

マレーシア・プライ河排水干拓計画

フィジビリティ調査

1968年3月

海外技術協力事業団

保存用

持出禁止

JICA LIBRARY



1059332[5]

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 16	113
登録No. 00701	61.7
	AF

目 次

計画平面図		
序 文		
団員名簿		
概要，結論，勧告	.....	1
報告書	.....	7
第1章 総 説	.....	7
1-1 計画地域	.....	7
1-2 グライ河	.....	7
1-3 農 業	.....	8
1-4 かんがい，排水	.....	9
1-4-1 ムダ河かんがい計画	.....	9
1-4-2 クリム河かんがい計画	.....	9
1-4-3 ジャラク河かんがい計画	.....	9
1-4-4 排水現況	.....	10
1-4-5 排水計画	.....	10
1-5 工 業	.....	10
1-6 交 通	.....	10
1-6-1 道 路	.....	11
1-6-2 鉄 道	.....	11
1-6-3 舟 運	.....	11
第2章 一般計画	.....	13
2-1 緒 言	.....	13
2-2 防潮水門の位置選定	.....	14
2-2-1 下流の位置検討	.....	14
2-2-2 中流の位置検討	.....	14
2-2-3 位置の決定	.....	15
2-3 計画の目的	.....	15
2-3-1 農 業	.....	15
2-3-2 工 業	.....	16
2-3-3 交 通	.....	16
第3章 調査および測量	.....	18
3-1 地 形	.....	18
3-1-1 既存地形図	.....	18

3-1-2 測 量	.....	18
3-2 水 文	.....	18
3-2-1 気 候	.....	18
3-2-2 流出量	.....	20
3-2-3 潮 位	.....	21
3-3 かんがい排水の組織	.....	21
3-4 土 壤 調 査	.....	22
3-4-1 緒 言	.....	22
3-4-2 土壌調査の区域と方法	.....	22
3-4-3 土地分類	.....	22
3-4-4 理化学的性質	.....	24
3-5 土 質 調 査	.....	24
3-5-1 緒 言	.....	24
3-5-2 現地調査	.....	25
3-5-3 室内試験	.....	26
3-5-4 試験結果	.....	26
第4章 水 文、水 理 解 析	.....	28
4-1 緒 言	.....	28
4-2 一 般 事 項	.....	28
4-2-1 降雨量	.....	28
4-2-2 河 状	.....	30
4-2-3 海 象	.....	34
4-3 計 画 洪 水 量	.....	35
4-3-1 確率日雨量	.....	35
4-3-2 計画時間雨量	.....	37
4-3-3 単位図法	.....	38
4-3-4 ハイδροグラフ	.....	45
4-4 河道および河口における数学モデル	.....	46
4-4-1 数学モデル	.....	46
4-4-2 数学モデルにおける若干の水理現象の再現	.....	54
4-4-3 現況流況による模型の検証	.....	54
4-5 河口港に対する影響	.....	55
4-5-1 海岸における諸条件	.....	55
4-5-2 波と沿岸漂砂	.....	56
4-5-3 潮流による河口漂砂	.....	58

4-5-4	バターワース新港に対する影響	58
4-5-5	ブライ港に対する影響	59
4-6	防潮水門の規模および干拓の可能性	60
4-6-1	防潮水門の規模	60
4-6-2	基準内水位	61
4-6-3	淡水化過程の検討	68
第5章	農業の現状と将来の可能性	67
5-1	緒言	67
5-2	農業経営	67
5-2-1	水稲栽培	67
5-2-2	農家経済	69
5-3	干拓排水改良の事業計画	73
5-3-1	干拓	73
5-3-2	排水改良	74
5-3-3	かんがい	75
5-4	土壌改良	76
5-5	計画地域の農業の発展性	77
5-5-1	収量	78
5-5-2	収益率	79
5-5-3	水稲栽培の技術的問題に対する提案	79
第6章	主構造物の設計	82
6-1	防潮水門	82
6-1-1	緒言	82
6-1-2	水門断面	82
6-1-3	ゲートの選定	88
6-1-4	躯体工	84
6-1-5	付替水路	85
6-1-6	縮切堤防	86
6-1-7	付替道路	88
6-1-8	附帯工事	88
6-1-9	施工計画	89
6-2	河口補償工事	91
第7章	事業費と工程計画	98
7-1	積算	98
7-1-1	緒言	98

7-1-2	工事費積算	98
7-1-3	維持管理費	95
7-2	工程計画	96
7-2-1	防潮水門工事工程計画	96
7-2-2	干拓, 排水改良工事工程計画	96
7-2-3	全工事の工程計画	96
7-2-4	償還計画	96
第8章	経済評価	97
8-1	緒言	97
8-2	年間便益	97
8-2-1	農業	97
8-2-2	工業用水	98
8-2-3	交通	99
8-2-4	間接便益	99
8-3	防潮水門の費用振分	100
8-3-1	費用振分方法の概念	100
8-3-2	費用の振分	100
8-4	年経費	101
8-4-1	農業	101
8-4-2	工業用水	101
8-4-3	交通	101
8-5	費用便益比率	101
8-6	償還能力	103
8-6-1	円借款の返済	104
8-6-2	支払能力	105
8-6-3	円借款の収支	110

序

日本政府は1966年7月15日、マレーシア政府より、ブライ河排水干拓計画の調査について技術協力を求められた。

マレーシア政府が作成した予備調査報告書に基き日本政府はこの計画を検討の上、フィージビリティ調査のための調査団をマレーシアに派遣する方針を決定した。

この調査実施に関して1966年7月21日、日本政府より委嘱された海外技術協力事業団(O. T. C. A)は農地省農地局かんがい排水課長、杉田栄司氏を団長とし、各分野のエキスパートからなる11名の調査団を編成し、1967年9月4日から、順次現地へ派遣し、全年11月21日まで79日間にわたる調査を実施した。

この調査はマ政府で準備された上記予備調査報告書に基き地質、土質の調査、地形および河川の測量、河川流量および雨量の新規観測、土壌調査、経済効果調査(ブライ河)河口部に対する堆砂問題の調査を中心として、行なわれたものであり、既存の各種資料の集収も並行して行なわれた。

現地調査に引き続いて、調査団が日本に帰国後、水理解析、構造物設計、積算、経済効果等の作業が行なわれて“Feasibility Report on Drainage and Reclamation of Sg. Prai Basin in Malaysia”が完成されここに報告書として提出する運びとなった。

この報告書がマレーシアの農業開発ばかりでなく、地域開発の新しい方向づけと適格な開発計画の実施に寄与するとともに日本、マレーシア両国間の親善関係と経済交流の推進に役立つならば当事業団としては、これにまさる喜びはない。

終りに本調査の実施にあたって、御支援と御協力を惜しまれなかつたマレーシア政府関係者下記の方々、および日本外務省、農林省、三祐コンサルタンツおよび調査団団員各位に対し、深甚な謝意を表する次第である。

Enche Sulaiman Bin Abdullah,

Principal Assistant Secretary, E. P. U.

Enche Saadullah Suhaimi, E. P. U.

Enche Ow Yang Hong Chien, Director, D. I. D.

Enche Fam Seng Lin, Assistant

Director, D. I. D.

Tan Sri Wong Pow Nee, Chief Minister, Penang.

Enche Tay Lang Seng, State Engineer

D. I. D Penang.

Enche Chee Sek Pan, Ag. State Agriculture

Office, Penang.

