

マレーシア國

錫鉍埋立地住宅開發計畫調查

中間報告書

本文編

昭和55年3月

國際協力事業團



JICA LIBRARY



1068804[4]

マレーシア国

錫鉱埋立地住宅開発計画調査
中間報告書

本文編

昭和 55 年 3 月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日	84.8.24 2
登録No.	13890
	13710
	21296
	SDSIS

本文目次

要約と結論		S-1
第1章	調査概要	1-1
第2章	錫鉱跡地における土質工学上の問題点	2-1
2-1	マレーシアにおける錫採掘方法	2-1
2-2	錫鉱跡地における土質工学上の問題点	2-7
2-2-1	土質調査方法	2-7
2-2-2	浅い基礎	2-8
2-2-3	深い基礎	2-8
2-2-4	その他	2-9
第3章	Sentul および Kampong Pandan サイトについて	3-1
3-1	Sentul	3-1
3-2	Kampong Pandan	3-3
第4章	土質調査	4-1
4-1	現場土質調査	4-1
4-1-1	パイロットテストエリア	4-11
4-1-2	調査地全域	4-12
4-1-3	池(マインク・ポイント)	4-12
4-2	室内試験	4-12

第 5 章 調査結果の検討 5-1

5-1	調査地の地盤条件	5-1
5-1-1	Sentul サイトの地盤条件	5-1
5-1-2	Kampong Pandan サイトの地盤条件	5-8
5-1-3	パイロット テスト エリアの地盤条件	5-10
5-1-4	池の底の堆積物	5-32
5-2	種々の調査結果の相関性	5-35
5-2-1	物理探査	5-35
5-2-2	サウンディング	5-35
5-2-3	原位置試験	5-39
5-2-4	室内土質試験	5-40
5-3	種々のタイプの土質調査方法	5-43
5-3-1	種々のタイプの土質調査方法	5-45
5-3-2	土質調査方法として適切なもの	5-50

第 6 章 基礎工に関する検討 6-1

6-1	厚い粘性土が分布する所	6-2
6-2	ゆるい砂層の分布する所	6-5
6-3	軟弱粘性土層中に中間砂層のある所	6-6
6-4	基盤層の凹凸が著しい所	6-8
6-5	許容沈下量	6-8

第7章 建築構造と杭工法	7-1
7-1 建築構造	7-1
7-2 クイ工法とその問題点	7-11
7-3 錫鉱埋立地における障害例	7-24
7-4 マレイシアの建築基礎法と設計基礎	7-32
7-5 錫鉱埋立地住宅開発の意義と住宅開発費	7-37
第8章 フェーズIIの業務内容に関するコメント	8-1

LIST OF APPENDIX
(資料編)

APPENDIX

A	Terms of Reference	A-1~A-4
B	Scope of Work	B-1~B-7
C	Inception Report	C-1~C-13
D	Minutes of Meeting (10th December, 1979)	D-1~D-1
E	Results of Field Ground Investigation	E-1~E-129
F	Results of Laboratory Soil Test	F-1~F-192
G	Photographs	G-1~G-3
H	Detailed Description of Investigation Method	H-1~H-36
I	事前調査団団員名簿および日程表	I-1
J	Phase I 調査団団員名簿および日程表	J-1~J-5
K	事前調査団とマレーシア政府との議事録	K-1~K-8

(1979年3月14日)

要約と結論

本報告書は、“マレーシア国、錫鉱埋立地住宅開発計画調査(Phase I)”の結果を報告するものである。当調査は、マレーシア政府の日本政府に対する技術協力・援助の要請に対応して、国際協力専門団により実施されたもので、昭和54年3月に行われた事前調査団の報告・勧告を受け継いで行われたものである。

マレーシア政府は、クアラルンプール市における住宅不足に対処するため大量かつ低廉な公共住宅の建設に力を入れているが、住宅建設にとって比較的条件の良い地域は、すでに開発されて、クアラルンプール市郊外に未利用で残されている錫鉱跡地を宅地として求めざるを得ない状況にある。錫鉱跡地は概して、地盤が悪くかつ複雑で土質および基礎工学上の問題が多く、住宅建設は、遅々として進まざりしが現状である。

事前調査団の報告書に基づき、日本政府は、フィジビリティ スタディを行うことを決定した。フィジビリティ スタディとして以下の項目が含まれている。

- (1) 現場視察およびデータ収集
- (2) 土質調査
- (3) 錫鉱大規模埋立地についての検討
- (4) 構造物基礎および住宅建設工法についての検討

(5) 宅地開発計画の策定

(6) 経済、金融についての検討

フイジビリティ スタディはフェーズIとフェーズIIに分かれ、ここに報告するフェーズIは昭和54年12月から昭和55年3月の間に実施された。フェーズIの主要な調査内容は、以下の通りである。

(1) 物理探査、ボーリング、サウンディング、現位置試験等通常土質調査に使用

されている手法の錫鉱跡地調査における有効性の調査

(2) 基礎工学上の問題点を検討するために地盤条件を把握すること。

(3) 既設建築物の状態およびマレーシアにおける建設事情の調査

(4) フェーズIIの調査計画立案

(5) マレーシア政府に対する技術移転。

以下に、本調査の要点と主要な結論を述べる。

錫鉱跡地における土質工学上の問題点

マレーシアにおける錫の採鉱法を調査し錫鉱跡地における土質工学上の問題点を概観した。錫採鉱法は浚渫方法とグラベルポンプ方法の2つに大別される。浚渫方法の例を図2-1(第2章参照)に示し、グラベルポンプ方法の例を図2-2に示す(第2章参照)。両方法の詳細は、第2章に述べられている。

錫鉱跡地の地盤状況は、錫採掘方法および跡地の埋立方法によって大きく異なるが、一般的に言って次のように特徴づけられる。

- (1) 軟弱地盤 — 浅い基礎、掘削、盛土に対して問題がある
- (2) 非常に複雑な埋立層の層構成
- (3) 非常に複雑な基盤層の凹凸

Sentul および Kampong Pandan サイトについて

マレーシアの首都クアラルンプール市周辺には数多くの錫鉱跡地が分布するが、今回の「フィールドリサーチ・フェイズ I」の地盤調査では Sentul 地区および Kampong Pandan 地区が選定された。両地区ともクアラルンプール市役所によってローコストハウジングの建設予定地として考えられている地区である。

Selangor 州の地質図によれば、両地区とも基盤岩は Kuala Lumpur Limestone 層であり、さらに、1961年には、クラベルホップ方式により錫の採掘が行われていた所である。

また両地区における錫採掘は 10~20年前に終了したといわれている。

両調査地区の詳細は第3章に示されている。

地盤調査

Sentul 地区および Kampong Pandan 地区において地盤状況を把握

するため地盤調査を行った。地盤調査は 現場調査と室内

試験により構成され、現場 調査は、昭和54年12月から、昭和55年

2月にかけて行なわれた。

実施された調査項目と各々の調査の主目的を列挙すると以下の如くである。

調査項目	目的
電気探査	基盤の深さの推定
微重力測定	基盤岩の起伏状況の把握と岩盤内の空洞の有無
ロータリーボーリング	岩盤深度の確認とコア採取
パーカッションボーリング	N値50回以上の土層の確認
乱さない試料の採取	土質試験(力学試験)に供する為
ベーンテスト	軟弱土層の非排水せん断強さの確認
標準貫入試験	砂の相対密度と粘土のコンシステンシーの確認
現場透水試験	砂質土層の透水係数
プレシオメーターテスト	硬い地層の応力～ヒズミ特性の把握
タチコーンテスト	貫入抵抗の測定と硬い地盤の深度の確認
動的貫入試験	
ポアプレッシャーサテティング	粘性土地盤内の砂の薄層の確認

室内試験は、乱石を含む土質試料、乱れた土質試料および岩のJア-

に対して、下記のテストを行った。

* 物理特性試験

* 力学特性試験

* 化学分析

* 鉱物分析

調査の詳細は第4章に示されている。

地盤調査結果の検討

地盤調査結果に対して、種々の解析検討を加えた。

Sentul 地区と Kampong Pandan 地区の地盤状況は本報告書第5章に

述べられ、また、土層断面図を断面集のうち図5-2および図5-5として示した。

(1) Sentul 地区の地盤概要

全体的にみて Sentul 地区では非排水せん断強さが 1 t/m^2 以下の非常にせわらかい粘性土が厚さ 3~7m、平均 4.5m で地表を覆っている。この粘性土層の下位には種々のタイプの土層が分布し、おおまかに地盤のタイプを分けると次の三種類に亘る。

A	B	C
C < 1% の非常に軟らかい粘土		
やわらかい ~ 中位の粘土 (N=2~4)	砂	砂
		中間粘土
		砂 (下部粘土)
基盤		

ボーリングで確認された N 値 50 回以上の層は 深度 8.5~24 m, 平均 17 m であった。

また、サコーンが貫入不能となる深度は、13~29 m, 平均 19 m であった。

(2) Kampong Pandan 地区の地盤概要

Kampong Pandan 地区で確認された地盤構成は次の 4 種類に

分けられる。

A	C	D	E
粘土	粘土	石少	石少
	砂		粘土
	粘土		
基盤			

Kampong Pandan 地区では全般に N 値 10 回以下のゆるい砂質土が卓越している。

粘性土層は、コーン指数 0.4 kg/cm^2 の非常に軟らかい粘性土層も部分的に確認

されたが、全般に砂分を含み、N 値は 1~11 回 (平均 6 回) と Santal の粘性土と

くらべて高い。

N 値 50 回以上の層は、深度 7~20 m (平均 13.5 m) で確認され、また、

ドリルコーンが貫入不能となる深度は、6~23m(平均15.5m)であった。

(3) 種々の調査・試験結果の相関性について

次に種々の調査・試験結果の相関性について解析・検討を行った。

良好な相関性の得られたものには

- 物理探査とボーリング(基盤深度に関して),
- ベーテストと室内土質試験,
- 種々の土質試験結果の相互関係, などがある。

(4) 錫鉱跡地における土質調査方法

今回の調査結果をもとに、錫鉱跡地において住宅開発を行なう

場合の地盤調査について、調査の進め方の指針をとりまとめた。

土質調査を経済的かつ効率的に行なうには、段階に分けて調査を進めることが望ましく、第一段階としては、採鉱記録を調べる等の事前調査を行なうことがすすめられる。次の段階としては、標準貫入試験を併用したボーリングを実施して地盤概要を把握する。更にその後詳細調査を行なうが、その場合、次の土質調査方法が有効であると考えられる。

- 標準貫入試験、乱さき試験採取を併用した調査ボーリング
- 地表を覆って分布する、非排水セメント強度 $1\text{t}/\text{m}^2$ 以下の非常に軟らかい

粘土層の分布、層厚等を把握するためにマキントッシュテスト

・基盤層表面の凹凸状態を把握するために、微重力測定と

ロータリーボーリングを組み合わせる。

・室内土質試験。

基礎工に関する検討

土質調査およびその他の調査結果に基づき、錫鉦跡地での、盛土および

構造物基礎について以下の地盤条件および構造物の組み合わせに対して

工学的検討を行った。

[地盤条件]

- ・基盤層上に厚い軟弱粘性土が分布するところ
- ・ゆるい砂層が分布するところ
- ・軟弱粘性土層中に中間砂層の分布するところ
- ・基盤の凹凸が著しいところ

[構造物]

- ・低層(1~2階)
- ・中層(3~5階)
- ・高層(15~20階)

・関連施設(道路、下水など)

検討項目は以下の通りである。

・建築構造物の基礎について

・軟弱地盤の改良工法について

・上記2項目に関連する基礎工学上の問題事項について

検討の結果、建築構造物基礎として

(1) 直接基礎(フーチング基礎、ラフト基礎等)

(2) クイ基礎

が可能性のある基礎タイプとしてリストアップされた。また、軟弱地盤改良

工法としては、

・プレロードのみ

・排水工法とプレロード併用

・サンドコンパクションパイルとプレロード併用

・バイブレーションローラーによる締め固め

・動圧密工法

・超大型バイブロタンピング

・サンドコンパクションパイル

等が検討された。基礎工に関する検討は Phase II に引きついで進められる予定である。

建築構造と杭工法

1970年におこなわれたマレーシア住宅統計調査にもとづいた住宅建築構造の概要と都市圏に建設されている公営低価格住宅の建築構造、基礎構造および工法の現況について報告し、一般に採用されている杭工法の種類と其中で低価格住宅建設に使用されている3種類の杭工法について技術的、経済的方面からの検討をおこなった。そのらは、

- ①) Bakau pile
- ②) Timber pile
- ③) R.C. pile などである。

また、錫鉱埋立地 (Jalan Sungai Besi) に建設された中層の低価格住宅団地で発生した不同沈下例の調査結果と Seremban highway の下水管理工事の地下掘削中の掘削事故例を報告した。さらにまた、

現行のマレーシア建築規準法 (Uniform Building By-Low) とそれを補足する Malaysia Standard の整備状況を述べ、耐震設計規準のないマレーシア シンガポールにおける地震動の報道、被害例を紹介した。最後に、クアラランポール

市で大きな社会的、政治的問題となっているスコッターの対策と錫鉱埋立地住宅開発計画との関係と錫鉱埋立地における低層、中層、高層の住宅開発費の試算をおこなった。

フェーズIIの調査内容に関するコメント

フェーズIの調査結果をふまえて、フェーズIIの調査内容に関して、

いくつかのコメントをまとめた。

以下の項目がフェーズIIの内容としてリストアップされている。

- (1) 軟弱土の地盤改良工法の検討
- (2) 建築構造物基礎の検討と選定
- (3) 土地造成、土工等に関する土質工学的検討
- (4) 追加土質調査
- (5) 上記(1)~(4)項の内容をとりまとい今後の錫鉱跡地の住宅開発について、調査設計の参考となるようにする。

(6) クアラランポール近辺の錫鉱跡地の調査

Kampung Pandan および Sentul 以外のクアラランポール近辺の錫鉱跡地

を概査し、結果をまとめる。

(7) 錫鉱採取法に対するコメント

錫鉱跡地が住宅用地として利用し易くなるように錫鉱採取法を

改善するなどの方策があれば提案する。

(8) 経済面、財務面の検討

- i) 土地造成及び基礎工法の工費検討
- ii) 住宅開発の収支バランス(コスト/ベネフィットの検討など)
- iii) 財務面の検討. キャッシュ・フロー, 適性家賃, 開発スケジュール等.

上記のフェーズIIの内容については、日本政府、関係各省庁の
討議を経た上で、2-3ヶ月内に最終案が決定される
予定である。

第1章

調査概要

マレーシア政府はクアラルンプール市における住宅不足に対処するため

大量かつ低廉な公共住宅の建設に力をいれているが、住宅建設にとって

比較的條件の良い地域は、すでに開発されて、クアラルンプール市郊外に、

未利用で残されている錫鉱跡地を宅地として、求めざるを得ない状況にある。

錫鉱跡地は概して、地盤が悪くかつ複雑で土質および基礎工学上の問題が

多く、住宅建設は遅々として進まないのが実状である。

このような状況に対処するため、マレーシア政府は、錫鉱跡地を住宅

開発等に利用する場合のフェジビリティ・スタディを日本政府に対して

要望してきた。マレーシア政府からの要望書を資料Aに付す。

マレーシア政府の要望に応じて、1979年3月、日本政府より事前調査団が

派遣され、調査のScope of work および調査を遺漏なくすすめるための

両国政府の対応等について Economic Planning Unit, Ministry of Housing &

Local Government, Kuala Lumpur City Hall 等と協議を重ねた。

Scope of Work を資料Bに付す。

事前調査団の報告書にもとづき、日本政府はフェジビリティ

スタディの実施を決定した。フェジビリティスタディの内容としては、次の項目が含まれている。

- (1) 現場視察および資料集収、
- (2) 土質調査、
- (3) 錫鉱大規模埋立についての検討、
- (4) 構造物基礎および住宅建設工法についての検討、
- (5) 宅地開発計画の策定、
- (6) 経済・金融についての検討。

フェジビリティスタディはフェーズIとフェーズIIに分かれ、それぞれ昭和54年度および55年度予算で実施されることになった。国際協力事業団

によって組織されたフェーズIの調査団は、1979年12月9日

クアラルンプールに到着し、翌10日、マレーシア政府関係各機関の代表者によって構成される

Steering Committeeとの会議を行った。会議では、日本側より Inception Report が提出され、

フェーズIで予定される調査内容が説明された (Inception Report を資料 C に付す)。更に、現地調査を

進めるにあたって必要な便宜供与等について協議が行われた (

Steering Committee Meeting の記録を資料 D に付す)。

フェーズIの調査はただちに開始され、クアラルンプールでの現地調査は、翌11日に始まり、翌年2月22日に終了した。技術検討および解析は、主として2月、3月、に現地クアラルンプールおよび日本国内で行われた。

フェーズIの調査では、クアラルンプール郊外に分布する数多くの錫鉱跡地から図1-1に示す Sentul と Kampong Pandan の二つのサイトが選ばれた。

フェーズIの主要な調査内容は以下の通りである。

- (1) 物理探査、ボーリング、サウンディング、現位置試験等 通常土質調査に使われている方法の有効性検討
- (2) 基礎工学上の問題点を検討するために地盤条件を把握すること。
- (3) 既設建築物の状態 およびマレーシアにおける建設事情の調査
- (4) フェーズIIの調査計画立案
- (5) マレーシア政府に対する技術移転

本報告書はフェーズIの調査結果をまとめたもので、本文編と資料編の二冊からなる。本文編は8章から構成され、第2章は錫鉱跡地における土質基礎工学上の問題を述べ、第3章では Sentul および Kampong Pandan

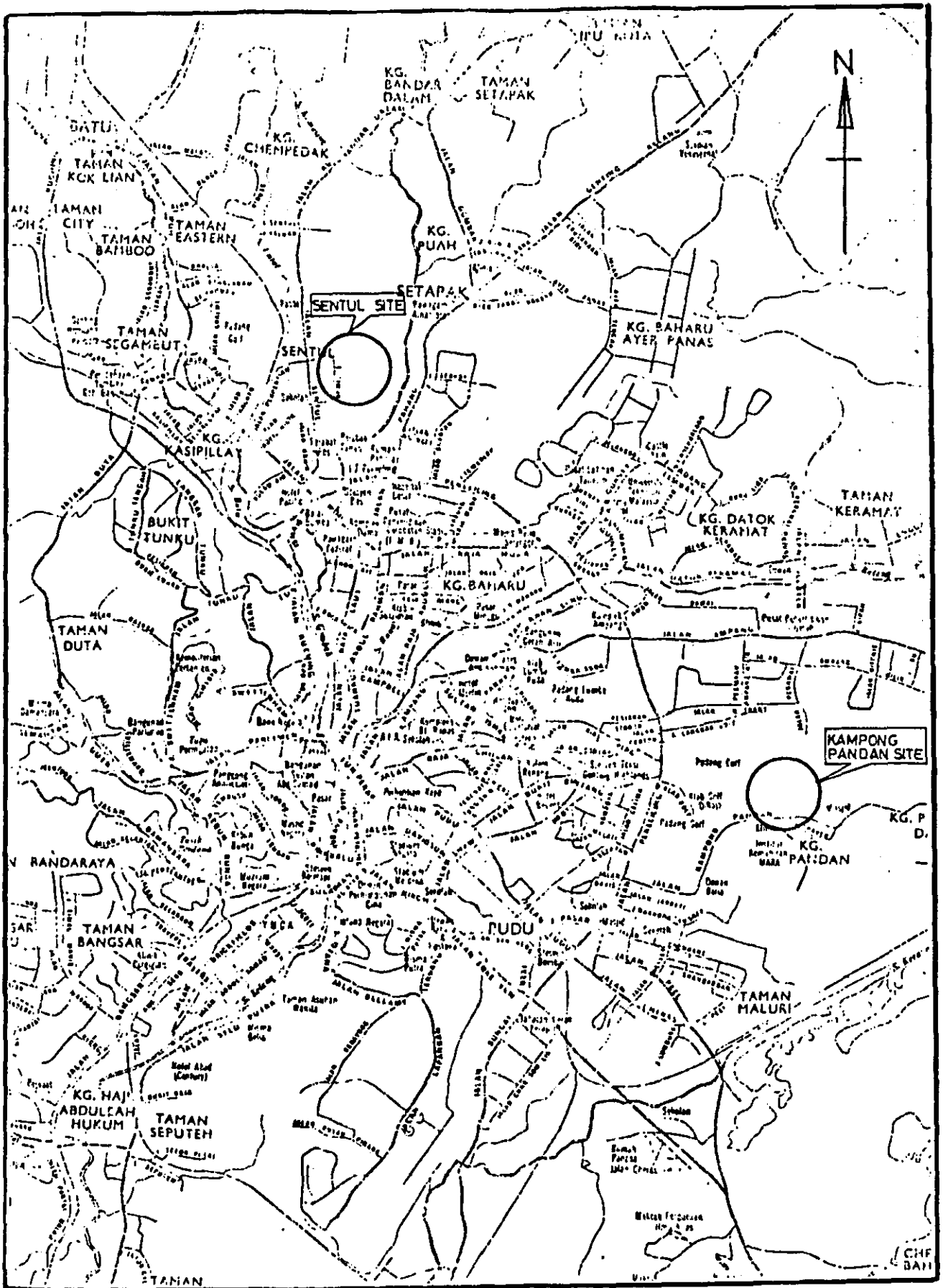


Fig. 1-1-4 Guide Map of the Site

についての説明を行なう。今回行なった土質調査の内容を第4章で説明し、第5章では調査結果についての検討を行なう。基礎工および地盤改良についての検討結果を第6章で説明し、第7章では建築基礎構造に関する調査結果を示す。更に第8章ではフェーズIIに対する展望を述べる。

第二章

錫鉱跡地における土質工学上の問題点

1. マレーシアにおける錫採掘方法

西マレーシアにおける大部分の錫鉱床は花崗岩分布と関連しており、ほとんど花崗岩と近接している。Selangor州ではほとんどの錫鉱はKuala Lumpur Limestone層と呼ばれる地層の分布する地域にある。このKuala Lumpur Limestoneはやはり、花崗岩と隣接しており、その形質はシルリア紀とされている。

錫鉱石は岩盤からも採掘されているが、大部分はテラ沖層の鉱床から採取されている。採取方法として最も代表的なものは浚渫方法とグラベルポンプ方法である。

浚渫方法の例を図2-1に示す。これは浚渫船を用いて錫を採取するもので、連続的につながったバケット掘削機(bucket band)にて地盤を掘削し、掘削土砂は回転式フルイ分け機(Trommel)に入れられて、土砂と石あるいは岩石片とが分離される。石あるいは岩石片はロックシートから捨てられ、残った土砂は分離機(classifier)にかけられて、錫鉱石が分離され、

更に分鉱機 (jigger) に運ばれる。錫鉱石が分離された土砂は tailing stacker を通って投棄される。

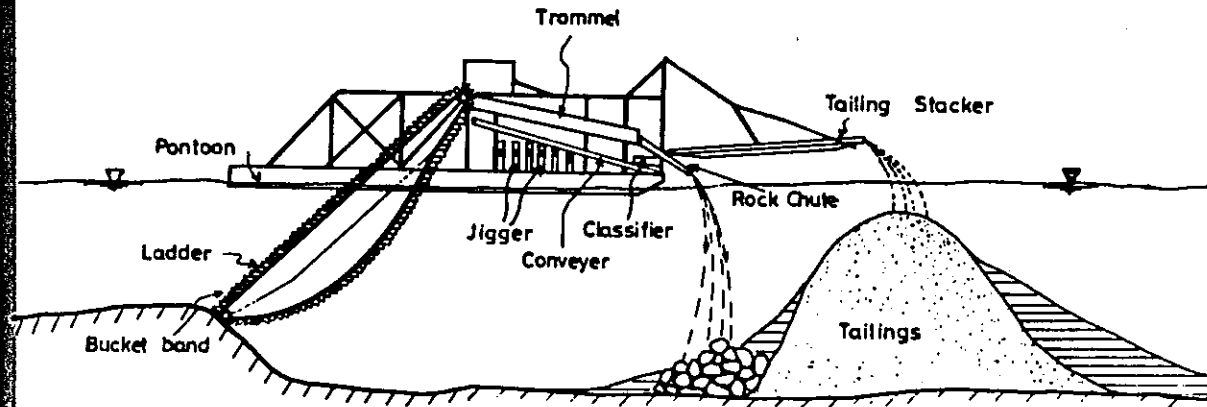


Fig. 2-1 Typical Dredging Method

グラベルポンプ方法の例を図2-2に示す。グラベルポンプ方法では、ジェット水で地盤を掘削し、掘削された土砂は、水とともに釜場に流れ込み、回転式フルイ分け機までポンプアップされる。

石および岩石片は回転式フルイ分け機にて分離され、その近傍に捨てられる。錫鉱石を含んだ土砂は、選鉱樋 (sluice) に運ばれ、錫鉱石が分離される。錫鉱石を除去された土砂は選鉱樋の近傍のすでに掘削された鉱山に乗せられる。

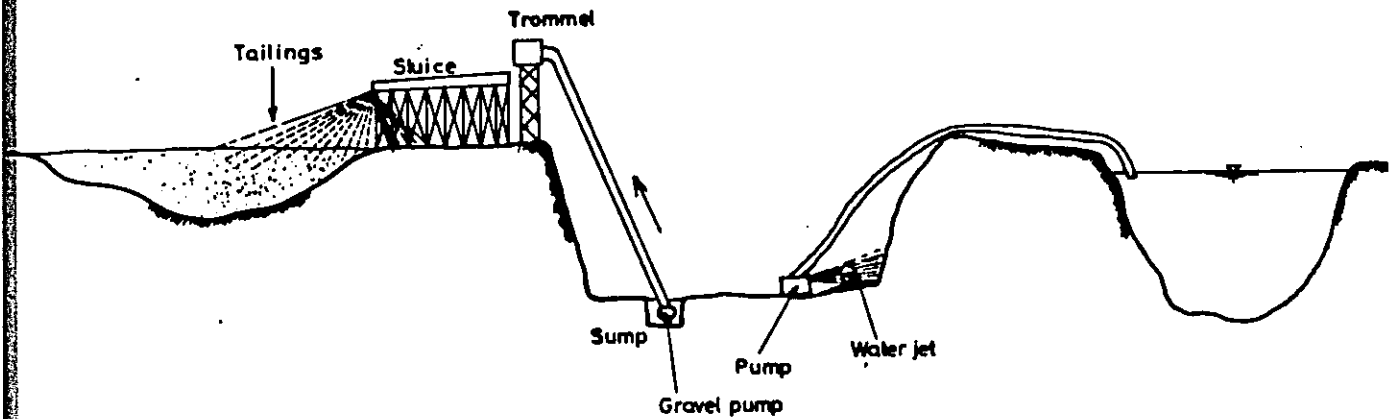


Fig. 2-2 Typical Gravel-pump Mining

錫鉱における掘削深度は、掘削方法および掘削機の岩盤掘削能力によって決まる。一般的には、浸漬方法、グラベルポンプ方法とも、硬質岩は掘削せず、平均掘削深度 15 m 前後、最大掘削深度 30 m 前後である。

昔の掘削深度が比較的浅く、かつすでに埋め戻されたところでも、近年埋め戻した層を除去したのちに、グラベルポンプ方法によって掘削が行われる場合もある。埋め戻し層の除去は一般的にはドラグラインやトラクターショベルを使っており、除去された土砂は、トラックで別の錫鉱に運ばれ、その埋め戻すに使用される。

土の積層が堆積する以前、基盤岩は長期にわたって風化し、かつ浸食されていたはずである。基盤岩が石灰岩である場合、風化、浸食により、

カルスト地形が形成されたと思われる、複雑な表面の凹凸や、
洞窟の発達などが、推測される。

浚渫方法では、テラ積層および、石灰岩の風化層が掘削されるものと思われ
るが、グラベルポンプ方法では、テラ積層、石灰岩の風化部および
石灰岩中に発達した洞窟内の堆積物等が、完全に掘削しうるものと考え
られる。それゆえ、グラベルポンプ方法によって、錫採掘が行われたところ
では、基盤岩の凹凸が非常に複雑で、ノコギリの歯のような状態になっ
ているところも多い。写真2-1はグラベルポンプ方法で錫採掘が行われている鉱山での
掘削からとり残された岩盤の状況を示している。

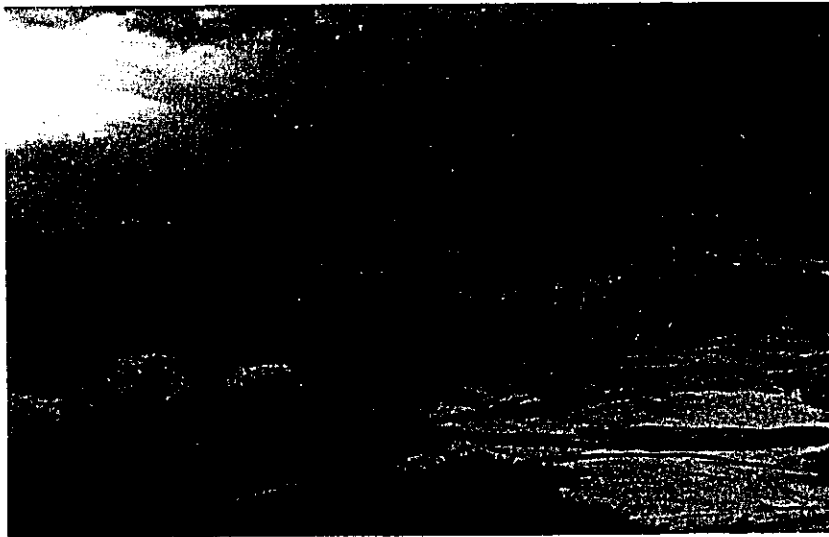
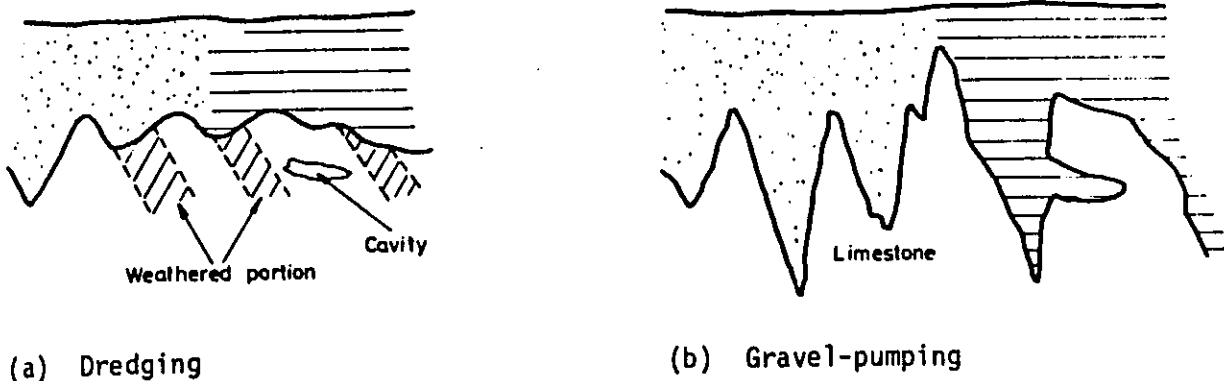


Photo 2-1 Configuration of Bedrock after Gravel-Pump Mining

採掘後の基盤岩の凹凸状態は図2-3に示すように浚渫方法、

グラベルポンプ方法によって異なっていると考えられる。



(a) Dredging

(b) Gravel-pumping

Fig. 2-3 Typical Profile of Bedrock after Dredging Method and Gravel-pump Method.

以上、錫採掘後の基盤岩の状態を述べたが、次に、埋立土の状態について述べる。浚渫方法の場合、錫を除去されたクズ鉱は、tailing stacker から投棄される(case 1)。グラベルポンプ方法の場合、クズ鉱は選鉱桶の出口付近に堆積し(case 2)、更に選鉱桶付近に堆積したクズ鉱は、ポンプで水とともに土捨場に運ばれる(case 3)。この土捨場は通常、すでに採削された錫鉱であることが多い。いずれの場合も、土捨場のうちで捨土を行おう地点付近では、砂質土が堆積し、粘性土は水に運ばれて、やや遠方に堆積する。また case 3 の場合、捨土を行おう地点は、同一の土捨場内でしばしば、変更されることがある。

浚渫方法やグラベルポンプ方法で掘削された土砂に含まれる

石や岩石片は回転式フルイ分け機の付近に捨てられるが、特にグラベルポンプ方法の場合、その石や岩石片の堆積物はある量に達すると、トラクターないしブルドーザーで敷き詰められる。

以前、錫採鉱が行なわれ、その掘削深度が比較的浅い場合、

上部の埋立土を除去した後、更に深い掘削を行なって採鉱する場合もある。

この場合、掘削された埋土は一般にトラックで土捨場に運ばれている。

このように、土捨場の地盤状況は極端に複雑であると考えられる。図2-4に土捨場の地層状況を示す。

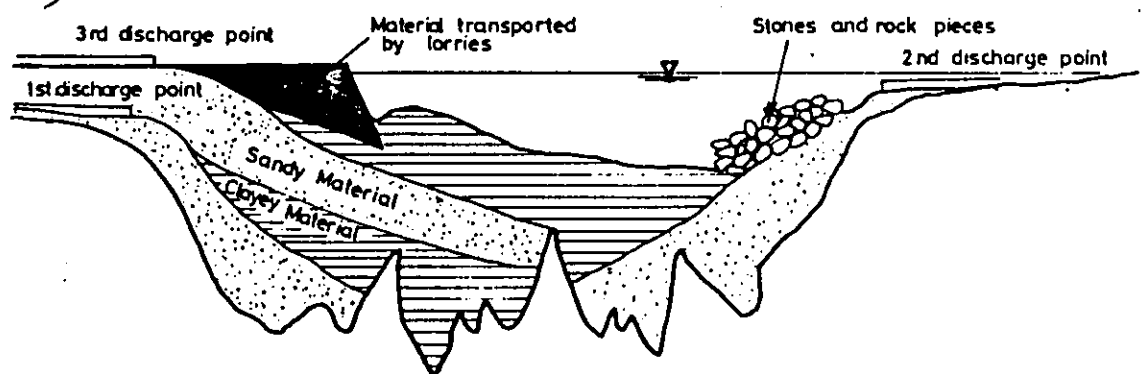


Fig. 2-4 Possible Profile of Dumping Area

2-2 錫鉱跡地における土質工学上の問題点

以上のように錫鉱跡地の地盤状況は錫採鉱の方法および埋立方法によって大きく異なるが、一般的に言って次のように特徴づけられる。

- (1) 軟弱地盤——浅い基礎、掘削、盛土に対して問題がある。
- (2) 非常に複雑な埋土層の層状態
- (3) 非常に複雑な基盤層の凹凸

錫鉱跡地に特有な土質基礎工学上の問題点を

- (1) 土質調査
- (2) 浅い基礎
- (3) 深い基礎
- (4) その他

について以下述べる。

2-2-1 土質調査方法

錫鉱跡地に分布する土層は水平、鉛直方向とも分布、厚さが複雑なため、広い範囲にわたって各層の分布、厚さ、土性等を詳細に把握することが非常にむずかしい。

2-2-2 浅い基礎

埋土層は一般に、非常にゆるい～ゆるい～たいしは、非常にやわらかい～やわらかい土層から打っているため、埋土層を支持層とする直接基礎の支持力は小さく、かつ大部分の構造物では、許容沈下量以上の沈下を生ずると思われる。

2-2-3 深い基礎

深い基礎の場合の問題点、は非常に複雑な基盤層の凹凸に起因している。

(1) クイの長さを適切に予測することがむずかしく、そのためクイ基礎の工費を正確に見積もることがむずかしい。

(2) クイ打込み時に、クイはおそらく基盤表面の傾斜に沿って貫入すると考えられ、クイに曲げ応力が生じコンクリートクイの場合、クイが破損する可能性がある。

(3) クイの先端支持力は、基盤層の風化の程度によって異なる。

(4) 基盤層内に洞窟が存在する可能性があり、クイ打設時に洞窟上部を覆っている岩盤が崩壊する可能性がある。

(5) 基盤層表面が傾斜し、かつクイの横方向拘束力が小さいため、クイ打込後

クイ頭が所定の位置からずれることが考えられ、このため、パイルキャップ

の設計変更をしなければならないことがある。

(6) やるい砂層ないしは、やわらかい粘性土層を覆って、N値50回

以上の中間砂層ないしはシキ層が存在するところがある。

この場合、打込グイでは中間層を打抜けないこともあると思われ、

将来不等沈下の原因と打ろう。

2-2-4 その他

(1) 地表に盛土が行われる場合、軟弱粘性土層が分布するところでは

盛土荷重によって圧密沈下が生ずる。道路、下水を含め、敷地全体が

沈下し、クイで支えられた構造物とクイで支えられていない構造物あるいは

周辺地盤との間に不等沈下が生ずる。

(2) 粘性土の強度が非常に弱いための次の項目について特別な考慮を

要する。

- ・ 直接基礎の支持力
- ・ 掘削
- ・ 斜面安定
- ・ 道路設計において路床支持力

(3) 錫採鉱後のクズ鉱は土捨場に捨てられるが、土捨場の一部は

池となって残っている。この池の底にはへドロ状のものが

No.

