-Value)							
1	7.90	1.40	1.40		Sand with Gravel	Greenish grey		Sand is coarse grained. With shell fragments											
2				x					2.15	P-1	50	19							
3				x					2.43		28	18	8						
4				x					4.15	P-2	50	23	27						
5				x					4.35		20	23	27						
6				x					6.15	P-3	50	19	6						
7				x					6.31		16	31	6						
8				x				Sand is fine grained. With small quantity of fine gravel. Partly, material changes to silty clay	8.15	P-4	50	26	17	21	12				
9				x		Yellowish brown to Grey	Hard		8.41		26	17	21	6					
10	16.60	10.10	8.70	x	Sandy Silt				10.15	P-5	50	19	21	29	9				
11									10.34		19	21	9						
12								Quartz and feldspar gravels. Semi-angular to round gravels with dia. of 2 to 3 mm. Max. dia. is about 5 mm.	12.15	P-6	50	18	26	24	8				
13					Clayey Sand with Gravel	Greenish grey	Very hard		12.33		18	26	8						
14	20.77	14.27	4.17						14.15	P-7	50	12	37	13	2				
15									14.27		12	37	2						
16								End of Drilling											
17																			
18																			
19																			
20																			

page _____

309

地 質 斷 面 圖

縮 尺 V : 1 : 4 0 0

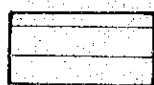
 H : 1 : 1 0,0 0 0

THE STUDY OF FILL MATERIALS

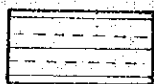
GEOLOGIC CROSS SECTIONS
OF OUTER SHOAL

SCALE V : 1 / 400
 H : 1 / 10,000

REGEND



UPPER MARINE CLAY



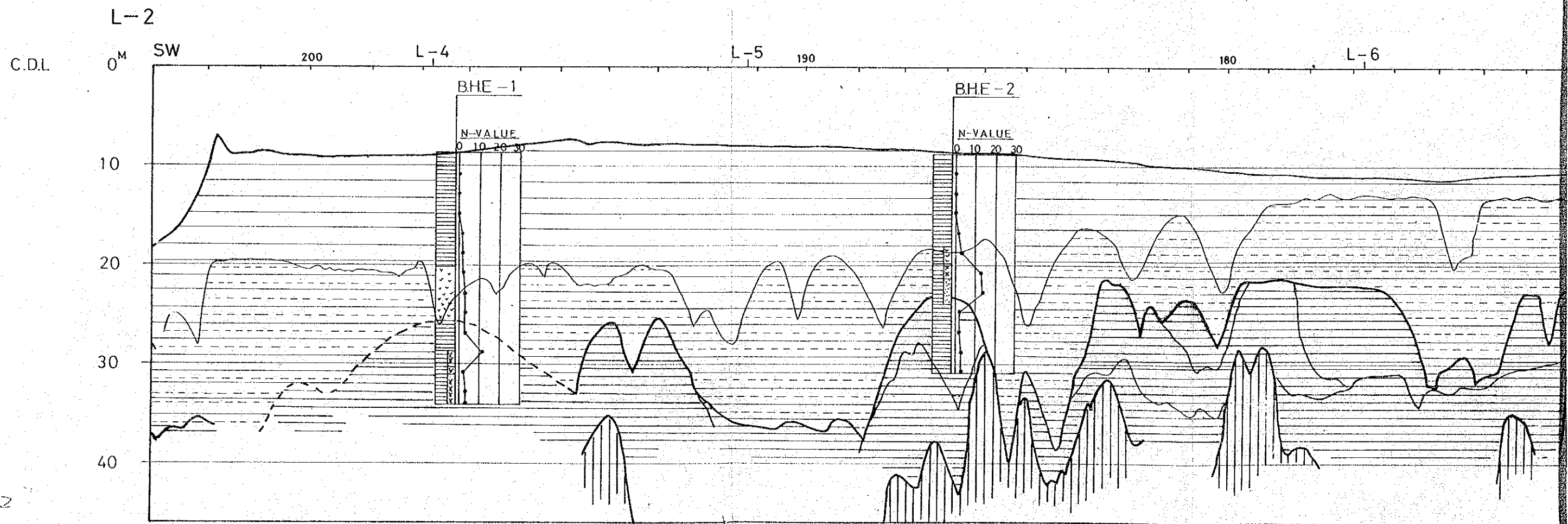
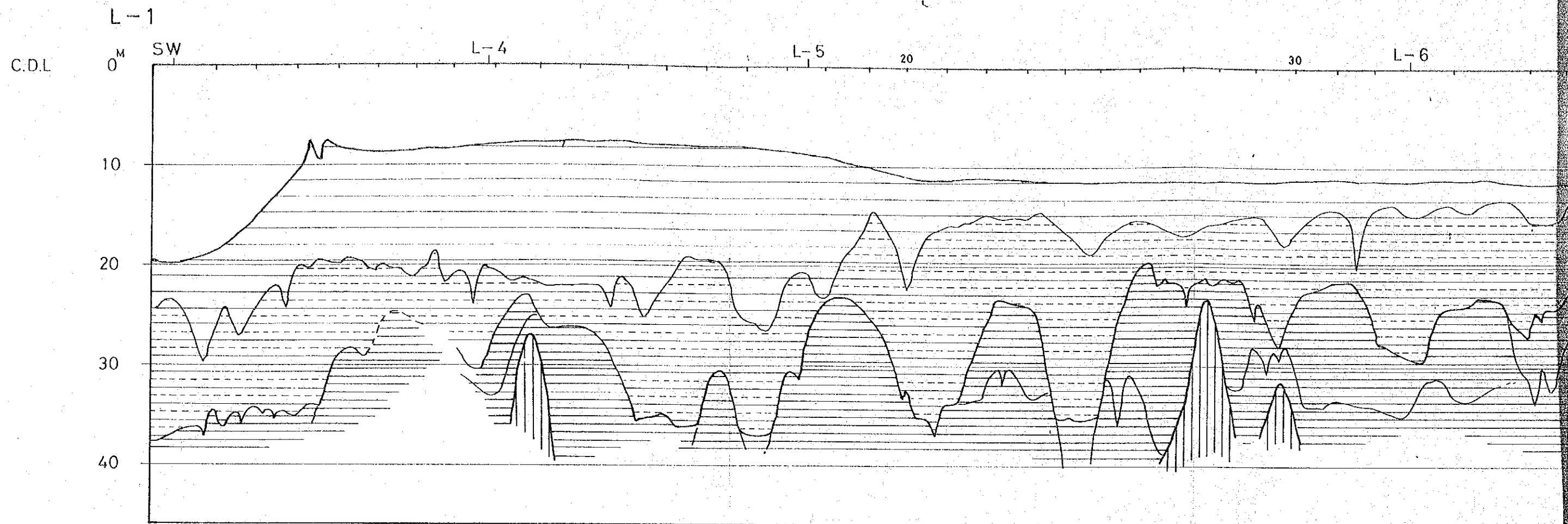
UPPER MARINE CLAY WITH ORGANIC
OR SANDY MATERIALS.

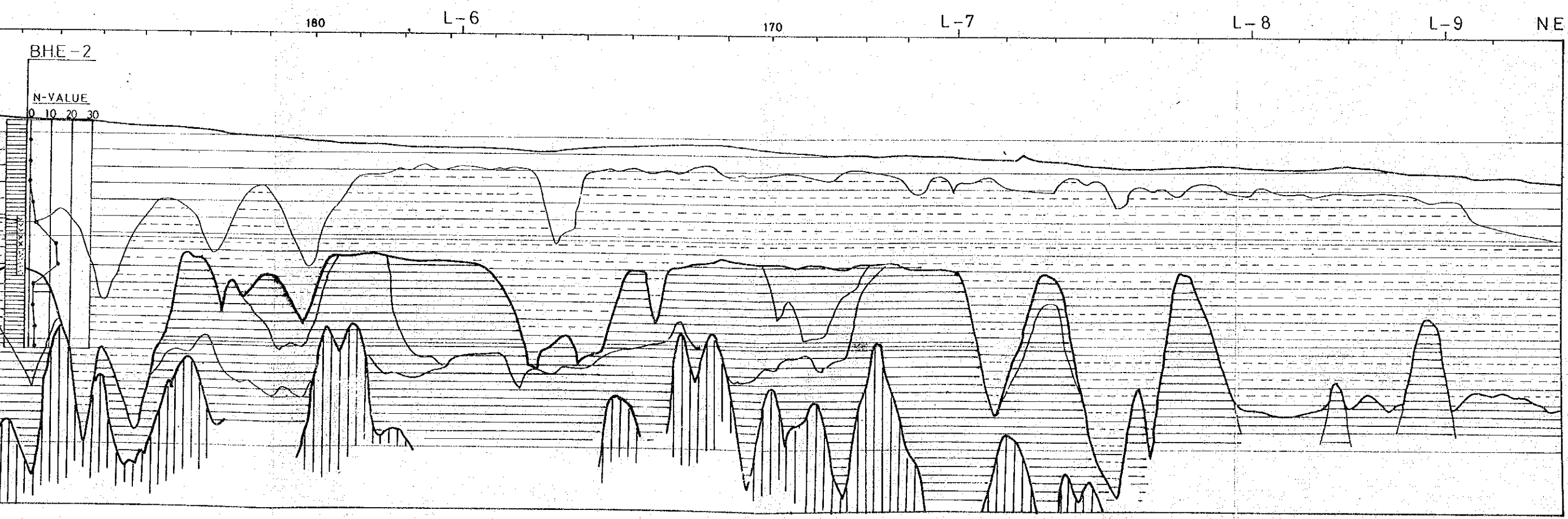
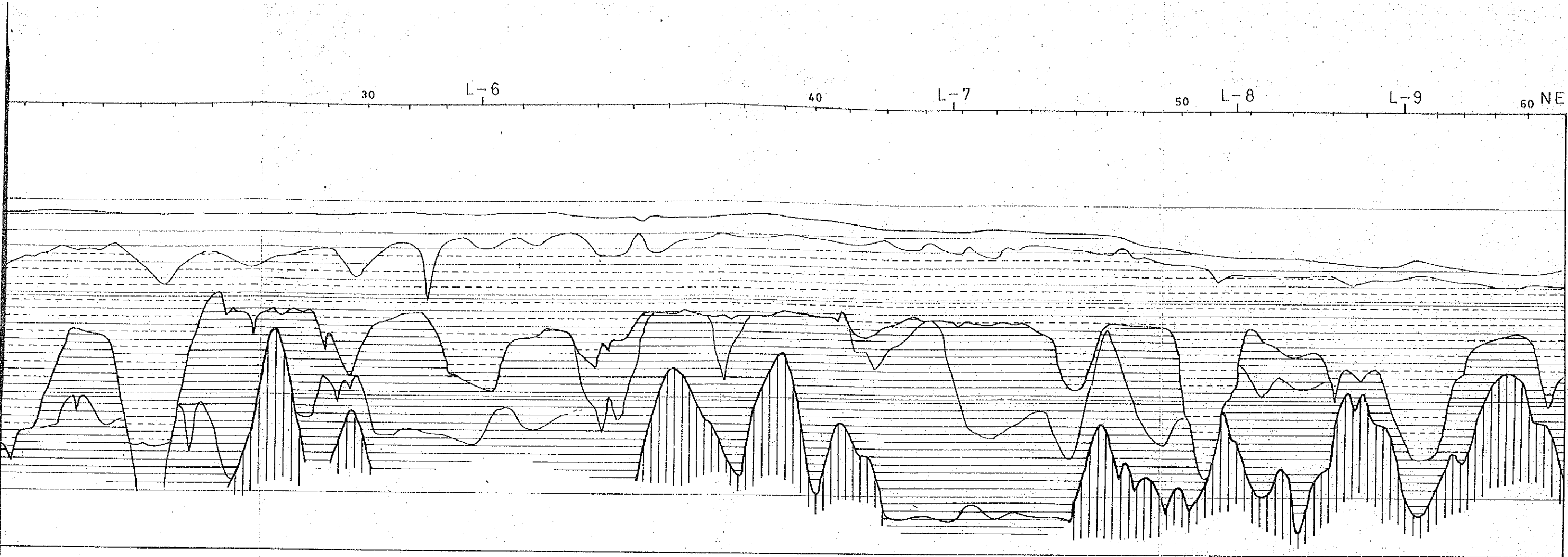