1968年8月

海外技術協力事業団
理事長 沢 沢 信 一

調 査 団 員 名 簿

氏 名	担 当	所 属
団 長 杉 田 栄 司	総 括	農林省農地局建設部かんがい排水課長
副団長 湯 川 清 光	農業土木	農林省農地局建設部設計課設計官
団 員 吉 川 節 三	農業経済	農林省関東農政局計面部計画課長
" 出 井 嘉 光	土 壤	農林省農事試験場環境部土壤肥料研究室長
" 三 枝 浩 三	農業機械	農林省農林水産技術会議研究管理官補佐
" 中 村 充	水 理	農林省農業土木試験場水理部水理研究第4室長
" 金 津 昭 治	農業土木	海外技術協力事業団農業開発協力室技術参事
" 清 水 孝 純	"	農林省農地局建設部設計課干拓堤防係長
" 中 村 和 也	"	農林省農地局建設部設計課頭首工係長
" 田 内 堯	"	農林省農地局計面部技術課基本調査係長
" 矢 追 秀 敏	涉外・農機具	海外技術協力事業団茨城国際研修会館 訓練計画

概要，結論および勧告

概要

位置

計画の対象となるプライ河 (Sg. Prai) 地区は、マレーシア (Malaysia) の北部にあるプロビンスウェルズレイ州 (Province Wellesley) の中央部に位置し、ペナン島 (Penang Island) を対岸に望んでいる。

現況

プライ河 (Sg. Prai) はクリーム、ジャラ、ケレ河 (Sg. Kulim, Jarak, Keroh) の三支川が合流した後、兩岸に展開する約 20,000 エーカーの低平地を蛇行しながら南西の方向に流れて、マラッカ海峡に注いでいる。この流域の上、中流部は主として、マレーシアにおける二期作の水田よりなる先進地であつて、下流部は、ゴム、ココナツ畑と最近着々と発展しているバターースプライ (Butterworth Prai) の工業地帯より構成されており河口には港湾施設が発達している。

プライ河流域の開発は、古くから進められてきたが、現在、プライ河に沿うはば 2,500 エーカーの沼沢地は、残されている唯一の未利用土地資源であるとともに、その隣接水田の排水条件を悪くしている。

この地域の人口密度は高く、マレーシアにおいて最大であるとともに、農業経営の規模は、8 エーカー未満の農家が 64 % を占め、全農家の 42 % が兼業農家であることからみても極めて零細であり、農業経営の拡大が望まれている。

開発の必要性

沼沢地の開発は古くから研究されてきたが、潮流によって惹起する河口港に与える悪い影響は現在まで技術的に未解決のまま放置されていた。

1965 年に発表されたマレーシア第 1 次 5 年計画 (First Five Years Malaysia Plan) (1966—70) にも見られるごとく、マレーシア政府の重点施策の一つとして、米の増産があげられる。マレーシアでは主食である米の自給率は、60% 内外であるので、国内における増産が大規模に計画され開拓と共に排水改良の諸計画が鋭意推進されている。この様な情勢のもとにプライ河に沿う沼沢地を開発して、水田を造成することが政府により検討されてきた。

中下流部のマレーシア最大の工業地帯が必要とする大規模な水需要はプライ河の淡水化による以外、充足する方法がないものとみなされ、プライ河淡水化は地域の工業の発展の鍵をにぎっているものと考えられる。

中流部右岸に新設されているマクマンディン (Mak Mandin) 工業地帯へ通じる浮橋は、プライ河中流部における唯一の橋であるが、一車線であることと老朽化していることによりこの地域一帯の開発を大きく阻害している。交通量の増大に即応するため、橋の改築の要望が大

きい。

計画基本

ブライ河の開発は防潮水門の建設によつてのみ可能である。水門の建設地点は河口に近い程得られる便益は大きい、現在河口から浮橋までの舟運に与える損失の補償が大きいため現実的にそれは不可能であると判断された。したがつて防潮水門は、浮橋のすぐ上流部に建設することとし、防潮水門の上部を浮橋の付替として橋梁とすることも考慮して5つの候補地点が比較され、その位置が選定された。

この防潮水門の建設によりその防潮水門下流に残される沼沢地は、デラハカ河における約400エーカーのみとなる。この残存する感潮沼の開発は上記の防潮水門と別途に、デラハカ河(Derahaka)の河口に防潮水門を建設することによつてなされるであろうと予備的に検討された。

以上の防潮水門の建設構想に基づいて、ブライ河の河状変化、干陸の可能性、河口港に与える影響が水理のおよび水文学的に検討された。この解析は短時日に行うべく数学モデルを使用し、計算を主として電子計算機によつて行われた。

この結果、次のことが明らかにされた。

- ① ブライ河のパーマタンパオー(Permantang Pauh)地点に予定した防潮水門はゲート巾を180ftにすることにより、水田造成が最も効果的に進められること。即ち、R、L + 30ft以上の沼地1,870エーカーが干陸可能であり、かつ大洪水時にも作物の被害を最小限におさえることが可能である。
- ② ブライ河の河口港に与える影響については(1)バターワース(Butterworth)の新埠頭に対しては殆んど影響を与えないこと。(2)ブライの鉄道用埠頭に対しては河口流の減少により潮流による砂洲が、多少促進されること。後者の弊害除去について両防潮水門のゲート操作による掃流効果を中心とする検討がなされたが、これらの操流効果はあまり期待できないことが判明した。
- ③ デラハカ河に水門を設けることは、鉄道用埠頭に与える悪影響が多少促進されること。これらのデータに基づき防潮水門をパーマタンボオ地点にのみ建設する場合における河口の維持方法を検討した。

この結果、年平均100,000m³の堆砂はサクシヨンドレッチャーで浚せつする目安が得られた。この場合経済的にも十分採算がとれるとの結論されるに至り、ブライ河に水門を設ける計画が樹てられた。

デラハカ河の沼沢地の開発は、今回の検討においては、その可能性について明確な判断を下せないが、ブライ河の水門建設後の河口状態を見究めたうえで、将来改めてその可能性が検討されるべきであろう。

目的

- ① 農業

防潮水門の内水位を R. L ⊕ 2.0 フィートに維持することにより 1,870 エーカーの沼沢地が干陸されるとともに、隣接している R. L ⊕ 6.0 フィート以下の水田およびココナツ林の排水条件が改良されるだろう。流域北部の水田土壌は、主とし重粘土で、その収量は海岸地帯より台地地帯に向かって、排水状況の悪化に関連して減少する。

又、流域南部の水田収量は、北部と反対に西から東に向かって減少する。この主なる要因は土壌が主として、粗砂質に富むこと、並びに湛水時の土の還元作用によって、水稻の生育障害を与えていることによつてゐる。

その対象は、それぞれ地域の排水状況の改良と客土、施肥方法によつて改善されるだろう。受益するココナツ林は小規模な経営であり、その収益性が水田に比べてはるかに低いので、これを機会に水田に転換することが計画された。

造成および転換される水田は、完備された用排水施設を有し、将来の機械化農業に対処可能な圃場整備計画がなされ、本地方の水田耕作、パイロット的性格をもたせるように指向された。

水田耕作はすべて二期作が可能であり、用水供給は、ムダ、クリーム、ジャラ河かんがい組織の拡大によつて可能なものと判断された。受益便益と増加生産期待量は次のとおり推定される。

区 分	現 況	面 積 (エーカー)	単位増加生産量 (ガンタン/エーカー/期)	増加生産量 (ガンタン)
干 拓	沼 沢 地	1,670	500	1,670,000
排 水	水 田	4,700	60	564,000
改 良	ココナツ	1,290	500	1,290,000
小 計		5,990		1,854,000
合 計		7,660		3,524,000

増加生産期待量は現在の実績より推定されたが、圃場条件の完備により IR-8 のような Miracle variety の導入も可能であり、将来においては更に大きな生産量が期待できるだろう。3,524,000 ガンタンの年間増産量は、ベナン州の米生産量を 11% 増加させることとなる。

② 工業用水

水門による貯水は水門建設後比較的短期間に淡水化される見通しがえられ、かつ P. W. D から要求されている 6,000,000 ガロン/日の用水は量的、質的に十分可能であろう。

③ 交通

水門は浮橋の近くに建設されるので、水門の頂部を橋とすることにより現存の浮橋は車道 2 車線を有する永久橋に変換される。

防潮水門の諸元

- ① 位置 浮橋北方 1,500 フィートのパーマタン、ポオー地点

② 防潮水門

型式	ゲート式鉄筋コンクリート構造
堰長	208 フィート
ゲート	二段式ローラーゲート (45フィート×17.5フィート)
橋	巾員 40 フィート プレストレスコンクリート構造

③ 付替水路

	上 流	下 流
延長	1,200フィート	880フィート
水深	16.5フィート	22.0フィート
底巾	800フィート	226フィート

④ 縮切堤

型式	緩傾斜堤防
堤長	900フィート
堤巾	66フィート
堤高	27フィート

⑤ 付替道路

型式	2車線, アスファルト舗装, 歩道, 自転車用道路を両側にもつ。
延長	0.88マイル

建設費および財源

建設費は1967年9月の価格で見積られ、総額8,870,000マレイシアドルが見込まれる。これらの建設費のうち一部は日マ両国政府の交換公文にもとづく、円借款(年利子率4.5%、据置期間5年を含む償還期間20年)によって、調達されることを提案し、残金はマレイシア政府による自己資金が活用されることとした。円借款は、防潮堰の建設費を対象とし、鉄筋、鋼矢板の建設材料、二段式ローラーゲート、サクシヨンドレッチャー、コンサルタントによる監督費、建設に対する請負業務を対象品目として、2,480,000マレイシアドル(291,000,000円)が計上された。サクシヨンドレッチャーの船価は水門建設のみでは償却ができないので、防潮水門建設に必要な円借款は1,971,000マレイシアドルと見積られ、残りの459,000マレイシアドルは他事業によって償却されることとなろう。