Date

堆積していると思われ、池を埋立てるときに問題とだろう。

第 3 章

Sentul および Kampong Pandan サイトについて

マレーシアの首都 クアラルンプール 周辺には数多くの錫鉱跡地が分布するが、今回のフェジビリティ スタディ フェイズ I の地盤調査では Sentul 地区および Kampong Pandan 地区が選定された。両地区とも Kuala Lumpur City Hall によってローコストハウジングの建設予定地に考えられている地区である。

Selangor 州の地質図によれば両地区とも基盤岩は Kuala Lumpur Limestone 層であり、さらに 1961 年にはグラベルポンプ方式により錫採掘が行われていた所である。また、これらの錫採掘は 10-20 年前に終了したといわれている。

3-1 Sentul

Sentul 地区の総面積は約 243 エーカーといわれその地形を 図 3-1 (図面集参照) に示す。

Sentul 地区の北側約 $\frac{1}{3}$ は民有地であり、数多くの池と民家で占められている。また、南部約 $\frac{1}{3}$ では、公共住宅建設工事が、すでに開始されている。

したがって、今回実施した各種の地盤調査は Sentul 地区の

ほぼ中央附近一帯で行われた。

調査地域一帯は雑草によっておおわれており乾季には、

地表面は乾燥している(本調査期間中は雨季の終わりから乾季

の始めでほとんど降雨にみまわれていた)。

調査該当地区には池(マインゴポンド)が一つ残されている。

水溝測量の結果、地盤高は平均海水面から+35m ~ +40mであった。

Sentul 地区における概略の住宅開発計画が出来ており、図面集の

図 3-2 (Layout plan for Housing Development at Sentul Site) に

示す。

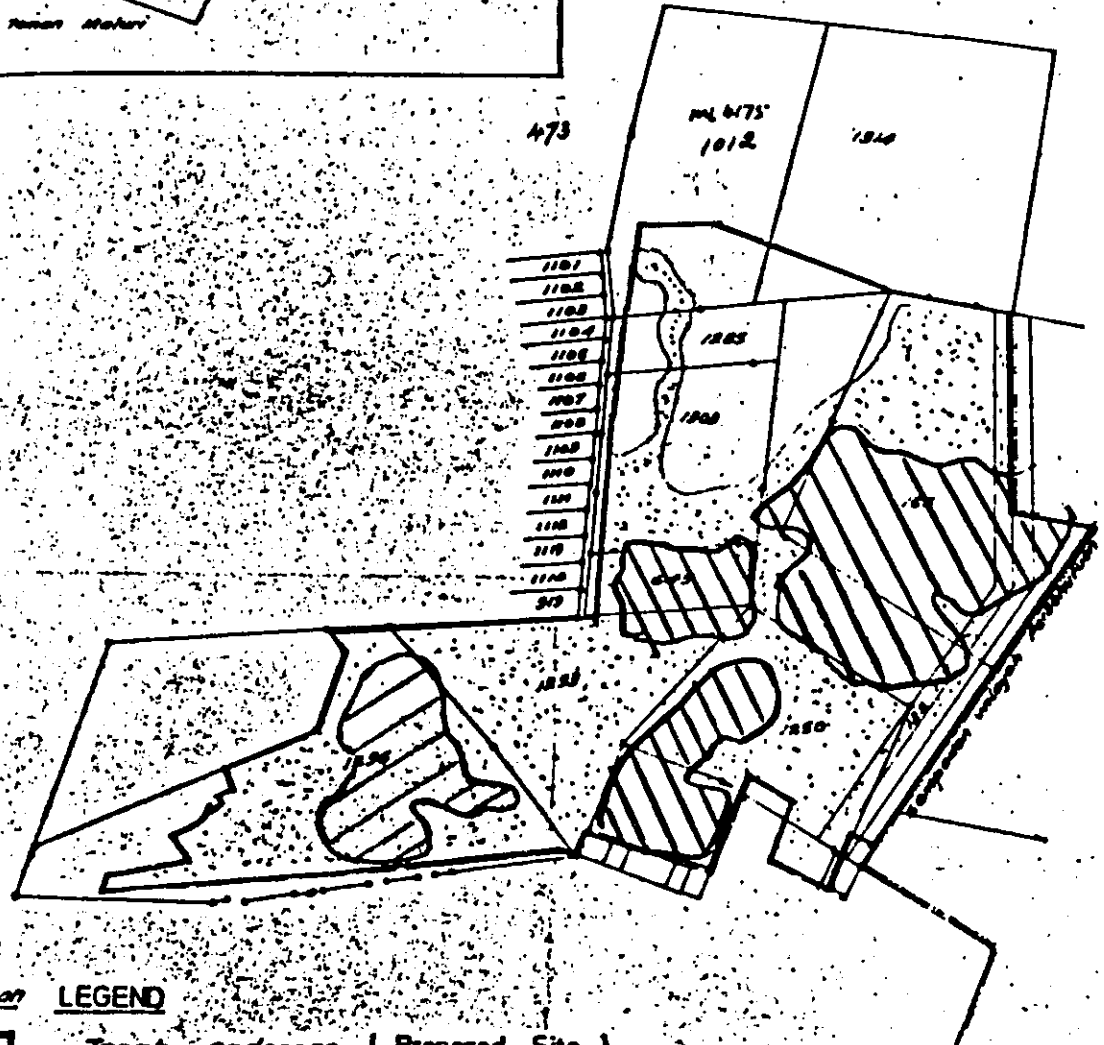
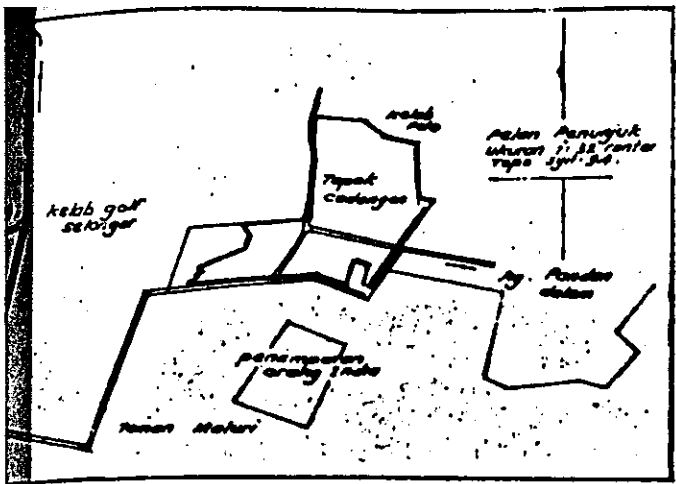
3-2 Kampong Pandan

Kampong Pandan 地区の地形を四面集 の図3-3 (Site plan for Kampong Pandan Site) に示す。Kampong Pandan 地区の総面積は、ほぼ134エーカーといわれており、不法占拠家屋(国有地に許可なく建てられた家)と数多くの池(マイニングポンド)によって占められている。Department of Mines の資料によると図3-4に示すように陸部は砂質土が、また池の部分は粘性土が卓越しているようである。また、これらの池(マイニングポンド)には付近住民によって生活廃棄物や排泄物等が捨てられている。池の水位は乾季、雨季によって上下するといわれている。

当地区の住宅開発計画の概要を四面集 の図3-5 (Layout plan for Housing Development at Kampong Pandan Site) に示す。

住宅開発計画図によれば、当地区のほとんどの池はリクリエーション用に、そのまま残されるが、一部は埋立てられて宅地として使われる予定である。

WILAYAH PERSEKUTUAN
Ukuran 8 fentai Saimechi
Syil no. 82 A



- Pondoran** **LEGEND**
- Tapak cadangan (Proposed Site)
 - Lobang lembang lama yang berair (Former Mining Pond)
 - Pasir hampas lama (Old Sandy Tin-Tailings)
 - Sekt lama (Slime)

Fig. 3-4 Ground Condition Expected at Kampong Pandan Site Based on Mining Record

第 4 章

土質調査

Sentul 地区および Kampong Pandan 地区において地盤条件を把握する目的で土質調査を行った。土質調査は現場調査と室内試験により構成されている。

現場調査は大別すると次の3つの地域に分けられる。

- (1) パイロット テスト エリア
- (2) Sentul および Kampong Pandan 地区の陸部分
- (3) 池 (マイニグ ホンド)

4-1 現場土質調査

現場調査は1979年12月から1980年2月にかけて行われた。

図3-1に示すように100m四方のパイロット テスト エリアを Sentul 地区に設置し、以下の調査を実施した。

- (1) 電気探査
- (2) 微重力測定
- (3) ロータリーボーリング (岩盤ボーリングを含む)

- (4) パーカッションボーリング
- (5) 乱さない試料の採取
- (6) ベーンテスト
- (7) 標貫入試験
- (8) 現場透水試験
- (9) プレシオメーター試験
- (10) グッチコーンテスト
- (11) 動的貫入試験
- (12) ボアプレッシャーサウンディング

Sentul および Kampong Pandan 両地区の全体の土質・地層構成を把握する目的でパーカッションボーリングおよびグッチコーンテストを行なった。電気探査および微重力測定はパイロットエリアの他に Sentul 地区のボーリング No. SB-9 近傍でも行なった。池(マイニグポイント)の部分ではマッシュテストを行なうとともに土質の確認を行なうため、ピートサンプラーによる試料の採取をも行なった。現場調査の数量は表 4-1 調査数量表に示す通りである。

表 4-1 調査数量表

Table 4-1 Actual Quantity of Field Works Performed

A. Pilot Test Area

1. Geophysical Survey

Electrical sounding: 25 locations

Microgravity measurement: 121 locations

2. Rotary Drilling

Sub-Area	Bore-hole No.	Drilling in Soil (m)	Drilling in Rock (m)	Undisturbed Sampling (Nos)	Standard Penetration Test (Nos)	Vane Test (Nos)	Pressure-meter Test	In-situ Permeability Test
A''	A	21.25	8.2	3	7	0	1	0
	B	14.15	5.2	0	0	2	5	0
B	A	29.0	7.0	9	14	0	5	0
	B	26.0	7.5	0	1	11	0	3
Total		90.4	27.9	12	22	13	11	3

3. Percussion Boring

Sub-area	Boring in soil (m)	Standard Penetration Test	In-situ Permeability Test
A'	10.8	11	1
A'	10.0	10	1
A''	19.2	19	4
B	26.0	26	0
Total	66.0	66	6

No.

Date

4. Dutch Cone Penetrometer Test

Sub-area	Test Depth (m)
A'	7.8
A''	12.8
B	16.0
Total	36.0

5. Dynamic Cone Test

Sub-area	Test Depth (m)
A''	19.2
B	14.2
Total	33.4

6. Pore Pressure Sounding

Sub-area	Location	Test Depth (m)
A''	1	2.69
	2	2.68
B	1	11.50
	2	11.60
Total		28.47

B. Entire Area on Land

1. Sentul Site

Electrical Sounding: 5 locations

Micro-gravity measurement: 5 locations

Percussion Boring

Borehole No.	Boring Depth (m)	Standard Penetration Test (Nos)
SB-1	13.0	13
SB-2	8.5	9
SB-3	10.5	11
SB-4	20.0	20
SB-5	17.0	17
SB-6	36.1	36
SB-7	10.1	10
SB-8	12.0	12
SB-9	16.8	17
Total	144.0	145

Dutch Cone Penetrometer Test

Test No.	Test Depth (m)
SD-1	28.8
SD-2	17.2
SD-3	18.6
SD-4	17.4
SD-5	20.2
SD-6	27.4
SD-8	12.6
SD-9	15.4
SD-10	22.0

Test No.	Test Depth (m)
SD-11	20.2
SD-12	19.4
SD-13	19.6
SD-15	13.8
SD-16	17.8
SD-17	15.0
SD-18	7.4
Total	292.8

2. Kampong Pandan Site

Percussion Boring

Borehole No.	Boring Depth (m)	Standard Penetration Test (Nos)
PB-1	21.8	22
PB-2	7.25	7
PB-3	14.75	15
PB-4	11.55	11
PB-5	15.10	15
Total	70.45	70

Dutch Cone Penetrometer Test

Test No.	Test Depth (m)
PD-1	22.6
PD-2	18.4
PD-3	20.8
PD-4	13.8
PD-5	6.0

Test No.	Test Depth (m)
PD-6	16.8
PD-7	16.6
PD-8	6.0
PD-9	18.2
Total	139.2

C. In Pond

Site	Pond	Location	Mackintosh Probe Test (m)	Disturbed Sampling (m)
Sentul	1	1	10.9	5
		2	8.8	5
		3	10.6	5
		4	10.6	9
		5	9.7	9
Kampung Pandan	1	1	7.6	3
		2	9.1	3
		3	9.4	3
		4	10.0	3
		5	10.6	2
	2	6	7.5	5
		7	9.7	5
		8	10.9	6
		9	10.1	5
		10	10.0	4
3	3	11	7.9	5
		12	9.4	3
		13	8.5	6
		14	8.8	4
		15A	11.5	5
		15	8.5	6
4	4	16	7.9	4
		17	9.3	4
		18	8.1	3
		19	9.4	3
		20	7.5	2
		21	9.4	3

Site	Pond	Location	Mackintosh Probe Test (m)	Disturbed Sampling (m)
Kampong Pandan	5	22	4.8	4
		23	6.6	3
		24	4.9	3
		25	6.6	3
		26	5.4	3
	6	27	11.6	2
		28	8.2	2
		29	9.1	4
		30	11.9	3
	Total	7		320.8

次の各位置は図3-1および図3-3に示す通りである。

(1) パイロット テスト エリアの位置

(2) パイロット テスト エリアで行われた以外のパーカッションボーリングと

タッチコンテストの位置

(3) マインクボンドで行われた マッキントッシュテスト および サンプルの位置

パイロット テスト エリアにおける ボーリング、タッチコンテスト および

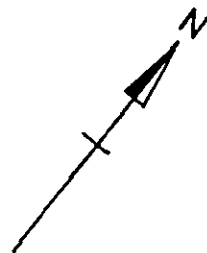
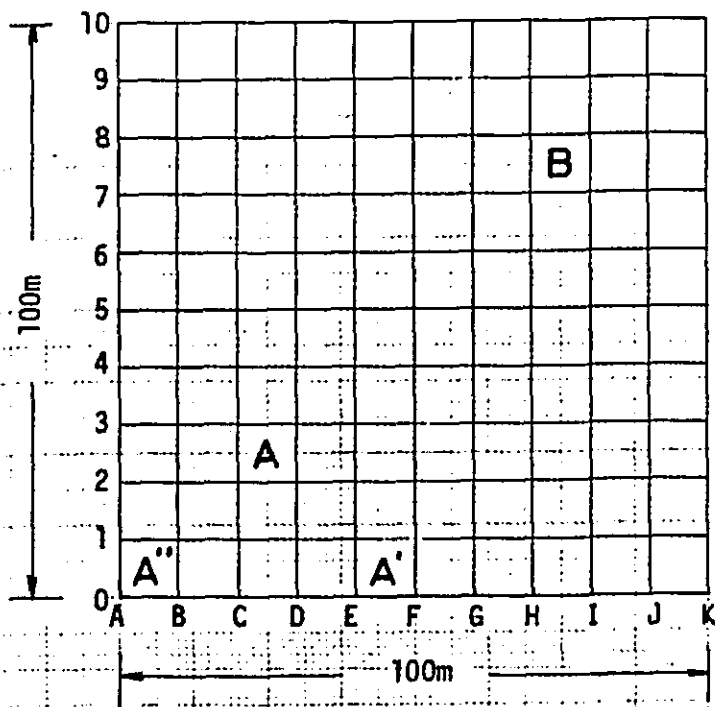
その他各種調査の位置は図4-1に示す。

上記の各種調査は調査団の管理のもとに以下の専門会社によって
行われた。

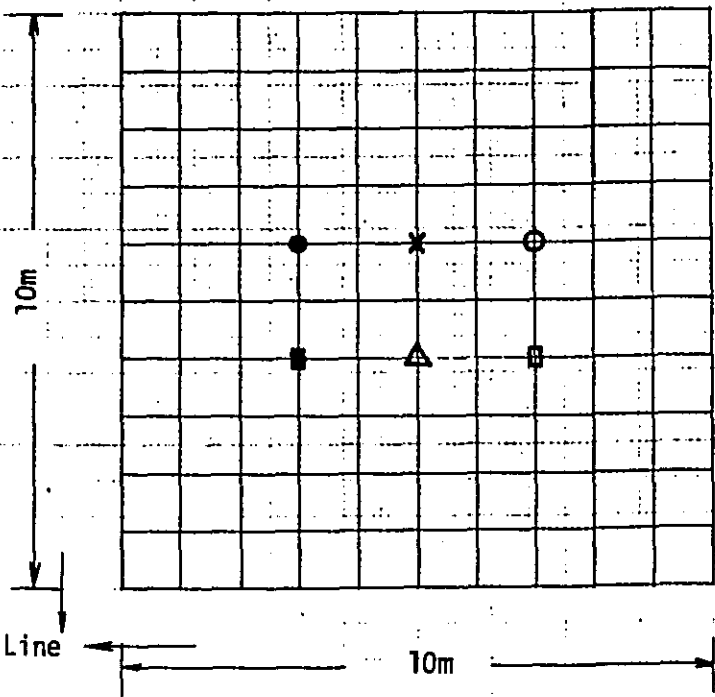
パイロット テスト エリアの設定等測量一般 地点出し --- William Ng
(licensed Surveyor)

電気探査 } Compagnie General De Geophysique
微重力測定 }

ボーリング } Geotechnique (M) Sdn. Bhd
サウンディング }
原位置試験 } および 調査団員



A - B: Detailed Investigation Area



LEGEND

- Rotary Drilling (A) with undisturbed Samplings and Pressuremeter Tests
- Rotary Drilling (B) with In-situ Vane Test and Rock Coring
- △ Percussion boring with SPT and Permeability Test
- × 10-ton Dutch Cone Penetrometer Test
- ◻ Dynamic Cone Test
- Pore Pressure Sounding

Fig. 4-1 Details of the Pilot Test Area

4-1-1 パイロット テスト エリア

パイロット テスト エリアにおける調査の主目的は以下の通りである。

- (1) 錫鉱跡地に適した調査法についての検討
- (2) 当地域における物理、力学特性の相関性についての検討

各々の調査の主目的を列挙すると以下の如くである。

調査項目	目的
地気探査	基盤 深さの推定
微重力測定	基盤 岩の起伏状況の把握と岩盤内の空洞の有無
ロータリーボーリング	岩盤深度の確認とコア採取
パーカッションボーリング	N値 50回以上の土層の確認
乱まはし試料の採取	土質試験(力学試験)に供する為
ベーンテスト	軟弱土層の非排水せん断強度の確認
標準貫入試験	砂の相対密度と粘土のコンシステンシーの確認
現場 透水試験	砂質土層の透水係数
プレシオメーターテスト	硬い地層の応力～ヒズミ特性の把握
ダクタイルコーンテスト	貫入抵抗の測定と硬い地盤の深度の確認
動的貫入試験	,
ポアプレッシャーサテティング	粘性土地盤内の砂の薄層の確認

調査結果の詳細は、資料 E に微重力測定およびホアープレスチャー

サンディングの詳細については同じく資料 H に示す。

4-1-2 調査地全域

Sentul および Kampong Pandan 両サイトの池を除く全域において

1m 毎の標準貫入試験を併用するパーカッションボーリングならびに

10t ダッチコーンによるサンディングを行なった。

これらの調査結果は、資料 E を参照されたい。

4-1-3 池 (マイニングポイント)

Sentul, Kampong Pandan 両地区のマイニングポイントでの池の水深確認。

(2) 池底に堆積するヘドロの層厚確認 (3) ヘドロの物性把握等目的とし

てソックネットテストおよび試料採取を行なった。

これらの結果も資料 E に示した。

4-2 室内試験

乱さない試料の採取および標準貫入試験により得られた

乱した試料は、下記の項目の土質試験に供した。

(1) パイロットテストエリアの土の乱さない試料、土の乱した試料および、

岩石試料について

- * 物理試験
- * 力学試験
- * 化学分析
- * 鉱物分析

(2) Sentul, Kampong Pandan 両地区全域の土性を把握するために

行われたにホーリングで、標準貫入試験により得られた試料について

- * 物理試験
- * 化学分析
- * 鉱物分析

(3) マイニングポイントから採取された試料について

- * 物理試験

実施した室内試験の数量は表 4-2 に示す通りである。

全ての室内試験は ミニカホールで実施した。実施機関は以下のとおり。

(1) 物理、力学試験は、基礎地盤コンサルティング(株)ミニカホール支社土質試験室

(2) 岩の一軸圧縮試験は Soilcrete Private Limited

(3) 鉱物分析は Robertson Research Private Limited

(4) 化学分析は SISIR (Singapore Institute of Standards and Industrial Research)

全ての試験結果は資料 E に掲載されている。

Table 4-2 Actual Quantity of Laboratory Work Done

	Sentul											Kampong Pandan					Total	
	Pilot Test Area		Entire Area								Pond							
	Rotary Drilling Area A"	Perussion Rigging Area A"	SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-5	SB-6	SB-7	SB-8	SB-9	MC-4	MC-5	PB-1	PB-2	PB-3		PB-5
Clay Mineral Analysis	-	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Chemical Analysis	-	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Water Content	3	11	16	6	4	5	9	8	2	5	2	7	9	10	5	9	7	127
Specific Gravity	3	11	16	6	4	5	9	8	2	5	2	7	9	10	5	9	7	127
Unit Weight	3	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
Atterberg Limits	3	11	7	5	4	2	3	5	2	-	-	7	9	4	4	3	-	78
Grain Size Analysis	-	-	6	-	-	3	5	2	-	3	2	-	-	4	1	3	7	36
	3	11	10	6	4	2	4	6	2	2	-	7	9	6	4	6	-	91
Unconfined Compression Test	8	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test	3	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Consolidation Test	3	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Physical Property Test																		
Mechanical Property Test																		

オ5章

調査結果の検討

5-1, 調査地の地盤条件

5-1-1. Sental サイトの地盤条件

Sental サイトの地盤高は、周辺部とくらべて多少低くなっている。

現場は、川で囲まれて、川と現場の間には、数多くの住居が分布しており、

サイトの地盤高は、住居の分布している地盤とくらべて約2～4m低くなっている。

図-5-1に、サイトと周辺部の地盤高の関係を示す。

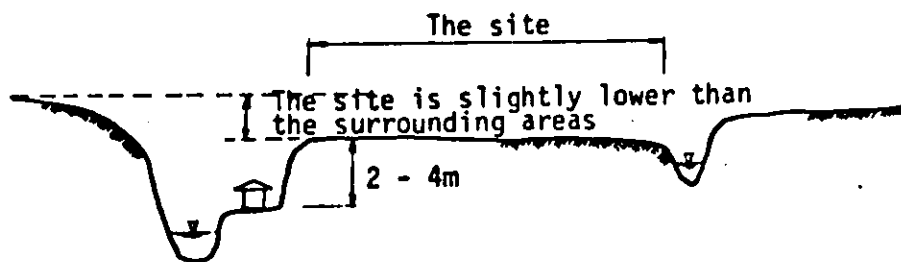


Fig. 5-1 Relation of the Elevation between Surrounding Area and the Site

サイトは以前、堤防で囲まれ、クズ鉾の捨場として使われていたという

ことである。サイトと川の間には、住居が数多くあるが、サイトには、住居が建っていない。

このことは、サイトの地盤が、住居を建てるには悪すぎるということを示し、

住居の建っている部分の地盤が、サイトより良いということを示唆している。

調査は主として、堤防を囲まれた区域で行われたが、堤防を囲まれた外側においても若干の土質調査を行っている。ボーリングおよびダッチコンテスト結果をもとに、図5-2(図面集)に Dental サイト全域の土質断面図を示す。

(1) 堤防を囲まれた区域

ボーリング調査の結果によれば、Dental サイトの堤防を囲まれた区域の地盤は、大略、次の3つのタイプに分けられる。

<u>タイプ</u>	<u>地盤条件</u>	<u>ボーリング番号</u>
A	(粘性土)+(基盤)	SB-1, SB-2, SB-9
B	(粘性土)+(砂質土)+(基盤)	Area A', Area B, SB-3, SB-4
C	(粘性土)+(砂質土)+(粘性土)+(基盤)	Area A, Area A'', SB-5, SB-6

堤防を囲まれた区域で行われた全てのボーリング地点では粘性土層が地表を覆っていることがわかった。粘性土層の厚さは合計で2.8~16.8mで平均7.0mであった。

N値50回以上を示す基盤層までの深度は、8.5~34.0mで平均値は約17mであった。

(2) 地表を覆う粘性土

調査地では、一般に、N値0~1回の非常に軟らかい粘性土が地表を覆っている。

この粘性土層は、一般に、白色系あるいは褐色系を呈し、厚さは2.8~6.8m、平均4.4mである。粒度試験結果によれば、この粘性土層には、ほとんど砂分が含まれていない。

シルト分は、10～40%で、粘土分は、60～90%である。図5-3は、この粘性土層から採取された試料の含水比のヒストグラムである。含水比は一般に、50～90%で、平均70%である。比重は、2.55～2.65で平均2.60となっている。図5-4は、この粘性土層の塑性図である。液性限界は、65～85%で、塑性指数は、A-線の若干上側に分布しており、統一分類は、CHに分類される。

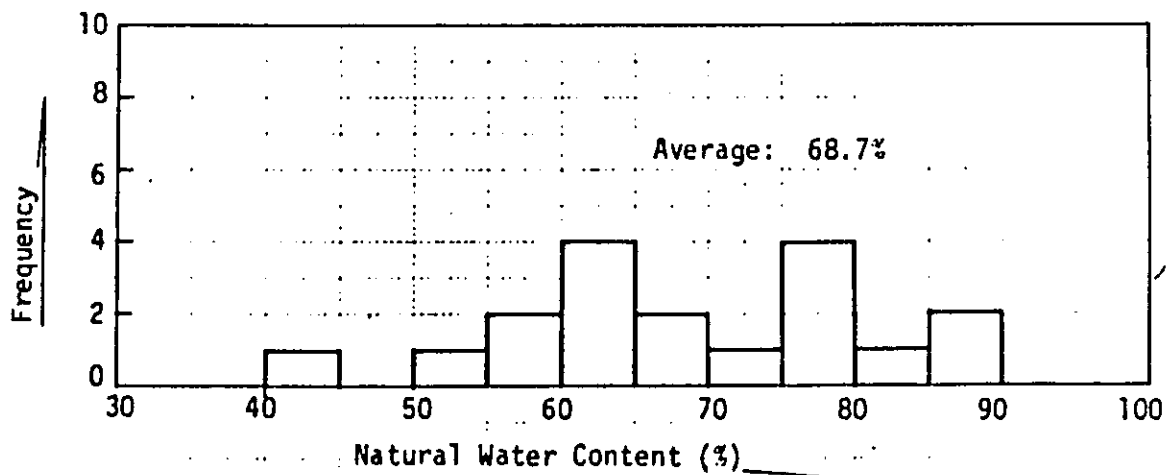
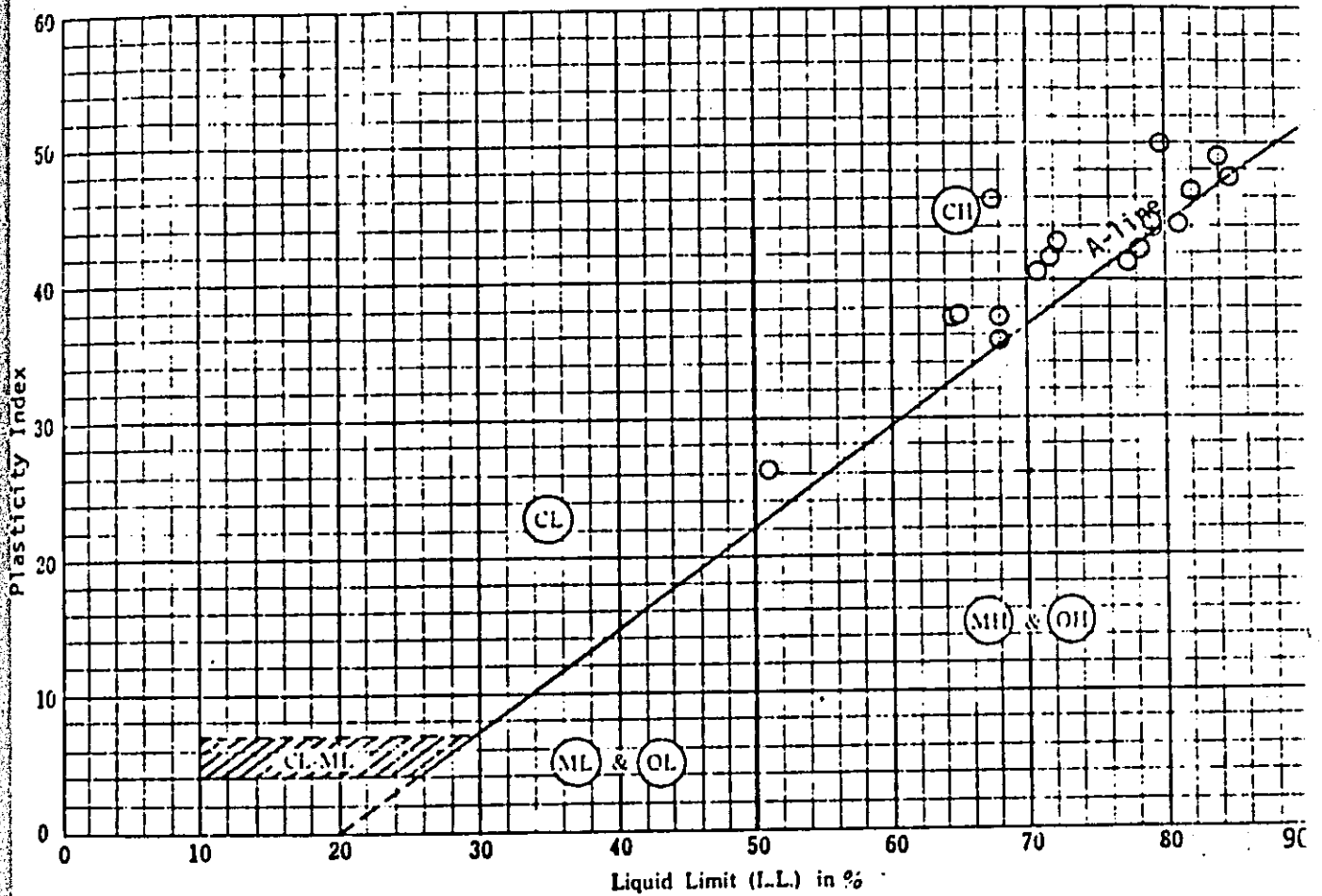


Fig. 5-3 Variation of Natural Water Content for Top Clayey Layer

コーン指数は、一般に、0であって、それゆえこの層は、コーン指数によって他の層から容易に区別しうる。ゲッチコーン試験の結果によれば、部分的にこの層の分布していない場所があるようである。

CLASSIFICATION BY PLASTICITY CHART



- ML: Inorganic silt with some plasticity, Very fine sand, Rock flour, Silty or Clayey fine sand and Clayey silt.
- CL: Clay containing gravels with low or medium plasticity, Sandy clay and Silty clay.
- OL: Organic silt with low plasticity and Organic silty clay.
- MH: Inorganic silt with medium or high plasticity, Micaceous or Diatomaceous fine sandy soil and Silty soil.
- CH: Inorganic clay with high plasticity.
- OH: Organic clay with medium or high plasticity and Organic silt.