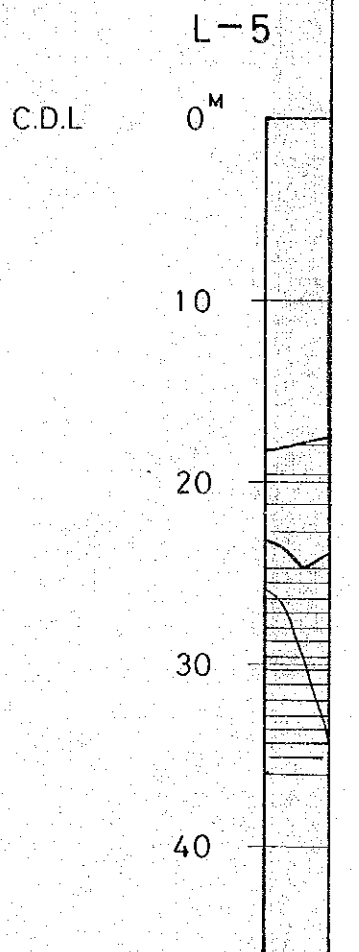
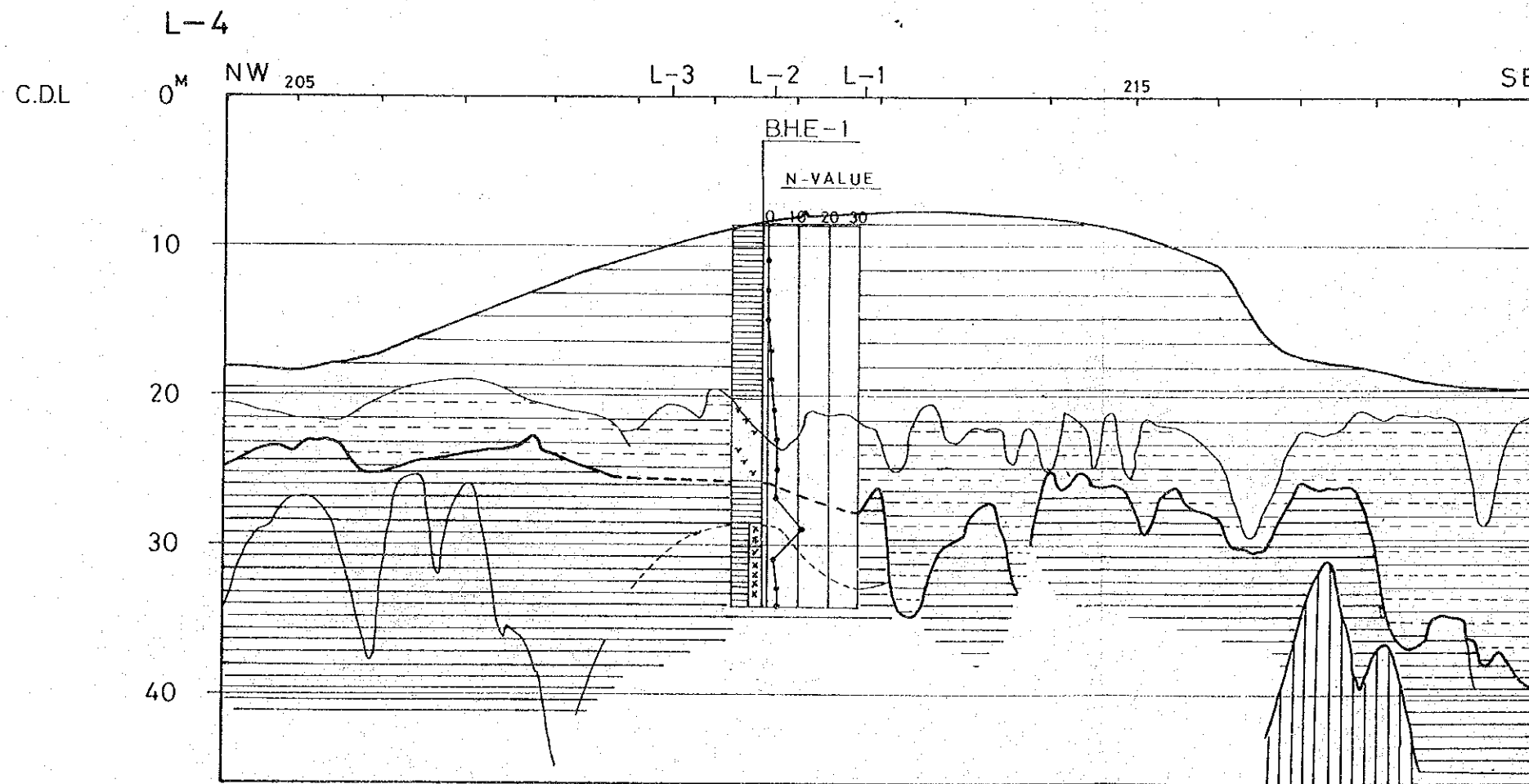
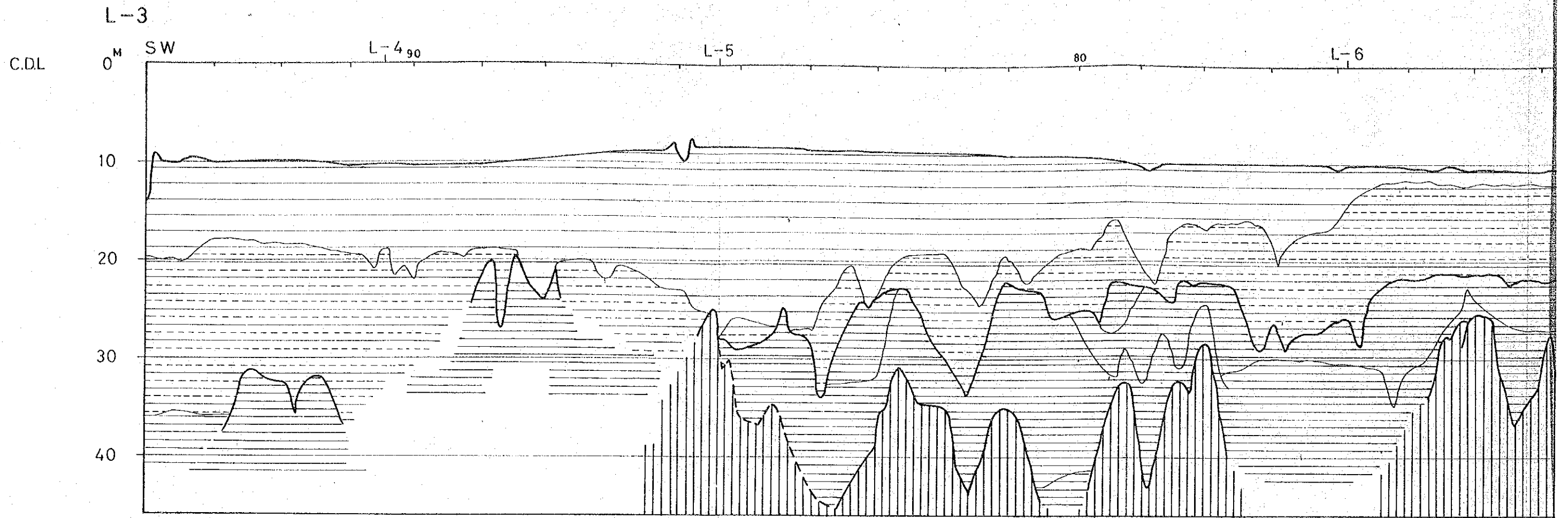
LOWER MARINE CLAY

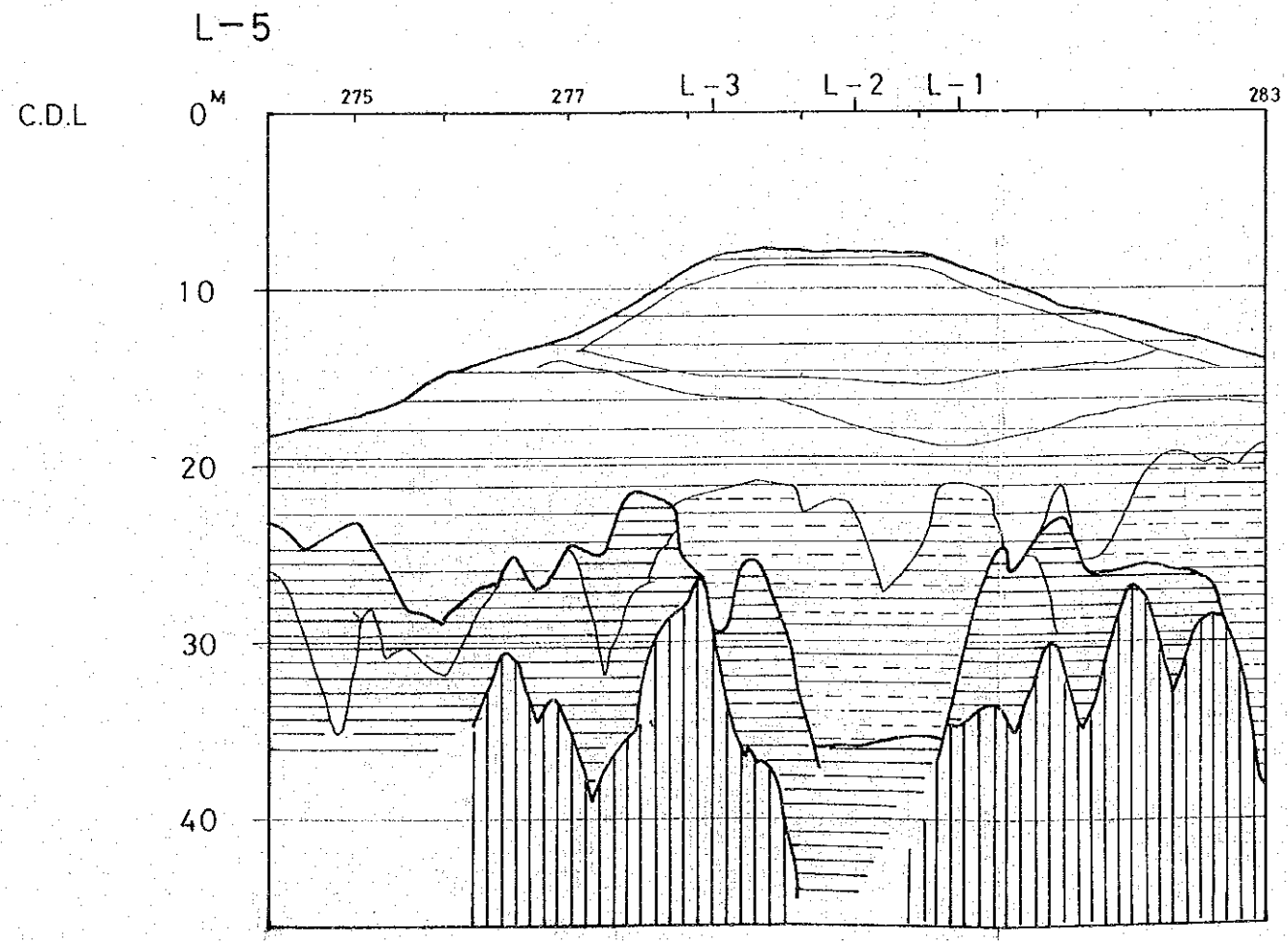
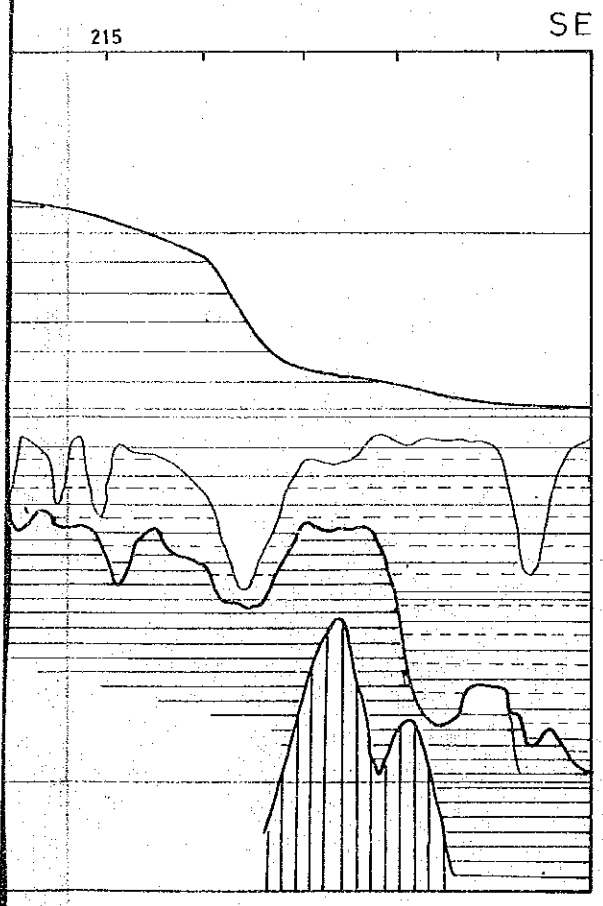
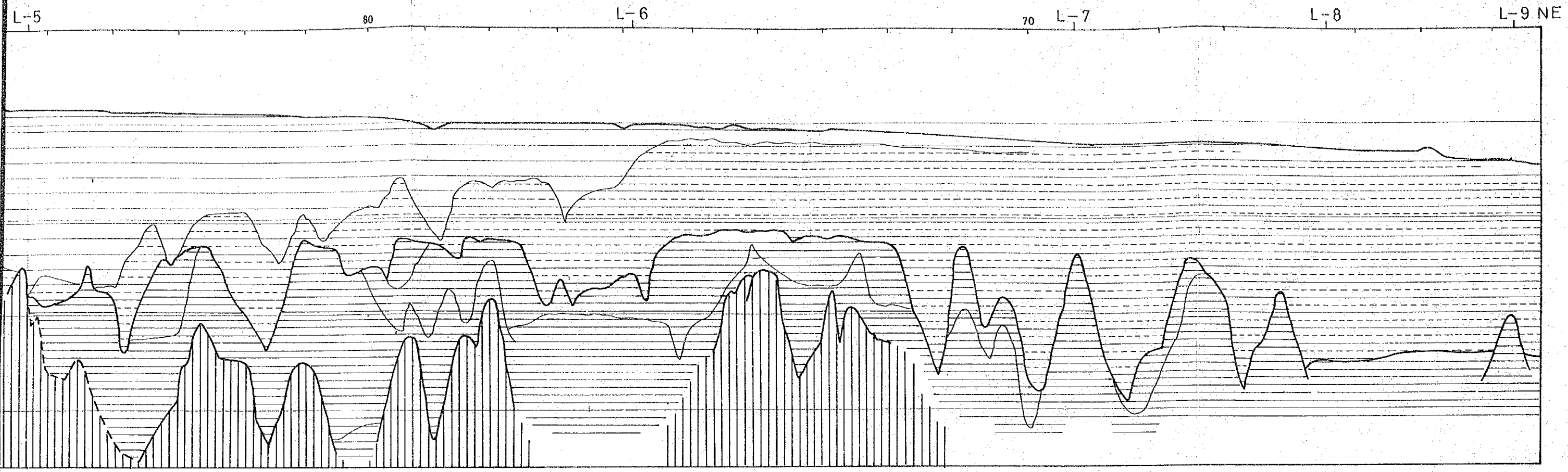