区 分	工 事 費	(貨幣単位：マレイシアドル)	
		資 金 計 画	
		円 借 款	現 地 通 貨
防潮水門	4,670,000	1,971,000	2,699,000
地区内工事費	3,700,000	—	3,700,000
工業用水専用 工事費	(2,850,000)	—	(2,850,000)
合 計	8,870,000	1,971,000	6,899,000

注) ; (1) () 費きは主として P. W. D によって算定されたものである。

(2) 交通のための金額は堰に包含されている。

(3) 建設期間中の利子は除く。

工事期間

建設工事は水門を 2 カ年、引続いて干拓を 3 カ年、排水改良を 2 カ年で完了する。

経済効果

防潮水門は農業、工業用水および交通改善のための多目的施設であることから各目的の振分け費用を均等に評価するために the Separable Cost-Remaining method によってその工事費が次のとおりと振分けられた。

(単位：マレイシアドル)

区 分	費用割ふり率%	割 ふ り	分納費用	計
農 業	48.02	1,920,800	0	1,920,800
(干 拓)	(40.19)	(771,970)	(0)	(771,970)
(排水改良)	(59.81)	(1,148,830)	(0)	(1,148,830)
工業用水	48.02	1,920,800	0	1,920,800
交 通	3.96	158,400	670,000	828,400
合 計	100.00	4,000,000	670,000	4,670,000

国民経済的見地から事業の経済的な可能性を検討するために年間経費は 5% の利率、50 年償還の条件によって算定された結果と便益費用比率は次のとおり求められる。

(単位) マレイシアドル

項 目	年便益額	年経費		便益費用比率	
	③	①	②	①	②
農 業	588,304	386,845	488,845	1.51:1	1.21:1
(干 拓)	(227,120)	(187,467)	(226,652)	(1.21:1)	(1.00:1)
(排水改良)	(356,184)	(198,878)	(257,198)	(1.79:1)	(1.38:1)
工業用水	788,400	415,447	512,947	1.90:1	1.54:1
交 通	117,200	56,328	56,328	2.08:1	2.08:1
計	1,488,904	858,120	1,058,120	1.74:1	1.41:1

注) ① 防潮水門建設前の河口港を維持するために必要なしゅんせつ費を除く。

② 上記費用を含む。

③ 直接便益

上記の便益の他に具体的に計測できない多くの間接便益が見出される。

例えば

(1) 建設工事による農民の雇傭増大

- (2) 農業開発による都市、農村間の所得格差増大傾向に対する是正
- (3) マレーシアにおける水田耕作のデモンストレーション効果
- (4) 排水改良に伴う公衆衛生の改善

農業の費用便益比率は比較的大きくないが、この地域の特性である高価な地代を米生産費に含めていること、米作増加を少なく見積っていること等からもこの事業は十分に経済性を有していると判断される。

各目的の返済能力は次の条件でその全建設投資額が受益者によって償還されるものとして試算された。円借款以外の資金はすべてマレーシアの現地借入を年間利率5% 20年の償還期間の条件でもって調達されるものと仮定する。

農業においては農民からの償還率は干拓75% 排水改良60% となるが、これは一般的にかなり高い償還率である。マレーシア第1次5カ年計画に述べられている如く、今後はかんがい排水計画の費用の一部を農民に負担させるべきであると考えられるが、その負担率は米価のあり方、農民の生活水準、金融、流通等との関係が十分に検討されて決められるべきであろう。本計画の場合年便益の20~30%の償還は一応容易であると判断され、円借款の農業負担分810,674マレーシアドル(元本)は農民からの徴収によって返済可能であろう。

工業用水は、水利費が1,000ガロン当り81マレーシアセントと計算されP. W. D が経済的と称している 1,000ガロン当り40セントに比べて十分に安価となろう。

結論、勧告

フライ河干拓排水計画は、都市近郊的性格をもってこの地域で水田農業が工業発展に伴って要求される工業用水、交通の開発を共同で推進されようとするに意義があつて、開発途上の他の諸国における単純な農業開発とその性格を著しく異にしている。この計画はマレーシア第1次5カ年計画の目標が実現されるための一つの重要なプロジェクトであり、ペナン州の緊急の要求に沿うものである。調査の結果この計画の内容は技術的経済的に可能であるとの結論に達した。

工業用水は関連工事の実施計画がなされていないので早急に計画を定めて、本計画との関連を明らかにすべきであろう。新しく造成される近代的な水田農業に対する実施設計と当該施設に関する維持管理について、水稻先進国の事例をよく研究されるべきである。フライ河排水干拓計画はこの報告書に述べているように、早急に建設に着手すべきであることを勧告する。

第1章 総説

1-1 計画地域

本計画地域はプロビンス・ウェールズリー (Province Wellesley) の中央部を貫流するプライ河 (S. g Prai) の両岸に広がる約20,000エーカーの地帯で北緯 $5^{\circ}20'$ ~ $5^{\circ}30'$, 東経 $100^{\circ}20'$ ~ $100^{\circ}30'$ に位置している。

一般的な地形は極めて平坦で地域東部のケダ州 (Kedah) の山麓から4000分の1程度の平均こう配で西に向って低下し、海岸に至っている。そして更にプライ河 (S. g Prai) に向って、5000分の1程度で傾斜している。

この地域は花崗岩を母材とする河成沖積土壌からなり、部分的に差異はあるが一般的には粘土質で排水の良くない土壌が多い。東部後背山地や地域内の小丘陵に露頭する花崗岩は良好な建設資材の補給源となっている。

気候については熱帯圏に属するため季節の区分は殆んどなく日平均気温は1年を通じて 27°C 程度である。降雨も年平均2500mm程度で10月~12月および4月~6月や多く、1月~3月および7月~9月がやま少ないが特に顕著な雨期乾期の区別は認められない。

湿度は一般に60~80%で低くはないがほとんど毎日午後には降雨があり海からの涼風と相まって過しやすい上に被害を伴うような強風の記録もなく、恵まれた地帯である。

この地域の総人口は約150,000人でこのうち約100,000人がバターワース (Butterworth) ブキツ・メルタジャム (Bukit Mertajam) 等の町で商工業等に従事する人口であり約50000人が地方に居住して農業に従事している人口とみられる。

1-2 プライ河

プライ河は本地域東方の山地に源を発するクリム河 (S. g Kulim) ジャラク河 (S. g Jarak) ケレー河 (S. g Keroh) の3川の合流点に始まって、南西に蛇行して流れてマラッカ海峡 (Straits of Malacca) に注いでいる。

その河の延長は約11マイル、巾は上流部で150フィート中流部の浮橋地点で450フィート河口部で800フィート、流心部の深さは15~30フィートである。

この河の流況は最大洪水量20,000 cusec、平均流下量700 cusec 濁水量300 cusec程度と見積られているが、中下流部では干潮による水の移動量が流域からの河川流量より大きく大潮の時で20,000 cusec 小潮の時で7,000 cusec程度の流れが上記流出量とは別に上流又は下流に向って流れている。

この河の両岸は上げ潮時には塩水が浸入して沼沢地を形成しニッパやマングローブが密生するに任せた未利用地として残されている。

しかし、土地利用を高度化するために浮橋下流右岸の沼沢地は徐々に埋立てられて工業用地や住宅用地としての利用が進んでいる。

この河の利用面については干潮の影響を受けない上流支川においてかんがい用水や上水道用水を取水している以外に、この地域の排水幹線として不十分ながら排水機能を果している。また浮橋から下流については舟運に利用され、内陸工業地帯とベナン港との間にハシケの往来が盛んである。しかし漁業やレクリエーションへの利用は殆んどされていない。

1-3 農業

フライ河地区における土地利用は、上中流部においては沼沢地を挟んで農地（主として水田）が展開し、下流部においては工業住宅地を中心としてゴム、ココナツの農場が展開しており全体的にみて沼沢地を除いて未利用土地資源は存在しない。

ベナン州における農地の利用状況は1960年農業センサスによれば、その面積比において水田43%、野菜1%、ゴム32%、ココナツ11%、果物12%、その他1%となっており、水田が才1位を占めている。近年ゴム及びココナツ林の一部が稲作地に転換されていく傾向が見られる。

フライ河地区を含むプロビンスウエルズリイの中、北部地帯の稲作面積は25,800エーカー（農家戸数9,972戸）と報じられている。

マレーシアでは米は昔から小作人により耕作されてきた。しかし国内の生産量は国内使用量の50%しかなく米の生産増加量は年々増してはいるが多量の米を、未だ輸入しなければならない。