Fig. 5-4 Plasticity Chart for Top Clayey Layer

また、地盤タイプ A では、この非常に軟かい粘性土層の下位に、これと異なった特性をもつ粘性土層が、分布している。

オ1のトースは、灰褐色の N 値 1~4 回の軟らかい粘性土で SB-2 (深度 4.5~8.5m), SB-9 (深度 3.0~11.0m) にてみられた。粒度分析によれば、上位の非常に軟かい粘性土とほぼ同様な粒度特性を示し、塑性図による分布でも、同様の結果を示す。また、比重は 2.60~2.64 の範囲にある。したがって、材料的には、上位の非常に軟かい粘性土と同一起源であると考えられる。

上位の非常に軟かい粘性土層との相異は、N 値がやや高く (1~4 回)、含水比がやや低いこと (45~80%, 平均値 65%) である。

オ2のトースは、灰色の中位の粘性土で、SB-1 の深度 6.5~11.5m でみられた。N 値は 4~6 回で、粒度分析によれば、約 40% の砂・レキ分を含み、液性限界約 40%、塑性指数約 20 でこの粘性土は、統一分類で CL に分類される。自然含水比は、約 25%、比重は、約 2.65 である。

(ii) 砂質土

砂質土は、地盤タイプ B, C に広く分布しており、厚さ 1~15m である。N 値は、一般に、2~10 回で相対密度は非常に緩いから、緩い範囲にあるが、ときには、N 値 0 回のこともある。砂質土層は、一般に、かなり多くのレキ分 (30~50%) を含み、シルト・粘土分は非常に少ない (約 5%)

また、Area B の深度 15 ~ 22m, SB-6 の深度 5 ~ 7.5m では、密な砂層と推定される。この密な砂層は、両地点で、緩い砂層を覆っている。

(iii) 中間あるいは、深い位置の粘性土層

中間粘性土層、あるいは、深い位置の粘性土層の存在する場合があります、これを地盤タイプ C とした。これらの粘性土層は、以下のように種々のタイプに分けられる。

非常に軟らかい粘性土

N値 1 回の非常に軟らかい粘土が、Area A の深度 9.8 ~ 10.7m, SB-5 の深度 5.8 ~ 10.9m, SB-6 の深度 17.0 ~ 18.0m でみられた。自然含水比は、40 ~ 50% と、地表を覆う非常に軟らかい粘土より低いが、粒度特性、Atterberg limits 等は、地表を覆う非常に軟らかい粘性土とほぼ同一である。

軟らかい粘性土

Area A' の深度 13.7 ~ 15.8m でみられた。

中位の粘性土

Area A' の深度 11.9 ~ 12.9m, SB-6 の深度 18.0 ~ 23.0m でみられた。

硬い粘性土

硬い粘性土は、SB-5 の 11.5 ~ 17.0m でみられた。この層は、約 50% の砂、レキを含んでいる。液性限界 35 ~ 40%, 塑性指数 15 ~ 20 である。この粘性土は、

統一分類を、CLに分類される。自然含水比は約25%である。

非常に硬い粘性土層

非常に硬い粘性土層は、Area A' および SB-6 でみられた。この層は、おそらく、極度に風化して土砂化した石灰岩であると思われる。

(iv) N値 50回以上の地層

N値 50回以上の地層は、ホーリングでは、全体的に深度 8.5 ~ 34.0m, 平均約 17m で到達した。また、ダッチジョーンで貫入不能となる深度は 12.6 ~ 28.8m, 平均 19.0m があった。

(v) 堤防で囲まれた外側

堤防の外側では、10-カッションホーリング 2 地点, ダッチジョーンテスト 1 地点計 3 地点で調査が行われた。この 3 地点の調査では、3 種類のタイプの地盤状況が確認された。

地点	深度	土層	N値またはC _u 値
SB-7	0 - 3.7 m	Very loose sand	N = 0 - 1
	3.7 - 7.5 m	Loose sand	N = 4 - 10
	7.5 - 9.0 m	Dense sand	N = 33
SB-8	0 - 8.5 m	Very loose sand	N = 0 - 4
	8.5 - 12.0 m	Very soft silt	N = 0 - 2
SD-18	0 - 3.4 m	(Very soft clay)	q _c = 0 kg/cm ²
	3.4 - 6.2 m	(Loose sand)	q _c = 20 - 50 kg/cm ²
	6.2 - 6.8 m	(Very soft clay)	q _c = 0 kg/cm ²

N値 50回以上あるいは、ダッチジョーンが貫入不能となる深度は平均 9.5m があった。

5-1-2 Kampong Pandan サイトの地盤条件

Kampong Pandan における探鉱記録によれば、サイトは全体的に砂質土が卓越した区域、粘性土が卓越した区域と分けることができる。しかしながら、粘性土が優勢であると考えられる区域の大部分は、現在池に陥っており、ボーリング、ダンプジョーン等は、陸上部すなわち、砂質土が優勢と考えられる区域で行われる。

図.5-5は、Kampong Pandan における土層断面図である(図面集)。

ボーリング、および ダンプジョーン試験の結果をもとづいて、Kampong Pandan の地盤は、大略、次のように分けられる。

<u>Type</u>	<u>Ground Condition</u>	<u>Location</u>
A	(Clay)+(Hard layer)	PD-5, PB-2
C	(Clay)+(Sand)+(Clay)+(Hard layer)	PD-3, PB-3, PB-4
D	(Sand)+(Hard layer)	PD-1, PD-2, PD-4, PD-6, PD-7, PD-9, PB-5
E	(Sand)+(Clay)+(Hard layer)	PD-8, PB-1

(1) 粘性土層

Kampong Pandan における粘性土層は、一般に若干の砂・シキ分を含有し、N値は、Sentul サイトの軟弱粘性土とくらべ、やや高い。しかしながら、次のように非常にゆるい粘性土も、Kampong Pandan には、分布していることがわかった。

<u>Location</u>	<u>Depth</u>	<u>Cone Resistance</u>
PD-3	1.0 to 3.0 m	$q_c = 0 \text{ kg/cm}^2$
PD-5	0.5 to 5.0 m	$q_c = 0 \text{ kg/cm}^2$
PD-8	4.2 to 5.6 m	$q_c = 0 \text{ kg/cm}^2$

上記の非常に軟らかい粘性土層以外の粘性土層の性質は次のとおりである。

N-values : 1 to 11 with average of 6 .

Natural water content : 25 to 75% with average of 40%

Sand and gravel content: 0 to 50% with average of 30%

(2) 砂質土層

砂質土層は、全般に、N値 10 回以下で、相対密度は、非常に緩い、非常に

緩い状態にある。粒度分析によれば、約 10 ~ 40% のレキ分を含む。

(3) 基盤層

N値 50 回以上の地層は、全般に深度 7 ~ 20 m の範囲で到達してお

り、平均深さは 13.5 m である。クランジーンが貫入不能となる深度は、6.0 ~

22.6 m で平均深さ 15.5 m である。

5-1-3 10イロットテストエリアの地盤条件(1) 10イロットテストエリア全体

100^m × 100^m の 10イロットテストエリアでは、25^m × 25^m のグリッドポイントで電気探査、10^m × 10^m のグリッドポイントで微重力測定が行われた。電気探査の結果は、図 5-6 に基盤岩深度のコンターとしてあらわし、微重力測定の結果は、図 5-7 に、重力変化のコンターとしてあらわしている。いずれの測定結果も、図 5-8 に示すように、基盤岩深度の傾向を有している。

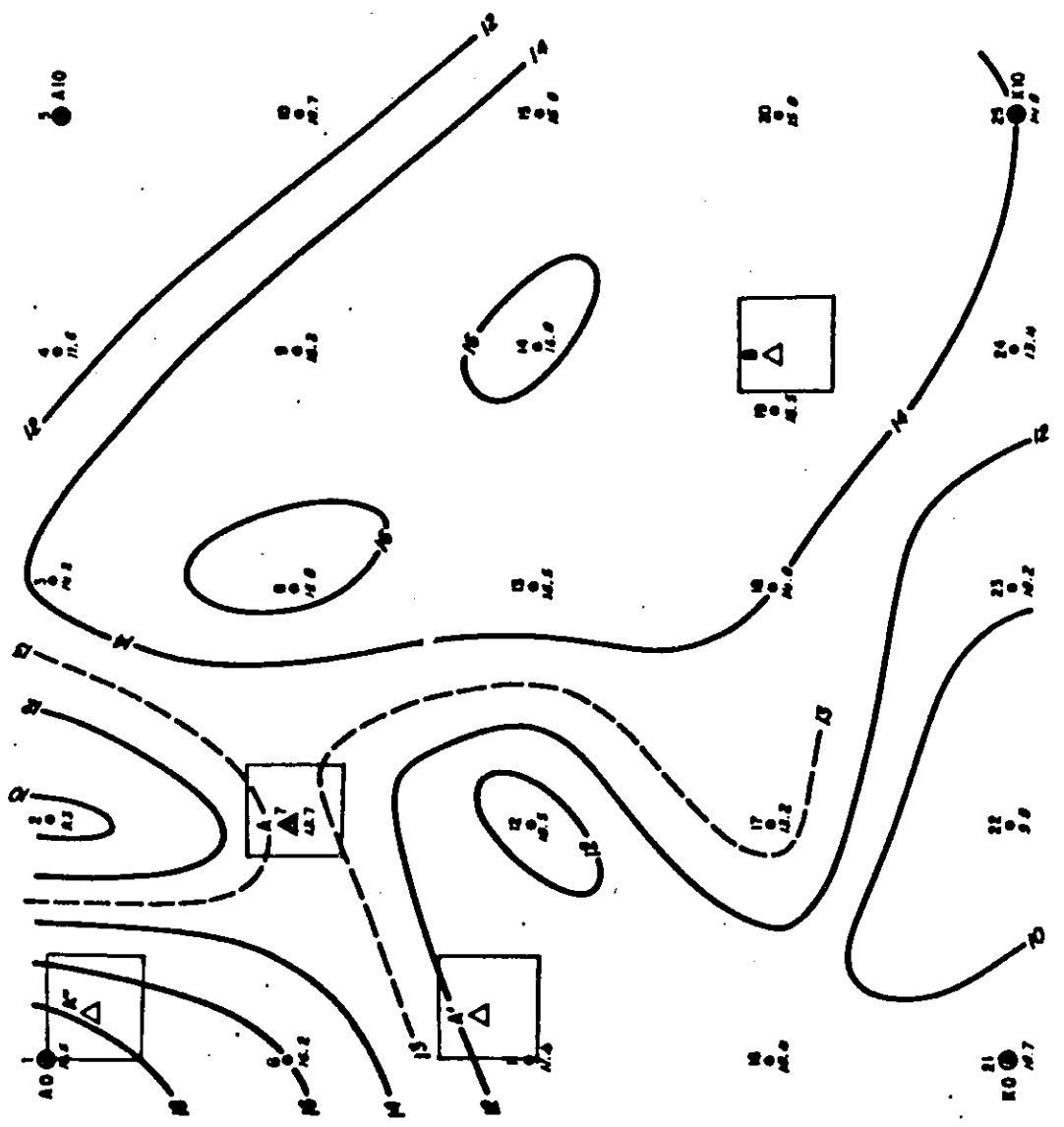


Fig.5-6 Contour Map of the Depth to Limestone Explored by Electrical Soundings

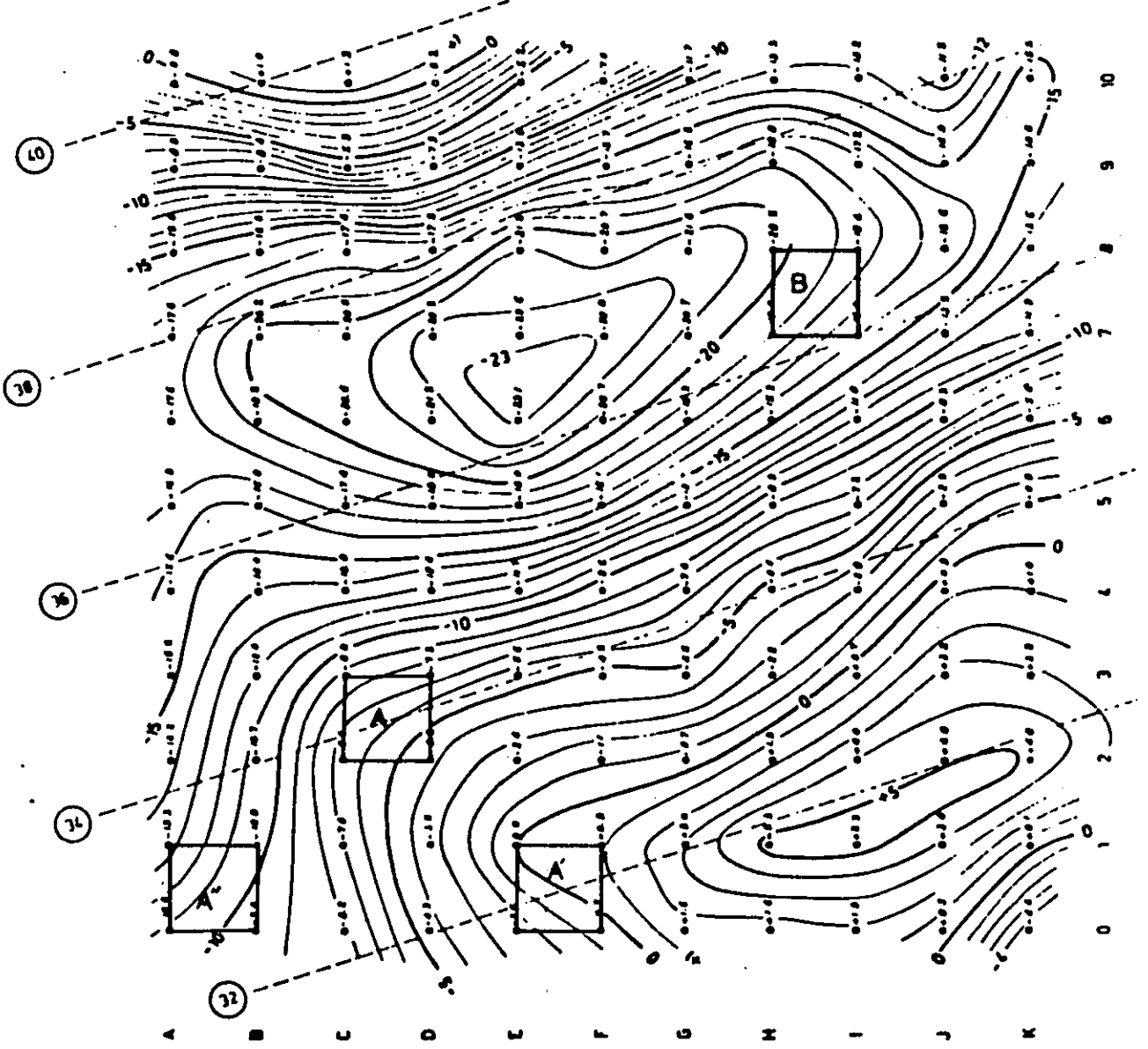


Fig.5-7 Contour Map of Residual Anomaly Explored by Micro-gravity Measurement

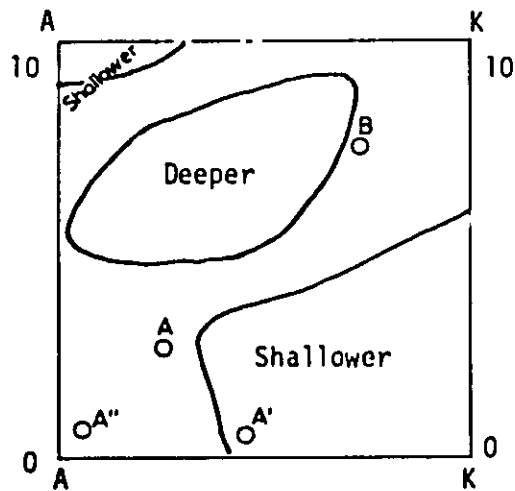


Fig. 5-8 Tendency of the Depth to the Bedrock at the Pilot Test Area

調査ホーリニクが、サアエリア A, A', A'' および B で行せられており、

の結果を土質断面図として、図 5-9 に示す。ホーリニクの結果判明したパイロットテストエリア

に分布する土層は、次のとおりである。

- Very Soft Clay I (covering the ground surface)
- Very Loose to Loose Sand
- Very Soft Clay II (found at Area A)
- Medium Clay (found at Area A'')
- Heavily Decomposed Limestone
- Limestone (including fractured portion)

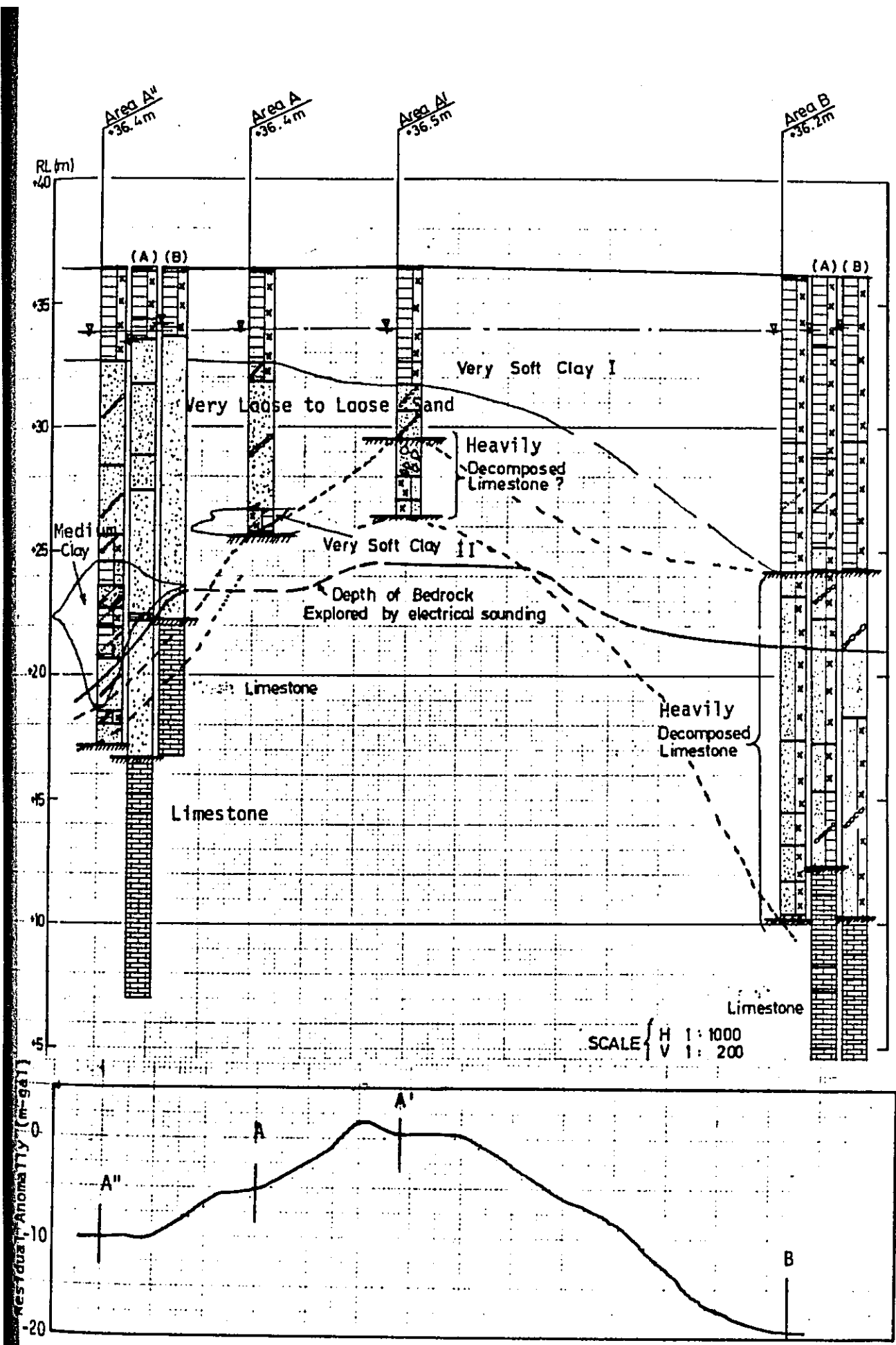


Fig. 5-9 Soil Profile, Cross Section at Pilot Test Area

表5-1は、パイロットテストエリアに分布する土層の工学的特性をまとめたものである。図5-10は、粒度分析結果、図5-11は、物理特性を深度に対してプロットしたものである。土質試験およびパーン試験で求めた粘性土層の非排水せん断強さを深度に対してプロットしたものが、図5-12である。非排水せん断は、全体的に深度とともに増加し、次の式であらわされる範囲内に分布する。

$$\text{上限: } C = 0.064z + 0.1 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$\text{下限: } C = 0.176z + 0.24 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

強度増加率を図5-12から計算すると、0.11~0.29となる。また、圧縮非排水三軸圧縮試験から求めた強度増加率を深度に対してプロットすると図5-13のようになり、数値として、0.1~0.3の範囲にはいる。ユニオン指数は、おおむね $0.49/\text{cm}^2$ である。ポータブルユニオンテストを実験的に実施したところ試験限界深度である5mまで自沈であった。

図5-14は、 μ 値およびユニオン指数を示し、図5-15は、岩の一軸圧縮試験結果および変形係数を深度に対してプロットしたものである。

Table 5-1 SUMMARY OF THE GROUND CONDITION AT THE PILOT TEST AREA

Layer	Thick-ness (m)	N-value	Cone Resistance (kg/cm ²)	Physical Properties								Mechanical Properties								Chemical Properties						Mineral Content				
				Water Content & Atterberg Limits			Grading Analysis (%)				Specific Gravity GS	Wet Density γ _t (t/m ³)	Coefficient of permeability k (cm/sec)	Undrained Shear Strength (t/m ²)	ΔC/ΔP	Uniaxial Compress. Strength (kg/cm ²)	Modulus of Deformation (kg/cm ²)	Preconsolidation Pressure (t/m ²) P _o	Compression Index C _c	over Consolidation Ratio	Coefficient of consolidation (cm ² /min)	PH	Total Sulphate SO ₃ (% w/w)	Total Chloride Cl- (% w/w)	Tin (mg/rg)	Arsenic (mg/kg)	Lead (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Kaolinite (%)	Illite (%)
				PL (%)	Wc (%)	LL (%)	Clay	Silt	Sand	Gravel																				
Very Soft Clay I	3~12	0~1	0~(20)	25~35	50~100	60~85	60~80	20~30	0~5	2.55~2.65	1.45~1.70	-	0.2~2.5	0.1~0.3	-	-	1~13	0.45~0.65	0.5~1.6	3 x 10 ⁻² ~2 x 10 ⁻¹	6.5~7.5	0~0.3	0.004~0.006	1~2	0~40	40~100	Less than 5	60~80	20~40	
Very loose to Loose Sand	1~12	2~8	0~70	-	10~20 (=15)	-	0~10	10~60	30~90	= 2.64	-	1 x 10 ⁻²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Very Soft Clay II	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medium Clay	(6.5)	3~6	-	20~25	20~40	30~50	-	-	-	2.5~2.7	-	1 x 10 ⁻⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clayey Portion	(0.5~1.5)	(13~50)	(10~20)	-	(20)	-	-	-	-	= 2.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sandy Portion	(1~14)	10~50	5~40	-	-	-	-	-	-	-	-	1 x 10 ⁻³ ~1 x 10 ⁻²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lime Stone	12<	Re-fusal	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6~2.7	-	-	-	200~1000	1000~5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

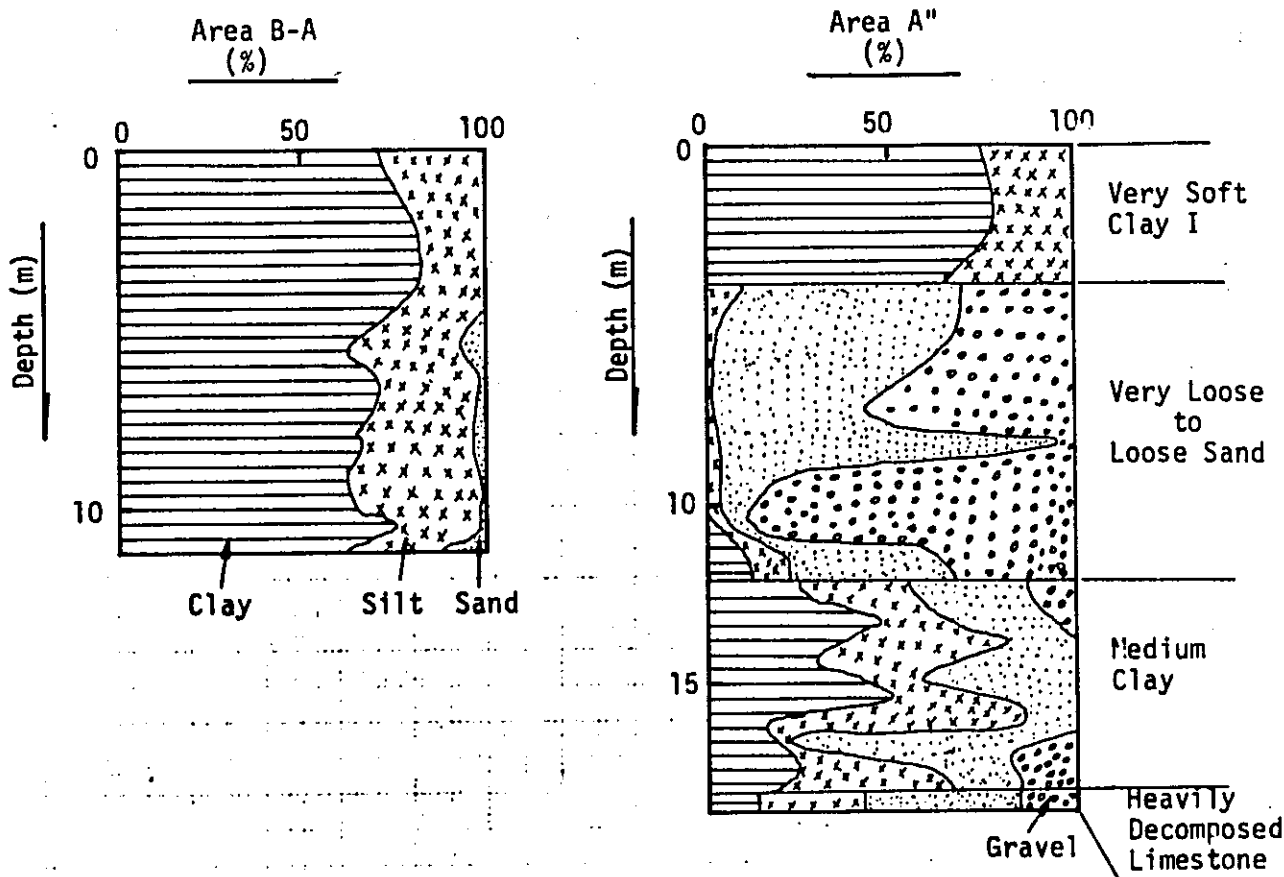


Fig. 5-10 Grading Texture of Pilot Test Area

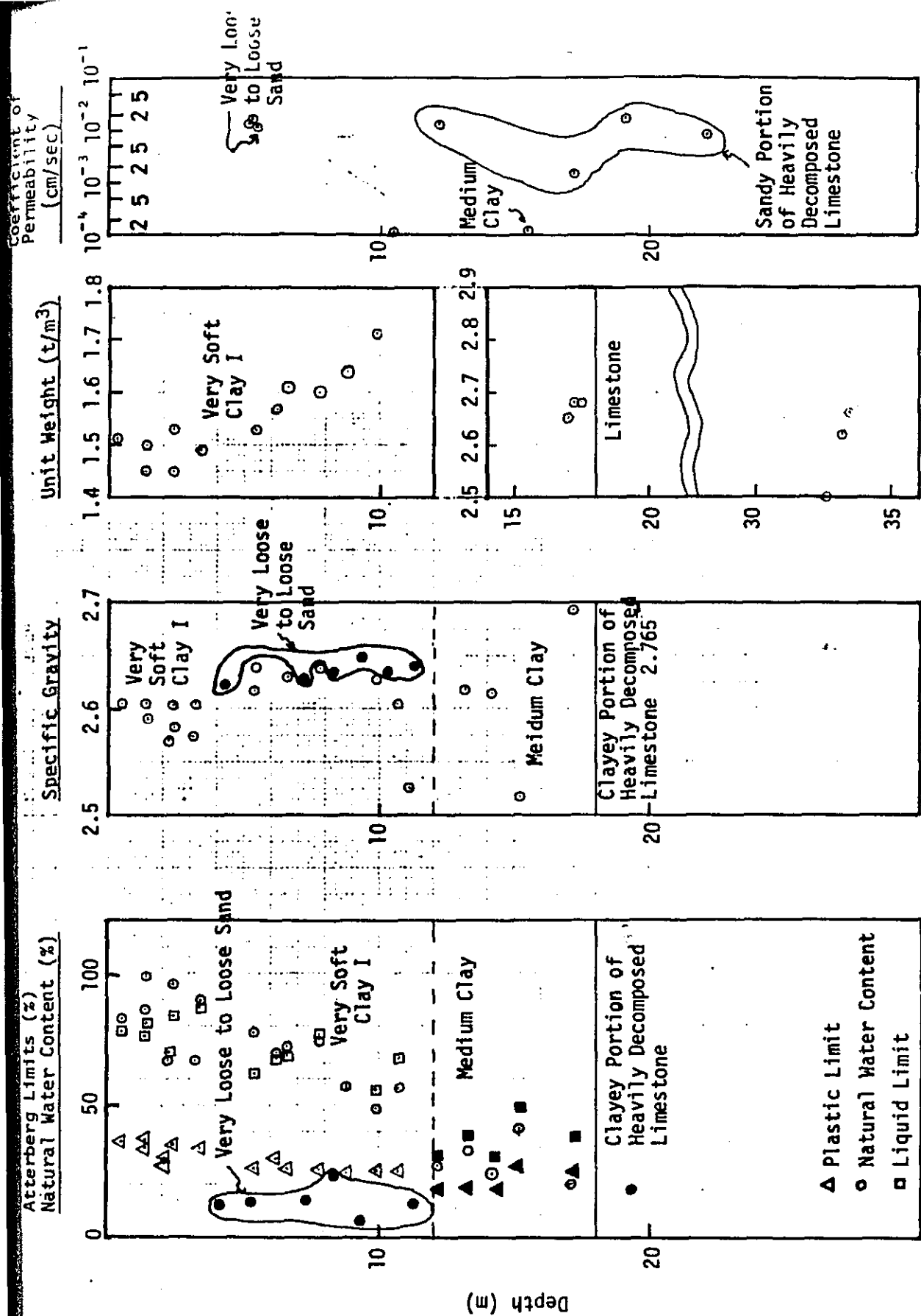


Fig. 5-11 Depth Vs Result of Physical Properties Test at the Pilot Test Area

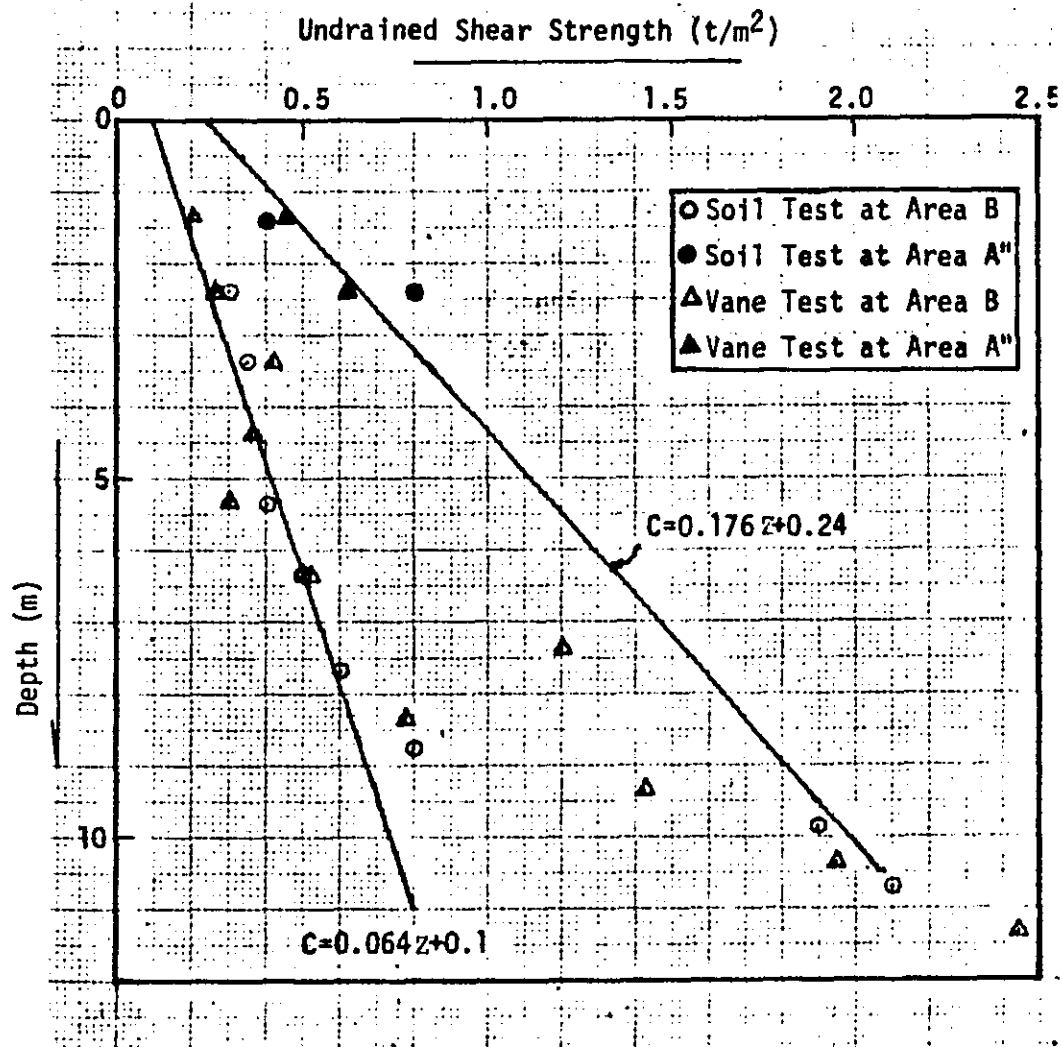


Fig. 5-12 Depth Vs Undrained Shear Strength (Vane Test and U-U Test)

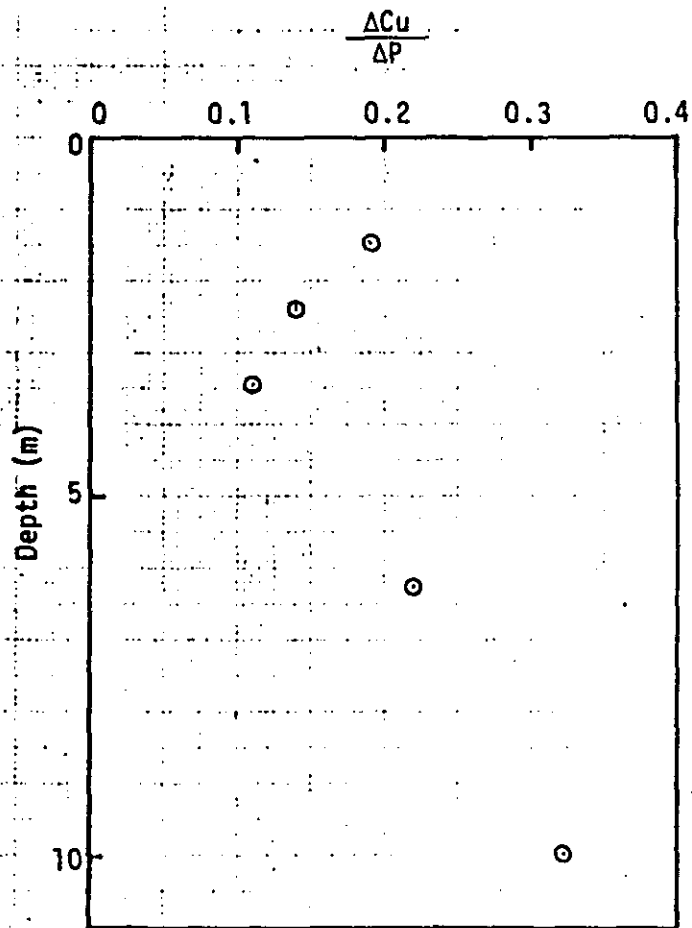


Fig. 5-13 $\Delta C_u/\Delta P$ after Consolidated-Undrained Triaxial Compression test Vs Depth