OLD ALLUVIUM.



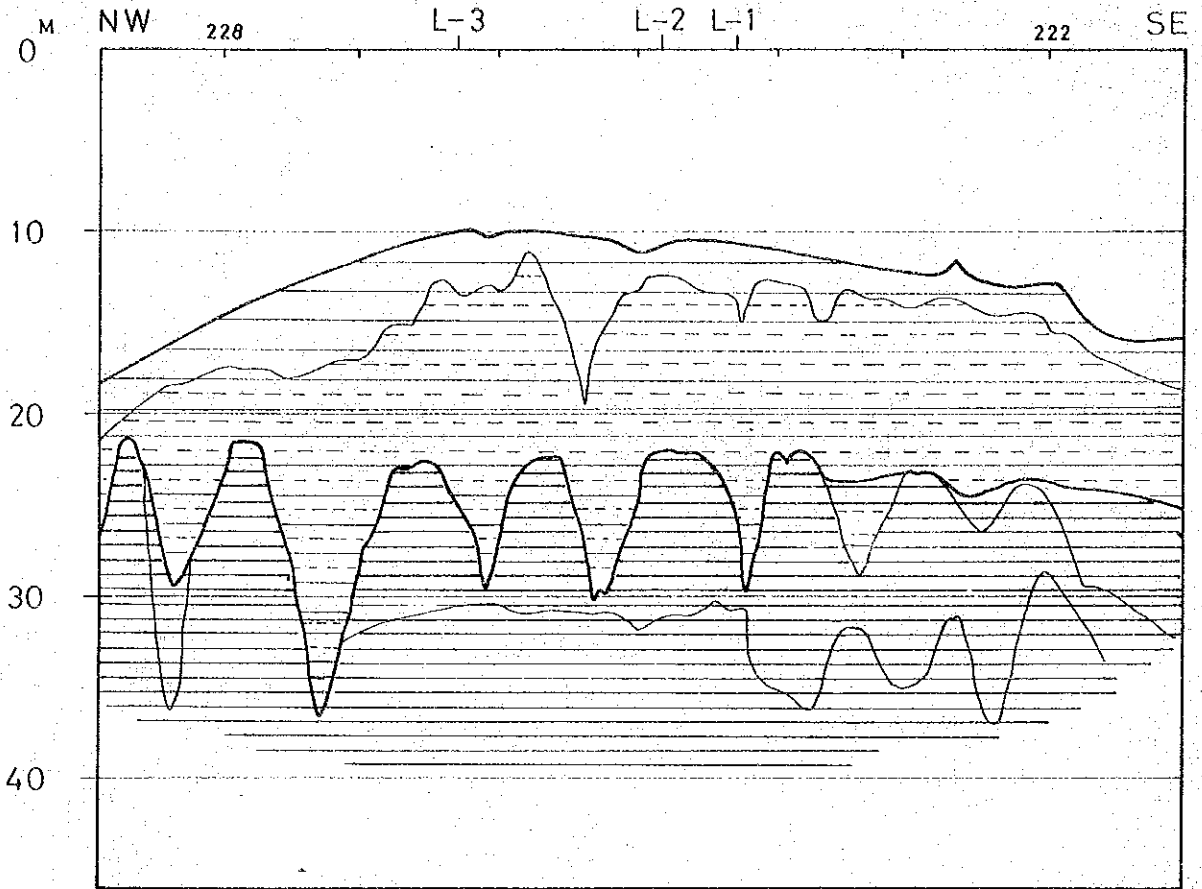






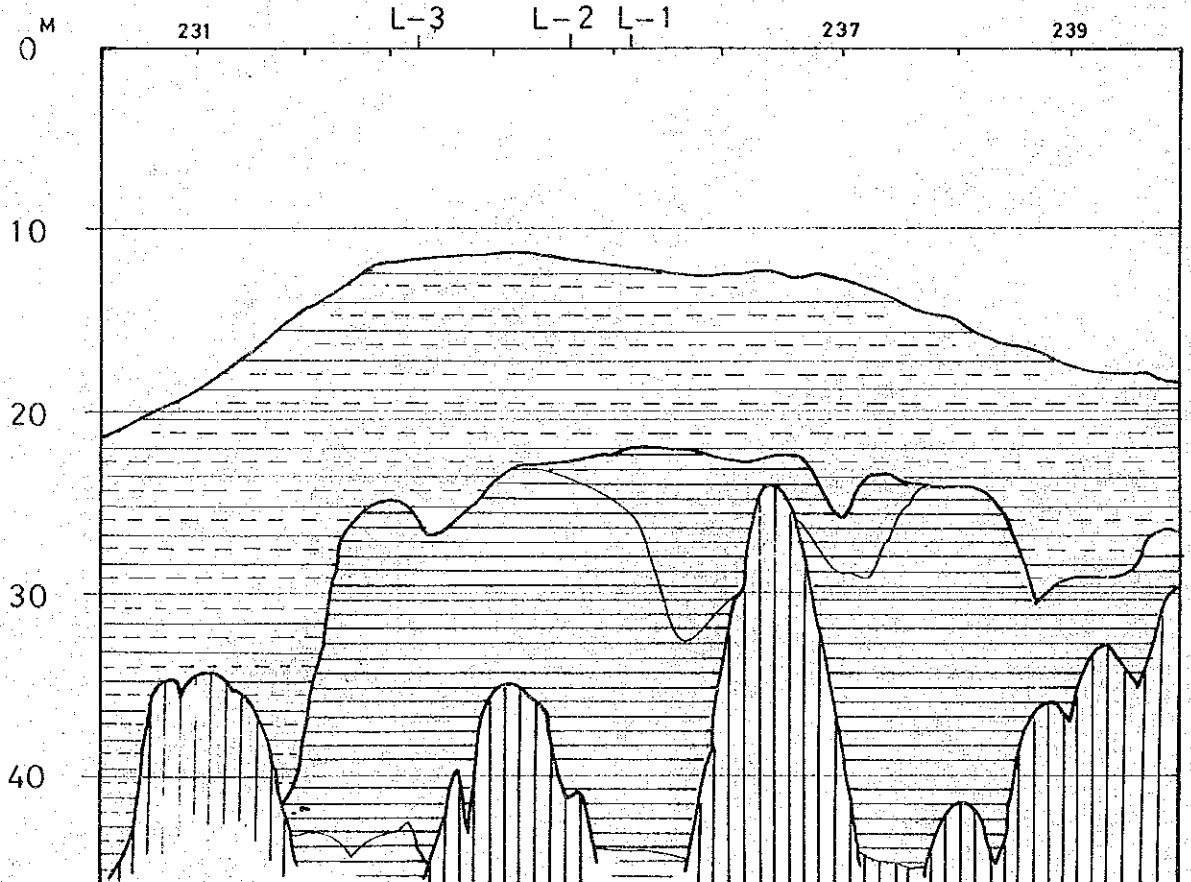
L-6

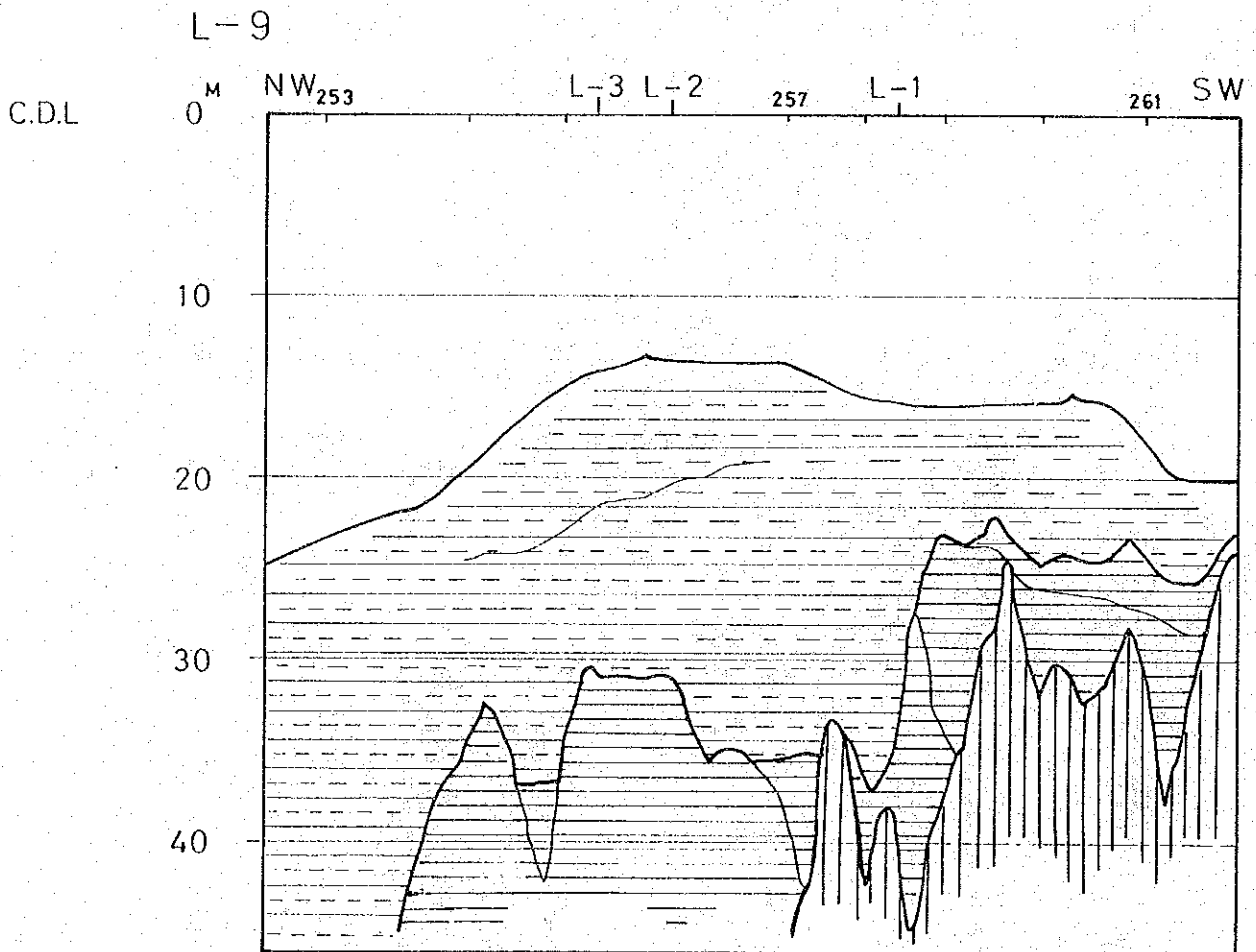
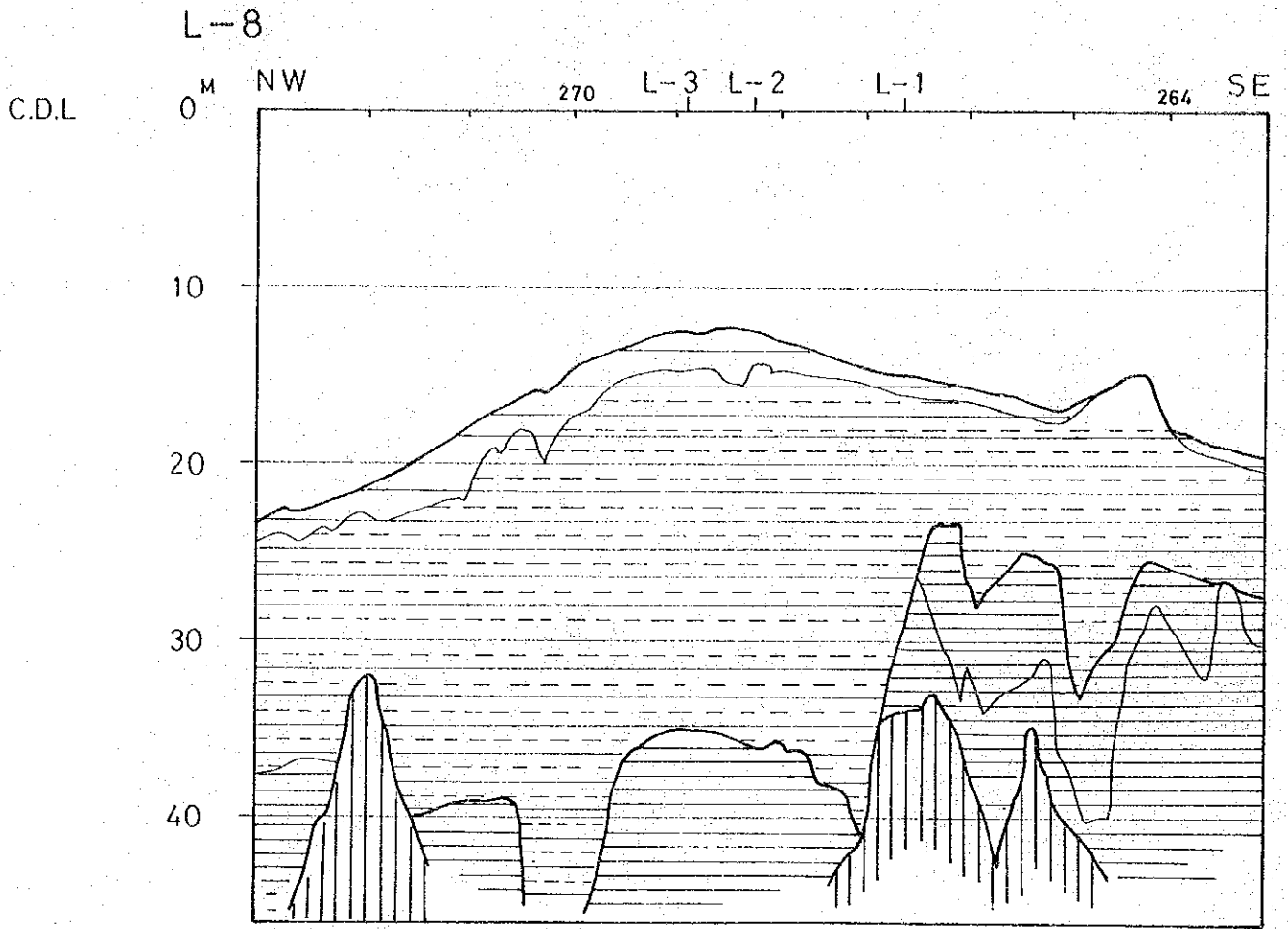
C.D.L



L-7

C.D.L





THE STUDY OF FILL MATERIALS
GEOLOGIC CROSS SECTIONS
OF OFFSHORE CHANGI

SCALE V : 1 / 400
 H : 1 / 10,000

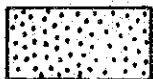
REGEND



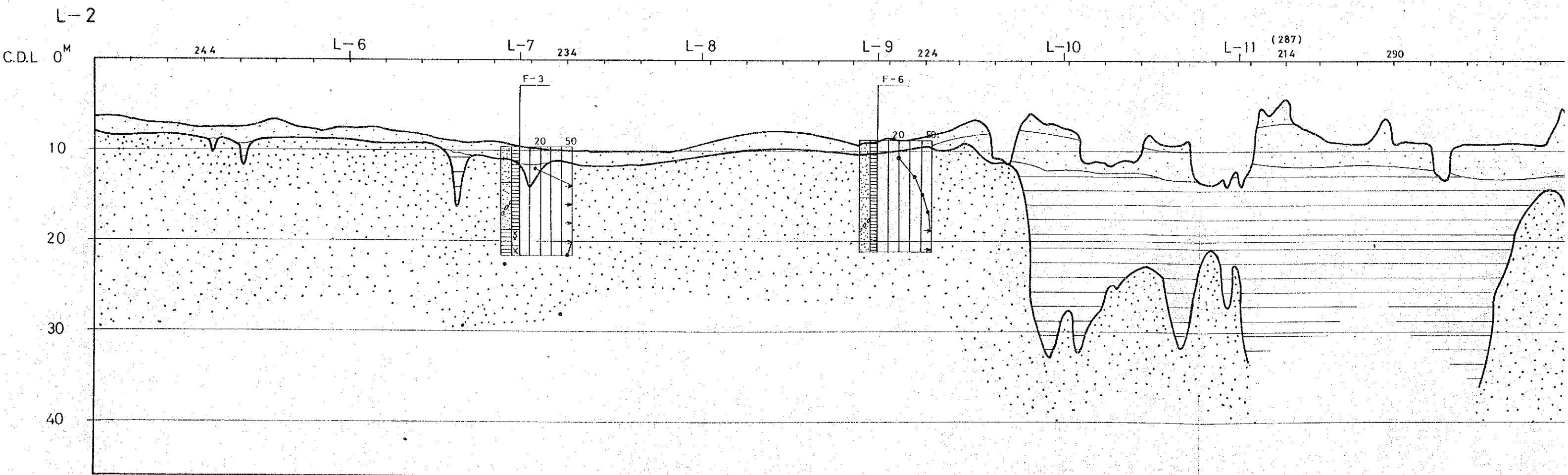
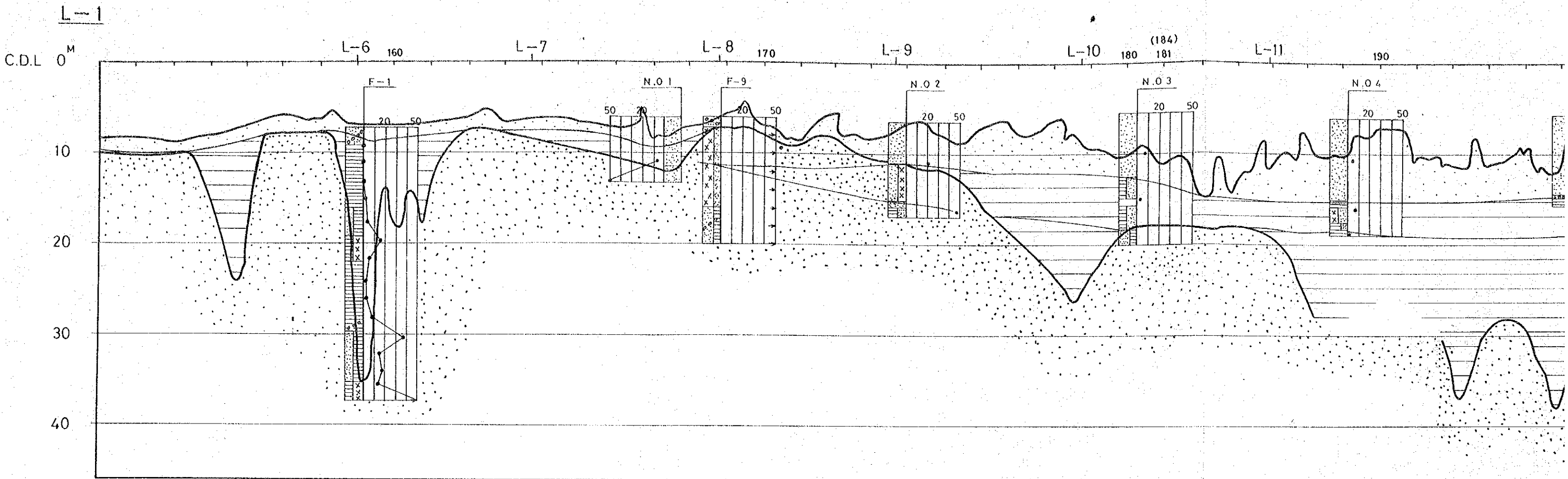
LOOSE SAND