1964年にはマレーシアの米の耕作地は才1期作で763,160エーカー才2期作で58,420エーカーで生産量は才1期作で342,507,000ガンタン、才2期作で8,672,000ガンタンである。

ベナン州における稲作地は才1期作において36,110エーカー、才2期作において29,660エーカーであり、2期作の先進地である。

1965年12月に発表された才1次マレーシア5カ年計画（1966/70）によれば、ゴムの植替の一段落後のかんがい排水、農地開発に重点が置かれ更に生産の増大のために2期作が最重点目標とされている。

農業開発費の概要

monetary Unit: 100M M\$

	First Five-Year Plan (1956/60)	Second Five-Year Plan (1961/65)	First Five-Year Malaysia Plan (1966/78)
Rubber Replantation	153.4	180.9	93.9
Irrigatim and Drainege	38.8	108.5	319.2
Land Reclamation	16.7	129.8	335.0
Total	227.5	467.9	900.2

(注) 才1次マレイシア5カ年計画にはサバ、サラワクの分を含んでいない。沼沢地の開発は、マレイシア政府が強力に推進せんとする才1次マレイシア5カ年計画の目標として、いる農地の干拓と排水改良に合致するものであり、又農家の経営面積の拡大は自立経営農家の育成を指向するものである。

1-4 かんがいと排水

1-4-1 ムダ河かんがい計画

ブライ河から北部一帯の水田16,500エーカーに対するかんがいは、ペナン州とケダ(Keda)州との州境を流れるムダ河(S.g Muda)を水源として行なわれている。ムダ河からは現在500 cusecの水を地区内に導入して必要水量をまかなっているが、ムダ河上流のダム completion によって更に相当な水量を追加取水することが可能である。

また、かんがい用水路は大部分が開水路であるために多少のかんがい面積の増加に対応している状態である。

これらのかんがい施設の組織及び管理はすべて州かんがい排水局(State Drainage and Irrigation Department)によって直接行なわれているのでその施設の改良や変更は容易に実施できよう。

1-4-2 クリム河のかんがい組織

ブライ河から南部の水田は支流のクリム河の頭首工から自然流下させた水によってかんがいられている。

これらの施設は80年以上も前に建設されたものであり、近年普及した米の2期作化に応ずる能力に欠けるので現在の取水量100 cusecを倍の200 cusecにすべく立案中であり近く実現することが期待されている。

しかし、クリム河の湧水量は100 cusecでこのうち25 cusecは上水道用水に取水されているので200 cusecの取水を可能にするためにピナン・ツンガル(Pinang Tunggal)のポンプ場で揚水した水を導水して補給する計画がたてられている。したがってこの計画完了後にはかんがい水源に余裕を見出すことができることとなる。

取水量の増加に伴って用水路の拡張が計画されているのは当然である。

1-4-3 ジャラク河かんがい組織

ジャラク河を水源としてかんがいが行なわれている。

しかし、ジャラク河の湧水量は10 cusecにすぎず不足するのでピナン・ツンガルポンプ場から揚水してケレ河に落した水を取入れブースターポンプでこう配をつけて、デラハカ頭首工へ導水して取水量を補給している。

この組織は相当の未墾地の開墾を見込んで計画されているので施設に余裕があるものと考えてよからう。

1-4-4 排水状況

ブライ河が排水幹線でこれに対して兩岸から多くの排水路が流入して地域の排水を司っている。しかし、地形のこう配が極めて小さい上にブライ河の水位が潮によって数 ft も上下するため一般に排水状況は不良である。

特に河川に沿った沼沢地では満潮時に浸入した塩水が干潮時にも排水しきれず常に湛水状態で塩水性植物が繁茂し殆んど利用価値のないものになっている。

水田についても土壌が粘土質の上に排水が不良なので新しく大型機械を導入する障碍となっている。又資力のあるゴムやココナツの農園では周囲に堤防をめぐらし排水路を縦横に掘削し防潮水門を設置するなどして排水に努めている。

1-4-5 排水組織

ブライ河地区の南に隣接する地域では、すでに幾つかの排水組織が計画され、堤防の築造建設、排水路の掘削および防潮水門の建設が州かんがい排水局によって順調に進められている。そして数年前に工事を完成した地区ではすでに開墾作業も進捗している。これらの耕地もかんがいの見通しがつけば水田化することも容易であろう。

しかし、本地域内では地主などが私的に実施した小規模なもの以外には排水設備として取上げられたものはない。

1-5 工業

ペナン州は現在まで、マレーシアの商工業の中心として発展してきたが、更に政府が強力に工業発展の施策をたてて着々と実施中である。

プロビンス・ウェールズリーではすでに火力発電所が完成し、最大270,000KWの電力供給能力をもちエネルギーの供給源となっている。そして港の新設工事の進捗および鉄道基地や新橋の完成などが工業発展の可能性をいよいよ大きくしている。

現在すでに操業している工業もあり、そして今後の飛躍的な工業発展を促すためにマクマンデン (Mak Mandin) に300エーカーの土地を造成して各種企業の誘致をはかっている。そして現在すでに32の軽工業の用地割当が決定し、着々と工場や住宅の建設が進んでいる。

重工業についてはブライ地区での発展が予想され鉄鋼、造船、自動車業等の新設、増設が行なわれつつある。

これらの工業に必要な用水は現在までのところ、バターワースの上水道等を使用しているが、供給水量に限度がある上に水価が高い (M\$1/1000gallon) ので、早急に安価な工業用水を手ずる必要に迫られている。

その要求水量はとりあえず緊急を要するもの 1.7mg/d, 5年後に 6mg/d と言われているが、将来は更に多量の水が要求されよう。

1-6 交通

1-6-1 道路

マレー半島西岸を南北に縦貫する幹線道路が、かつては浮橋でブライ河を横断してバターワースに入っていたが最近、新橋 (Jambatan Tunku Abdul Rahman) が完成したので、南北交通の大部分はこの橋へ移行して現在では主要道路になっている。ところがマクマンデン工業地帯の発展にともなう、この地域に交通が集中する傾向が顕著で浮橋に対する依存度が大きくなってきている。

この浮橋は延長460 ft、車道巾員12 ftで1車線であるために交通制限のもとに交互に一方通行し、しかも制限荷重が10 tonで著しく交通の障害となっている。またこの浮橋は単に交通の障害となっているだけではなく、浮舟の管理費、部品の交換費及び交通整理のための人件費などに多大の維持管理費を要するのでマクマンデン工業地帯の発展促進のためにも架け替えの必要性に迫られている。

又この南北線国道から分岐し、ブキツ・メルタジャム、クリームを経て東に向う東西高速道路は将来、東海岸のコタバル (Kota Bharu) まで延長されるべく、マレーシアオ1次5カ年計画 (1966/70) 期間中に着工されることとなっている。

以上の幹線に伴う地方道の道路網はすでに本地域を覆い良好な道路組織を作っている。しかし農作業用道路の密度が小さいので農業機械化の障害となるおそれがある。

1-6-2 鉄道

シンガポール (Singapore) からクアラルンプール (Kuala Lumpur) を経てマレーシア半島を縦貫してバンコック (Bangkok) に至る国際鉄道が本地域東部を走っている。この本線から分かれてブライに到る。更に1967年に新設されたブライ河河口部の鉄道橋を渡ってバターワース及びフェリー基地に接する新しい鉄道終点まで延長されている。この鉄道には1日約10往復の旅客列車が走り便利な交通機関として一般に利用されているが、更にペナン、バターワース、地域の商工業地帯とマレーシア各地との間に原材料製品運搬のための貨物列車も相当運行されている。

1-6-3 海運

現在外国航路船のうち、客船はペナンの埠頭に接岸されるが貨物船はペナン島とバターワースとの間に碇泊してハシケによる積み卸しをしている。

このハシケはブライ河をさかのぼってマクマンデン工業地帯及びブライ河両岸にならぶ倉庫や工場との間を往復している。

バターワースとジョウジタウンとを結ぶフェリーボートは極めて頻繁に発着し、15分程度の所要時間であるからプロビンス・ウエルスリィとペナン島との間の交通は円滑に行なわれているといえる。

ブライ河河口部左岸には鉄道の埠頭があるが河口部の堆砂のために大型船の接岸は困難な状態になっている。しかし最近完成した鉄道橋によって鉄道がバターワースフェリー基地まで延長され新しい港を利用する体制がととのつたために鉄道埠頭の重要性は薄らぐこととなる。

目下建設中の新港は年間1,000,000tの荷あつかいができる。初めに着工された550フィートの長さの3カ所の岩壁は1968年中頃に操業される。残りの2カ所はコンテナ用に使用される予定で、1970年には3,000,000tの荷扱いができるようになる。