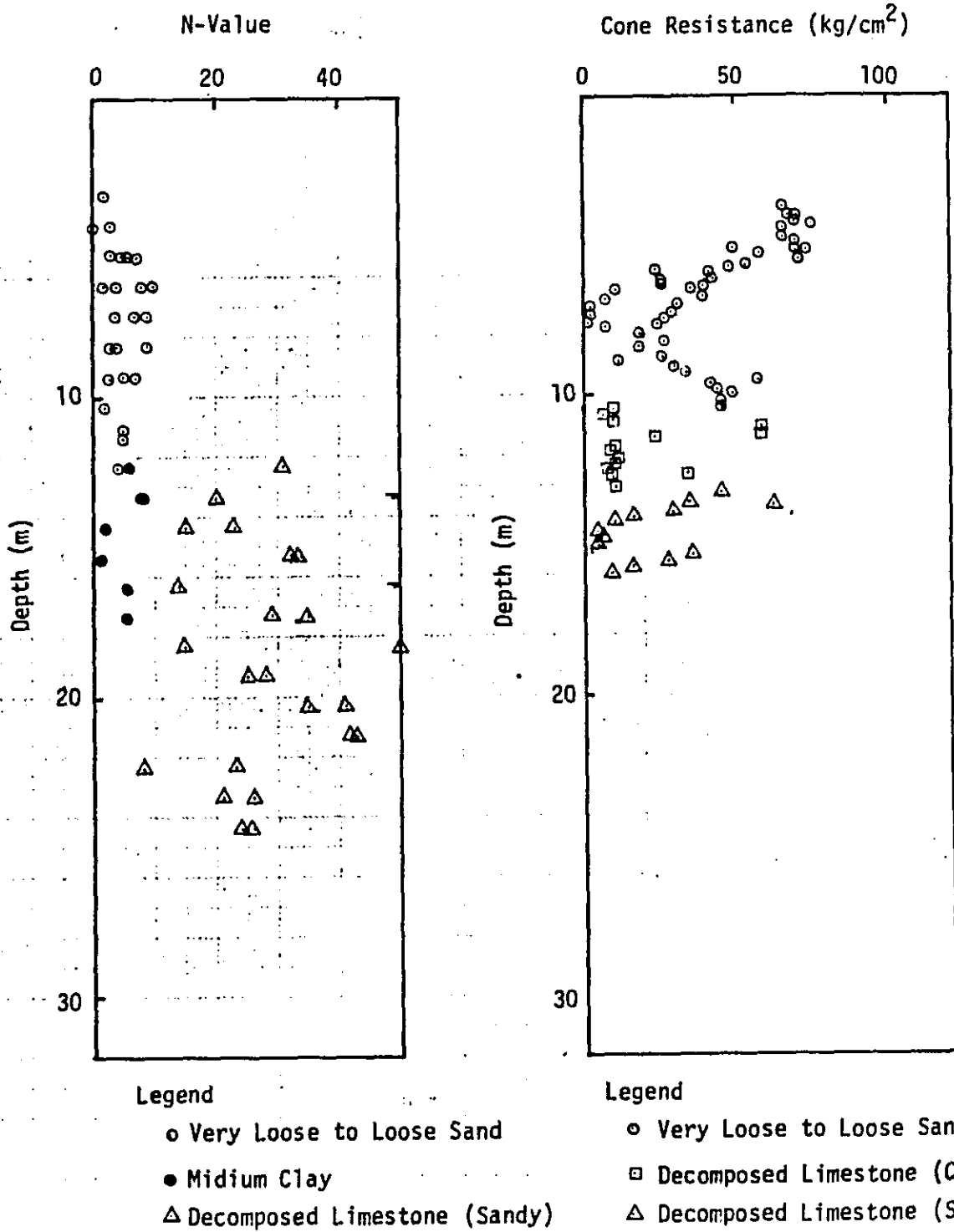


Fig. 5-14 Depth Vs N-Value & Cone Resistance

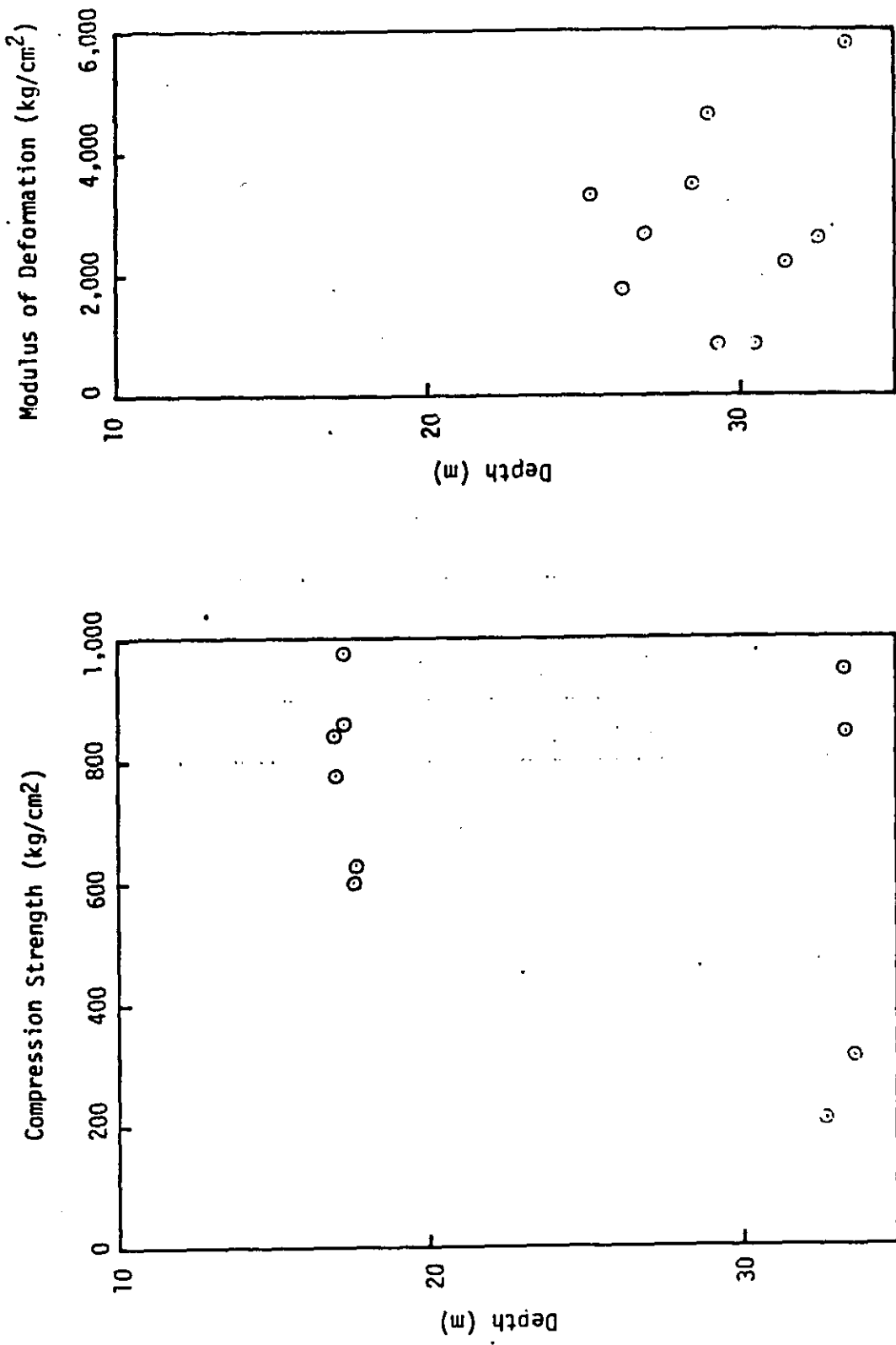


Fig. 5-15 Depth Versus Compression Strength of Rock Core Sample and Modulus of Deformation

図5-16は、非常に軟い粘土の圧縮指数、圧密先行荷重、過圧密比を深度に対してプロットしたものである。圧縮指数は、0.4~0.6の範囲にあり、また圧密先行荷重のグラフから、一次圧密が終了してはいることがわかる。図5-17および図5-18は、それぞれ粘性土層の e - $\log p$ 曲線および圧密係数を圧力に対してプロットしたものである。

図5-19は化学分析、鉱物分析の結果を深度に対してプロットしたものである。粘性鉱物としては、カオリナイトおよびイライトが卓越している。

(2) 10^m × 10^m の範囲

パルロットテストエリアでは、2つのサブエリア(10^m × 10^m)でいくつか異なる種類の調査が行われた。サブエリアにおける現場調査結果を図5-20および図5-21に示す。

(i) 石灰岩までの深度

2ヶ所のサブエリアでは、それぞれ4m離れて、2本のコアボーリングが行われた。2本のボーリング間では比較的新鮮な石灰岩上面までの深度の相異は、Area Aで5.5m、Area Bで2mであった。パーカッションボーリングが掘進不能となるような硬い地層の深度は

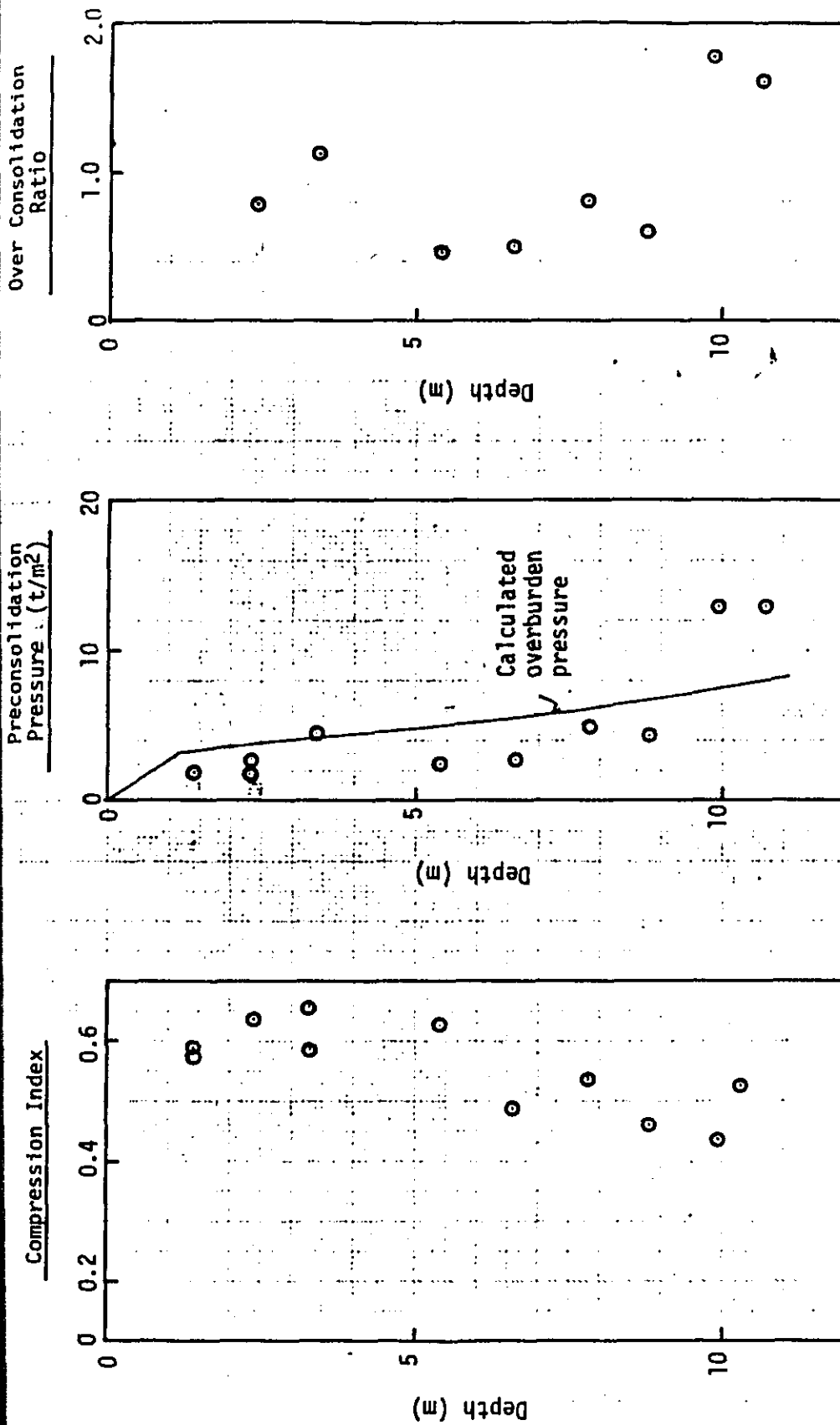


Fig. 5-16 Depth Vs Compression Index, Preconsolidation Pressure and Over Consolidation Ratio

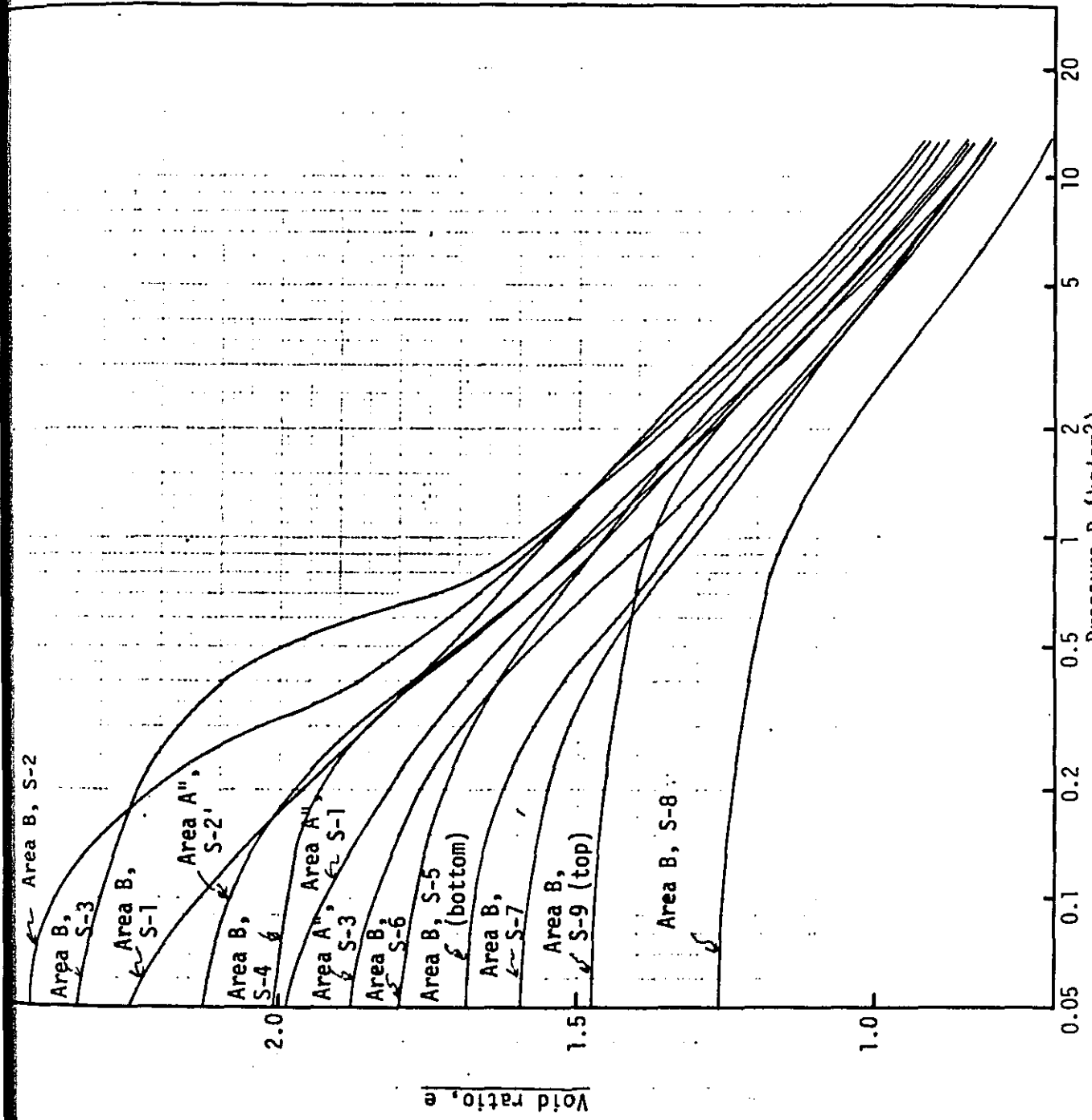


Fig. 5-17 e - log P Curves

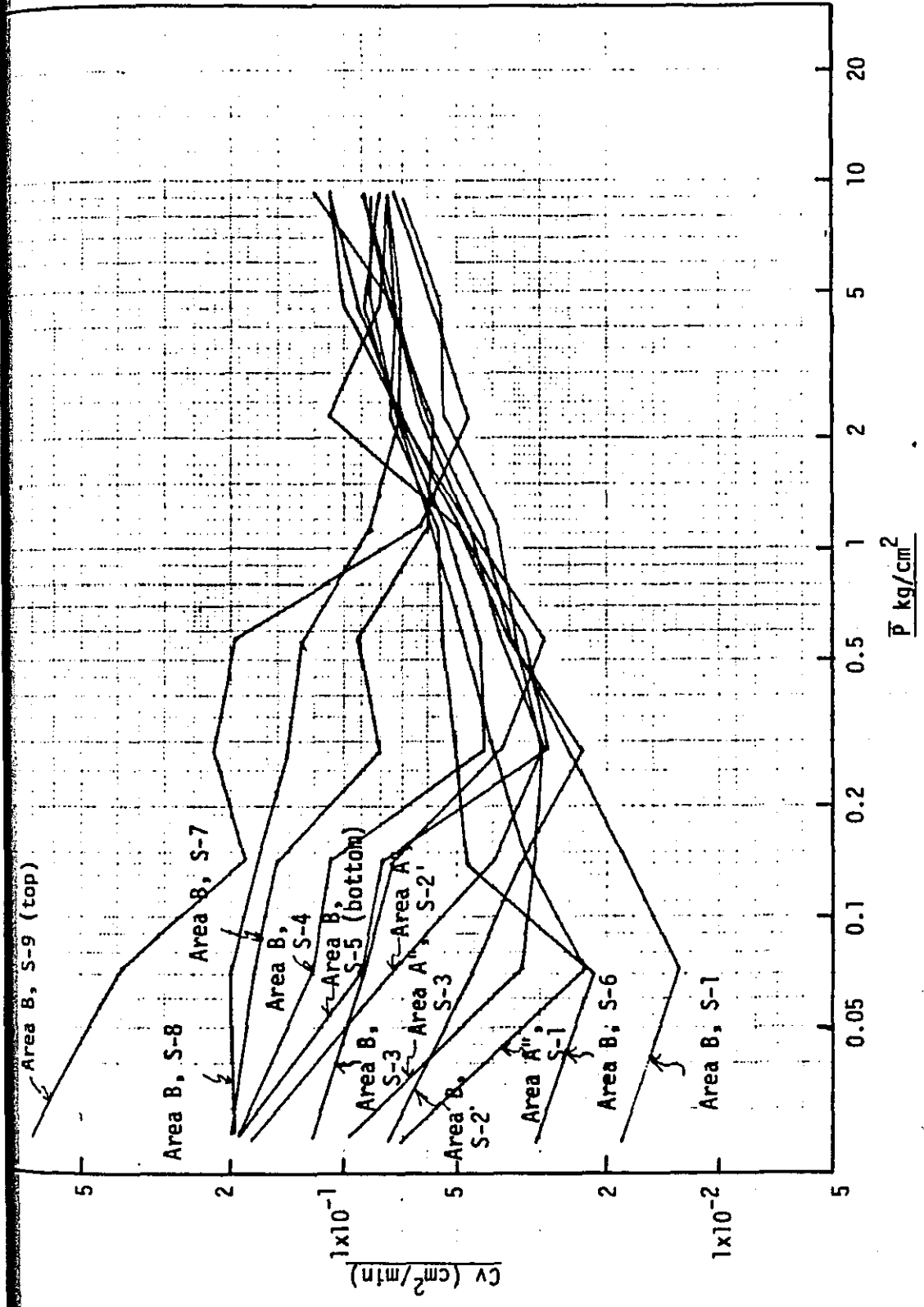


Fig. 5-18 Coefficient of Consolidation Versus Average Pressure

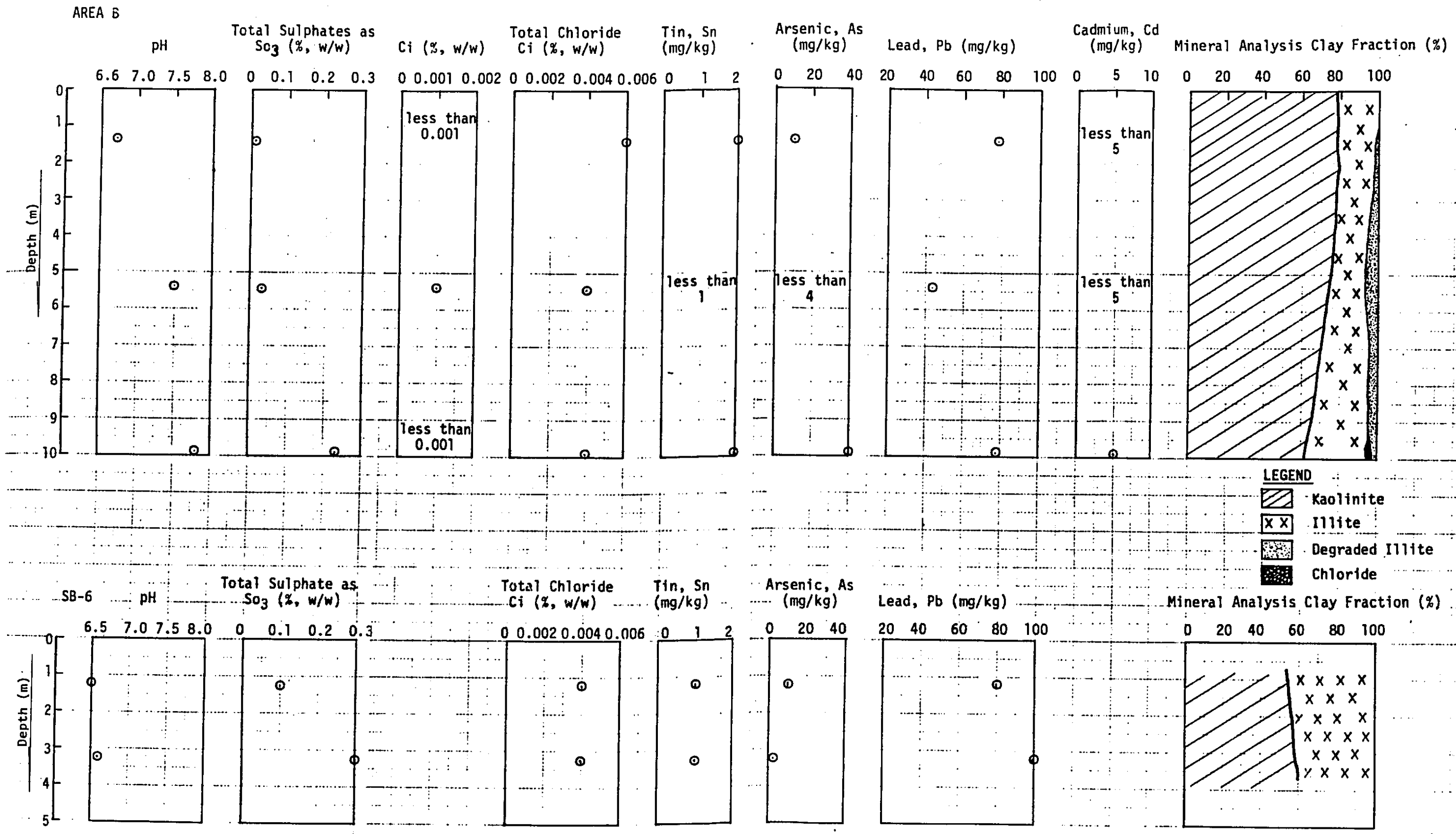


Fig. 5-19 Result of Chemical Analysis and Mineral Analysis (Clay Fraction)

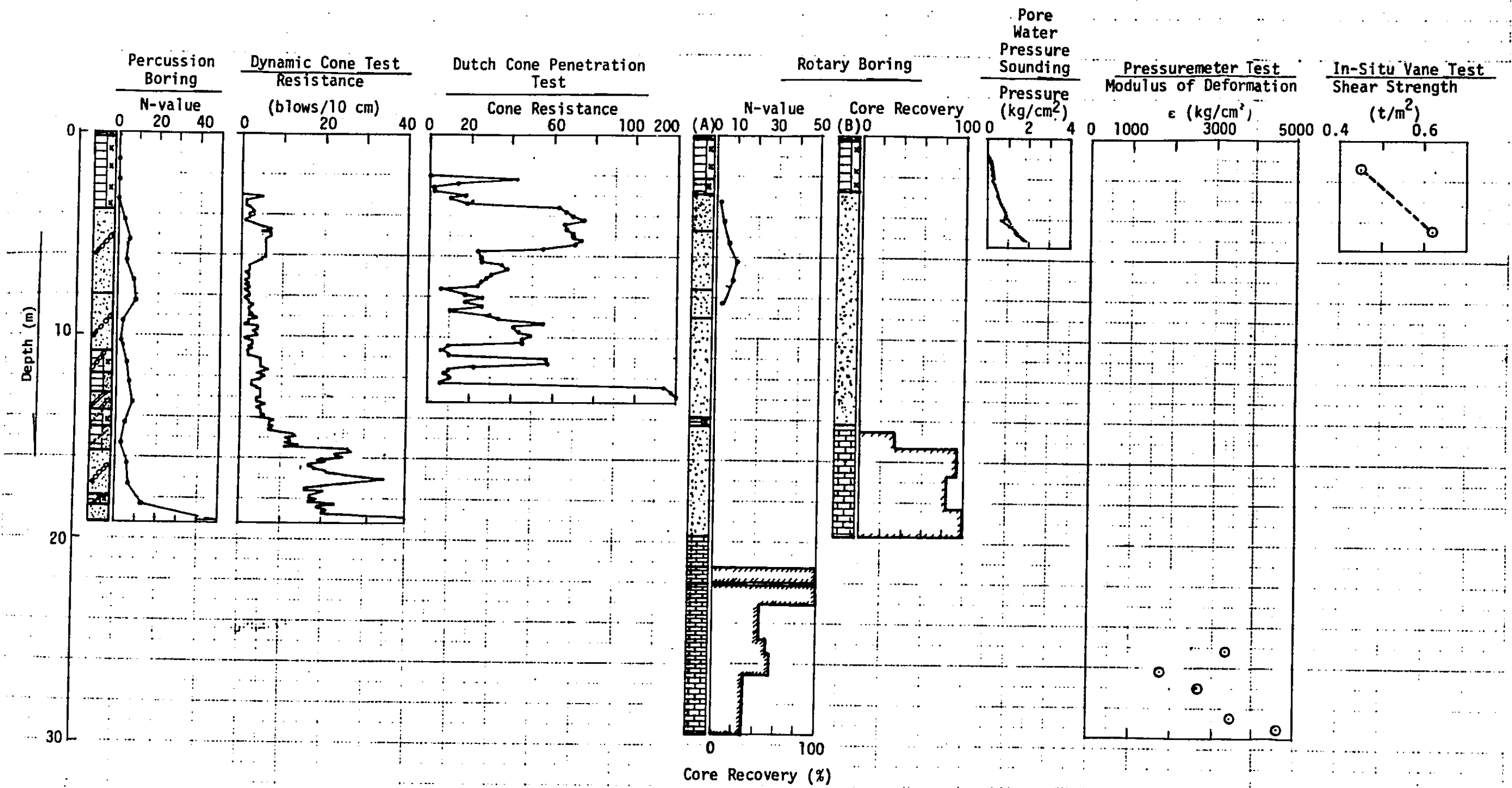


Fig. 5-20 Result of Investigations at Pilot Test Area (Area A'')

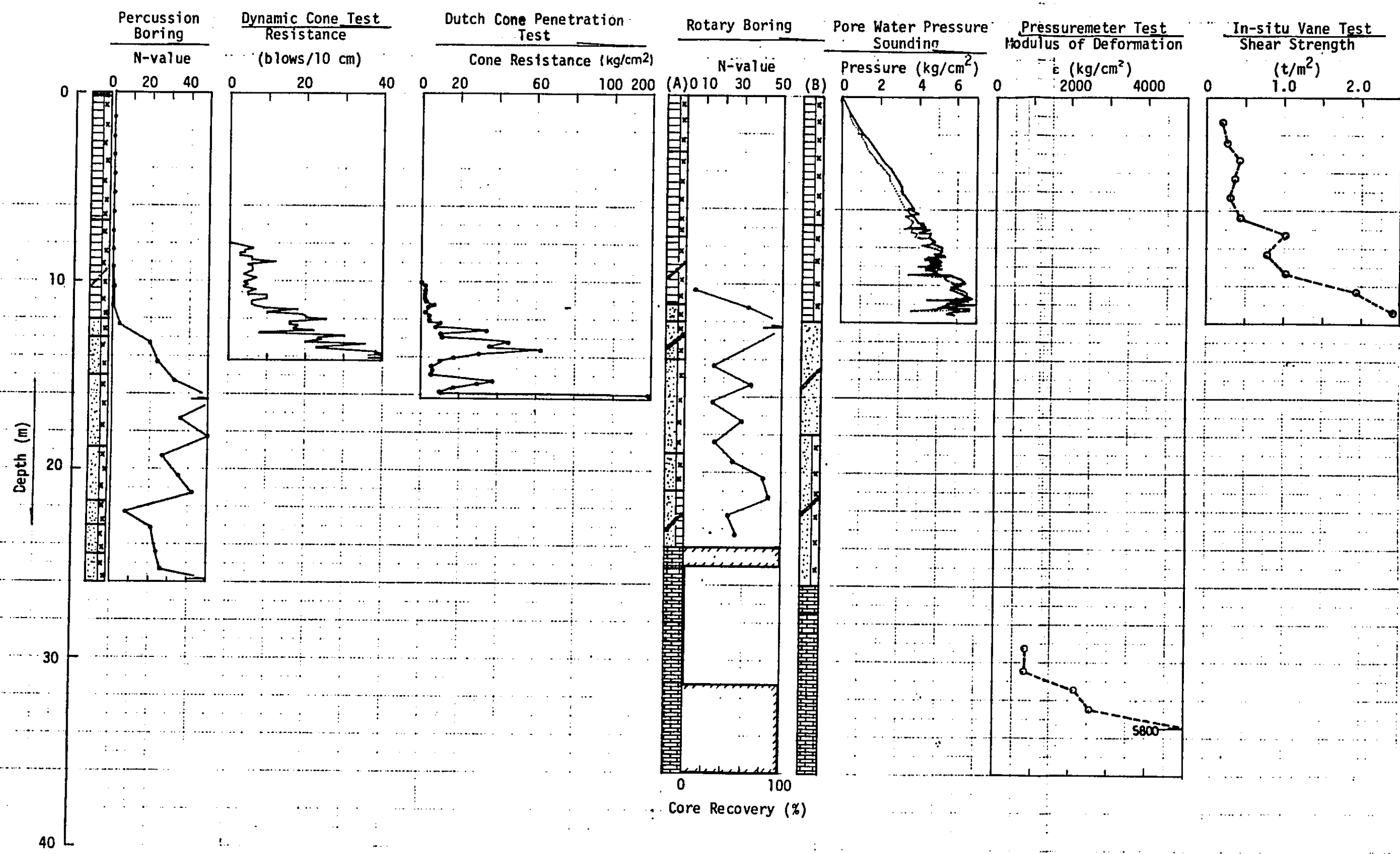


Fig. 5-21 Result of Investigations at Pilot Test Area (Area B)

No.

Date

ロータリーボーリングで確認された比較的新鮮な石灰岩の深度
と、ほぼ一致している。

(ii) 土層の厚さの変化

Area A' のパーカッションボーリングでは、厚さ7mの中位の粘性土が確認されたが、パーカッションボーリングからわずか約3m離れたロータリーボーリング(A)では、その粘性土の厚さは0.5m、ロータリーボーリング(B)では0mであった。

(iii) 10tダックユーン、動的貫入試験の貫入不能とける深度

Area A' では10tダックユーン、動的貫入試験とも貫入不能とける深度は、ロータリーボーリングで確認された比較的新鮮な石灰岩の深度とほぼ一致している。しかし、Area B では貫入不能とける深度は、1値約50回の極度に同化した石灰岩の上面にあたるが、この層の下位には、緩い～中位の砂層がボーリングで確認されており、比較的新鮮な石灰岩は10tダックユーン、動的貫入試験が貫入不能とける深度よりも10mも深いところにある。

(iv) ポアプレッシャー サウンディング

Area B では、厚さ約10mの非常に軟らかい粘性土が分布しているが、ポアプレッシャーサウンディングによれば、上部5mと下部5mでは、その特性が異なっていることが確認された。すなわち、上部5mは、均質な粘性土であるが、下部5mには、薄くしかも比較的

No.

Date

透水性の良い層が挟在しているようである。

5-1-4 池の底の堆積物

池の底に堆積してゐる物質の調査は マッキントッシュ テストおよび特殊なサンプリングによつて行なつた。図5-22(四面集)に池底状態を土層断面図としてあらわす。各地における水深およびハドロの厚さを以下にまとめる。

Site	Pond	Water Depth (m) at Sounding Point	Thickness of Floating Mud and Very Soft Clay at the Bottom of Pond (m)
Sentul	1	1	5 - 8
Kampong Pandan	1	1.5	0 - 3
	2	2	0 - 1.5
	3	1.5	0 - 2
	4	2	0 - 2
	5	2.5	0 - 2.5
	6	1.5	0 - 2.5

土質試験は Sentul の池から採取した試料によつて行なつた。

図5-23は、物理特性を深度に対してプロットしたものである。

物理特性をまとめるに次のようにする。

粘土分 60~80% シルト分 20~40%

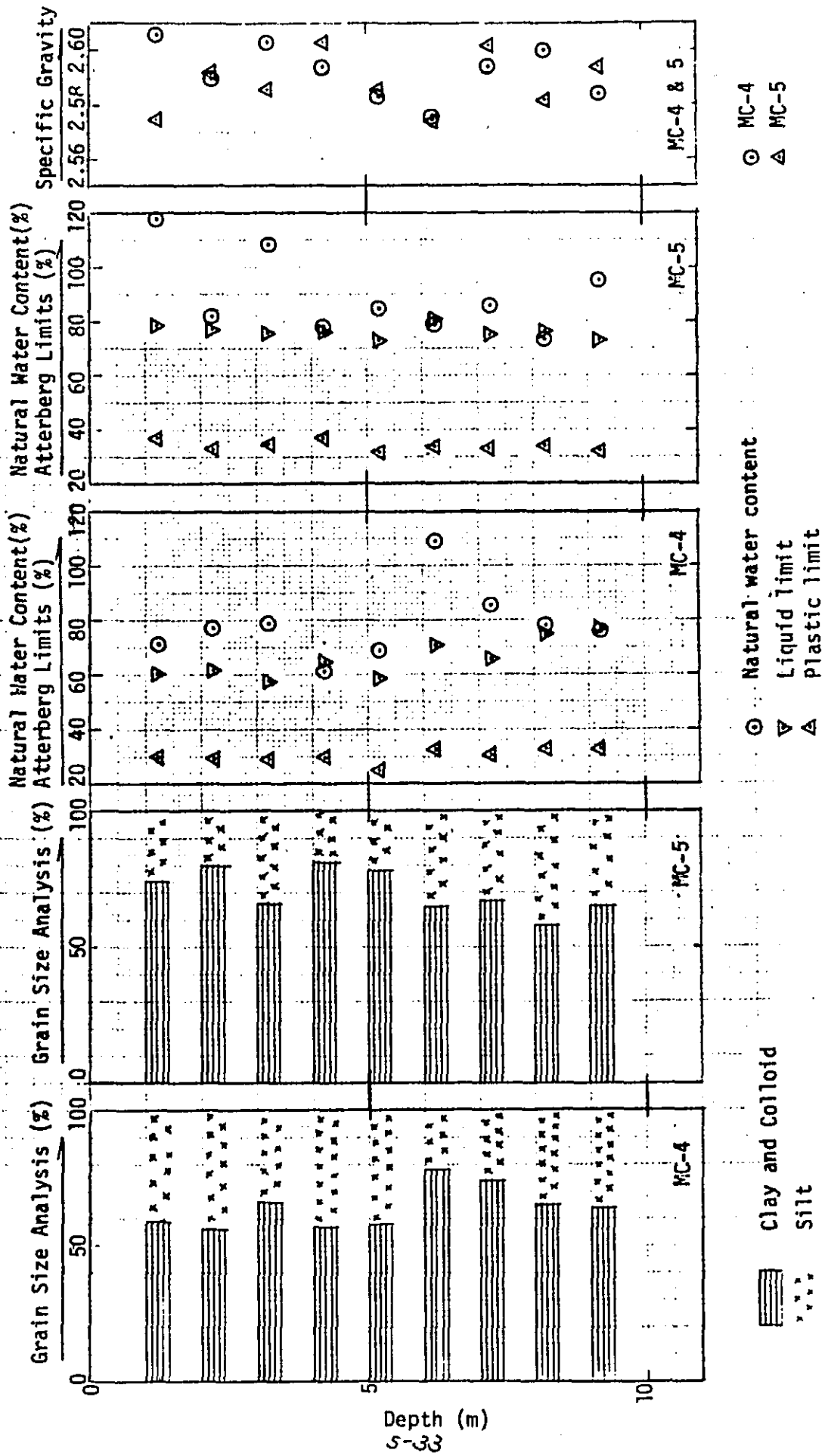


Fig. 5-23 Physical Properties of Samples Obtained at Pond in Sentul Site

No.