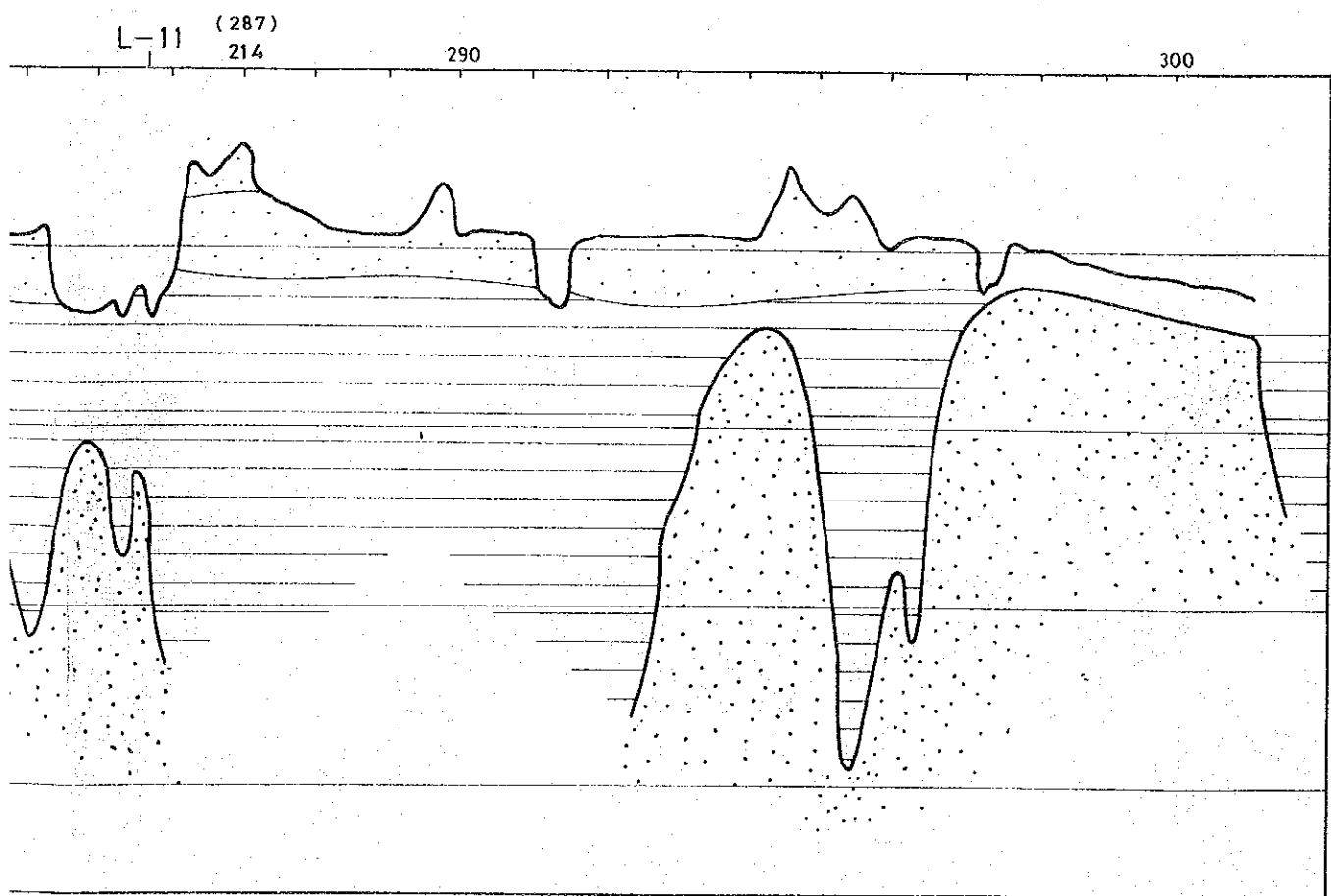
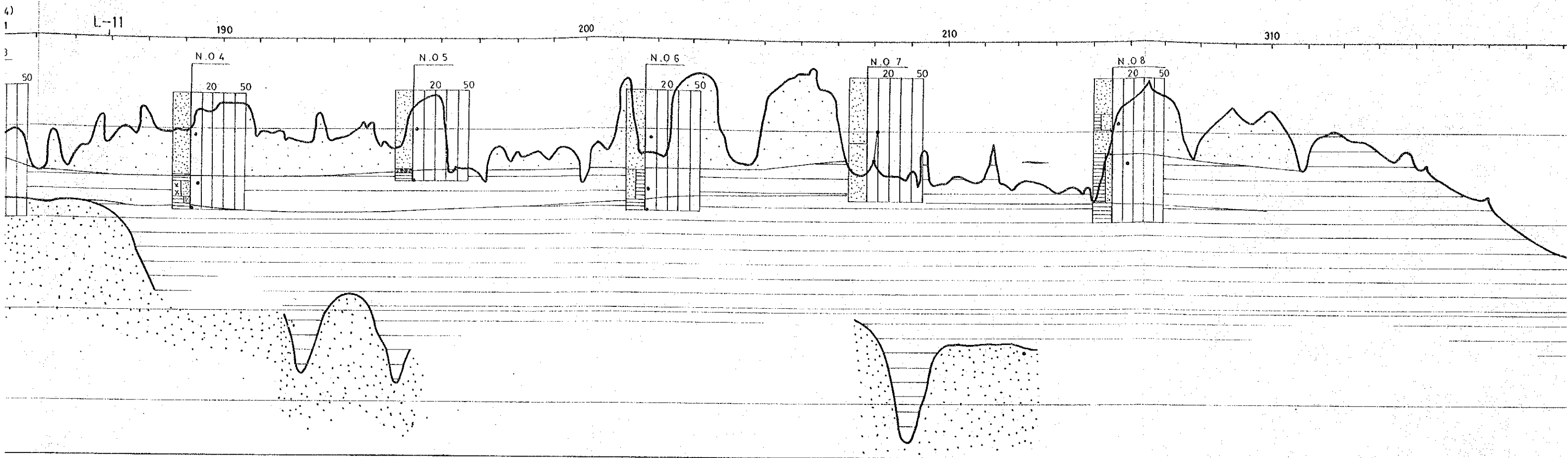


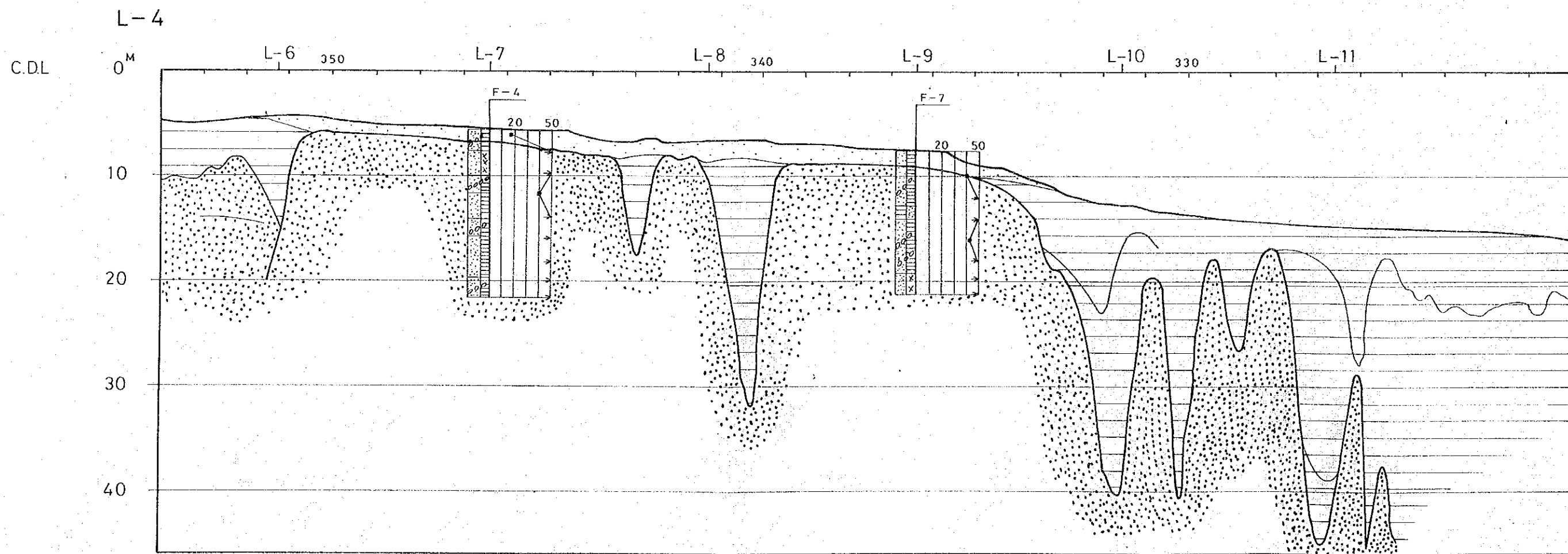
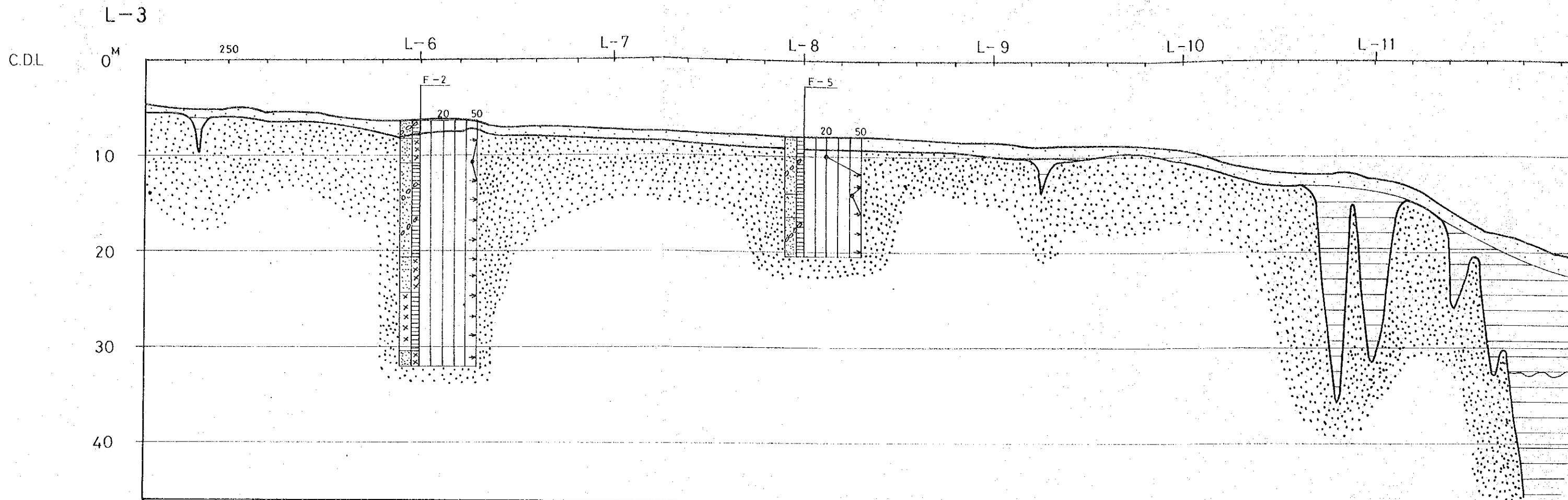
UPPER MARINE CLAY