第2章 一般計画

2-1 緒言

ベナン州はせまい面積に多くの人口をかかえ、土地の不足に悩んでいる。即ち他の州に見られるような土地利用度の低いジャングルは存在せず、又水田の大部分において二期作が営なまれゴムやココナツ林も集中的に耕作されている。この州において、現在未開発地として残されている大規模なものはブライ河の両岸に分布する沼沢地のみである。ブライ河地区の南部に位置する沼沢地はすでにいくつかの排水組織によって、次々に利用され農地が造成されている。又ブライ河地区の中下流部の右岸においては工業用地および住宅用地として沼沢地の埋立てが進んでいる。

この状況下において上記以外の残されたブライ河の沼沢地を開発しようとする気運が高まっている。これらの沼沢地はブライ河の中上流部に存在しているので農業開発に使用されるべきものと信じられる。これらの沼沢地の後背地には稲作地が連続しており、これらの農業開発はむしろブライ河地区の潮の満引きにより地区排水が限定されていると考えられる。沼沢地を干陸することはこれら隣接水田の開発にもつながる。更にこの提案される稲作地の開発はその位置が下流の工業地帯に近接しているので工業地帯に隣接する農業としての発達の必要性という見地からみても是非推進されるべきであろう。このうちまずオ1点は工業発展に伴う農産物消費の増大多様化に対応させることが可能となる。又オ二に著しい工業発展は一般に都市と農村との所得較差を増大する弊害を伴うものであるが、この農業開発組織は農村の所得増大に寄与するもので、両産業間の較差是正をなくするための一原因をつくり出すことにもなり、ひいてはこの地域一帯の高度の発展に寄与する所以であろう。

ブライ河の両岸に存在する約2,500エーカーの沼沢地を開発する方策としてはブライ河を横断して、防潮扉をもつ水門で締切り、水門の上流に進入する潮流をカットして、潮の流入を除去して淡水化するとともに、その地区内水位を低下させることが最も有効であるということがかねてから考えられて来た。そしてこの湛水位を低下させることは単に沼沢地を干陸するだけでなくその背後に隣接した広範囲に拡がる既存開発地の排水改良にも役立つこととなる。

一方ではこの地区の下流において工業化が進んでいるが、これに使用する工業用水の水源としては、ブライ河を淡水化して使用する以外には良い方法がない。前記防潮水門に工業用水の貯溜を兼ねさせることは極めて有利であろう。

更に現在の浮橋の改築について、この防潮水門と同一地点で共同施工できるとすれば経済的に有利なことはいうまでもない。

以上の観点より浮橋の直上流の左岸ココナツ林に防潮水門を建設し、水路を開削してブライ河を閉塞するとともに現河川を締切る方法が最も有利であると考えられる。この防潮水門建設によって次の4つの目的が達成されることとなる。

- (1) 沼沢地の干陸による新しい水田の開発
- (2) プライ河に隣接する農地が潮の影響によって生ずる洪水を除くとともに塩害を防止する。
- (3) 工業用水の確保
- (4) 浮橋に変わるプライ河を横断する永久橋をかける。

2-2 防潮水門建設予定地の選定

プライ河に防潮水門を建設する場合、その位置については、建設費及び建設による損益額の観点より慎重に検討されなければならない。選定される幾つかの地点は Fig 2-1 に示されている。

2-2-1 下流締切案

この地域全体の排水改良を目的とする防潮水門の位置としては受益面積を最大にするため原則的にはできるだけ下流部を選ぶべきであろう。この観点に立てば次の二地点が選定されるだろう。

A-地点 プライ - パタワース鉄道橋地点付近

B-地点 新橋地点付近

Aの地点では全沼沢地を改良することができるので排水効果の面からみれば最良ではあるが、次の諸点から実施は困難である。

- (1) 河巾が 800 ft におよぶために工事費が高いこと。
- (2) 舟運の盛んな位置なのでその補償費や閘門設置等により工事費が嵩むこと。
- (3) 後述する上流締切案に比較する場合 A 地点の締切案は大巾な工事費増に対して排水効果の及ぶ面積増は極めて少ないこと。
- (4) 浮橋の架替工事は単独でやらねばならないこと。

Bの地点ではAの地点よりは工事費は安く、しかも受益面積はあまり変わらないのでより有利である。そこでこの地点付近での締切りについて検討を加えたがそれでも次の諸点で後述する上流締切案に及ばないので断念することとした。

- (1) 河巾が 650 ft あること、および流量が多くなるので工法の如何を問わず上流案より、相当高価となること。
- (2) 舟運区域であるために、その補償費や閘門設置などによる工事費が嵩むこと。
- (3) 上流締切案より工事費増に対して、排水効果の増加する地域は実質的にはデラハカ河 (Sg. Derhaka) 流域だけである。
- (4) 浮橋の架替えは単独でやらねばならないこと。

2-2-2 上流締切案 (C-地点)

浮橋付近上流地点即ち C-地点に防潮水門を建設することについては下流案の A-地点、B-地点に比べて原則的に次の利点がある。

- (1) 河巾が狭いこと。
- (2) 舟運に支障をきたさないこと。
- (3) 浮橋の更新と共同施工できること。

この上流案について、すでにマレーシア政府作成の予備調査報告書において検討が行なわれ、No.2地点が良好であると述べられている。

たしかに、予備調査報告書において検討の対象となった5つの地点については多少の長短があり、No.1～No.4についての優劣比較は困難であるが、次の理由によって、No.2地点が最適地点であることを改めて確認した。

(1) No.1地点は現在の浮橋の位置に防潮水門を設置しようとするもので河巾が狭いこと、及び道路橋位置としては最適であること等の長所があるが次の点で問題がある。

- a) 工事のための用地が狭いこと。
- b) 仮設橋等を架設する用地がないので工事中交通を完全に遮断しなければならないこと。
- c) 工事は半川締切工法によらねばならないが、河川断面が小さい地点であり、大潮時には20,000 cusec程度の潮の影響がありこれに洪水が加わることを考えれば河川断面を半減することは極めて危険であること。

もし仮排水路を設けて全川締切りで施工しようとするればマクマンデン工業用地付近の高価な土地を潰すことになり工事費が増加する。

- d) 水深が深いので仮締切工および防潮水門本体の施工も困難で高価なものとなること。

(2) No.3地点はNo.2地点に較べて土工量が少なく有利に見えるが次の短所がある。

- a) 河道改良(River alignment)効果が少ないこと。
- b) 地盤が低いうえに地表下の砂層が浅いので排水が悪く施工が困難であるとともに工事のための浸水防止や水替えの費用が嵩むこと。
- c) 防潮水門下流のプライ河右岸の護岸を広範囲にしなければならないこと。

(3) No.4地点は河道改良効果は大きく道路位置も現状のままに保てるし、用地面積も掘削土量も小さくて有利に見えるが次の致命的な欠陥がある。

- a) 工事中交通遮断しなければならないこと。
- b) 防潮水門付近は工業用地であるために、工場または倉庫の移転を伴ううえに地価が極めて高く補償費がかさむ。
- c) 河川の屈曲の関係で護岸および護床に費用がかかること。

2-2-3 決定案

No.2地点に防潮水門及び締切堤を建設するものとする。しかし、これだけではデラハカ河流域の干拓および排水改良ができないので今回デラハカ河流域は受益地から除外する。

2-3 開発計画

2-3-1 農業

(1) プライ河を防潮水門で締切り淡水化するとともに湛水位を低下させることによって、現在の沼沢地は干陸され、その後背地の排水状況が改善されることとなる。そこで現在の沼沢地2,180エーカーのうち1,670エーカーを水田に造成して二期作を期待する

とともに、機械化営農を可能にするために次の工事を行なう。

1. 幹線排水路の開削
2. 幹線用水路の延長
3. 末端用排水路の新設
4. 耕作用道路の新設
5. 開かん作業

以上の工事によって地下水位を地表下1~2 ftに低下させ各シーズン500 gtg/acreの収量を期待する。

(2) RL. 6.00 ft以下にあるココナツ林3,040エーカーのうち宅地周辺を除いた約1,290エーカーを水田に転換するものとし、このために用排水路および耕作道路を新設する。

これによって米の二期作が可能となり各シーズン500 gtg/acreの収量を期待する。

(3) RL. 6.00 ft以下の既成水田は、河川水位が大潮時にRL. 5 ft近くまで上る関係で排水不良に悩まされてきたが、本事業の実施にともなって、8 ft以上河川水位が低下するので、これを機会に圃場内に排水路網を新設して排水状況を改良する。