Date

自然含水比 30~120%

液性界限 60~80%

塑性界限 30~40%

比重 2.58~2.60

2. 種々の調査結果の相関性

2-1. 物理探査

図5-24は、電気比抵抗 300Ω 以上の地層までの深度と、ボーリングで確認された極度に風化した石灰岩および比較的新鮮な石灰岩までの深度の相関をプロットしたものである。図に見られるように電気比抵抗 300Ω 以上の地層の深度と極度に風化した石灰岩層深度とは相関がみられるが、比較的新鮮な石灰岩までの深度との間には有意な相関はみられない。

図5-25は微重力変化と極度に風化した石灰岩上層深度および比較的新鮮な石灰岩までの深度をプロットしたものである。

図によれば微重力変化と比較的新鮮な石灰岩までの深度との間に相関性がみられる。

2-2. サンディング

図5-26は標準貫入試験のN値に対して動的貫入試験 N_d およびジョン指数 R_c をプロットしたものである。両者とも有意な相関性は認められない。

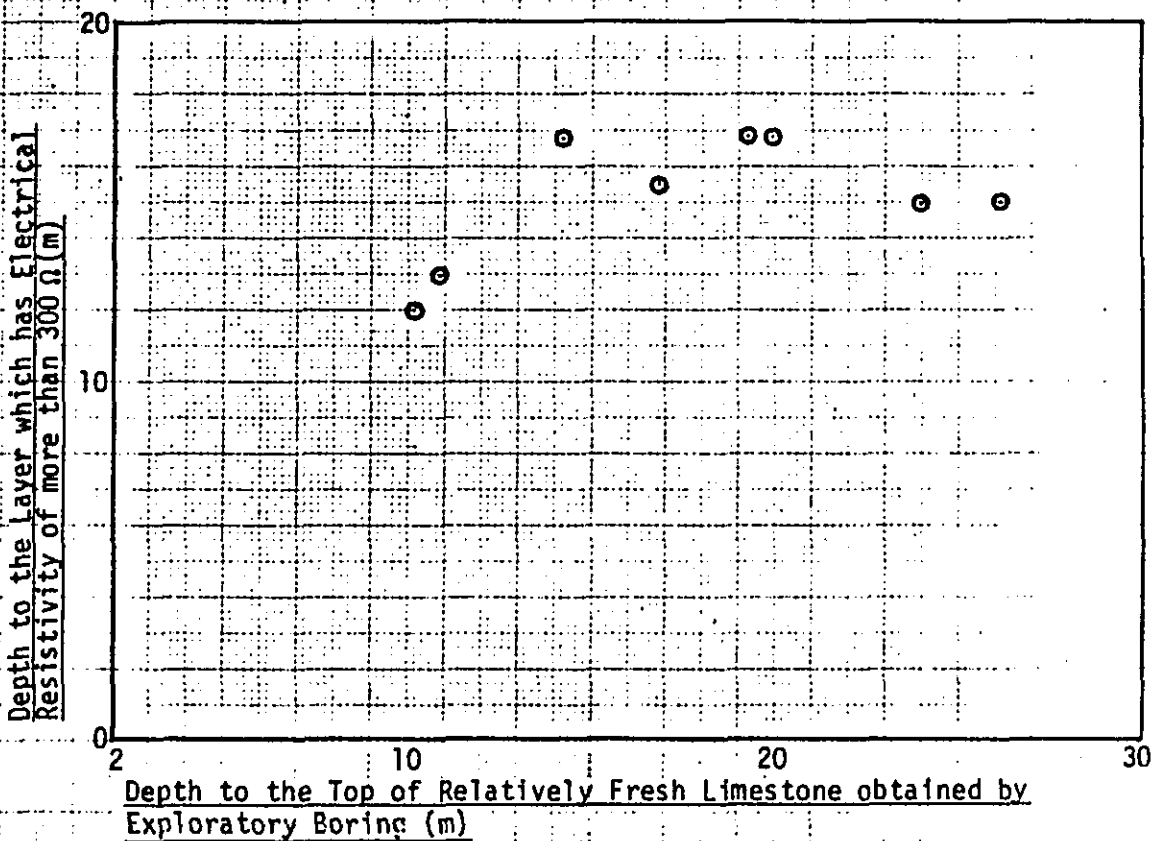
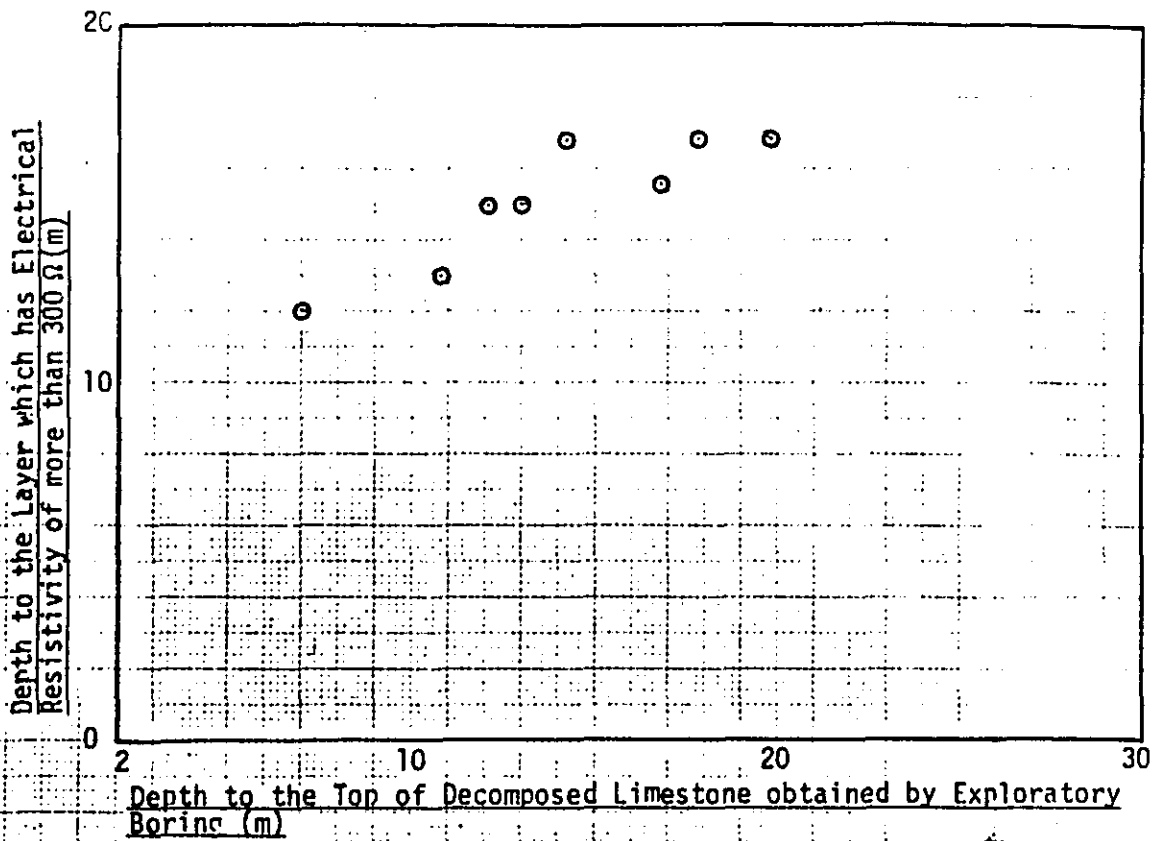


Fig. 5 - 24

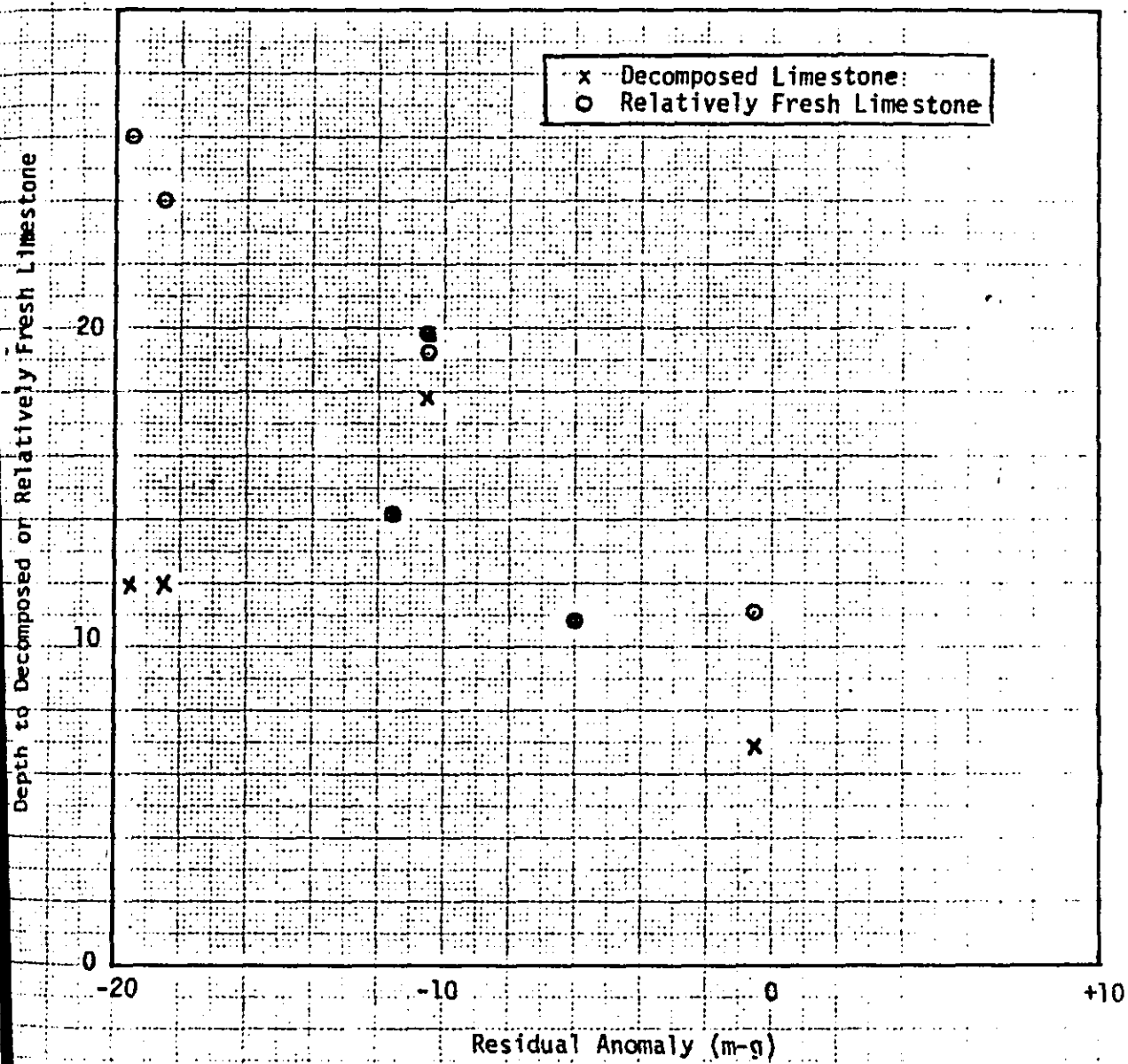
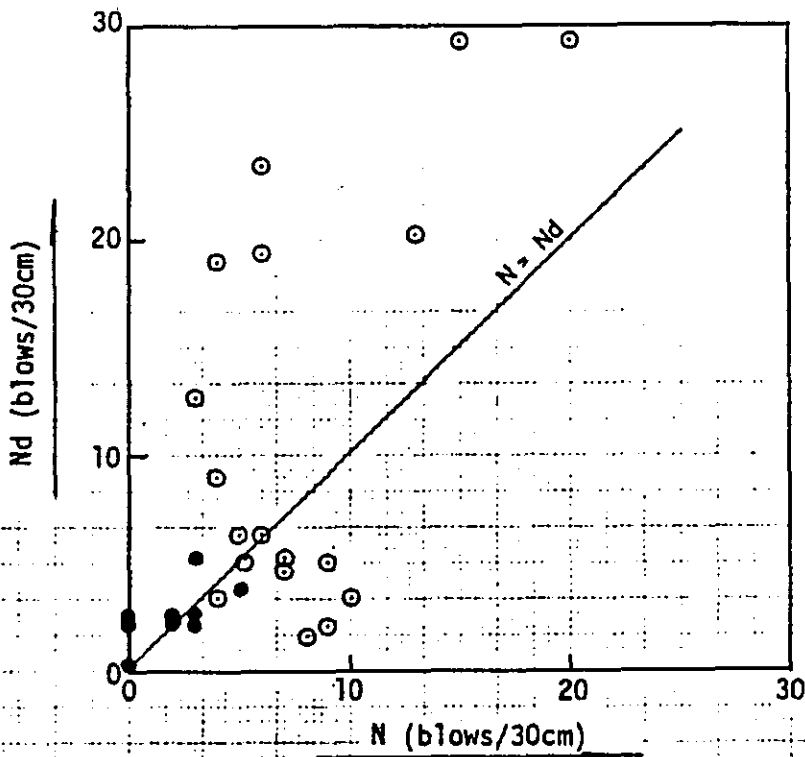
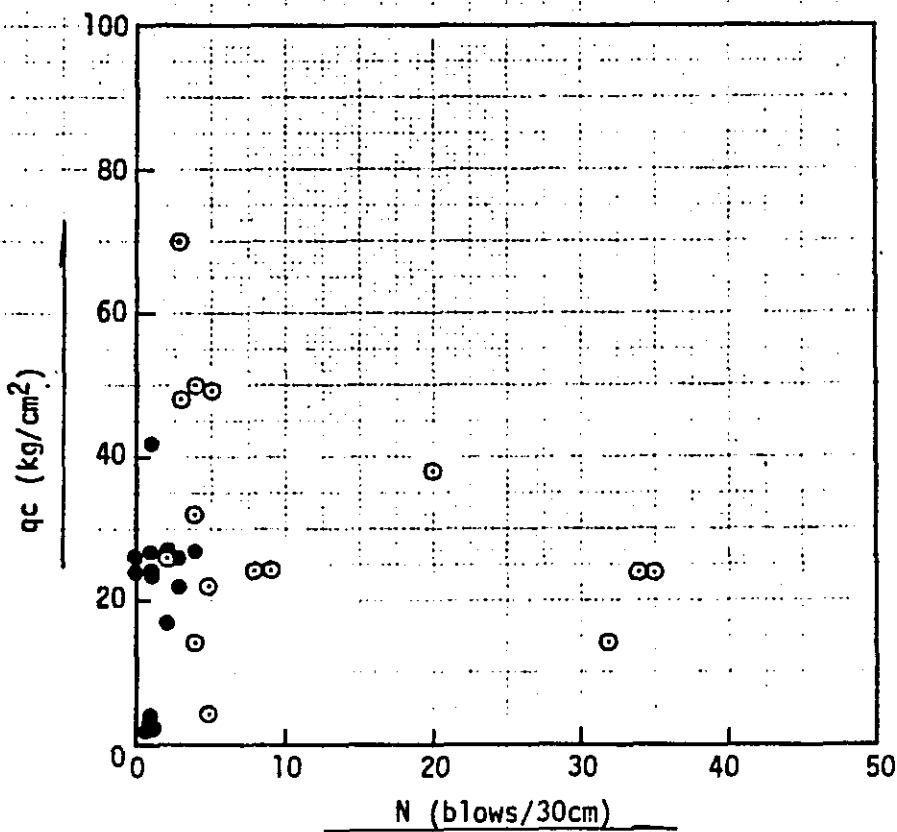


Fig. 5-25 Residual Anomaly Obtained by Micro-Gravity Measurements versus Depth to Decomposed or Relatively Fresh Limestone. Confirmed by Exploratory Drillings



SPT v.s. Dynamic Cone



SPT v.s. Dutch Cone

LEGEND

- Clay
- Sand

Fig.5-26 SPT v.s. Dynamic Cone and SPT v.s. Dutch Cone

4-2-3. 現位置試験

図5-27は、ベーン試験結果と三軸圧縮試験結果を対比したものである。

両者の相関性は非常に良い。

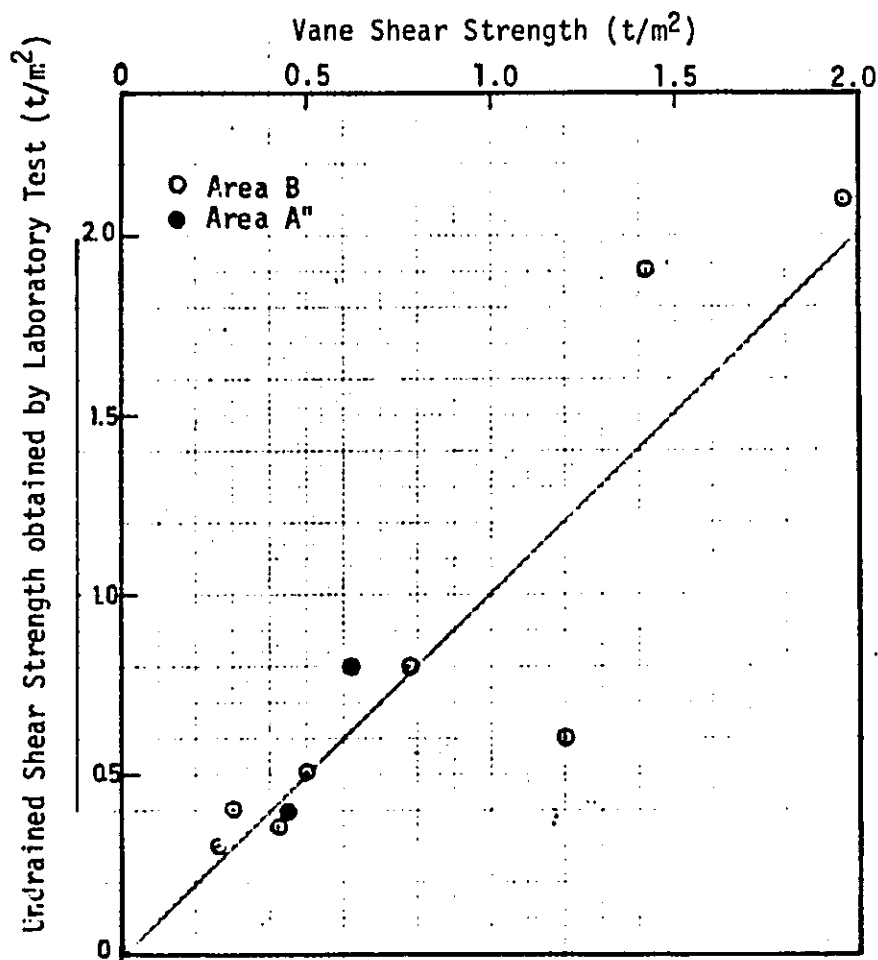


Fig. 5-27 Comparison of Vane Shear Strength and Undrained Shear Strength obtained by Laboratory Tests

5-2-4. 室内土質試験

室内試験結果の相関性についての検討は、非常に軟らかい粘土に対してなされた。

図5-28は自然含水比 w_n と間隙比 e についてプロットしたものである。

土が飽和している場合、この関係は、次式であらわされる。

$$e = \frac{w_n}{100} \cdot \frac{G_s}{\gamma_w}$$

∴ G_s : 比重

γ_w : 水の密度 (1 t/m^3 と仮定)

実験結果によれば、比重を 2.60 (試験であらうかとは、非常に軟らかい粘土の平均的数値) と仮定した。

$$e = 0.026 w_n$$

の線に一致することがわかった。このことは、試験された試料が 100% 飽和していること、および有意の量の有機物が含まれていないこと、ということを示唆している。

図5-29は自然含水比に対して、粘土の非排水セン断係数をプロットしたものである。図によれば、含水比の増加に伴って、非排水セン断係数の減少がみられる。しかし相関性について定量的な結論を得るには、更にデータを蓄積する必要がある。

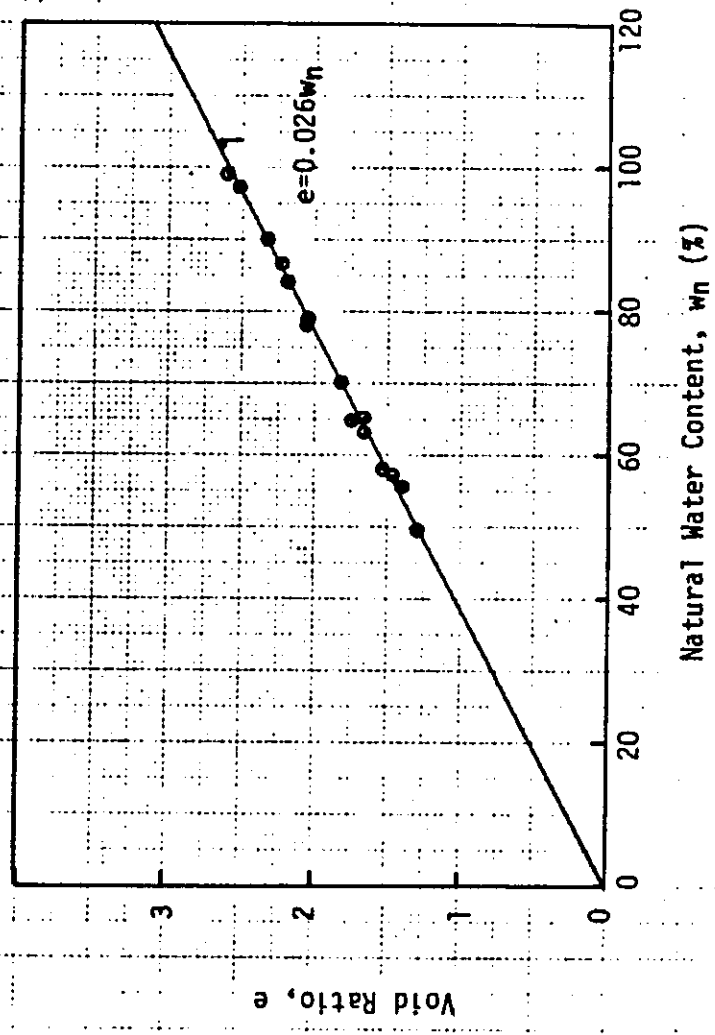


Fig. 5-28 Natural Water Content versus Void Ratio

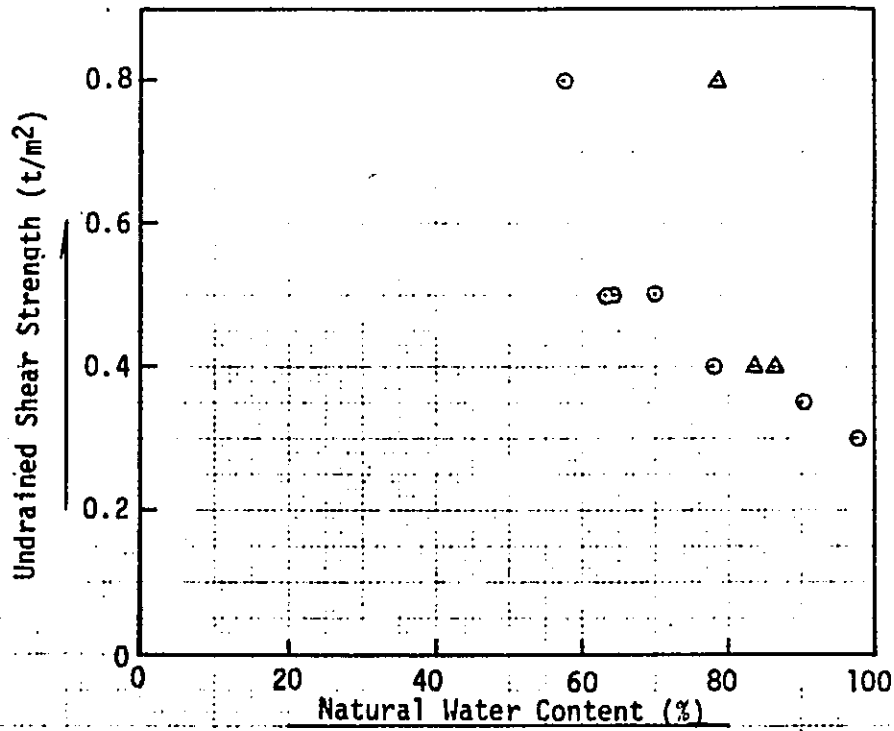


Fig. 5-29 Natural Water Content versus Undrained Shear Strength

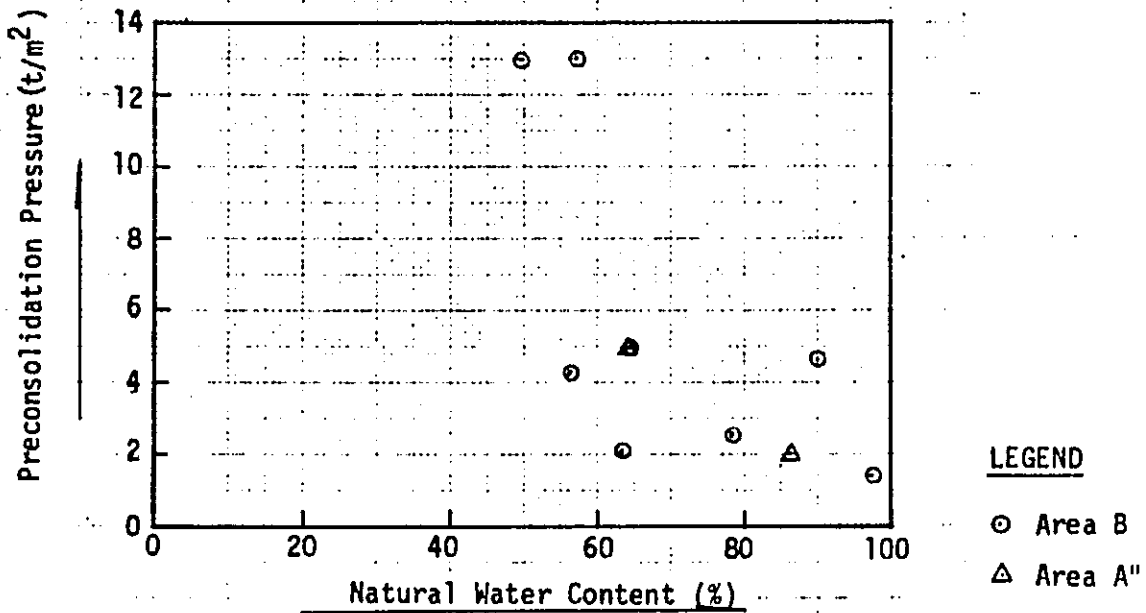


Fig. 5-30 Natural Water Content versus Preconsolidation Pressure

図5-30は自然含水比に対して、圧密先行荷重をプロットしたものである。図によれば、自然含水比の増加に対応して圧密先行荷重が減少するという傾向がみられる。

図5-31は、自然含水比および液性限界に対して、圧縮指数をプロットしたものである。今回得られたデータに関する限り、液性限界～圧縮指数の関係は、おおむね図5-31のA線であらわされると思われる。

$$A\text{-線は } CC = 0.006 LL + 0.13$$

比較のために Skempton の提案した関係および日本の粘性土の平均的関係をもちろね粘土の場合を下記する。

$$Skempton : CC = 0.009 LL - 0.09$$

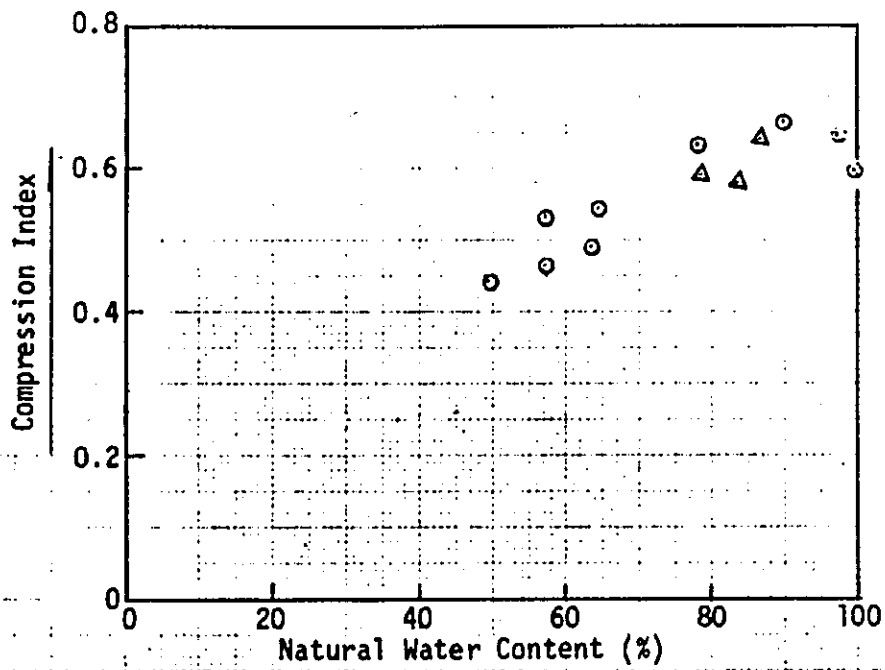
$$\text{ろね粘土} : CC = 0.014 LL - 0.28$$

液性限界が50～90%の範囲では、今回得られたデータは

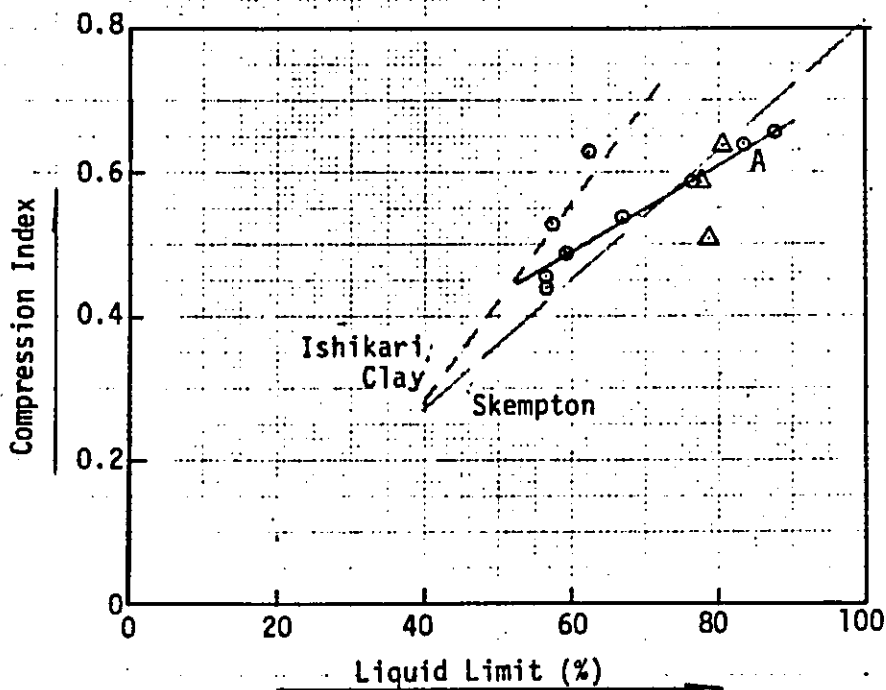
Skempton の提案した関係に近く、ろね粘土よりは低い関係にある。

-3. 土質調査方法の検討

一般に使われている土質調査方法を、錫鉱跡地で用いた場合の有効性を検討するために、パイロットテストエリアで種々のタイプ



Natural Water Content v.s. Compression Index



Liquid Limit v.s. Compression Index

LEGEND

- Area B
- △ Area A''

Fig. 5-31 Compression Index v.s. Natural Water Content and Liquid Limit

土質調査が行なわれた。その結果をもとに (1) 目的および長所
 (2) 短所および限界 (3) 作業のスピード (4) 費用、の4点について検討し
 た結果を以下に示す。

5-3-1. 種々のタイプの土質調査手法

(1) 物理探査

(i) 電気探査

目的: 砂、粘土、岩の電気比抵抗値の違いをもとに岩盤深度。

および粘性土、砂質土の分布をサウンドする。

限界: 結果は、ある範囲の平均値であって、ある特定の地点の結果を

示すものではない。もし風化した石灰岩と新鮮な石灰岩の

電気比抵抗値に差がなければ、それらの間の境界を定める

ことは困難である。

費用: M\$ 400 ~ M\$ 500/点 (掘削の搬入搬出費用を含む)

作業性: 垂直探査で、1日5点程度

適用: 一般土質調査 (ボーリングも併用)

(ii) 微重力測定

目的: 基盤岩の凹凸および洞窟の存在をサウンドする。

限界: 結果は、微重力変化として示され、深度としてあらわされる
わけではない。また、基盤の凹凸がひどい場合、空洞の
存在は、わからず。

費用: 1点 M\$ 100 ~ M\$ 150 (機械の搬入搬出費用を除く)

作業性: 1日約40点

適用: ボーリングと組みあわせて、クイ基礎の調査。

(2) ボーリング

(i) リ-タリ-ボーリング

目的: 土層および基盤岩の確認。

土試料の採取、ロックコアリング、現位置試験等を行なう。

費用: 約 M\$ 20/m (機械の搬入、搬出、現場内移動の費用を除く)

作業性: 標準貫入試験、土試料の採取を併用して 1日3~5m

適用: 全ての調査

(ii) パーカッション ボーリング

目的: 土層の確認、現位置試験等を行なうこと。

限界: 非常に硬い地層に到達するとそれ以上の掘進は
 できない。また粘性土が非常に軟らかいとボーリングに
 よって地盤を乱すため、乱さない試料の採取、現位置
 試験には適さない。

費用: 約M\$25/m (機械の搬入搬出、現場内移動の費用を含まない)

作業性: 標準貫入試験を併用して1日5~7m

適用: 種々の土層の分布、厚さの確認

(c) サンディング

(i) ダウティーン

目的: 非常に軟弱な粘土性の分布を確認

非常に硬い地層までの深度確認

限界: 密な中間砂層があるとき、その層を抜くことができない場合がある。

費用: M\$20/m (機械搬入搬出、現場内移動費用を除く)

作業性: 1日2~3点

適用: 非常に軟弱な粘性土の分布および硬い地層までの
 深度

ii) 動的貫入試験

目的: 非常に軟弱な粘性土の分布を確認

非常に硬い地層までの深度確認

限界: 途中砂層があると、その層を抜くことができない場合がある。

費用: M\$ 17/m (機械搬入搬出、現場内移動費用を除く)

作業性: 1日2~3点 (パーカッションボーリングの機械を使った場合)

適用: 非常に軟弱な粘性土の分布および硬い地層までの
深度

iii) マッキントッシュ・テスト

目的: 地表に分布する非常に軟弱な粘性土の分布と厚さ

費用: M\$ 50 ~ M\$ 80 / 点

作業性: 1日5~6点

適用: 地表に分布する非常に軟弱な粘性土の分布と厚さ

iv) ポア・プレッシャー・サンディング

目的: 粘性土層中の薄く透水性のある層の探検

限界: 軟弱層のみに使える。

作業性: 1日1英

商用: 詳細な沈下解析

(4) 現地置試験

(i) ベンソテスト

目的: 粘性土のせん断強度を求める。

費用: 1試験約11千500

作業性: 1日10試験程度

商用: 粘性土の強度についての詳細な調査

(ii) プレシオメーター・テスト

目的: 地盤の応力-ひずみ関係を求める

作業性: 1日3~5測定

商用: 土層あるいは岩盤について変形特性の

詳細な調査

5-3-2 土質調査手法として適切なもの

土質調査を有効かつ経済的に行うには、調査を概略調査から詳細調査と段階ごとに行うことが望ましい。まず始めに、事前調査として探鉱記録の調査と、鉱山会社、付近住民の聞き込みを行おうことが求められる。これによって岩盤までの平均深度、砂質土が優性か、粘性土が優性か、またどの部分に粘性土、砂質土が分布しているか等々、およその見当をつけることができよう。

次の段階は概略調査で得られた資料をもとに、基礎工についての概略検討を行おうとともに詳細調査の計画を立案することである。

錫鉱跡地での詳細調査として特に有効と考えられる土質調査手法は次の通りである。

- (i) 標準貫入試験および舌しきない試料採取を伴ったボーリング
- (ii) 表層に分布する超軟弱粘性土の分布層厚を調査するため
に、マッキントッシュテスト
- (iii) 基盤の凹凸を調査するために、微重刀測定とロータリーボー

リングの組み合わせ.