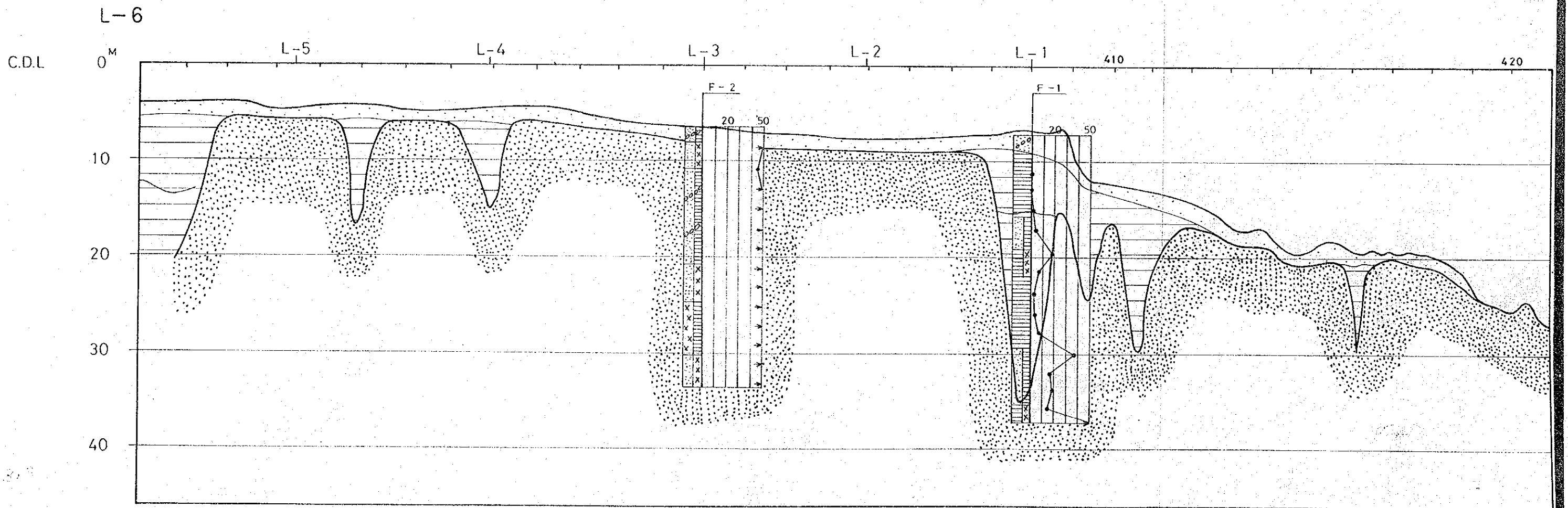
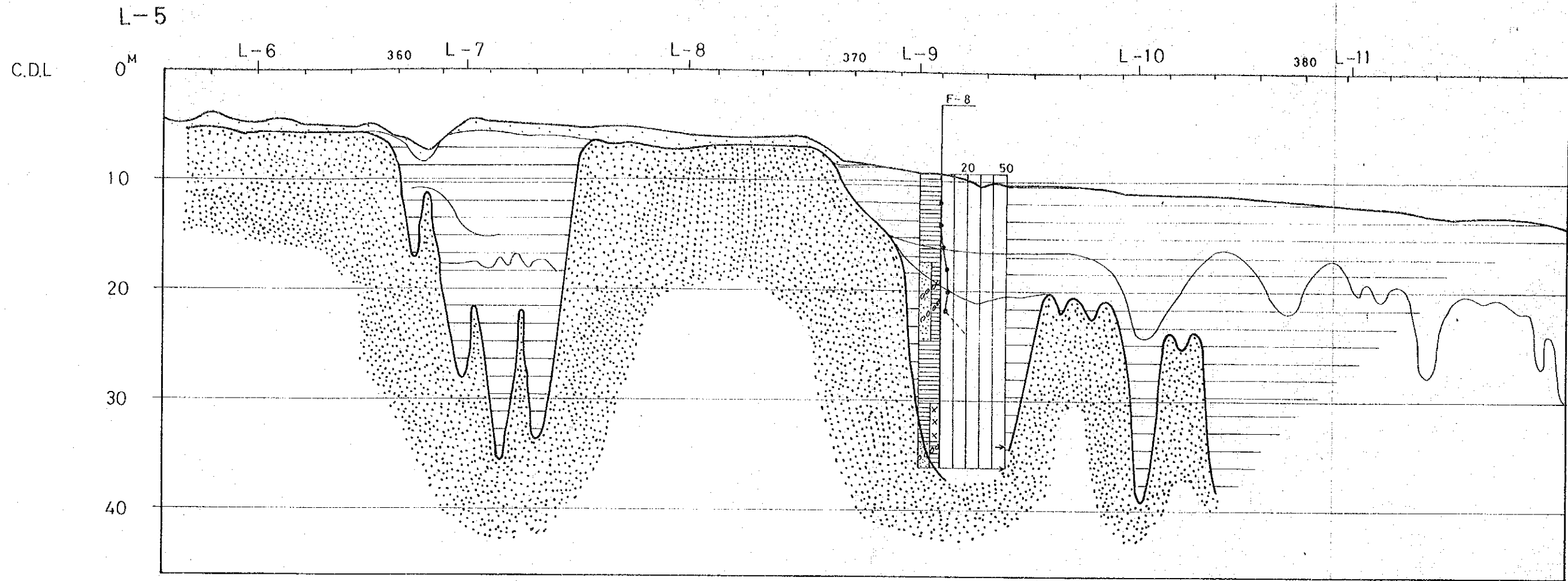