この受益は4,700エーカーおよび、この事業によって収量が11%程度増加するものと期待される。

2-3-2 工業

(1) 現在の工業発展に対する緊急の水需要は

マクマンデン地区	200,000ガロン/日
ブライ地区	1,500,000 "
合計	1,700,000 " である。

(2) 5年後の工業用水の使用量は6,000,000~5,000,000ガロン位に増す推定で国の工業開発計画が進捗すればもっと期間も短くなるであろう。

(3) マクマンデン工業地帯については現在すでに用地の造成も進み32の企業に土地の割あても終りすでに操業している工場もあるので上記の工業用水の供給の実現が必要である。

(4) ブライ工業地帯では現在すでに火力発電、精糖、製鋼等が操業しているが、更に南部沿岸に2,000エーカーのオ2工業地帯の用地が準備され鉄道や道路の整備が計画されている。

(5) 本計画においては工事完了の時点 considering 6×10ガロン/日工業用水を供給するものとする。

(6) 供給地点は防潮水門の上流とし細部については別途決定するものとする。

2-3-3 交通

新しく建設する防潮水門及び締切堤の上部を道路として利用できるような構造として浮橋の代替橋とする。

その規模は二車線として車道巾24 ftその両側に各6 ftの歩道兼自転車道をつけた全巾40 ftとし締切堤部分では更にその両側各18 ftの余裕をつけたものとする。

これによつて現在の新橋（Jambatan Tunku Abdul Rahman Bridge）とはほぼ同規模の交通容量をもつこととなり現在の浮橋の数倍の交通に耐えるばかりでなく橋の維持管理費の節約，車輛運行経費の節約に貢献するところ大きく，マクマンデン工業地帯を中心とする地域の飛躍的な発展が期待される。

第3章 調査および測量

3-1 地形

3-1-1 既存の地形図

計画地点を含む地域一帯の地図については Tab 3-1-1 に示されるものが入手された。ブライ河の兩岸水田地帯はすでに州排水かんがい局によって用水計画が実施済又は立案されているので、地形図が整っている。これらのかんがい組織の樹立に当っては関係地域の測量が実施されている。

ブライ河の兩岸沼沢地およびココナツ、ゴム林は測量が実施されていない。ブライ河の上流 8 支川、即ちケラー、ジャラク、クリーム河の地区においてはそのほとんどがゴム林およびジャングルよりなっており等高線図はない。

3-1-2 測量

ブライ河の兩岸に存在する沼沢地とココナツ、ゴム林の高低測量はブライ河の水文および水理解析にとって極めて重要である。このため州排水かんがい局の協力のもとに、この地域一帯の高低測量が実施され、その結果は図面 No. 1000 の計画地区図に記載されている。

ブライ河の深淺測量は、河川の水理的条件を明らかにするために必要である。ブライ河の河口からヅア河 (Sg. Dua) の合流点迄の区間において 32 地点の横断面を得るために音響測深器を使用して深淺測量が実施された。その結果は図 4-2-5 に示されている。

収集された地形図のうち、作成後かなりの年月がすぎているものについてはその後の農業および工業開発地区がかなり進んでいるので、現在の地形と合致しない部分がある。これらについては、近年撮影された航空写真を利用するとともに、現地踏査の結果にもとづき修正された。

3-2 水文

3-2-1 気候

本計画地域の気候の概要については地域内にはないけれど、ベナン島にある気象観測所の過去 8 カ年間の資料よりおよそ類推される。

本計画を作成するに最も必要である雨量については、地域内の雨量観測所の資料を集めた。ベナン島における月別の気圧、気温、湿度、日射時間、雨量、風速は表 3-2-1 のとおりである。

なお蒸発量はベナン島には観測資料がないため、コタバル、マラッカの資料を表 3-2-1 に併記する。

(A) 平均気圧

これは年間通じて 1,008.6 (mb.) ~ 1,011.3 (mb.) の範囲で殆んど変化がない。このため本計画を作成するにあたって、潮位や水位を検討する際には、気圧の影響は考慮する必要はな

いものと考えられる。

(B) 気温

一般的に気温の高いのは2月～5月であるが、年間通じて殆んど変化がなく、平均気温で80.8°Fであり、最高最低との差も16°Fで殆んど差がない。

(C) 湿度

湿度はかなりの湿気が多く殆んど80%以上であり、多湿である。

(D) 日照時間

8.6hr～5.2hrと記録されており2月と9月では3.4hrの差がある。

過去3カ年間で最高の記録は9.6hrであり最低は4.7hrであつてこれは最大の約半分である。記録は年によつても月によつてもかなり差がある。

(E) 雨量

計画地区内の雨量については才4章の4-2-1で詳述される。

ベナン島では年間降雨量は106インチ/(2,700mm)であつてかなり豊富である。乾期と雨期は判然とはしないが、1月～2月は少なく3月～5月はかなりあり、また6月～8月は比較的少なく9月～12月にはかなりの降雨がある。

本計画地域内およびその近辺の雨量については最も古いものは1946年から観測しており、全体的にかなり豊富な資料が存在する。雨量観測所の位置、期間は図3-2-1に示されている。既存のものは12ヶ所ある。

このうちラール、イアン、マチ(Lahar, Ihan, Mati)と気象観測所、バタワースは流域外であり、本計画には直接関係はない。

観測方法はラール、イアン、マチを除いては総て24hrに降つた雨量をまとめて計測したもので時間分布および降雨波型などについては不明である。

このため降雨の時間分布を研究するにはラール、イアン、マチの自記記録計(日巻)による記録を利用せざるを得ないであろう。

流出、解析にあつて降雨の時間分布を詳細に検討する必要がある。

このため現地調査時にブライ河地区の平地部を代表させるものとしてクリム川頭首工に1カ所、さらに山地部を代表させるものとしてケダ州のケランバル(Kelang Balru)のブキンメルタジャムエステートに1カ所、計2コの自記雨量計を設置した。今後、これら2カ所の資料が収集され、そしてラール、イアン、マチの資料とともに総合的に検討するならばブライ河地区からの流出量は一層正確に把握されるだろう。

既設12カ所の観測記録およびその解析については才4章において詳述する。

(F) 風速

風は気圧の変化がないため殆んどない。風速は平均で2m/sec前後で殆んど無風状態である。従つてこれによる波浪はなく、風による各種現象は考慮する必要はない。

(G) 蒸発量

ベナン島およびブライ河地区における観測資料が入手できなかったの東海岸コタバルと西海岸のマラッカの資料により判断するとコタバルで68 inch/year, マラッカで58 inch/year程度であることからブライ河地区では60 inch/year程度と推定される。

8-2-2 流量

(A) クリム河のアラクダ(Arakuda)流量観測所

ブライ河地区からの流量は1960年よりクリム河の中流アラクダ道路橋地点に自記水位計を設置して観測されており、かなりの資料が収集されている。ジャラク河においても水位記録が残っているが、これは水位流量関係が把握されていないため、流量を推定することが出来ない。

資料は1週間巻の自記水位計の記録用紙が存在し、これから年間の流出状況や、各洪水の流出状況が解析されるが、これの詳細については才4章において述べる。

本地点における水位-流量関係は、過去8カ年におよそ35回の流量観測を実施して、図8-2-2に示される曲線が州排水かんがい局で作成されておりこれに基づいて記録された水位から日平均流量が読みとられた。

たゞ高水位、即ち流量の大きい場合の観測流量資料が少なく、また断面の経年変化などについては十分留意して常に流量観測を実施して適宜曲線を修正することがより精確な資料が得られることになる。

(B) 観測所設置

ブライ河はもとより上流の支川下流部まで感潮河川であり、感潮部の潮汐現象の影響を観測するための検潮器と、上流各支川よりの流出量を観測するための水位計を今回の調査期間中に設置した。これらの計器による観測される資料は流域からの流出量をより精確に把握させるとともに防潮水門の操作管理上重要な情報を提供してくれるだろう。

検潮器はブライ河に沿って防潮水門予定地点とその上、下流に1カ所ずつ、計3カ所に1週間巻の検潮器を設置し、潮汐現象の伝達等も併せて実施出来ることを目的とした。

水位計はブライ河の主要支川であるケレ、ジャラクとクリムにおいて潮汐現象の影響を受けない地点に設置された。これらの新設された6カ所の観測所の位置は図8-2-1に示されている。

(C) 水質の測定

ブライ河の水質の基本的問題を把握するため、塩分とPHの両者の観測が実施された。観測は定点観測として浮橋地点において12時間連続観測1回を行ない、又河川の縦断方向についての観測を2回実施した。資料観測地点は16地点で観測結果とともに図4-2-9に示されている。