(IV) 室内土質試験

(1) 各土層の調査に有効と考えられる調査方法

(i) 地表を覆う超軟弱粘土層

分布と厚さ : マッキントッシュテスト

物理特性 : ピートサンプラーのような簡便な道具を用いた乱れ試料の採取

→ 室内土質試験 (物理試験)

非排水せん断強度 : 現場ベーンテスト (ボーリング機械を用いずに所定深度に

ベーンを押し込むことが可能).

または、ロータリーボーリング → 乱れない試料採取 →

室内土質試験 (一軸および三軸圧縮試験)

圧縮性 : ロータリーボーリング → 乱れない試料採取 → 室内土質試験 (

圧縮試験)

薄い砂層の挟在 : ポアフレッシャーサウンディング

(ii) 緩い砂層下位に分布する軟弱粘土層

分布 : 電気探査およびダッチコーンテスト

層厚およびその層までの深度： タンチコンテストおよびボーリング

物理特性： パーカッションボーリング → 室内土質試験

非排水せん断強さ： ロータリーボーリング → 現場ペーテストまたは、

ロータリーボーリング → 乱さない試料採取 → 室内土質試験

圧縮性： ロータリーボーリング → 乱さない試料採取 → 室内土質試験

薄い砂層の挟在： フレボーリング → ホアプレッシャーサウンディング

(iii) 密な中間砂層の下位に分布する軟弱粘性土層

分布： 電気探査およびパーカッションボーリング

層厚およびその層までの深度： パーカッションボーリングまたはロータリーボーリング

物理特性： パーカッションボーリングまたは
ロータリーボーリング } → 標準貫入試験 → 室内土質試験

非排水せん断強さ： ロータリーボーリング → 乱さない試料採取 → 室内土質試験、または、
ロータリーボーリング → 現場ペーテスト

圧縮性： ロータリーボーリング → 乱さない試料採取 → 室内土質試験

薄い砂層の挟在： フレボーリング → ホアプレッシャーサウンディング

(iv) 地表を覆うゆるい砂層

分布： スキントッシュテスト

層厚 : パーカッションボーリング

相対密度 : パーカッションボーリング → 標準貫入試験

変形特性 : ロータリーボーリング → プレシオメーターテスト または

地表面において平板載荷試験

(v) 軟弱粘土層下位に分布するゆるい砂層

分布 : ダッチコーンテスト

その層までの深度 : マッキントッシュテスト または ダッチコーンテスト

層厚 : ダッチコーンテスト または パーカッションボーリング

相対密度 : パーカッションボーリング → 標準貫入試験

変形特性 : ロータリーボーリング → プレシオメーターテスト

(vi) 密な中間砂層

分布 : パーカッションボーリング

その層までの深度 : パーカッションボーリング

層厚 : パーカッションボーリング

相対密度 : パーカッションボーリング → 標準貫入試験

物理特性 : ボーリング → 標準貫入試験 → 室内土質試験

変形特性 : ロータリーボーリング → プレシオメーターテスト

(vii) 基盤岩が極度に風化して土砂化した部分

分布 : パーカッションボーリングまたはロータリーボーリング

その部分までの深度: 電気探査, パーカッションボーリング, またはロータリーボーリング

厚さ : ロータリーボーリング

コンシステンシーまたは相対密度: パーカッションボーリング } → 標準貫入試験
ロータリーボーリング

物理特性: ボーリング → 標準貫入試験 → 室内土質試験

変形特性: ロータリーボーリング → プレシオメーター試験

(viii) 新鮮な石灰岩

新鮮な石灰岩の硬さ: ロータリーボーリング

表面の凹凸 : 微重力測定

岩の肉眼観察 : ロータリーボーリングによるロックコアリング

強度特性 : ロックコアリング → 圧縮試験

変形特性 : ロータリーボーリング → プレシオメーター試験

(ix) ある地点に分布する硬質あるいは密な土層のうち一番浅い土層

その土層までの深度: タッチコンテスト または動的貫入試験

(2) 各種建設工事のための調査に有効と考えられる調査方法

(i) 盛土

- 地表面を覆う超軟弱粘性土層の分布、層厚を把握するためには マンションテスト
- 砂質土層下位に分布する軟弱粘性土層の分布を把握するためには、電気探査
- 軟弱粘土層の層厚確認、乱さない試料の採取、現場ベーンテストを実施するためには、ロータリーボーリング
- 軟弱粘性土層の強度、圧縮特性を把握するための乱さない試料を用いた室内土質試験
- 軟弱粘性土層の圧密沈下時の排水条件を詳細に調査するためには、ポアープレスチャーサウンディング

(ii) 直接基礎

- 直接基礎のための土質調査の場合、一般に盛土のための土質調査よりも詳細な調査が要求される。
- 地表面を覆う超軟弱粘性土層の分布、層厚を把握するためには マンションテスト
- 砂質土層下位に分布する軟弱粘性土層の分布を把握するためには電気探査
- 各土層の層厚確認、標準貫入試験を実施するためにはパーカッションボーリング
- 粘性土層からの乱さない試料採取、粘性土層でベーン試験を実施するためにはロータリーボーリング

- ・ 砂質土の変形特性を詳細に調査するにはプレシオメーターテスト
- ・ 粘性土層の強度・圧縮特性を把握するための乱さない試料を用いた室内土質試験

(iii) クイ基礎

- ・ 基盤層の凹凸状態を推定するための微重力測定
- ・ 新鮮な基盤層までの深度を確認するためにはロータリーボーリング
- ・ 基盤層の風化程度によって影響される変形特性を詳細に把握するためには、プレシオメーターテスト
- ・ 粘性土層中におけるクイの周面摩擦を推定するためには、乱さない試料を用いた室内土質試験
- ・ 砂質土層中におけるクイの周面摩擦を推定するためには標準貫入試験

(iv) 地盤改良

- ・ 地盤改良のための土質調査は、盛土のための土質調査とはほぼ同じである。

(v) 掘削

- ・ 地表面を覆う超軟弱粘性土層の分布・層厚を把握するためには、マッキントッシュテスト

-
- 軟弱粘土層の層厚確認、乱さない試料の採取、現場ベンチテストを
実施するためには ロータリーボーリング
 - 軟弱粘土層の強度、圧縮特性を把握するための乱さない試料を
用いた室内土質試験
 - 砂質土の透水性、粘性土層の強度特性を把握するための
室内土質試験

第 6 章

基礎工に関する検討

錫鉱跡地を住宅開発等に利用するためには、実施段階で詳細な地盤調査を行わなければならないが、本章では、(1) 第2章で述べた錫鉱跡地での土質、基礎工学上の問題点、及び(2) 第4章、第5章で詳述した Sentul および Kampong Pandan の土質調査および調査結果等に基づき、錫鉱跡地での、盛土および構造物基礎についての概略的な工学的検討結果を述べる。検討は以下の地盤条件および構造物の組み合わせについて行った。

地盤条件

- ・ 基礎層上に厚い軟弱粘性土が分布するところ。
- ・ 基礎層上にゆるい砂層が分布するところ。
- ・ 軟弱粘性土層中に梁を中間砂層の分布するところ。
- ・ 基礎の凹凸が著しいところ。

構造物

- ・ 低層 (1~2階)
- ・ 中層 (3~5階)

。高層（15～20階）

。関連施設（道路、下水）

6-1 厚い軟弱粘性土が分布するところ

厚い軟弱粘性土の分布するところでは厚さ1ないし2mの盛土を行なう土地造成が必要となる。その場合、盛土荷重によって、地盤の圧密沈下が生ずるが、構造物を圧密沈下終了前に建設する場合、次のような問題が生ずる。

。直接基礎：構造物および周辺地盤の沈下およびそれらの間での
不等沈下。

。クイ基礎：クイに働く負の摩擦、およびクイ基礎構造物と
周辺地盤との不等沈下。

。道路・下水：不等沈下

これらの問題に対処するためには、構造物建設以前に地盤改良
することが必要である。地盤の圧密沈下終了後に構造物が建設された
としても、直接基礎の場合は、構造物荷重によって、さらに沈下が生ずる。
道路の場合は、交通荷重によって不等沈下が生ずるのである。したがって地盤
の圧密沈下が終了したあとに、直接基礎に支持された構造物あるいは

道路を建設する場合でも、地盤改良が必要である。

地盤の圧密沈下が終了したあとに建設される構造物が支持グイで支えられ、かつグイの支持力が十分な場合、過大な沈下は生じられないと考えられる。

厚い軟弱粘土が分布するところでの基礎形式としては次のものが考えられる。

(1) 土地造成後、短期間で構造物を建設する場合

低層住宅— 盛土および構造物荷重に対応した地盤改良を行なったのち直接基礎

中層住宅— 盛土および構造物荷重に対応した地盤改良を行なったのち直接基礎、または盛土荷重に対応した地盤改良を行なったのち、グイ基礎。

高層住宅— 盛土荷重に対応した地盤改良を行なったのちグイ基礎。

道路・下水— 盛土、交通荷重に対応した地盤改良を行なったのちに建設。

(2) 土地造成後比較的長期間経過したのちに

構造物を建設する場合(盛土荷重による圧密沈下終了後)

低層住宅—構造物荷重に対応した地盤改良を行なったのち直接基礎。

中層住宅—構造物荷重に対応した地盤改良を行なったのち直接基礎。

または地盤改良せずにクイ基礎。

高層住宅—地盤改良せずにクイ基礎。

道路—交通荷重に対応した地盤改良を行なったのち建設。

下水—特に対策を要しない。

上記の地盤改良工法としては次のものが考えられる。

(1) 低層住宅、道路、下水

- ・フレロードのみ
- ・排水工法(サンドドレーン、バーバードレーン)とフレロード併用

(2) 中層住宅

- ・フレロードのみ
- ・排水工法とフレロード併用
- ・サンドコンパクションパイルとフレロード併用

6-2

ゆるい砂層の分布するところ

ゆるい砂層の分布するところでは次のような基礎が可能である。

低層住宅

- ・地盤改良せずに直接基礎
- ・簡単な地盤改良を行って直接基礎
- ・クイ基礎

中層住宅

- ・地盤改良を行なったのち直接基礎
- ・クイ基礎

高層住宅

- ・クイ基礎

地盤改良として次のようなものが考えられる。

- ・バイブレーションローラーによる締め固め
- ・動圧密工法
- ・超大型バイブロタッピング
- ・サンドコンパクションパイル

クイ基礎の場合は支持グイ、摩擦グイとも使用可能であろう。

6-3 軟弱粘性土層中に中間砂層のあるところ

密にした中間砂層の下位に圧縮性の高い粘性土が分布しているようなところでは、クイは中間砂層を打抜くことが困難な場合がある。このようなとき、下位の粘性土層が圧密沈下を生じ、構造物に不等沈下を生ずる可能性がある。

浅い部分の軟弱層を地盤改良して直接基礎を採用した場合でも、中間砂層下位に分布する粘性土が圧密沈下を生ずる可能性がある。このようなところでは次のような基礎工法が考えられる。

(1) 依層住宅

もし、構造物荷重による中間砂層下位の粘性土の圧密沈下が有意な量ではない場合、浅い部分の土層に対して、沈下と支持力の検討が適切に行われれば、直接基礎の採用が可能であろう。

もし、中間砂層下位の粘性土の圧密沈下量が多い場合、その粘性土層の地盤改良を行なったのち、直接基礎の採用が可能であろう。

(2) 中層住宅

この場合、クイ基礎、直接基礎を問わず(中間砂層を打抜く

クイ基礎を除く) 中間砂層下位の粘性土を改良する必要がある。

(3) 高層住宅

この場合、中間砂層を打抜くクイ基礎が必要となる。

中間砂層を打抜くには、十分な能力をもつクイ抜機と、十分な

強さをもつクイが必要である。もし中間砂層を掘削し、かつフルケーシング

で基礎層まで掘削しうる場所打クイがマレイシアで施工可能であれば

場所打クイの採用も可能である。

(4) 中間砂層下位の粘性土層の改良

中間砂層下位に分布する粘性土層を改良するには、上位の

砂層中の水位を長期間低下させておく方法が考えられる。しかし

この方法の場合、長期間の水位低下が周辺部に悪影響を及ぼす

ときには採用について十分な検討が必要であろう。

6-4 基礎層の凹凸が著しいところ

基礎層の凹凸が著しいところでは、第2章で述べたようにクイ基礎には多くの問題があるため、なるべくクイ基礎を使わない方が好ましい。

しにがってこのような地盤では高層住宅の建設は不適當であるか、または、特別のタイプのクイ基礎を用いるということが必要であろう。

低層住宅は地盤改良を行なって、直接基礎を採用することが可能と考えられ、また、中層住宅では地盤改良を行なったのちに、直接基礎または摩擦グイを用いて建設することができると思われる。

6-5 許容沈下量

以上みてきたように、錫鉱跡地に分布すると考えられる大部分の地盤条件においては地盤改良を併用した、直接基礎またはクイ基礎の採用が可能と思われる。基礎工法、地盤改良工法およびそれらの工費は地盤条件、構造物のクイ等の他に構造物の許容沈下量によっても変わる。すなわち、構造物の許容沈下量によって地盤改良深度、プレロードの期間、プレロードの厚さ等々が変わり、工費に影響を与える。

構造物の許容沈下量は一般に構造物の基礎構造によって異なる。

例えば、直接基礎の場合、

許容沈下量は、一般に、独立フーチング、連続フーチング、ベタ基礎の順で、多くなるが、工費はその順序で高くなる。

更に、基礎構造のタイプに加え、構造物の剛性を考へるうえで地中バリの役割が大きいことも考慮されなければならぬ。

したがって、地中バリの設計は住宅開発の全工費に対しても、影響を与える重要な要素である。

以上述べてきたように、錫鉦跡地の住宅開発では多数の基礎工学上の問題点が検討・解決されなければならない。

本章では、地盤条件および構造物のタイプに応じて、可能性の高い基礎工法・地盤改良工法について述べた。

フェーズⅡの調査では、特にこれらの工法の有効性、信頼性、工費工期等について、実験工事を含め、更に詳細かつ入念な調査が行われるであろう。

第 7 章

建築構造と杭工法

7-1 建築構造

マレーシアは北緯 $7^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 、東経 $100^{\circ} \sim 119^{\circ}$ の間にひろがっており、全域にわたって高温多湿（毎日の平均気温 $21^{\circ} \sim 22^{\circ} \text{C}$ 、平均年間降水量 $2110 \sim 2510 \text{mm}$ ）であり、全領域の 70% が熱帯雨林におおわれている。したがって住宅建築の構造材として、身に入れやすく、安価で加工のしやすい木材を用いた木構造がその大半を占めるのは当然である。しかし、都市圏では木造建築を仮設建築と分類した建築規準のため、オーストラリア戦後、耐久性、耐火性のある練瓦工のコンクリートによる恒久的構造が主流となっている。

1970年の住宅調査から、住宅建築の材料を基礎、壁、屋根の部位別に首都圏、大都市、小都市、地方の地域別に分類したのが表7-1である。その中における基礎の分類は高床形式とそうでないもの分類で、本来の基礎の種類でなく、また屋根も屋根の構造でなく、屋根葺材料の意味である。

(1) 基礎

高床形式は農村住宅の構造として西マレーシア地域の最も一般的な方式で熱帯地方にちかづく昆虫や動物からの保護、季節的スコールによる洪水対策

Table.7-1 Materials of builing by Strata,West Malaysia

MATERIALS OF WALLS BY STRATA, WEST MALAYSIA, 1970

Materials of Walls	Metropolitan	Urban Large	Urban Small	Rural	West Malaysia	Base Figures
Sawn Timber	35.0	60.4	68.7	74.1	66.8	967,522
Sawn Timber/Bricks	9.6	9.2	12.1	6.3	7.8	112,355
Bricks	34.3	17.0	9.0	3.9	9.9	143,925
Concrete	20.2	10.4	6.7	3.4	6.8	98,105
Attap and Bamboo	0.3	1.3	1.8	7.1	4.9	71,716
Zinc/Corrugated Sheets and Others	0.6	1.7	1.7	4.2	3.8	54,017
% of Living Quarter in Strata	13.5	10.4	11.8	64.3	100.0	1,447,640
Base Figures	195,260	150,606	171,167	930,607		

TYPE OF FOUNDATION BY STRATA, WEST MALAYSIA, 1970

Strata	% Raised	% Not Raised	% of Living Quarter in Strata
Metropolitan	14.2	85.8	13.5
Urban Large	36.7	63.3	10.4
Urban Small	30.2	69.8	11.8
Rural	72.7	27.3	64.3
WEST MALAYSIA	56.0 N = 811,319	44.0 N = 636,321	100.0 N = 1,447,640

ROOFING MATERIALS BY STRATA, WEST MALAYSIA, 1970

Roofing Materials	Metropolitan	Urban Large	Urban Small	Rural	West Malaysia	Base Figures
Concrete	11.4	2.9	0.9	0.8	2.5	35,603
Tiles	43.8	35.8	19.1	12.0	19.6	284,254
Asbestos	8.0	11.1	9.7	8.0	8.5	123,523
Zinc and Corrugated Sheets	29.7	31.2	52.6	43.5	41.4	599,761
Attap	6.7	18.8	17.5	35.1	27.5	397,631
Other	0.4	0.2	0.2	0.6	0.5	6,868
% of Living Quarters by Strata	13.5	10.4	11.8	64.3	100.0	1,447,640
Base Figures	195,260	150,606	171,167	930,607		

として採用されている。高床構造の地域的な比率は地方が全体の83.4%と最も多く、首都圏はわずか9.4%である。高床の基礎は一般に木材で(90.0%)、その他がコンクリートや練瓦となっている。

(2) 壁

前述のように、木材を用いたものが最も多く、全体の66.8%を占めている。地方でその比率は高く、全体の71.4%、首都圏では7%である。練瓦造、コンクリート造は首都圏が最も多く、54.5%を占めている。

(3) 屋根

屋根葺材として、地方では鉄板葺、波型鉄板が多く、都市圏ではセメント瓦が多い。

公共住宅の低価格住宅建設では、地方の農村、漁村に建設される木造のバンガロータイプ以外のテラスハウス、中高層のフラットは鉄筋コンクリート造のラーメン構造を主体とし、外壁、内壁に練瓦やコンクリートブロックを用いる形式となっている。

主体架構 : RC造のラーメン構造

床 : RC造のスラブ、1階床は無筋の土間コンクリート

屋根 : 木造または鉄骨造のトラスに石綿スレート葺、または鉄板葺

外壁 : 練瓦造



Photo.7-1 View of Terrace House



Photo.7-2

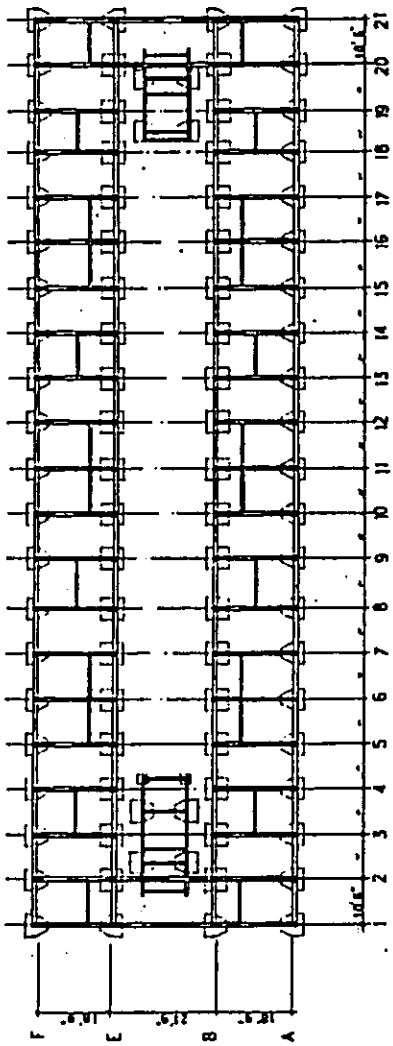
View of High-rise Flats

内 壁 : 練瓦造、またはコンクリートブロック造

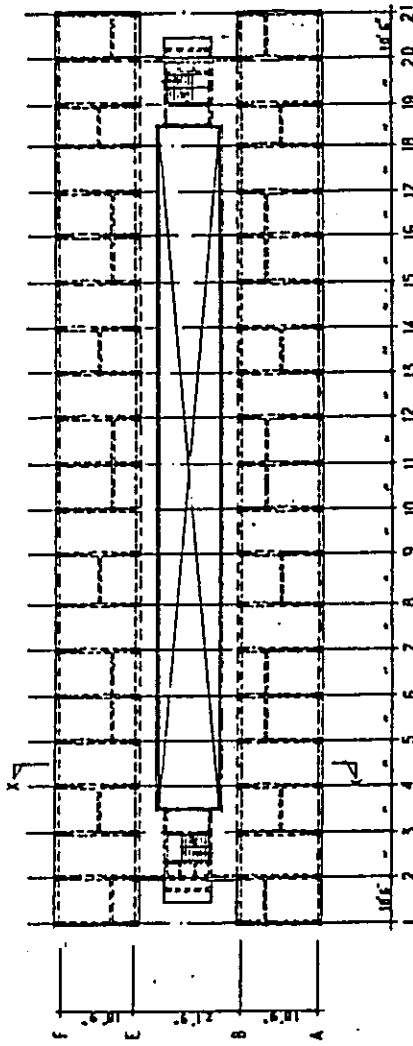
メキシコは台風、ハリケーンといった強風におそわれることもなく、また大きな地震災害の記録もない。設計規準に規定されている水平荷重は風荷重だけで、それ以上100'までは毎時 Mile/Hour (25 m/sec) に対応したため、日本に比べて非常に小さい。したがって、建物の構造は高層を除いて鉛直荷重(建物自重と人間、家具などの積載荷重)だけを支持する構造として計画されているため、ラーメン構造(床や梁の荷重を基礎や地盤に伝達するだけの骨組で、日本のような強剛なラーメン構造を形成していない。低層の柱は4"×4"、中層の場合でも7"×10"で各階同一の断面となっている。(Fig. 7-1)

外壁や戸境壁の練瓦やコンクリートブロックは凡そ逆の骨組が施工された後に組積されており、シェルターとしての役割は果たさず、耐力構造に組込まれている。高層の場合には風荷重による曲げ応力も大きく、柱荷重も下層では大きくなるので柱断面は変化しているが梁の断面は変化していない。(Fig. 7-2) これらの建物の重量は低層で約0.72 t/m²、中層で0.70 t/m²、高層で0.90 t/m²程度である。

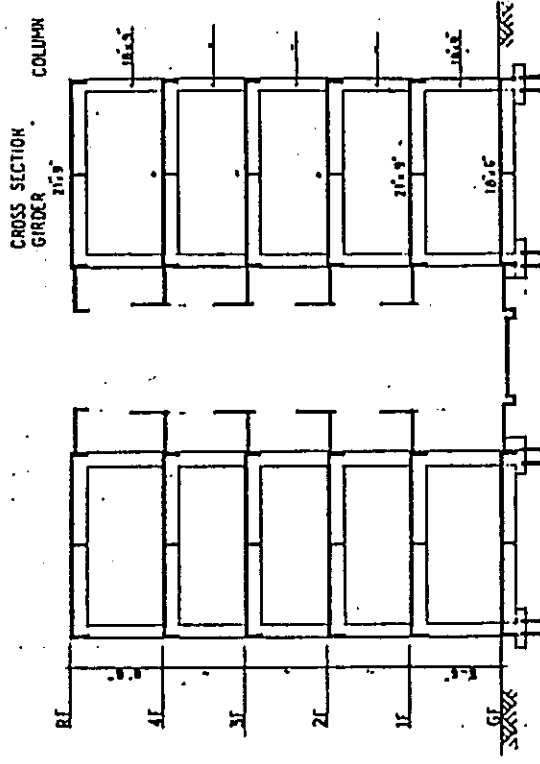
基礎構造は地中梁、基礎および杭で構成される。地中梁は水平力による柱脚の曲げ応力の分担とその上部の壁重量と自重を基礎に伝達する役割を担っている。しかし、水平荷重も鉛直荷重も小さいため、その断面寸法は中層で6"×10" (150×250mm)



PILE CAP & GROUND FLOOR PLAN

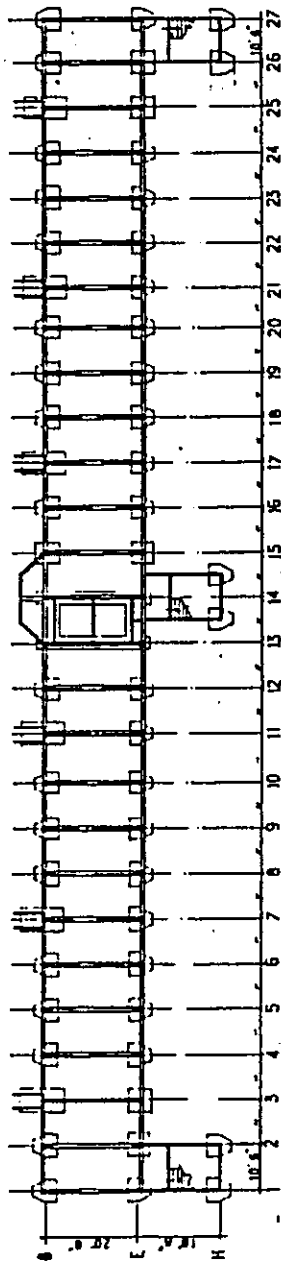


TYPICAL FLOOR PLAN

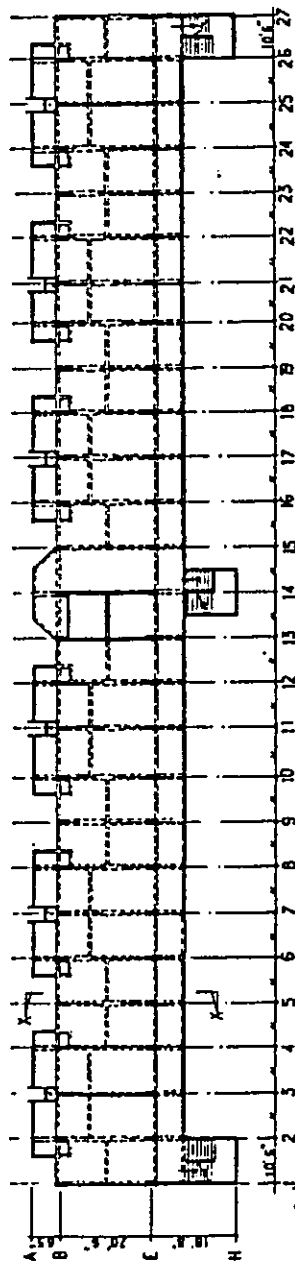


SECTION X-X

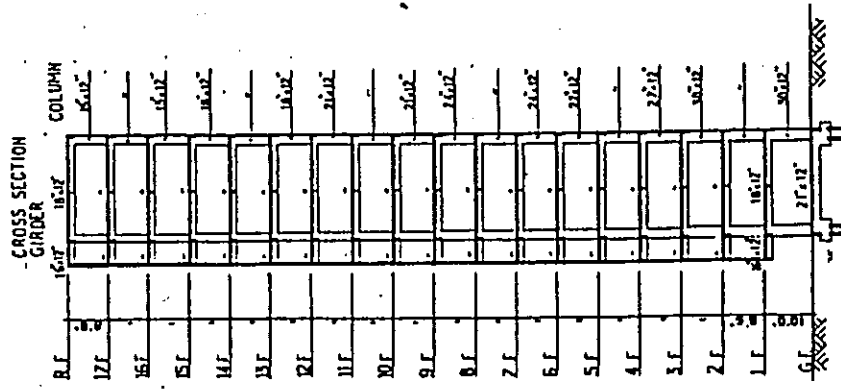
Fig.7-1 Framing Plan and Elevations of 4 story Flats



PILE CAP & GROUND FLOOR PLAN



TYPICAL FLOOR PLAN



SECTION X-X

Fig.7-2 Framing plans and Elevations of 17 story Flats

高層でも $2 \times 2 \text{ m}$ ($20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$)程度しかない。また、低層、中層では柱列間に壁がない場合には地中梁を省略している。水平荷重の小さい条件では1階の柱脚を固めるといった設計思想が生じないものと思われる。

クワラルンポール市の丘陵地の多くはラテライトと呼ばれる γ 値 $5 \sim 10$ の良質な粘土層におおわれ、その下部は岩盤となっており、中層までの建物は直接基礎で、高層の建物は杭基礎となっている。沖積層は土工などの土質条件では当然杭基礎となる。杭工法についてはフーズで説明する。

主体構造のコンクリートの調合は $1:2:4$ で、4週強度 5000 psi (210 kg/cm^2)。スラブは 8 cm 以下と非常に硬練であるが、施工が慎重なためか、シボはほとんど見られない。コンクリートは簡単な現場プラントによって生産されている。

鉄筋は普通鉄筋(降伏点、 $46,000 \text{ psi} = 2,500 \text{ kg/cm}^2$)と高強度異形鉄筋(降伏点、 $60,000 \text{ psi} = 4,100 \text{ kg/cm}^2$)を使用している。鉄筋の継手はラップジョイント、組立は日本より精度はよく、鉄筋の交叉部はすべて結束されている。スラブ筋にはワヤメッシュが常用されている。

建設工期は低層団地50戸(1業者)で9ヶ月、中層の80戸(1業者)で $12 \sim 14$ ヶ月、高層の場合1棟(1業者)で杭工事を含めて $18 \sim 24$ ヶ月となっている。

現在の工法は現場プラントによるコンクリート打、練瓦やドロツクの組積といった手法であ

るが、約20年前にヨーロッパのプレハブ工法が導入され、ケッラルンメル市とペタン市で Pilot Project が計画、建設された。前者は17層7棟、4層4棟、後者は18層2棟、17層6棟と大規模なものであった。計画の目的は

- (1) 工期の40～50% 短縮。
- (2) 長期的な面でのコストダウン。
- (3) 品質の確保。
- (4) 工期短縮による建設資本の回転率の上昇。
- (5) 建設の組織化と品質管理。

しかし、ヨーロッパの先進的な建設技術の早急な導入は問題が多く、工期の点を除いて、4～6%のコストアップ、元請業者と下請業者の責任分担、新品の輸送などの問題があり、その後は全くプレハブ工法は採用されていない。

労働力が非常に安い(1日の労務費が15～20ドル)社会的背景では生コンクリート、工場生産のRC杭、プレハブ工法といった建設産業の合理化の社会的経済的条件は少ないようである。しかし、オランダでレイシス計画それに続くオランダレイシス計画で大量の住宅建設を立案しており、新品や部材の工業製品化、建設の工業化の問題が再びクローズアップされるのではないかとと思われる。

7-2 杭工法とその問題点

スレイブで採用されている杭工法として次の6種類があげられる。

- (1) Wood pile
- (2) Precast concrete pile
- (3) Steel pile
- (4) Cast-in-situ pile
- (5) Caisson pile
- (6) Composite pile

これらの中で、低価格住宅建設で主として使用されているのは1~4の工法である。

(1) Wood pile

自然の丸太材をそのまま使用する Bakau pile と角材にした後高圧化学処理をした treated timber pile の2種類がある。

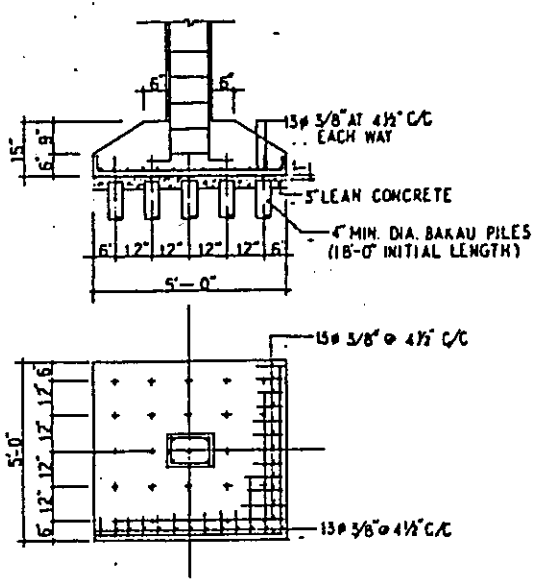
1) Bakau pile

湿地帯に成長する樹木で、常水位以下である時は日本の杉杭と同じく腐食し

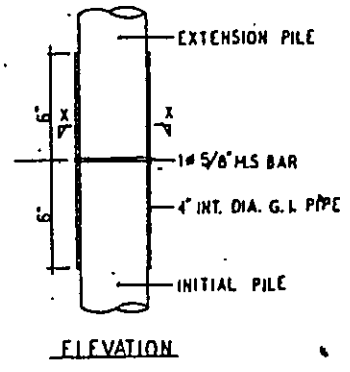
ない特性をもっている。末口4"~5"、元口5"~6"、長さは20~24'を

落錘の自重で貫入するような地盤では鋼製のスリーブシャフトを用いて二本

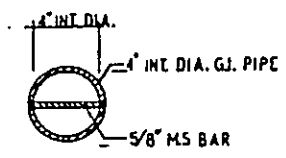
継ぎしている。この杭は常水位の高、軟弱地盤に採用される摩擦杭で、



PILE CAPS



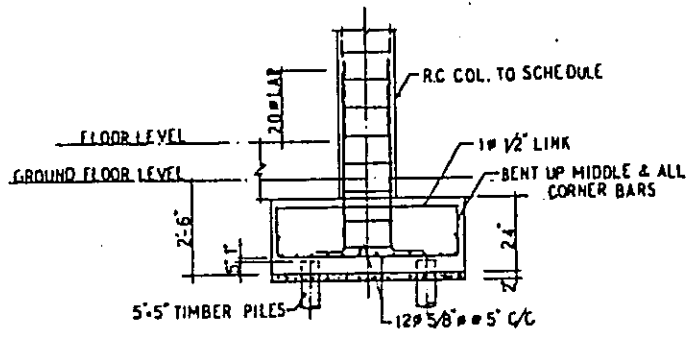
ELEVATION



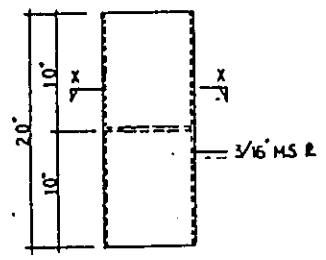
SECT. X-X

DETAIL OF PILE EXTENSION JOINT

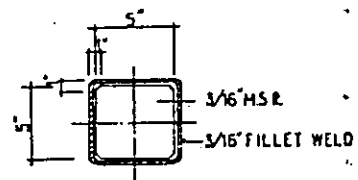
Fig.7-3 Typical Details of Bakau Piles



PILE CAPS



ELEVATION



SECT. X-X

PILE SLEEVE DETAILS
JOINT FOR 5'-5" TIMBER PILES.