OLD ALLUVIUM

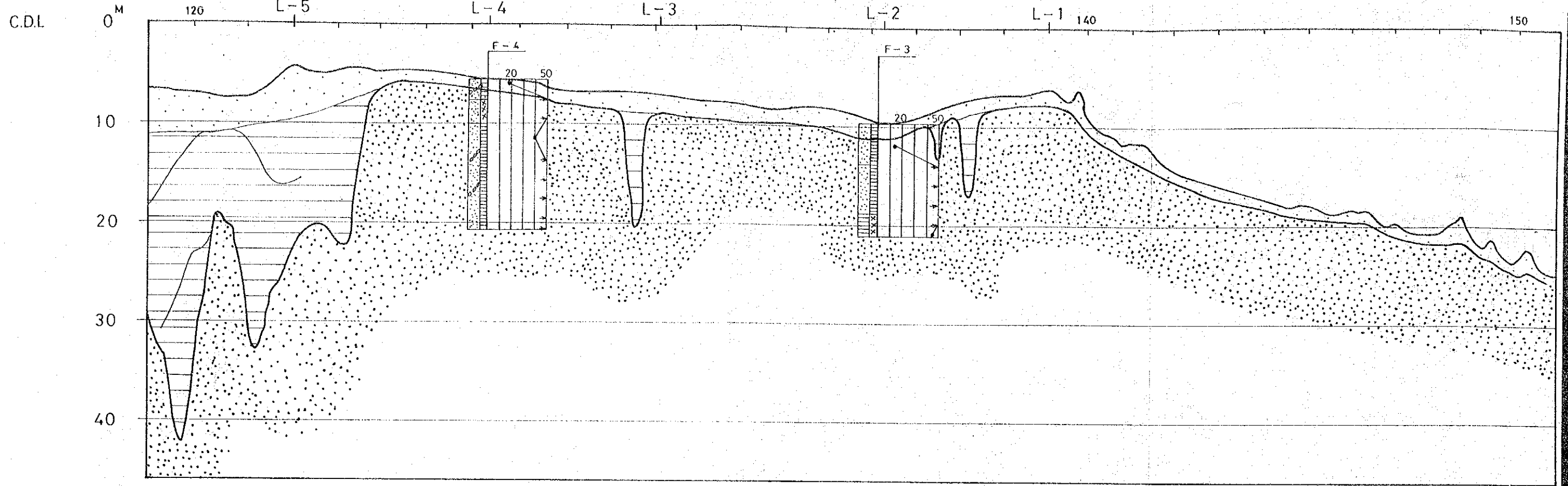




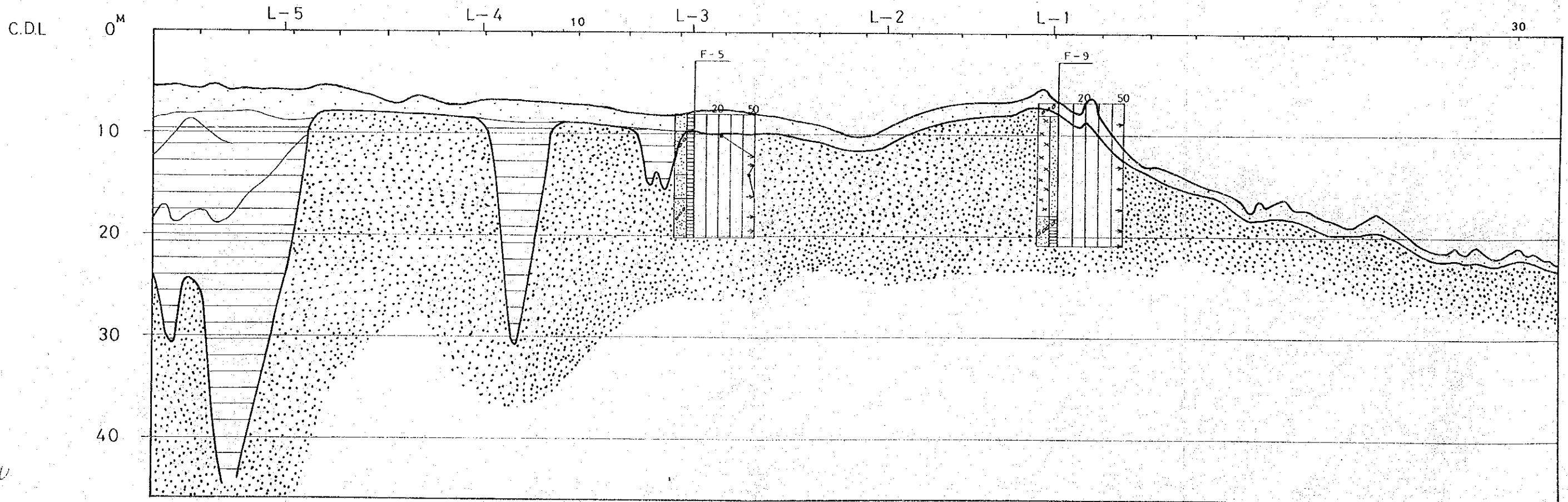




L-7



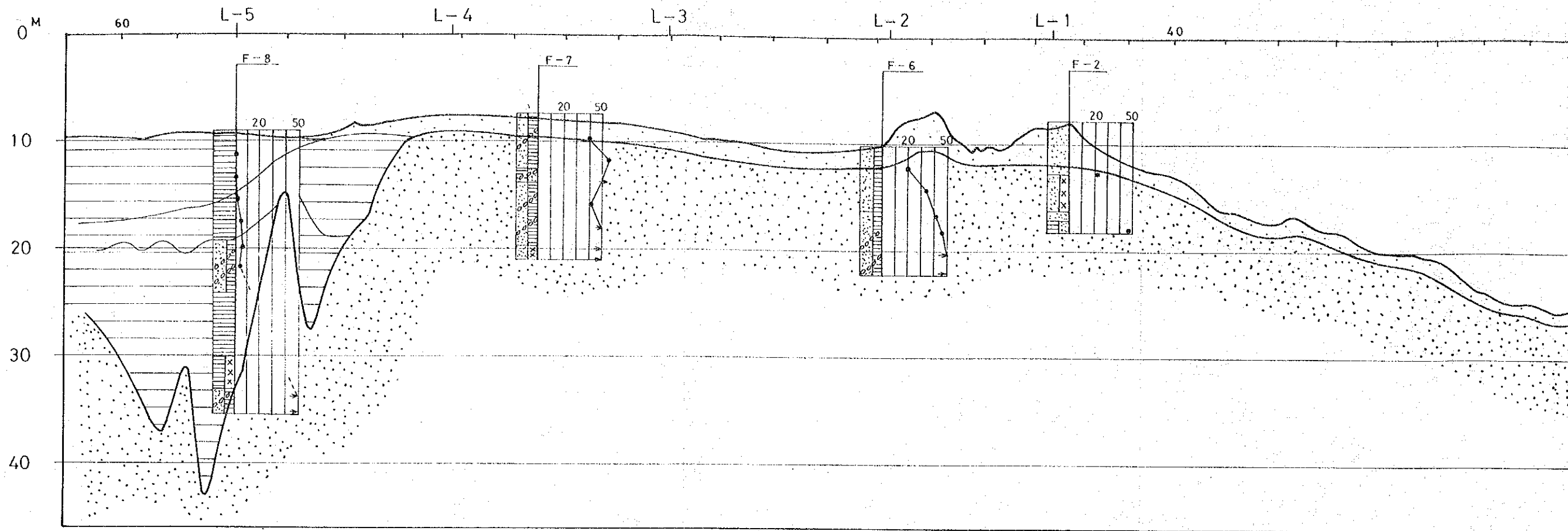
L-8



320

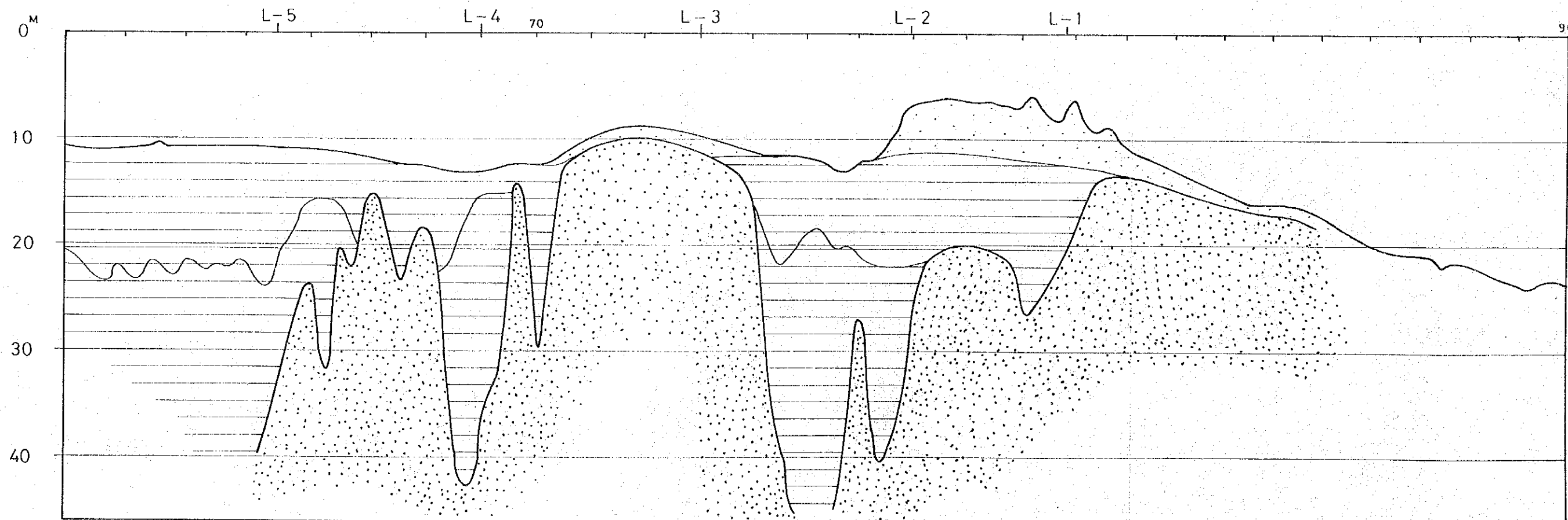
L-9

C.D.L



L-10

C.D.L



L-11

C.D.L

0^M

L-5

L-4

110

L-3

L-2

L-1

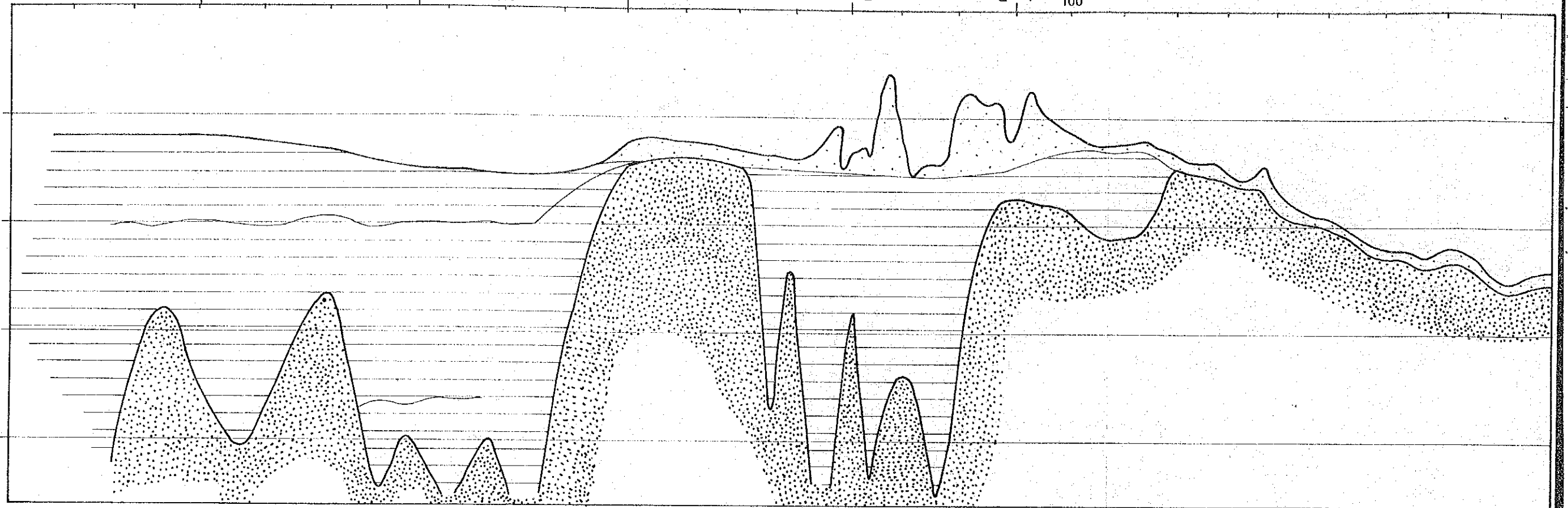
100

10

20

30

40



5-3 土質試験結果

ボーリングの標準貫入試験 (Standard Penetration Test) 時に採取された試料を用いて土質試験を実施した。

5-3-1 調査数量

E, F地区に於ける現場及び室内土質試験の調査数量表を次表に示す。

BH. No	Site Works			Laboratory Soil Tests				
	Drilling Length (m)	Depth (A, C, D-m)	Standard Penetration Test	Wet Density	Natural Water Content	Specific gravity	Grain size Analysis	Liquid & Plastic Limits
E-1	25.45	34.05	13	13	5	5	5	5
E-2	22.45	30.75	11	11	5	5	5	5
F-1	30.35	37.35	15	15	15	15	15	9
F-2	25.27	31.87	13	13	13	13	13	3
F-3	11.45	21.25	6	6	6	6	6	2