(D) 底質の調査

ブライ河の河口堆積の検討および河道抵抗を推定するための資料をとる目的で河口から上流のゾア河合流点までの区間について、ほぼ等間隔に11地点の資料を採取した。

採取した資料は河床の表層約4インチまでのものである。

採取した資料は、クアラルンプールの中央排水かんがい局の研究所に送られて粒度分析および土質試験が実施された。

試料採取地点および試験結果は図4-2-7に示されている。

8-2-3 潮位

フライ河は潮の動きによって、大きな影響を受けており、フライ河全域は感潮河川を形成している。河口の潮位においては、ペナン島における潮汐表(1952-'67)が長期間のものとして利用され、その概要は表8-2-2に示されている。その他潮位実測記録(1967.4.25~1967.9.6)および浮橋における水位実測記録(1965.11.5~1967.2.26)が入手された。これらの資料は才4章において説明される。

3-3 かんがい排水の組織

計画地区およびその周辺部における一連のかんがい排水系統を調査することは、農業開発計画に重要なことである。

本地域の排水状況は組織だった排水系統によってその条件が改善されておらず、ゴム林などの一部を除いて旧態依然の状態である。

その複雑な組織は、すべて農地調査によって、明らかにされ水系別の流域等の設定が行なわれた。

本地域内の水田における排水については、殆んどの水田がかけ流しかんがいを行なっていて、水田に接する小排水路は見当らない。従って排水ブロックは用水路または道路によって区切られており、その中には原始河川的な排水路があり、これがフライ河に接続している。また幹線道路沿いには排水路が設けられており、これによって殆んどが排水される組織となっている。上流3支川の合流点付近は河川が蛇行しており、かなりの輪中が出来ており、これらが排水区割を形成している。

いずれにしても、本地域は非常に平坦であるため、常時の排水ブロックはあっても、ひとたび降雨があると、水田は一時的に湛水する部分があり、又、排水系統は判然としなくなる。ゴム農園はかなり本地域には存在するが、これらは排水路が完備されており、排水路の末端がフライ河に流入する地点には逆潮樋門が設置されている。

フライ河周辺の水田は、かんがい水の恩恵をこうむっている。

その概要は才1章の節1-4において述べられている様に3つのかんがい組織によってかんがいをされている。用水路のうち、幹線部は土水路であるが完備しており、又末端部は排水と兼用されているところが多い。

用水系統は排水系統と違って非常に明瞭であり、又よく整備されている。

かんがい排水組織は表8-1-1のNo.4, 5, 6と7の図面を基礎とし州排水かんがい局の協力を得て農地調査を追加することによって明らかにされた。調査の結果得られた組織はFig8-8-1に示されている。

3-4 土壤調査

3-4-1 緒言

ブライ河の排水改良計画によって新たに水田に造成される農地は約1,670エーカーであり、さらにこの計画によってブライ河の水位低下によって改良される水田は5,990エーカー以上に及ぶものと推定される。この改良計画によって直接あるいは間接に受益されると想定される地区の土壤が、どのような性質を持っているか、排水改良の効果が如何にあらわれ、さらに生産力を高める上に如何なる対策を講じねばならないかを明らかにするために、当該地区の土壤調査を行なった。

3-4-2 土壤調査区域と方法

土壤調査は25,000分の1の地形および土地利用図を基図とし、水田地帯および沼沢地帯に600エーカーに1カ所の割合で34点試坑し、土壤断面を調査し、土壤区分をした。区分された各土壤統の代表断面から16点土壤試料を採取し日本でその理化学的性質の室内試験を行なった。土壤区分は調査地帯の面積および調査密度から考えて、土壤統の段階で分類することとした。

3-4-3 土地分類

当該地区の土壤は主にブライ河の堆積物よりできた河成沖積地と海岸に沿って分布している海成沖積地の上に発達したものである。

土壤は一般に強粘土質の母材よりできている。それらの土壤の区分図、特性は図3-4-1及び表3-4-1～3-4-9に示される。

a. 水田地帯

ブライ河流域の水田の土壤は、次に述べる4つの土壤統に区分される。

- ランバイ系 (Rambai) (代表断面 P-75, 包括断面 P-67, P-72, P-78, 推定面積 2,200 エーカー) (表 3-4-1 参照)

この土壤統は後背の花崗岩の小丘陵を源とする小河川の沖積物よりできた土壤であるために、土壤は粘土含量が少ないものとなっている土性は CL のものが多く、20~40cm の層位に著しい漂白層がみられることが特徴である。試坑時においても甚だしい硫化水素の臭いが認められた。

下層土の密度は高く、大型機械の運行には差し支えない。排水は極めて良好である。

この土壤統の分布はブライ河の南部水田地帯の東部にあり、フンタンニボン河 (Sg. Hutan Nibong) やラバイサレ河 (Pt. Labai Saleh) の流域の河成沖積地にみられる。

- カブ系 (Kabu) (代表断面 P-66, 包括断面 P-55, P-58, P-62-a, P-62-b, P-66, P-69, P-71, P-77, P-59, P-63, 推定面積 6,800 エーカー) (表 3-4-2 参照)

この土壤統は Sg. Prai の上中流の流域および主要用水路に沿ったところで、土壤がよく乾燥する条件下のもとで生成した河床沖積の土壤である。

一部には村落に隣接したやゝ標高の高い地帯にもある。土性は大部分の土壤が強粘土であ

るが、ベンガルの村落 (Kg. Bengall) の近傍のやゝ高い位置の土壤では土性の粗いものがある。

構造の発達は良好であり、斑紋は全層位にわたって多い。排水は良好である。

この土壤統の分布はユルトン河 (Sg. Jultong) クリム河、ジャラク河の流域の水田、又ブライ河北部の Mukim 8 や 11 の農園に隣接している水田あるいはベンガルの近傍の水田にみられる。

- ペランド系 (Pelandok) (代表断面 P-61, 包括断面 P-52, P-54, P-56, P-57, P-60, P-61, P-64, P-65, P-68, P-70, P-74, P-76 推定面積 10,500 エーカー) (表 8-4-8 参照)

ブライ河の南北の水田地帯の中心部はこの土壤統に属している。主要河川や用水路から遠ざかった低位置の水田で、かつ海成沖積の影響も受けているようである。すべての土壤が強粘土である。層位的にみると、強粘土の作土の下に、黒灰色を負する強粘土の B₁ 層があり、その下に灰白色で強粘土質の B₂ 層がある。これらの層には斑紋は少ないが、その下層の粘土層には斑紋がやゝ多くなっている。グライ層の存在は明らかでない。

下層土の構造の発達は概して悪い。

排水状態は一般によくなく、B₁ 層の硬度は 11 であり、大型機械の能率的な運行には支障をきたす。

この土壤統の分布はブライ河の北部水田地帯では周縁部を除く内部の広大な水田と南部水田地帯では、西半分の水田がこれに属している。

- ラカルタボ系 (Lakar Tabot) (代表断面 P-51, 包括断面 P-50, P-58, 推定面積 1,200 エーカー) (表 8-4-4 参照)

ブライ河の北部の水田地帯の北西部に位置しているラカルタボ地区の位置にこの土壤系統がみられる。海岸砂丘の内側にあるため、排水は極めて悪く、下層に緑灰色のグライ層が認められる。斑紋も全体に少なく、又、構造の発達も悪い。たゞ土性はまちまちである。この土壤統は Mukim 4 のラカルタボ地区にのみ分布している。

b. 沼沢地帯

(代表断面 S-1, 包括断面 S-2, S-3, S-4, S-5, 推定面積 8,800 エーカー)
ブライ河の本流、支流の流域にはニッパ椰子や小灌木の沼沢地がある。これらの地帯の土壤はすべて強粘土質の母材料よりできている。そして本支流の流域に近いところでは河川の水位変化の影響を強く受け、土層の分化がやゝはつきり認められる。

すなわち、上層 30~85cm までには斑紋が明らかに認められるが、その下層は斑紋はなく、構造も発達していない。

一方、沼沢地の内奥部では、土層の分化は認められず、30cm 位の下層から低位の泥炭が出現するところもある。表層、下層ともに粘土質であり構造の発達も悪い。(表 8-4-5 参照)