Fig.7-4 Typical Details of Treated Timber Piles

計算なしで許容支持力 1 ton/pile とし、その配置は1丈間隔と非常に密になっている。一般に柱荷重 30 ton 以下の軽微な建物に採用している。(Fig. 7-3)

ii) Treated timber pile

材料は広葉樹の Kempas (*Koompassie Malaccensis*) で、繊維方向の圧縮強度が 750 psi (264 kg/cm^2)、高圧化学処理は防腐剤を高圧容器を用いて木材に浸透させている。常用されている杭材の断面は $5" \times 5"$ と $6" \times 6"$ の2種類で、杭長は $20' \sim 24'$ 。部材の曲がりばねは杭長 $20'$ で $1" \pm$ (25 mm) 以下、 $20'$ 以上の場合は $2" (51 \text{ mm})$ 以内となっている。(Fig. 7-4)

設計支持力は $5" \times 5"$ で 14 ton/pile 、 $6" \times 6"$ で 20 ton/pile で、打込みは $2,100 \sim 2,400$ ポンド ($900 \sim 1,088 \text{ kg}$) の落錘を使用している。

継杭のジョイントは $3"$ の鋼板によるスリーブジョイントを使用しているが、継ぎ目による支持力低減をおこなっていない。また細長比による支持力も土の拘束を考慮して低減されている。

(a) Precast concrete pile

工場生産の遠心力 RC 杭は生産されており、輸入品は非常に高価

になるためほとんど使用していない。一般には現場製作の角型RC杭を用いている。

コンクリートの4週強度は 750 psi (26.5 kg/cm^2) で主筋には高強度異形鉄筋を使用している。常用されている杭断面寸法とその設計支持力は次の通りである。

12" X 12" 60 ton/pile

14" X 14" 80 ton/pile

15" X 15" 100 ton/pile

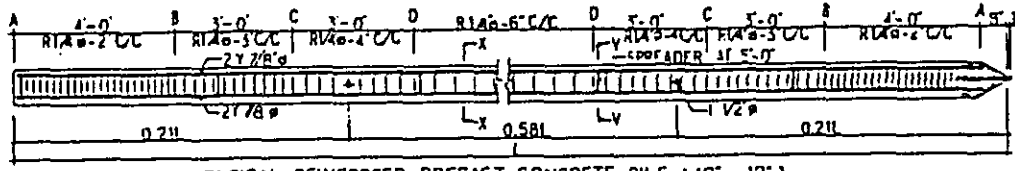
杭長は最大40' (12m) で、これは鉄筋の定寸寸法に対応した長さである。

杭先端の沓、柱頭は鋼板成型で補強され、杭の継ぎは径1"の丸鋼を用いた桁式継ぎである。(Fig. 7-5)

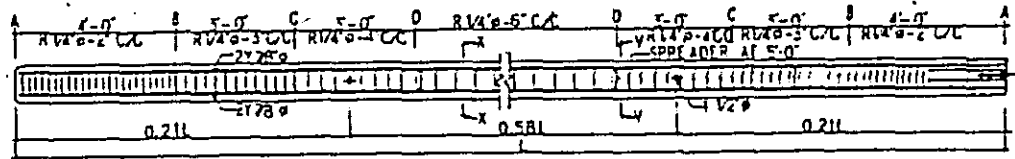
打込みはデルマッ723または2-35tonの落錘を用いている。コンクリートの養生は自然養生であり、杭打の工期は杭の製作期間で3週間以内と思われる。国他の1住棟の杭工事で杭長40'の場合工期4ヶ月、杭長60' (継杭) の場合工期6ヶ月を要している。

(3) Steel pile

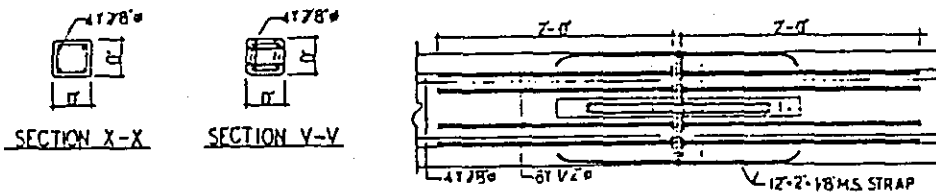
H鋼、鋼管、古レールなどを用いている。H鋼、鋼管は日本からの



TYPICAL REINFORCED PRECAST CONCRETE PILE (12' x 12')

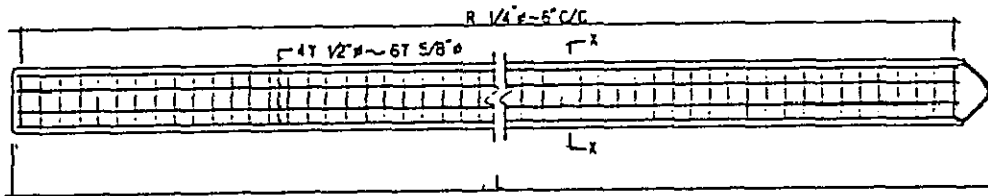


TYPICAL EXTENSION PILE (12' x 12')

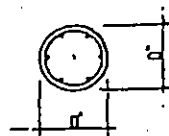


TYPICAL EXTENSION JOINT

Fig.7-5 Typical Details of Precast Concrete Piles



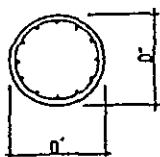
SITE CONCRETE PILE



SECTION X-X

D	CAPACITY BEARING LOADS
13 1/2"	45 TONS
15"	60 "
17"	75 "
19"	95 "
21"	110 TONS

Fig.7-6 Typical Details of Vibro Piles



D=19"-24"

Fig.7-7 Cross-section of Bored Piles

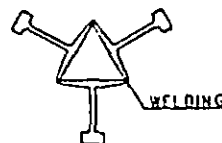


Fig.7-8 Cross-section of Multi-Rail Piles

輸入品で、非常に高価であり、低価格住宅の建設にはほとんど採用されていないが古レールの組立杭は使用している。

Fig. 7-8 に示した古レールの組立杭の設計支持力は 100 ton/pile である。

(4) Cast-in-site pile

現場造成杭で、次の様な工法が採用されている。

Vibro piling : 最大掘削深度 140' 杭径 $12\frac{1}{2}" \sim 21"$ (Fig. 7-6)

Rotary piling : 最大掘削深度 186' 杭径 $18" \sim 7'$

Bored piling : 最大掘削深度 100' 杭径 $19" \sim 24"$ (Fig. 7-7)

常水位が高く、土質の条件からケーシングを必要とする場合はコストは非常に高くなる。Vibro pile の設計支持力は径 $12\frac{1}{2}"$ で 45 ton/pile 、径 $21"$ で 110 ton/pile である。

杭の載荷試験は必ずおこなっている。打撃杭の場合 Hiley の公式で支持力の確認をおこなっているが、載荷試験も同時におこなわれている。

杭工事は一般に建築工事と分離して発注している。工事範囲はフーチングのコンクリート打(柱の主筋を含む)までである。仕様書、設計図は木杭、RC杭で指示されていても、杭工事専門業者の経験と実績があれば、他の工法に変更することが認められている。

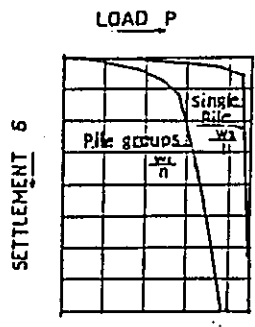
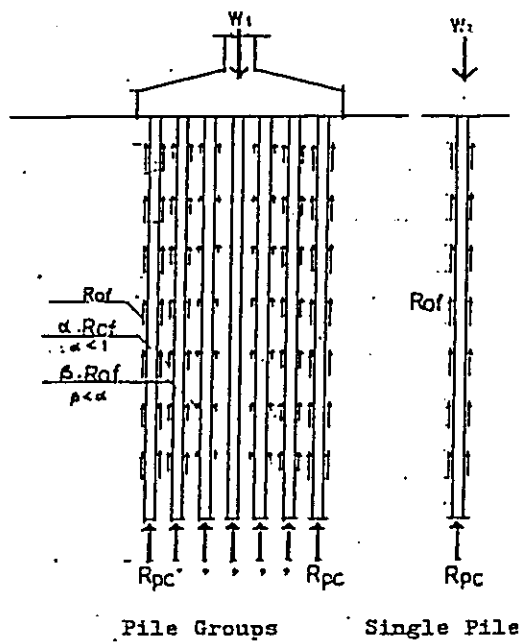
杭工法の問題点、

現在採用されている杭工法に関する構造的・経済的な問題についての検討結果を示す。

(1) Bakau pile

Bakau pile は本来摩擦杭で、その設計支持力は 1 ton/pile と非常に小さな耐力しか期待していない。しかし杭間隔 L は (杭径の約 2.5 倍であるが) と非常に密な配置となっている。このような密な配置は数本の杭基礎であれば問題は生じないが、この本とつた杭基礎になると群杭効果の問題が生ずる。単杭の支持力機構は杭先端の支持力と杭周辺の摩擦抵抗の和で表わされる。群杭の場合も同一の支持力機構であるが、杭先端の支持力が小さい軟弱地盤では内側の杭の摩擦抵抗は外側の杭に伝達されるため群杭全体としての摩擦抵抗は Fig. 7-9 に示すような外周囲の摩擦抵抗となる。したがって群杭形式の摩擦杭の場合、その支持力を低減する必要がある。このことは BS 2004 にも指摘されており、単杭と群杭の載荷試験結果にも明瞭に示されている。(Fig. 7-10)

その問題に対処するには大きな杭間隔をとり、摩擦力を直接下層に伝達させることが必要でその余裕のある建物は軽量の伝層

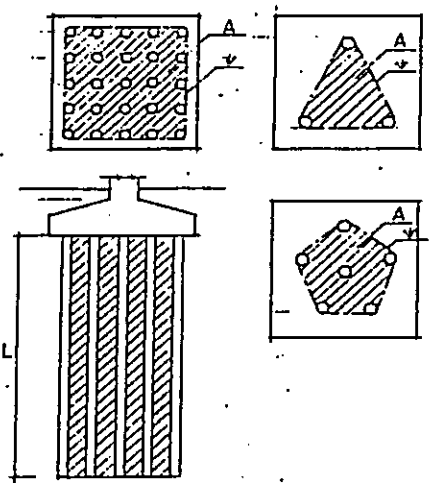


Efficiency of Pile Groups

$$\eta = 1 - \frac{T}{90} \left(\frac{(n-1)l + (l-1)n}{n} \right)$$

- η ; Efficiency of Pile Groups
- l ; Row of Piles
- n ; Number of Piles
- T ; $\tan^{-1} \delta/\phi$
- d ; Diameter of Pile (m)
- D ; Pitch of Piles (m)

Fig.7-10 Graph of Load VS. Settlement



Capacity Bearing Loads of Pile Groups

$$R_w = (A(q_c - \bar{c}) + \sum LS) / n \quad (\text{t/pile})$$

$$j = \frac{R_w}{n} = \frac{A(q_c - \bar{c}) + \sum LS}{n^2} \quad (\text{t/m}^2)$$

Fig.7-9 The Effect of a Group of Piles

の建物以外にはないと思われる。

(2) Treated timber pile

TIMBER pileは軽量で施工性もよく、また化学的に処理されていて耐久性、耐腐食性もあるという点で非常に経済的である。しかし、その許容曲がりが杭長20'に対し $1\frac{1}{2}$ " (38mm) と大きいこと、そして杭材の定尺が20'~24'と短いことが問題である。(photo. 7-8)

ホ1の問題は杭の支持軸方向力の偏心曲げの問題で、5'x5'の杭で杭材の応力度を計算すると次の値になる。

$$\text{杭材の応力度 } \sigma = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z} = 213 \text{ kg/cm}^2$$

これは杭材の強度 260 kg/cm^2 に近い値で、これに施工による偏心曲げが加算されると曲げ破壊の危険性がある。City Hallの載荷試験の資料の中でNo.1の荷重-沈下曲線にはその傾向が見られる。(Fig. 7-11)

良質地盤では工の拘束効果も考えられるが、錫鉱跡地のような軟弱な地盤ではそれは期待できない。(Fig. 7-12)

ホ2の問題は定尺が短いため、支持地盤の深い錫鉱跡地の条件では継手の数が増加し、杭の垂直度の精度も含め、杭の信頼度は低下する。

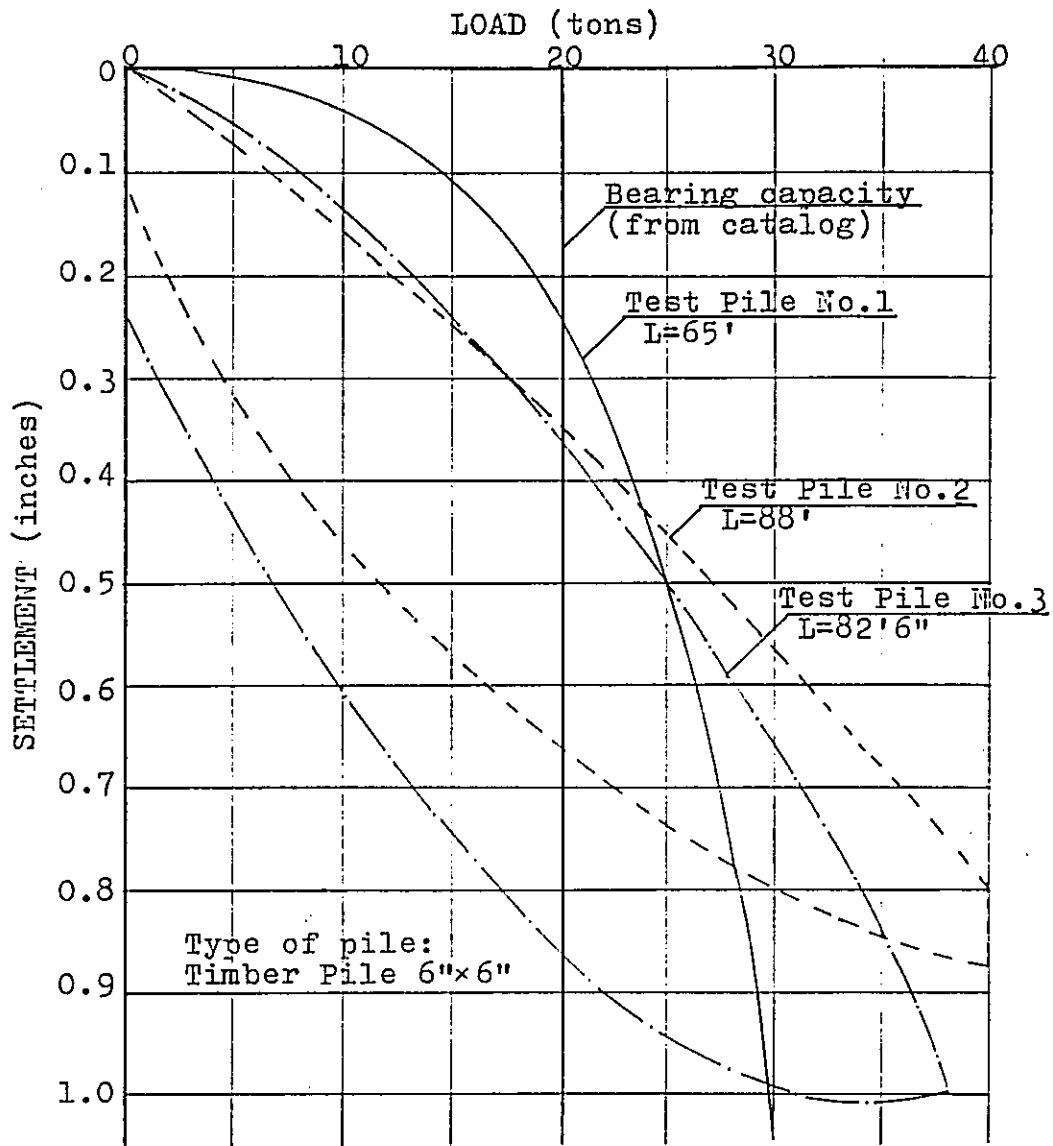


Fig.7-11 Graph of Load VS. Settlement



Photo.7-3 Curved Timber Piles

また継ぎによる支持力の低減、杭の細長比による支持力の低減もない
点を考えるとその採用には支持力を含めて慎重に検討する必要がある。

④) RC pile

この杭の問題は現場での杭の製作、杭の高止まりおよび杭の継ぎで
ある。現場製作のため杭打工事期間が非常に長く、杭長40'の
単杭200本程度で4ヶ月、杭長60'の継杭の場合6ヶ月といった
工期は、日本の工期の約2倍となっている。

現場製作に関連して、杭の高止まりの問題がある。支持地盤
の不整のため短い杭ですむ場合でも、杭の養生期間と工期の関係
で長い杭を使用することになる。Jalan Cherasの団地で見下杭の
余長は約6mもあり、杭長30mとしても杭工事費の20%が無駄
になっている。(photo. 7-4)

次の問題は杭の継ぎは柄継ぎであるため、その部分の曲げ耐力はほとん
どない点である。軟弱地盤に採用した場合、土の拘束力は小さく、
多小の杭の偏心、傾斜などによって、継ぎ位置での大きな曲がりの
発生が予想される。ゆが剛性のある継ぎのディテールを採用する
必要があると思われる。

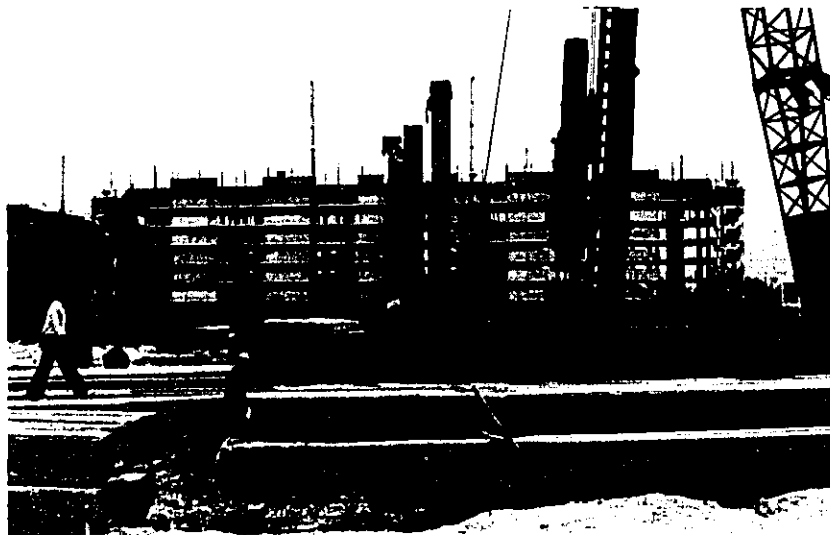
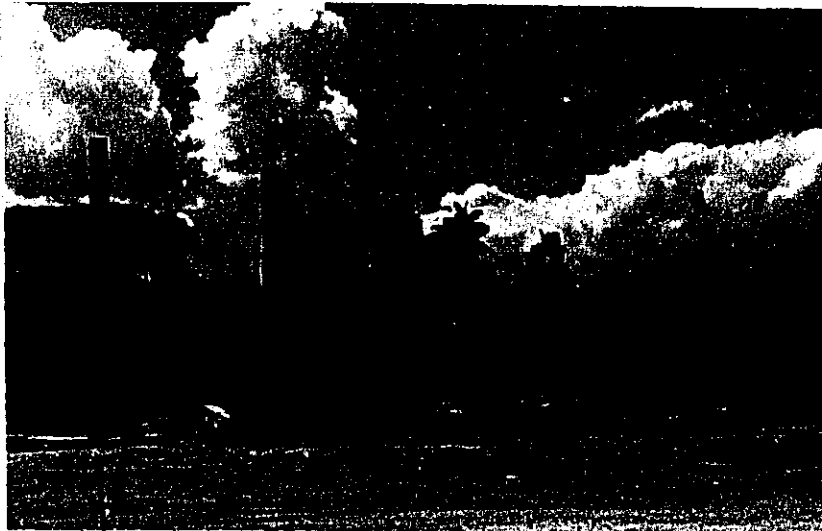
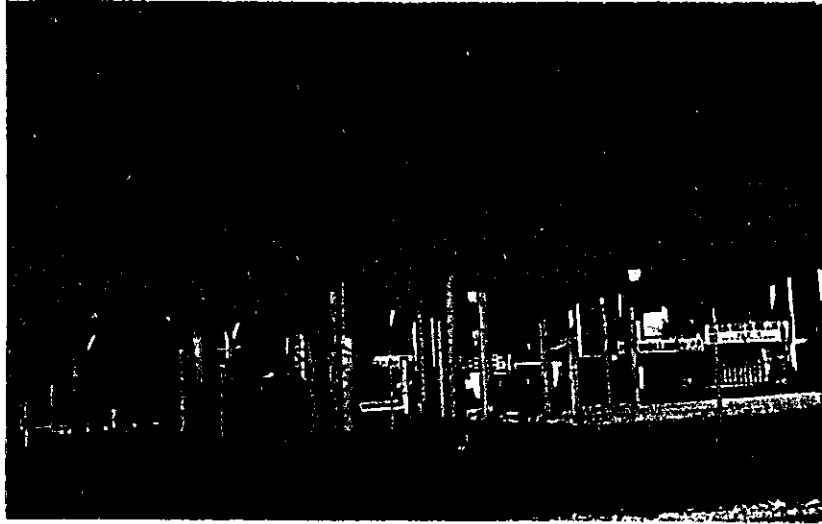


Photo.7-4 Surplus Length of Piles

(4) 木杭、RCパイプに共通して言えることは、載荷試験が多過ぎる点である。載荷試験は最も確実な杭支持力の確認方法であるが、杭材自身の強度に信頼性があり、支持地盤がライムストーンといった確実な地盤であれば、杭の最終打撃貫入量の確認ですむ場合も少くないと思われる。

7-3 錫鉱埋立地における障害例

7.77ランポール市の Jalan Sungai Besi の錫鉱跡地に建設された低価格住宅の1棟に不同沈下の障害が発生している。(photo. 7-5)

建物は4階建の鉄筋コンクリート造ラーメン構造で、壁は練瓦、コンクリートブロックの組積造、杭には摩擦杭の Bakau pile が使用されている。

建設は1960年頃で、設計図書もなく、その他の事は不明である。

現在、住民が居住しており、実測もできず、外観調査のみおこなった。

調査結果は次の通りである。

(1) 杭は摩擦杭で、全体として沈下している。しかし建築後20年経過しており、現在、沈下は進行していない。

(2) Aブロックは中央部の沈下が少なく、中央部が盛り上がったような不同沈下になっている。中央部と端部の高低差は目測で30cm位と思われる。

中央部1スパンの不同沈下は非常に大きく、桁行スパン10'に対し2"の差が見られ、その傾斜は $\frac{1}{60}$ である (Fig. 7-10)

中央部の沈下が少ないということは一般には考えられない現象で、

圧密層の厚さが局部的に薄いというような複雑な地層のたれと思われる。

(Fig. 7-14)

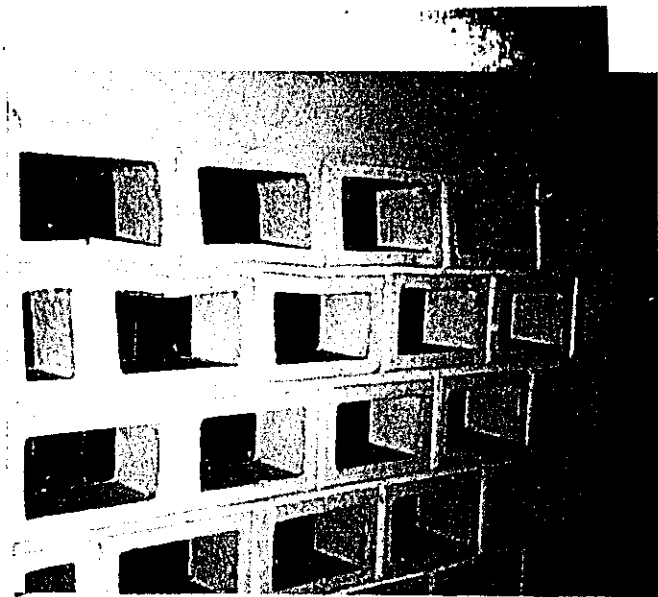
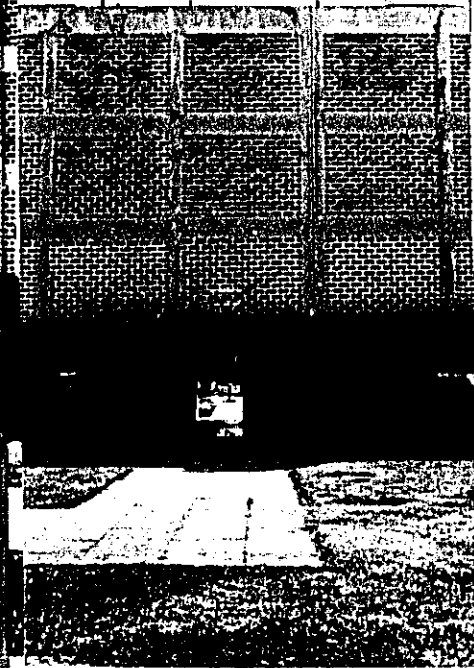
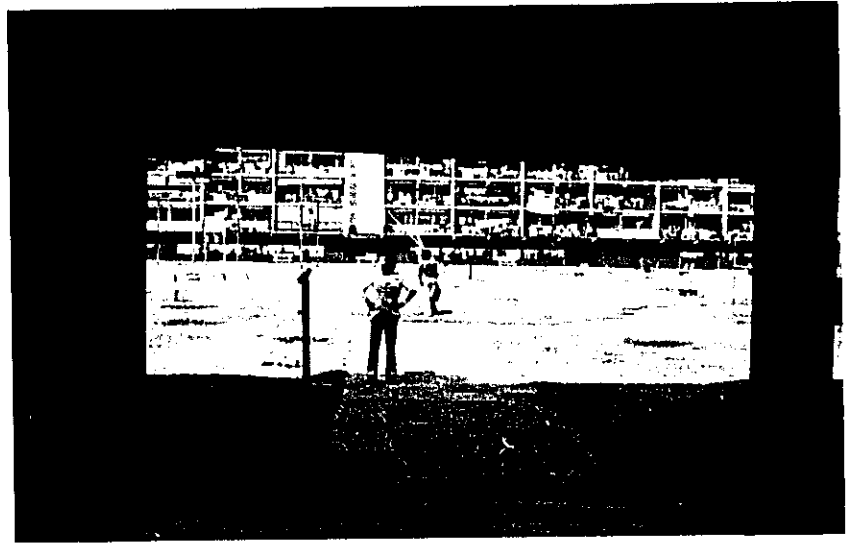


Photo.7-5 Unequaled Settlement of Building

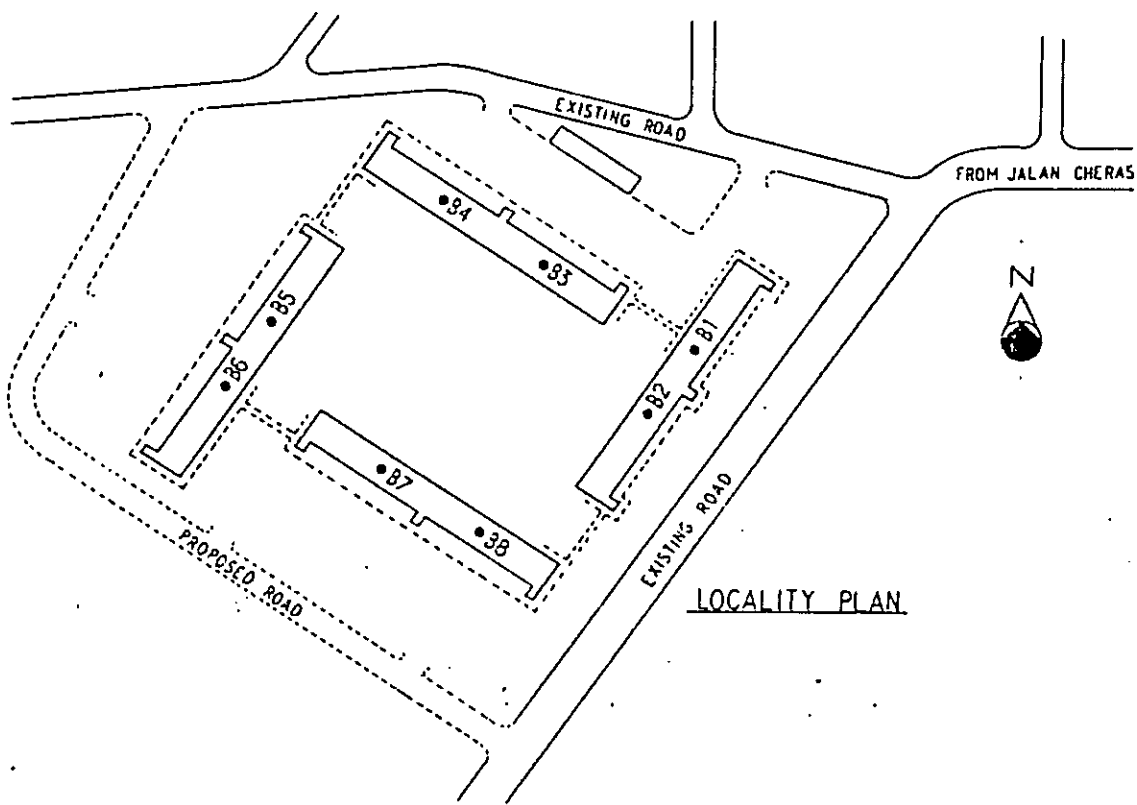
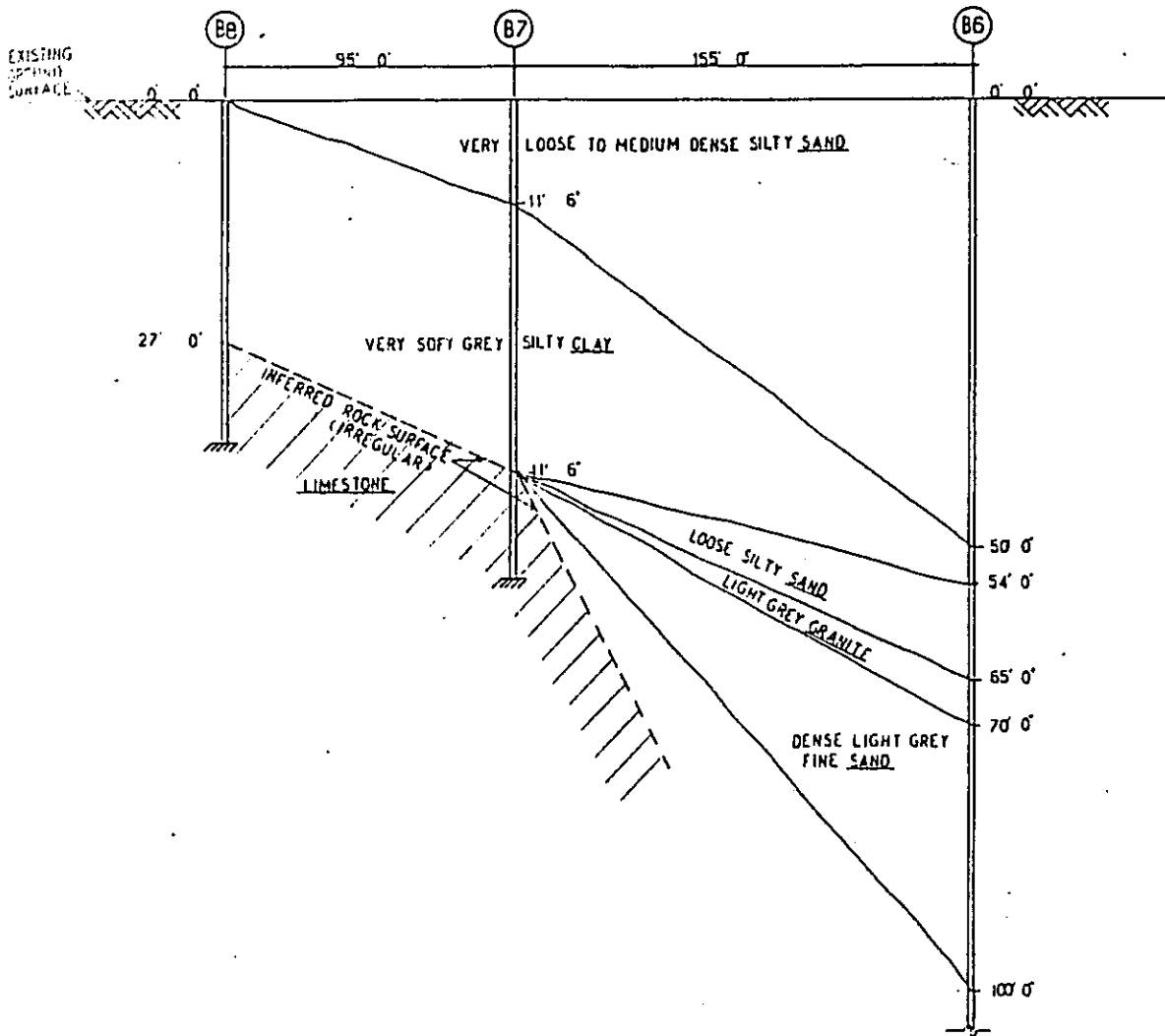
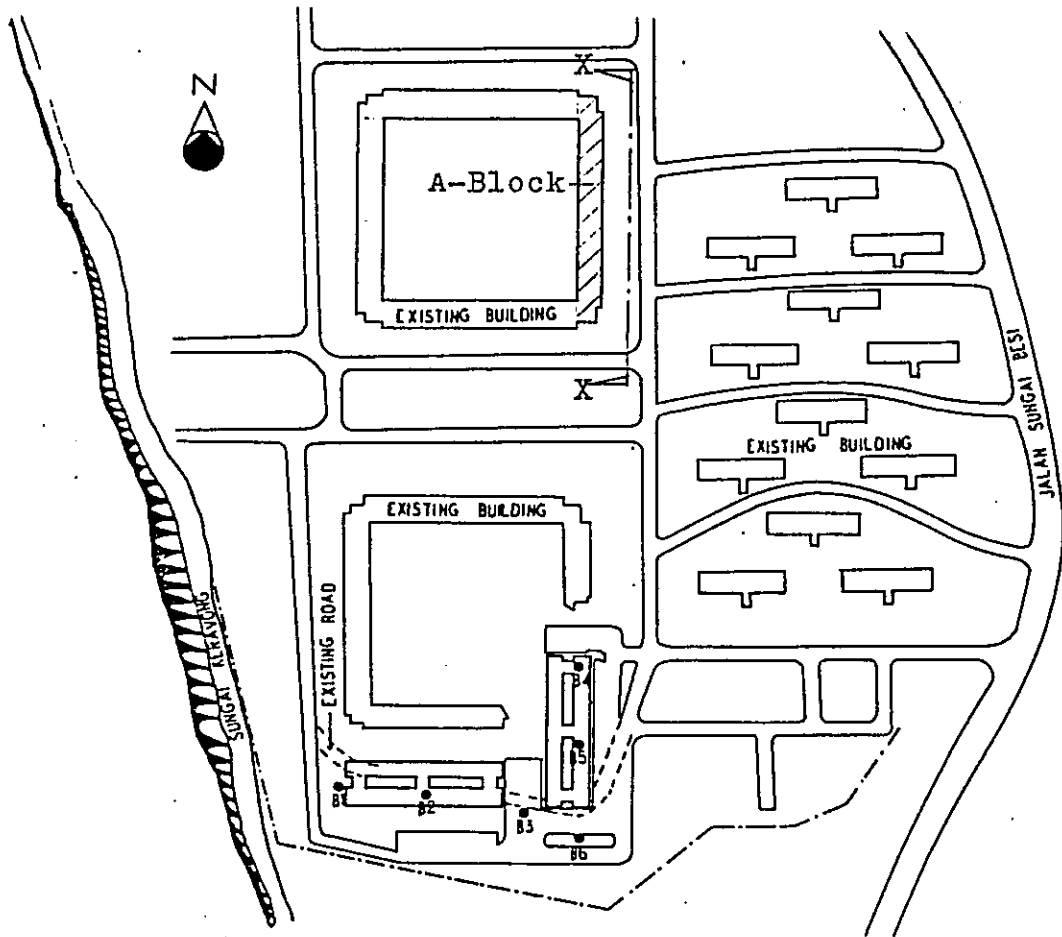
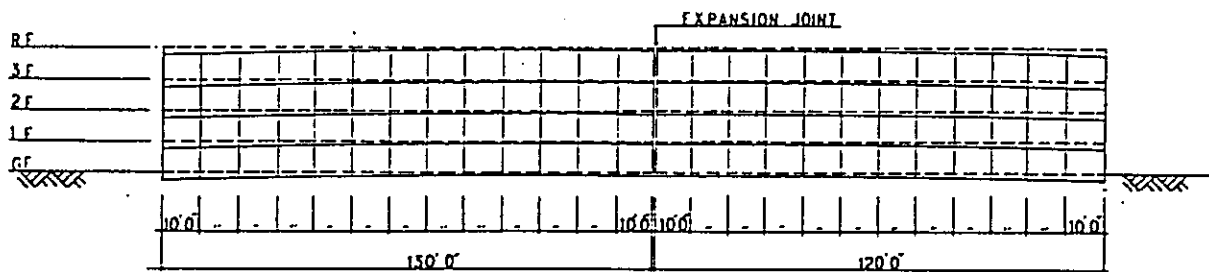