F-4	15.25	20.55	9	9	9	9	9	0
F-5	12.00	20.20	7	7	7	7	7	0
F-6	12.34	21.24	6	6	6	6	6	0
F-7	13.24	20.74	7	7	7	7	7	0
F-8	26.12	35.52	8	8	8	8	8	3
F-9	14.27	20.77	7	7	7	7	7	4
TOTAL	208.19	—	102	102	88	88	88	31

5-3-2 土質試験結果

個々のデータは土質試験結果一覧表及び各々のデータシートに示し、巻末にAppendixとして掲げる。試験は総て基礎地盤コンサルタンツ（株）のシンガポール支店の試験室に於いてJIS規格に準じて行なわれた。なお単位体積重量は標準貫入試験より得られた試料より測定しており、いわゆる不攪乱試料よりの測定ではないため、その値の精度はあまり良くないものと考えられ、土質試験結果一覧表又、柱状図における単位体積重量の値又、その値を基に得られる間ゲキ比飽和度等の数値は総て（ ）内に示す事とした。

(1) E地区土質試験結果

土質柱状図に示す様にE地区に於いては沖積の軟かい粘性土層(主に Marine Clay)が ACD-30 m 付近まで分布している。

代表的試料の粒径加積曲線を下図に示す。

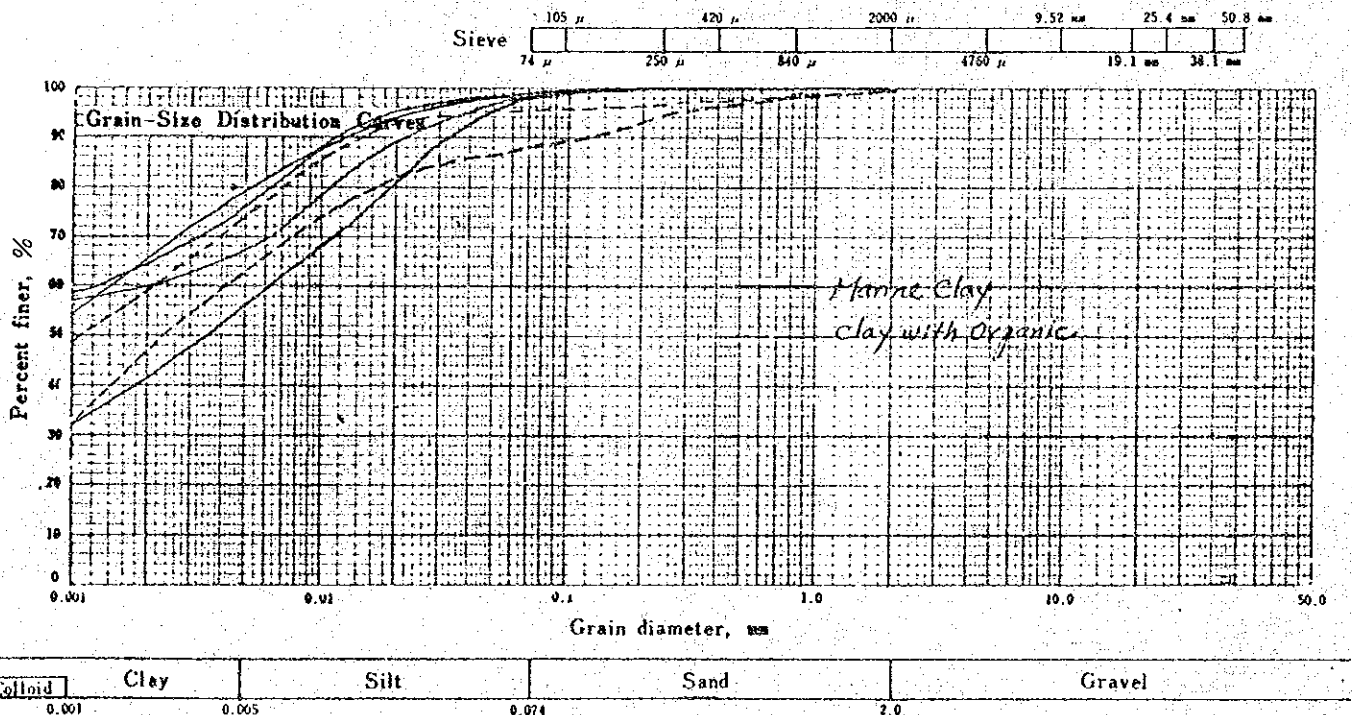


Fig 5-3-I Grain-Size Distribution of the typical sample of KALLANG FORMATION at OUTER SHOAL.

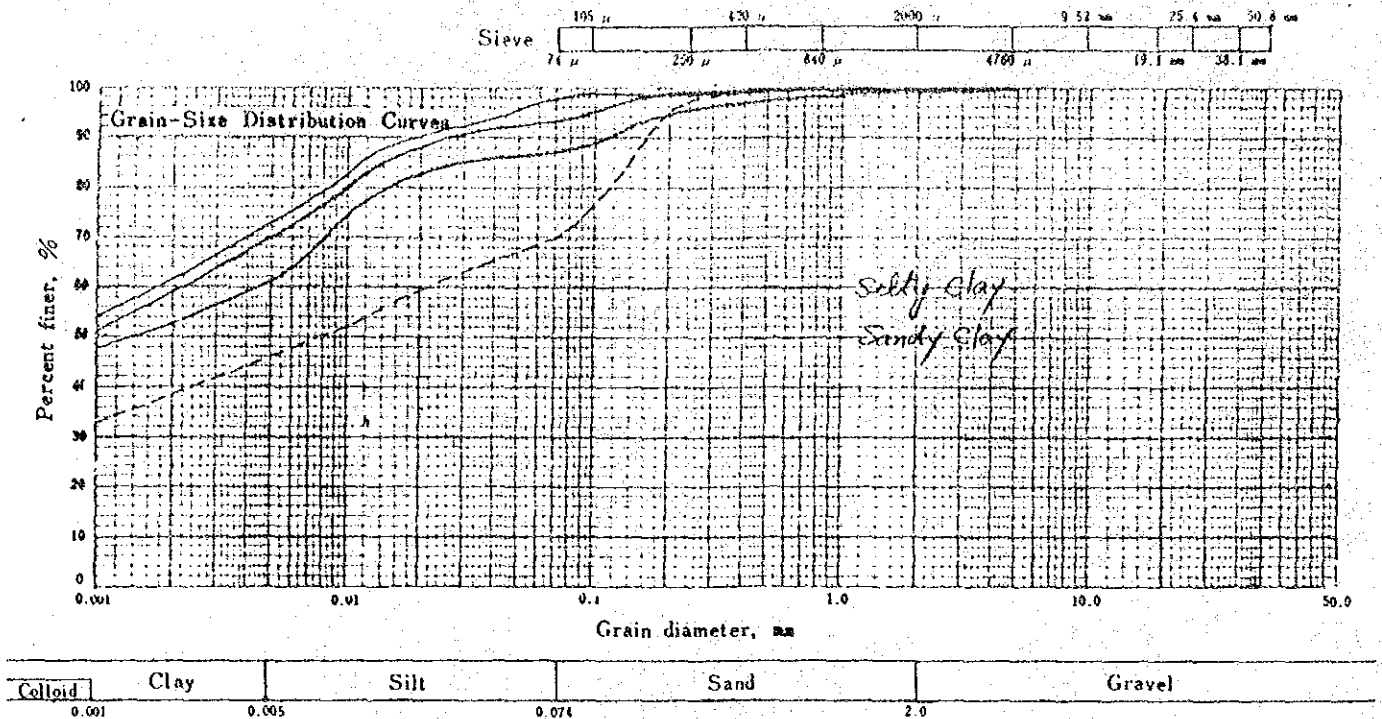


Fig 5-3-2 Grain-Size Distribution of the typical sample of KALLANG FORMATION at OUTER SHOAL.