Fig.7-12 Soil-Profiles of ex-mining land at Jalan Cheras



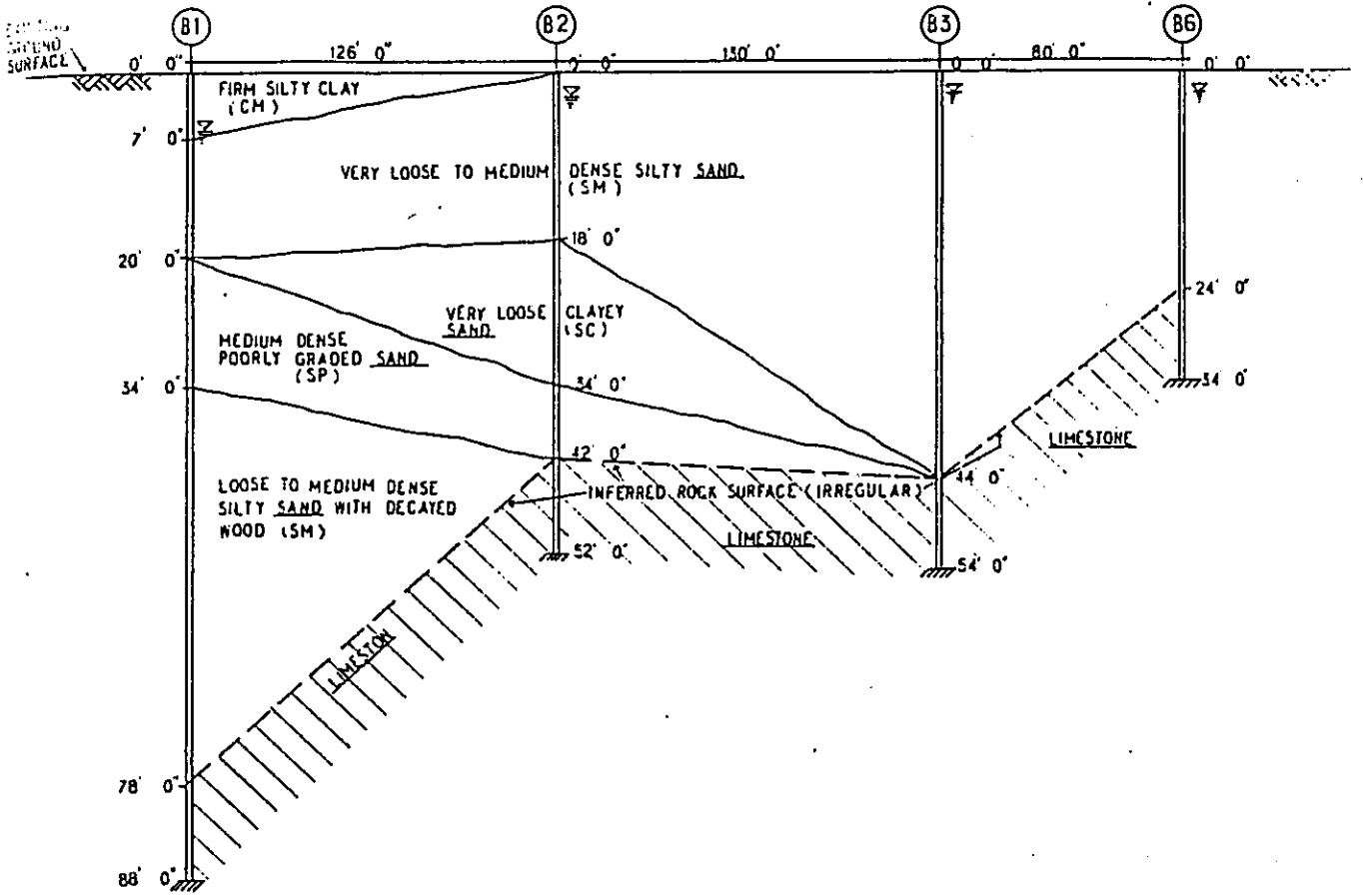
LOCALITY PLAN



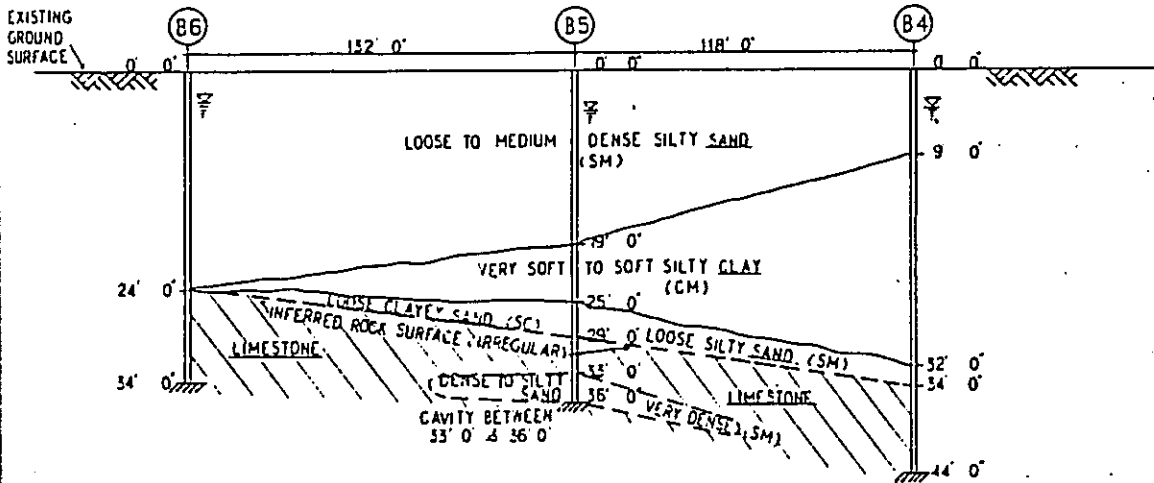
SETTLEMENT OF BUILDING
 --- Elevation X-X

Fig.7-13 Unequal Settlement of Building

SECTION A-A



SECTION B-B



SIMPLIFIED SOIL AND ROCK PROFILES

Fig.7-14 Soil-Profiles of ex-mining land at Jalan Sugai Besi

(3) 桁行の廊下の壁 (コンクリートブロック造) には亀裂発生はほとんど見られな
いが、採光、換気用の穴明ブロックの部分に目地割れ、亀裂、極端な塑
性変形が発生している。

(4) 桁行の梁の亀裂は中央部階段室の梁にスケ所見られたが、補修されて
いるためその中は不明である。変形割に全体として梁の亀裂の少ないのは
柱断面が $9" \times 14"$ と剛性が小さく、梁の変形に対する拘束が少ない
ためと思われる。

(5) 中央部階段室の廊下および踊場のスラブには各階とも亀裂が発生して
いる。

以上の外観検査で断定的なことは述べられないうが、この沈下は非常に長期にわ
たって進行したもので、コンクリートセコンクリートブロックのクリープ変形によってその強
制変形が吸収されたため、不同沈下による亀裂の発生が少ないのではないかと思
われる。

また同団地の附近の Seremban Highway の下水管理設工事中に地す
べりが発生し、近接した スコーターカ住宅の傾斜セ/階床の陥没などの被害
が最近発生している。(Photo. 7-6) 地下掘削深度はふたの程度で、

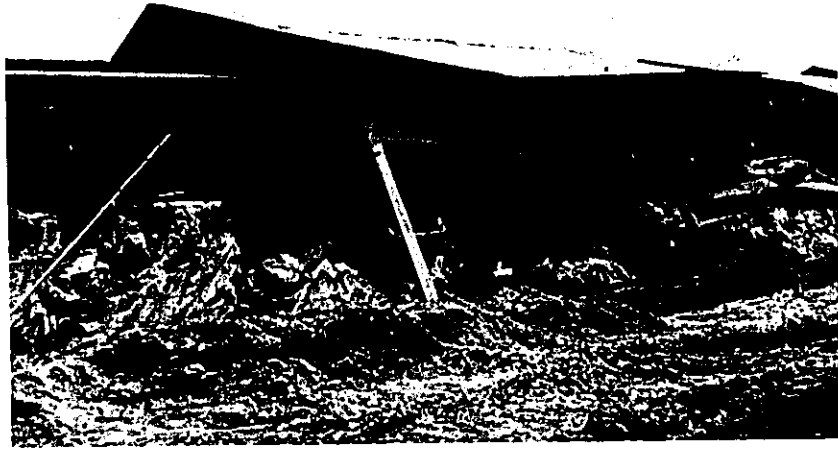


Photo.7-6 Land slip in Seremban Highway

木製矢板と部分的に鋼製矢板を山留に使用していたが、住宅側の敷地は
1.5m程度高くなっており、土圧の不均衡によって発生したように思われる。

これらの障害例は錫鉱跡地の地盤の問題を端的に表わしており、軟弱で
複雑な地盤での摩擦杭の採用、地下掘削工事に対して慎重な調査
と計画が必要なことを示している。

7-4 マレーシアの建築基準法と設計規準

都市ごとに規定されていた建築基準はまちまちであり、1976年に安全性と耐久性の確保を前提とした統一的な建築基準法 (Uniform Building By-Law) が制定された。それは次の8章で構成されている。

- 1章 総則
- 2章 許可に対する計画申請
- 3章 容積、採光、換気の規定
- 4章 建設作業の仮設工事
- 5章 構造規定
- 6章 各部構造
- 7章 耐火規定
- 8章 雑則

構造関係の内容は一般原則的なもので、材料の重量、用途別の積載荷重および土質と陸基礎の巾が定量的に規定されているだけである。それ以外はBSとBSCPに準拠するように規定されており、現状ではBSとBSCPによって設計されているようである。SpecificationとCode of PracticeがMalaysia Standardとしていくつか発行されているが、まだ完全に整備されていない。(Table 7-2)

Table.7-2 Malaysian Standard .

MS 7.1.1	Method of Testing Concrete Part 1
MS 7.1.2	Method of Testing Concrete Part 2
MS 7.1.3	Method of Testing Concrete Part 3
MS 7.1.4	Method of Testing Concrete Part 4
MS 7.1.5	Method of Testing Concrete Part 5
MS 7.2	Specification for Precast Concrete Blocks
MS 7.3	Specification for Test for Water for Making Concrete
MS 7.4	Specification for Coarse and Fine Aggregates from Natural Sources
MS 7.5	Specification for Sampling and Testing of Mineral Aggregates, Sand and Fillers
MS 7.6	Specification for Brick and Blocks of Fired Brickearth, Clay or Shale Part 2 (metric units)
MS 7.7	Specification for Hard Drawn Mild Steel Wire for The Reinforcement of Concrete
MS 7.8	Steel Fabric for The Reinforcement of Concrete-
MS 7.9	Specification for Hot Rolled Steel Bars for The Reinforcement of Concrete
MS 7.13	Specification for Portland Cement (Ordinary and Rapid-hardening) Part 1
MS 7.13	Specification for Portland Cement (Ordinary and Rapid-hardening) Part 2
MS 7.15	Specification for Ready-Mixed Concrete
MS 7.21	Specification for Concrete Porous Pipe for Under Drainage
MS 3.44	Code of Practice for The Structural Use of Timbers for Building Operations Code Part 1 9
MS 10.13	Code of Practice for Laying of Resilient Tile Sheet Flooring
*	Code of Practice for Site Investigations for The Use of Structural Steel in Building
*	Code of Practice for Construction in Structural Steel and Concrete; Part 1, Simply-Supported Beams in Building
*	Code of Practice for Loading ; Part 1, Dead and Imposed Loads

現行の規準では地震荷重の規定はなく東南アジアの地震図 (Fig. 7-15) でもマレーシア近傍には地震発生記録は見られない。

インド・オーストラリア西方には Indian Ocean-Australian plate があり、それにお
地震動の記録が新聞に報道されている。1966~1979年の New Strait
Times 紙のニュースを整理したのが Table 7-3 である。震源地、地震規模
についての情報は少ないが、ペナン市のマーケットの崩壊、シンガポールの建物の
壁の亀裂発生、高層住宅のゆれによる住民のパニックなどの報告が見られる。

風荷重は風速 25 m/sec に対応した小さな荷重で、受圧面積の少ない
桁行架構は水平荷重に対する抵抗力はほとんどないといつてよい。

錫鉱埋立地の住宅開発は深さ 20 m に達する軟弱な埋立地であり、そこに
建設された建物は良質地盤上にあり建物に比べて、より大きな地震動を
受けることは日本の地震災害から見ても予想されることであり、軟弱な埋立地
に建物を計画する場合には耐震性についての検討も必要でないかと思われる。

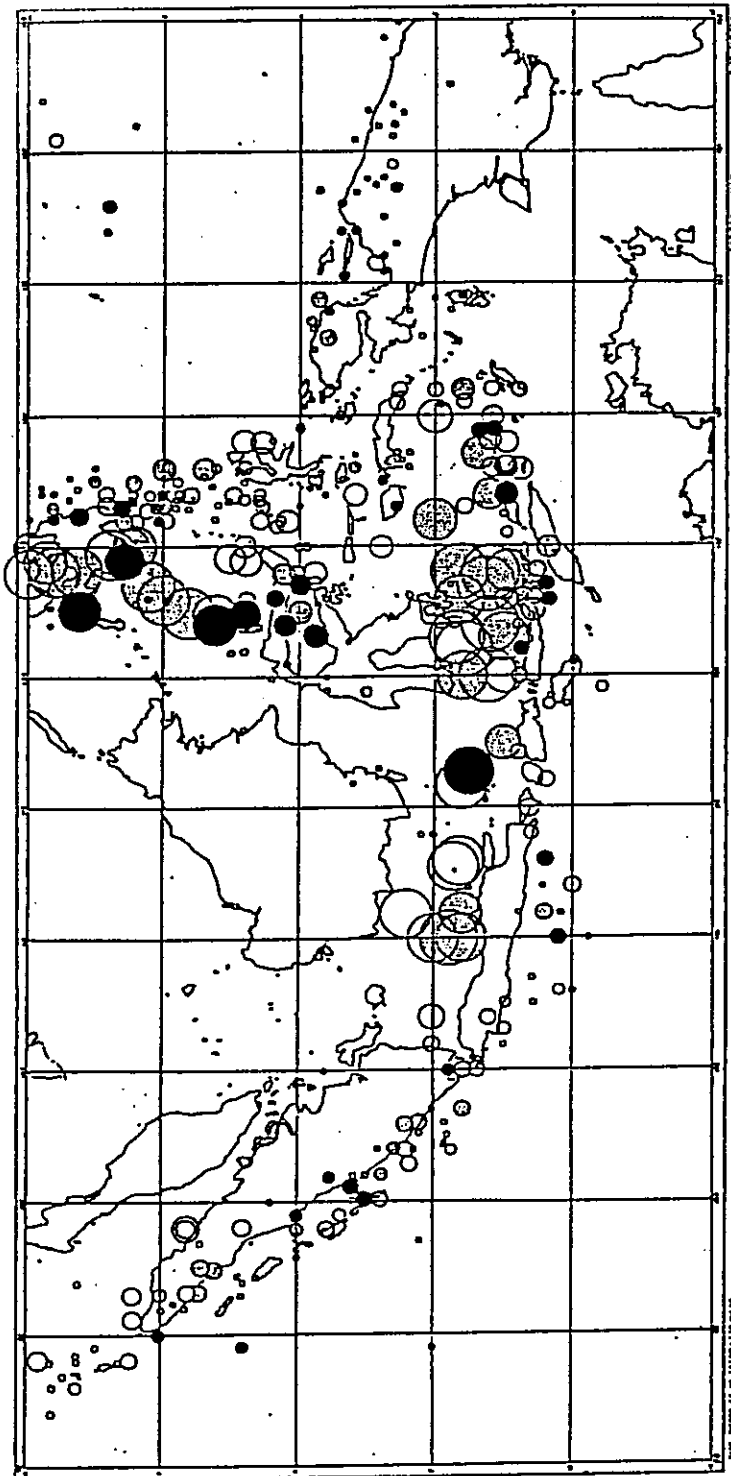
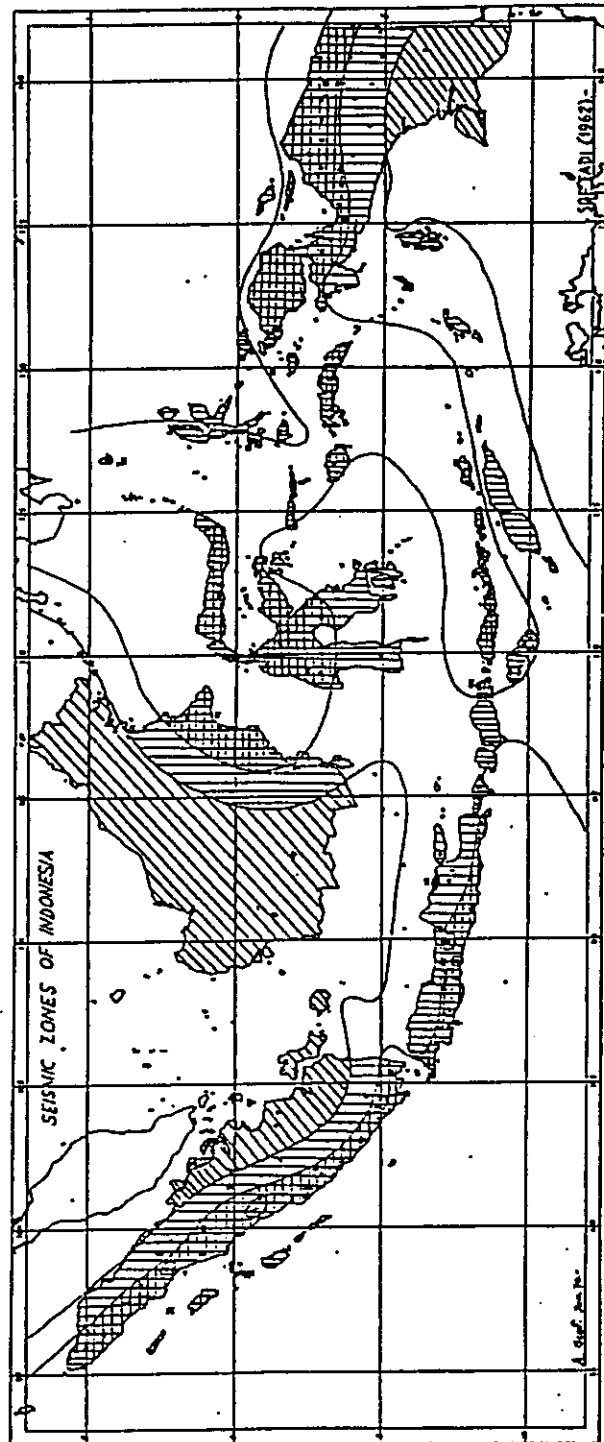


Fig.7-15 Seismic Maps of Indonesia

Seismicity map of Indonesia for the period 1904-1960. The radii of the circles representing earthquake epicenters, are a measure of the depth of the foci. Full black circles represent earthquakes of magnitude > 7 . Dotted circles represent earthquakes of a magnitude $6\frac{1}{2}$ -7. Open circles represent earthquakes of a magnitude $< 6\frac{1}{2}$.



LEGEND

- = $< V$ RF
- = V }
+ = VI }
- * = VII }
■ = $VIII$ }
- ▲ = IX

Table.7-3 Record of Earthquake (New Straits Times)

Date	Epicenter	Magnitude	Tremored City	Damage
20. 5.1966			SABAH, K. LUMPUR IPOH, PENANG	NO
13. 4.1967			K. LUMPUR, IPOH PENANG	Market Collapse (PENANG)
23. 8.1967			PENANG.	NO
21.11.1969		8.2	P. JAYA, IPOH PENANG	
15. 7.1970			KUCHING	NO
4. 2.1971	2° S 105° E	7.2	K. LUMPUR, P. JAYA SINGAPORE	Crack of Wall (SINGAPORE)
12. 5.1972			SINGAPORE	NO
23. 4.1975			SINGAPORE	NO
29. 7.1976			SINGAPORE	NO
9. 3.1977	0.4° N 99.7° E	5.5-6.5	K. LUMPUR SINGAPORE	NO
18. 3.1979			PENANG	NO

7-5 錫鉱埋立地住宅開発の意義と住宅開発費

クワラルンプール市は19世紀中頃、Open cast tin mine の町として開発され、現在は露天掘採鉱と浮遊選鉱法の必然的結果として、数多くの錫鉱跡地（荒廃地・湿地・池）が残され、また新しい錫鉱事業所によってその跡地は今後とも増え続けていくものと思われる。

錫鉱生産の増大にともない、多くの労働者がクワラルンプール市に移住し、彼等は未管理の錫鉱跡地に仮設的な住居を建設し、それは部落を形成し、大きな社会的問題となつて、スコーターの源となつた。数少ない資料から錫鉱区域とスコーター占有地の分布図を重ねたのが Fig. 7-16 で、両者の分布はほぼ一致している。1974年の調査ではスコーターの人口は20万、その占有面積 5,000 エーカー（クワラルンプール市領域の10%）で、その56~77%が政府所有地 またはリザーブ用地である。

錫鉱跡地は今回調査の Kampong Pandan に見られるように、住宅地に利用できる以外の湿原や池があり、それらを含めると未開発の錫鉱跡地はスコーター占有地の数倍もあるものと思われる。

年間の人口増加率 $\mu\%$ というクワラルンプール市の急激な都市成長は住宅地の不足、土地価格の急上昇を引き起こしている。低所得者階層に住宅を

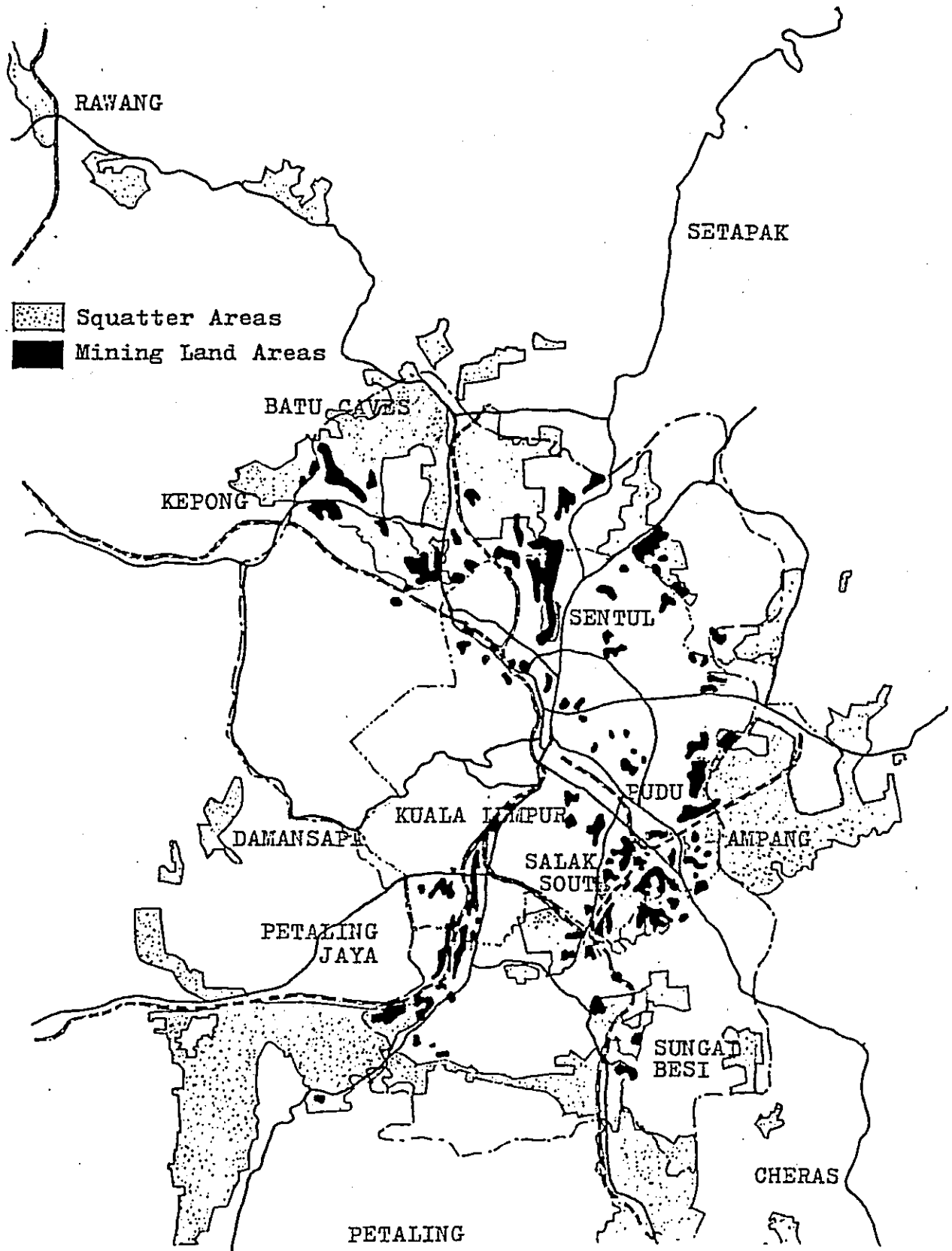


Fig.7-16 Location of Squatter Areas and Mining Land Areas

供給する 低価格住宅のための錫鉱跡地宅地開発はスローター問題の解決となり、大きな社会的意義をもっている。

ところで錫鉱跡地は極めて軟弱な地盤で、その層も厚く、住宅地として利用するには地盤改良や杭工事が必要である。杭工事費は工法により多少の差があるが、支持力/ton ~ 杭長/m当り 1ドル程度であるから、杭長を25mとすると、杭工事費は住戸面積/m²当り次の値になる。

$$\text{低層} \quad (W=1.72\text{t/m}^2) \quad CP=1 \times 25 \times 0.72=18\text{ドル/m}^2 \quad (1.66\text{ドル/ft}^2)$$

$$\text{中層} \quad (W=0.78\text{t/m}^2) \quad CP=1 \times 25 \times 0.78=19.50\text{ドル/m}^2 \quad (1.80\text{ドル/ft}^2)$$

$$\text{高層} \quad (W=1.98\text{t/m}^2) \quad CP=1 \times 25 \times 0.98=24.75\text{ドル/m}^2 \quad (2.15\text{ドル/ft}^2)$$

建物重量は階数に比例して増加するから当然の結果であるが、杭工事費、土地費、建築費、環境整備費を含めた全体の開発費を算定してみよう。

住宅開発費の算定は住宅局発行の「Low cost Housing」の標準建設費の資料(Table 7-4)の中から、低層、中層、高層のモデル(※印)を選出し、土地の価格を5ドル/ft² (Fig. 7-17)と仮定し、杭工事費を含めて計算したのが Table 7-5である。

低層、中層、高層の順に戸当りの開発費が安くなっている。これは

Table.7-4 The Estimated Costs of Houses
(from National Department Housing)

House-Type	Total covered area(ft ²)	Land area (ft ²)	Estimated Costs (M\$)			
			Building	Land	Others	Total
2-room single story terrace house	336	1,624	3,100 (9.23)	338	695	4,133
2-room two story terrace house	395	1,030	3,600 (9.14)	238	500	4,338
2-room two story terrace house	581	1,522	3,800 (6.55)	351	675	4,826
3-room single story terrace house	458	1,519	4,000 (8.74)	351	675	5,026
3-room two story terrace house	479	1,031	4,100 (8.56)	238	500	4,838
3-room single story terrace house	750	1,814	5,400 (7.20)	419	745	6,563
3-room two story terrace house	558	1,007	4,800 (8.61)	232	500	5,532
3-room 5 story flats	551	723	6,600 (11.98)	167	1,897	8,664
2-room 5 story flats	381	603	6,000 (15.75)	139	1,328	7,467
2-room 17 story flats	370	147	6,200 (16.58)	34 (1,600)	1,226 -costs of piles	9,060

Please Note: The Estimated Costs of the following hypothetical schemes were based on rates taken on 1-2-1978

Table.7-5 The Estimated Costs of Housing Improvement

House-Type	Estimated Costs (M\$)				
	Building	Land	Piled foundation	Others	Total
Terrace House	2,496	7,610	632	675	11,413
Medium-rise Flats	6,000	3,015	686	1,328	11,029
High-rise Flats	6,316	735	820	1,226	9,097

(Area 381 ft²)

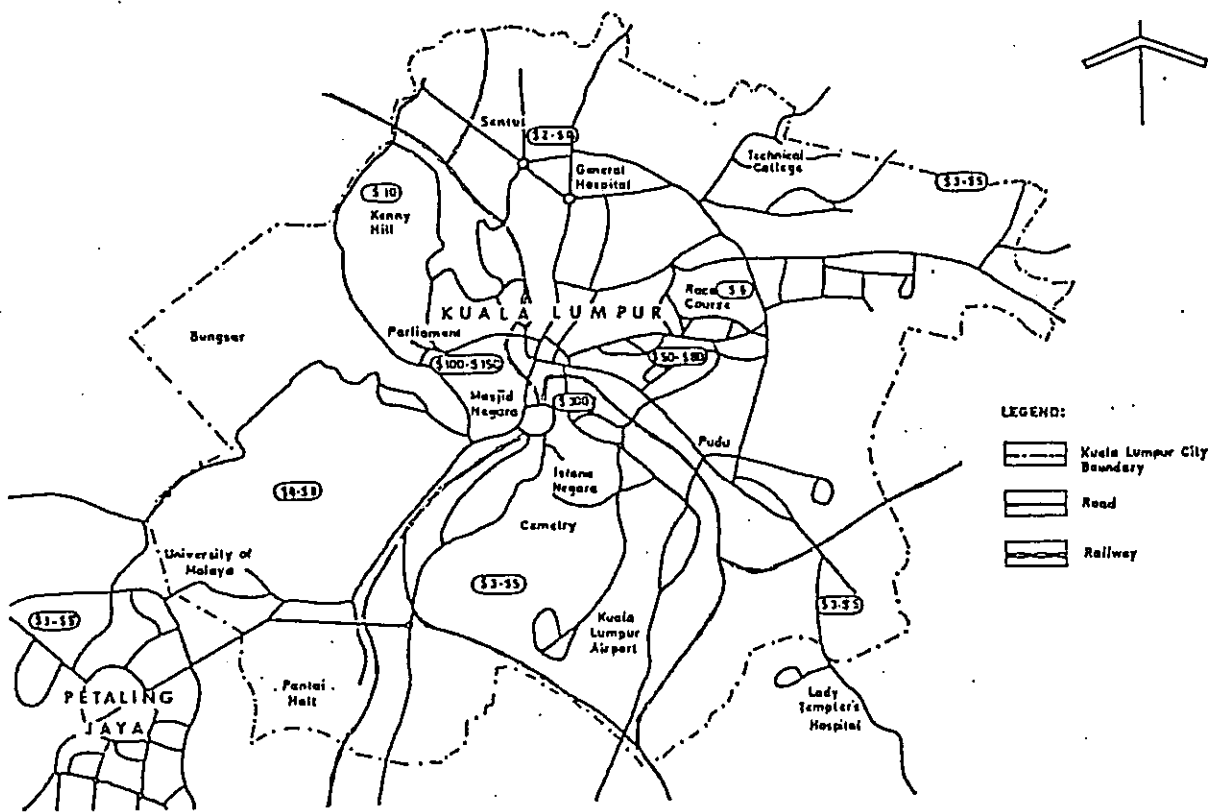


Fig.7-17 Cross-Section of Land Value in KUALA LUMPUR

多くの仮定で算定したものであり、土地の価格で透視する場合も考えられ、密度決定の問題は都市計画や立地条件とも関係している。

また、杭工法にしても、地盤改良などを含め、その地盤特性、建物の規模に対応した最適な工法選定の問題がある。

今後、調査対象の錫鉉跡地に対し、各種の密度を設定し、その地盤条件と工法を考慮に入れた具体的な配置計画を行ない、その開発費の比較検討をおこなう必要がある。

第 8 章

フェーズIIの業務内容に関するコメント

以上報告した如く、Inception Report (昭和54年12月付)に示されたフェーズIの業務内容はほぼ予定通り実施された。

フェーズIの業務の経過をふまえてフェーズIIの業務内容に関していくつかのコメントをします。

フェーズIIの業務内容として Inception Report は次のように述べている。

“フェーズIIの主目的は

- (1) 軟弱土の改良工法の検討
- (2) 住宅建築物の基礎工法の検討と選定。

ただし、最終的フェーズIIの業務内容はフェーズIの業務終了後に検討決定する。”

上述の二つの検討項目を含めて、下記の項目がフェーズIIの内容として適切と考えられる。

- (1) 軟弱土の地盤改良工法の検討

本項目には下記事項の解析検討が含まれる。

(i) 軟弱地盤改良工法の技術的適用性

- ・ 余盛り工法
- ・ ドレイン工法と余盛り工法の組合せ
- ・ サンド・コンパクション パイル
- ・ 動圧密工法
- ・ バイブロ・タンピング工法
- ・ 化学的地盤改良
- ・ その他

(ii) 工費、工期、現地での適用性等。

- (iii) 結論を導くのにまわめて重要と判断された場合には
現場試験を実施する可能性を見込む。

(2) 建築構造物基礎の検討

下記の事項を検討する。

- ・ 杭基礎
- ・ フーチング基礎
- ・ ラフト基礎
- ・ 地中バリ等の基礎に関連した構造面の検討

◦ その他

(3) 土地造成 土工等に関する土質工学的検討

- 軟弱土の土性特性
- 圧密 沈下
- 斜面安定 (盛土, 切土, 掘削)
- 斜面崩壊
- 排水
- その他

(4) 追加土質調査

(5) 上記(1)~(4)項の内容をとりよめ今後の錫鉍跡地の住宅開発に
ついて調査設計の参考とできるようにする。

(6) クアラリンプル近辺の錫鉍跡地の調査

Kampong Pandan および Sentul 以外のクアラリンプル近辺の錫鉍跡地

を概査し結果を下記の項目に関してまとめる(条件によっては、現地土質調査・
土質試験を実施する可能性を見込む)。

(i) 住宅開発地としての適合性

(ii) 住宅開発において基礎工学面での容易性ある、は困難性

(iii) 地盤条件に対応した住宅タイプの選定(低層、中層、高層など)

(7) 錫採取法に対するコメント

錫鉱跡地が住宅用地として利用し易くなるように
錫採取法を改善するなどの方策があれば提案する。

(8) 経済面、財務面の検討

(i) 土地造成 および基礎工法の工費検討

(ii) 住宅開発の収支バランス(コスト/ベネフィットの検討 など)

(iii) 財務面の検討、キャッシュ・フロー、適性家賃、開発スケジュール等

上記のフェーズIIの内容については日本政府、関係各省庁の
討議を経た上で、2-3ヶ月内に最終案が決定される予定である。