2つのMarine Clayに挟まれた中間層のSandy Clayを除けば、全体的に粘土・シルト分が85%以上を占めているものと判定される。

(2) F地区

F地区で行なわれた9本のボーリングの内F-1とF-8に於いてはMarine Clayの分布が見られるが他の7本は、洪積の台地部に位置するものと考えられ、表層数mはややN値50回を割る所もあるが全体的には、A.C.D-20m付近まで主にN値50回以上の締った砂質土層の分布が見られた。又、洪積の粘性土層が不規則に砂質土層に挟まれて分布しているものと考えられる。

325

洪積の砂質土層及び粘性土層の粒径加積曲線と代表的な物理特性値

は次の通り

1) 洪積砂質土層

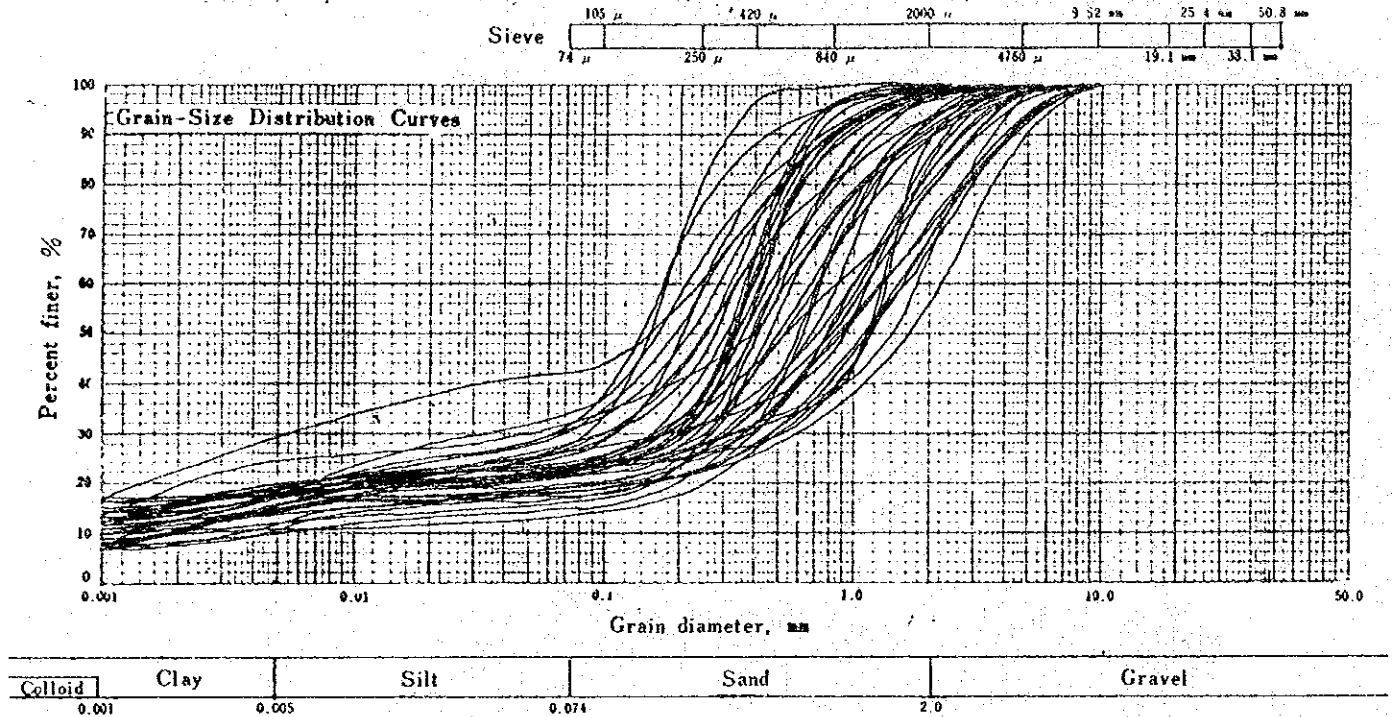


Fig 5-3-3 Grain-Size Distribution of Old Alluvium Formation
(sandy soil) at OFSHORE CHANGI.

自然含水比 $W_n = 11 \sim 20\%$

比重 $G_s = 2.60 \sim 2.65$

単位体積重量 $\gamma_t = (2.0 \sim 2.2) \text{ g/cm}^3$

粒度構成	レキ分	0 ~ 30 %
	砂分	50 ~ 80 %
	シルト分	1 ~ 15 %
	粘土分	10 ~ 20 %

2) 洪積粘性土層

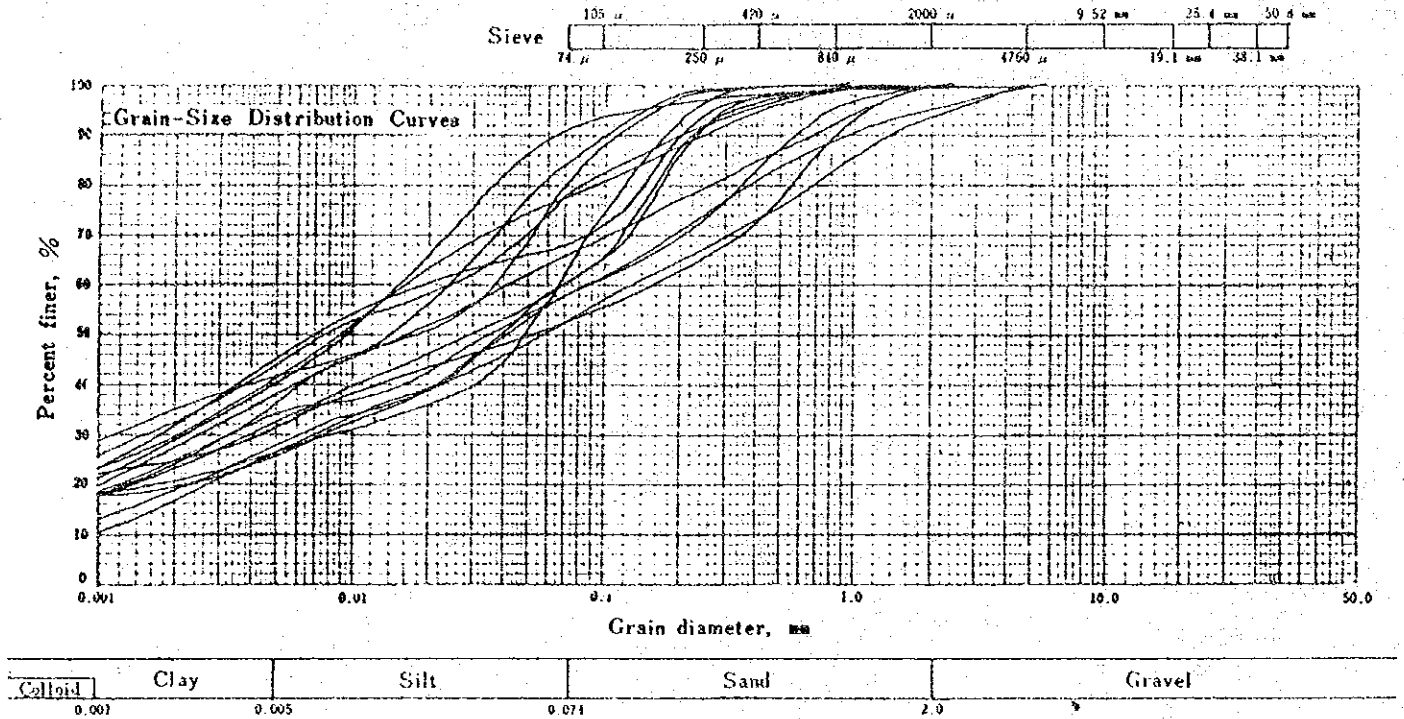


Fig 5-3-4 Grain-Size Distribution of Old Alluvium(cleyey soil)
at OFFSHORE of CHANGI.

自然含水比 $W_n = 14 \sim 22\%$

比重 $G.S = 2.60 \sim 2.70$

单位体積重量 $\gamma_t = (1.9 \sim 2.1) g/cm^3$

粒度構成 レキ分 0 ~ 5 %

砂分 10 ~ 40 %

シルト分 25 ~ 50 %

粘土分 25 ~ 45 %

液性限界 $L.L = 45 \sim 55\%$

塑性指数 $I_p = 25 \sim 40$

塑性限界 $P.L = 15 \sim 20\%$

3) 沖積土層

沖積土層は2枚の Marine Clay (upper & lower) とその2つの Marine Clay に挟まれた中間層から構成される。代表的な試料の粒径加積曲線を下図に示す。

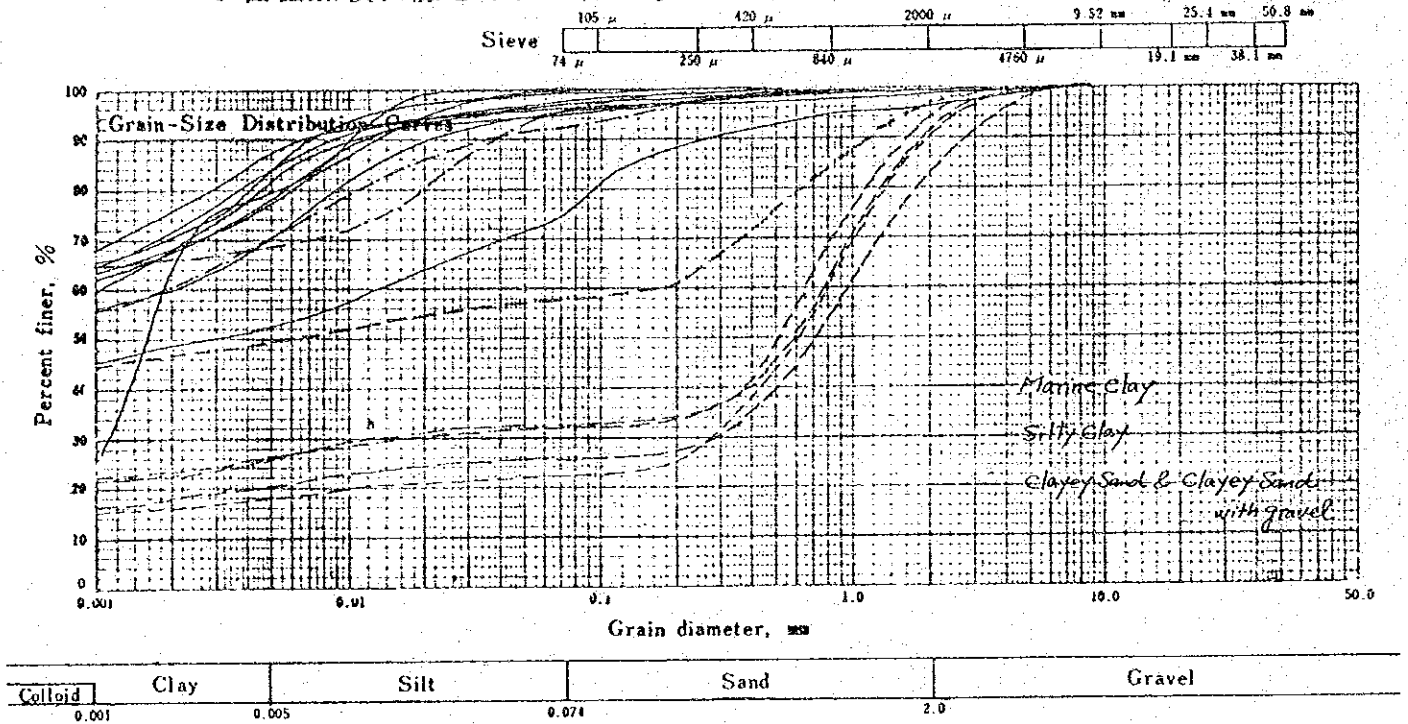


Fig 5-5-5 Grain-Size Distribution of KALLANG FORMATION at OFFSHORE of CHANGI.

なお、Marine Clay の代表的な物理特性値は次の通りである。

- 自然含水比 $W_n = 60 \sim 80 \%$
- 比重 $G_s = 2.68 \sim 2.71$
- 単位体積重量 $\gamma_t = (1.55 \sim 1.70) \text{ g/cm}^3$
- 塑性限界 $L.L = 80 \sim 100 \%$

塑性指数 $PI = 50 \sim 70$

- 塑性限界 $P.L = 20 \sim 30 \%$