3-4-4 理化学的性質

各土壌統の土壌の分析成績を表 3-4-6, 3-4-7, 3-4-8, 3-4-9 に示した。

a. 土性

ランバイ系とラカル タボ系の一部の土壌は粗砂が多く土性は粘土性になっている。

ランバイ系は後背地の花崗岩の影響を受け、また P-50 土壌は海岸砂の影響のためである。前記の土壌以外のものはすべて Lic~Hc の強粘土質の土壌となっている。そして表層よりも下層になるにしたがって粘土含量は多くなる傾向が見られる。

b. 反応および置換性塩基

大部分の土壌の PH は非常に低く 4, 5 前後であり、日本の水田土壌の PH が 5, 7 であるのに比べてみてもそのことは明らかである。

置換塩基の含量も著しく少なく、日本の水田土壌のそれらの数分の 1 である。CEC は土壌が粘土質であるために大きい。

その結果、塩基飽和度は極めて小さい（日本の水田土壌の塩基飽和度は 67% である。）ただ P-51 および沼地の土壌は海水の影響を受けているために土壌反応は高く、置換性塩基とくに Mg の含量が高くなっている。

c. 土壌腐植および有効態養分

土壌の腐植含量はそれ程低くはないが、粘土含量と対比してみると必ずしも多くはない。

S-4 の土壌が有機物が多いのは泥炭を混じているためである。活性鉄の含量は一般に少ない。

とくにランバイ系の土壌は活性鉄が洗脱されているために、極端な鉄欠乏土壌となっている。ラカル タボ系の如き湿田の土壌においても活性鉄が少ないのも、この地帯の土壌の特徴である。置換性マンガン含量も全般に少なく、とくにランバイ系の土壌は甚だしくそれに欠乏している。

有効態磷酸の含量も極めて少なく、数 mg の含量である（日本の水田土壌の大部分は有効態磷酸を 30 mg 以上含有している。）

有効態加里も著しく少ないことは磷酸と同様である。たと沼地の土壌では磷酸含量の高いものがあるが、この理由については明らかでない。

d. 塩素含量

ブライ河は海水の感潮作用のため、この影響が沼地の土壌にどのように現われているかは重要な問題である。水溶性の塩素を分析した結果後背地の水田は P-51 土壌を除いて、塩素含量は極めて少ない。

しかし沼地には塩素は極めて多く、250~1,000 mg の範囲にあった。

そしてその含量は河川に近い場所の土壌ほど高くなっている傾向がみられた。電気電導度や NaCl の含量も塩素含量とほぼ同様の傾向であった。

3-5 土質調査

3-5-1 緒言

主要構造物の建設に際して必要な土の力学的性質を予備的に明らかにするために現地調査と室内試験の両者が1967年の9月初めから11月末にかけて州排水かんがい局および中央排水かんがい局調査研究所の協力によって実施された。

オ2章において計画策定されたブライ河本流の防潮水門はブライ河河口から約5マイルの上流に位置し、極めて軟弱で変化に富んだ河成沖積層上に建設されることになる。この調査は構造物の基礎地盤の状況の大要を把握し、基礎工の設計、施工法の選定、施工中および完成後の構造物の安定性等の技術的可能性を追求するために必要な資料を得るためのものであった。

8-5-2 現地調査

(A) 調査地点の選定

防潮水門土質調査が行なわれた地点は、図面3,000の土質調査位置図に示されている。調査対象は、防潮水門を含む切替河川を主とし、他に河川締切堤、付替道路、ブライ河左岸既設堤防をも含め、最も効率的に基礎の全般を把握することを前提として調査地点が選ばれた。

(B) 調査の方法と内容

ボーリングは径3.0インチのパイプと約1.5インチのシンウォールサンプリングチューブを地盤に打込み、土層全体の資料を採取し、土層構造の変化を調査しながら削孔を進めた。また資料はある土層を代表すると考えられた深さで、粘土、シルトのような粘性土の土層では不攪乱資料採取が行なわれ、砂質層および非粘性土層では英国標準規格にもとづく標準貫入試験と透水性および単位体積重量を測定するための攪乱資料採取が行なわれた。これらの採取された資料は室内土質試験用として、クワラルプールの中央排水かんがい局調査研究所へ送られた。

不攪乱資料のうち粘性度は現地において直ちに1軸圧縮試験と単位体積重量が測定された。

調査の内容は次のとおりである。図3-5-1, ~3-5-6に示す。

(防潮水門)

i) 防潮水門と取付水路地点

ボーリング 3地点

B. 深さ = 87 ft

B. 深さ = 85 ft

B. 深さ = 80 ft

サウンデング 25地点

ii) 締切堤地点

ボーリング 2地点

左岸 深さ = 65 ft

右岸 深さ = 58 ft

サウンデング 5地点

iii) 付替道路地点

サウンデング 3地点

iv) ブライ河 左岸既設堤防

サウンデング 8地点

(デラハカ支川)

i) 水門および取付水路地点

ボーリング

Y地点 深さ 68ft

サウンデング 8地点

なお、ブライ河地区の土質調査箇所については、調査を行ない、建設については、今後の検討により決定する。

なお、サウンデングに用いられた Melcine Tosh Probe および コンペネトロメーターの可能な調査深さは地表面からそれぞれ 40 ft および 15 ft である。

3-5-3 室内試験

サンプリングした土質試料はクワラルプールの中央排水かんがい局調査研究所でテストした。試験項目は、粒度分析、真比重、間隙比、自然含水比、液性限界、塑性限界である。

試験法は B, S に基づいて行なわれ、その試験結果は次の図 3-5-1 ~ 図 3-5-7 のとおりである。

3-5-4 試験結果

水門と締切堤の基礎地盤の一般的な特徴、傾向は Fig 3-5-7, および Fig 3-5-8 に示されている。地表面よりの深さ RL-7,00 ft までは、シルト質、または、粘土質の粘性土の土層(層の厚さ 5 ~ 10 ft) である。その直接下層には 8 ~ 10 ft の厚さの砂層があり、この砂層は上部より下部に向って、細粒のものから、漸次粗粒のものへと、移り変っており、この層を構成する砂は、黄白色で真比重 2.60 前後の丸味のない粒状である。又、この砂層内でボーリング作業が休止されると、砂層が比較的厚い場合には、瞬間的にケーシングパイプ内に砂が 3 ~ 5 ft もリーズアップしてくるところから、この砂層は透水性の大きい極めてルーズな河成または、海成の堆積層(N値 4 ~ 7) であると判断される。また、この砂層内での特別な被圧地下水、天然ガス等の存在は認められなかった。

締切堤の両側についてみると、その地盤内における砂層は、その上面の高さが殆んど取付水路の砂層と一致し、物理的、力学的性質からみても、取付水路の砂層と同一のものと推定される。

この砂層について構造物の設計、施工面からみると、水門および取付水路の掘削底面がこの砂層の底面とほぼ一致しているため、構造物の基礎掘削がドライワークで行なわれる場合には、相応な止水措置、仮排水設備が準備されなければならない。

締切堤地点では防潮水門および取付水路の場合よりもやや砂層は層の厚さが大きく、この砂層の存在は、締切堤施工上、安定性を増大させるのに役立つので問題はない。しかも設計上では、この砂層と、この上部の粘性土層との境界面で基礎破壊を生ぜしめる滑動面を形成することが考えられるので、この問題について留意する必要がある。

この砂層の下方には深さ10ft～40ftの粘性土層がある。この重粘土の特徴は、単位体積重量が1.50程度でやや小さくコンシステンスの結果から液性限界(LL)は常に自然含水比(W_o)を上廻っており、カサグランドの塑性図(図3-5-9)によれば、すべての試料土は、“A”線の上にプロットされ、「有機物を含まない粘土塑性大」の分類に属することがわかる。また1軸圧縮試験の結果からquは8.65±1.85(Lb/inch²)程度の範囲内であつて、この値はやや大きく、力学的には安定である。またL₁>W_oから鋭敏比は小さく、実測値の平均は1.7であつた。これらの性質の大要は調査の結果から締切堤地点の基礎地盤についても、同一と判断することができる。

この粘性土層の下方RL-50,00～RL-80,00の深さに再び、砂層が現われるがこの砂層は比較的粗く、均一で白色の角ばった粒状の砂によって構成される。N値は10以下であり、透水係数のOrderは10⁻⁴～10⁻³の範囲であり、極めてルーズ透水性の大きい砂層である。

以上のようなことから、工事予定地域全体の基礎地盤の土層構造は比較的単純な整合状に堆積した河成または海成の堆積層である。粘性土層については安定性は比較的大きく、支持力は期待することができ、圧密沈下現象等も少ないものと判断される。

砂層については、透水性も高く、ルーズであるが、防潮水門の基礎工として、杭基礎の工法を採用すれば、設計、および施工面からは大きな問題は起らないものと判断される。

第4章 水文, 水理解析

4-1 緒言

ブライ河流域の水文, 水理解析の目的は第2章において述べている計画を, 水文, 水理学的見地からその可能性を追究し, 種々の水文水理条件を明らかにすることである。

このためには, まず現在の流域における各種の水文, 水理の特性を適確に把握し, しかるのちに, これら特性が計画策定上の問題をどう関連するかを明らかにする, 解析は数学模型を樹立し迅速かつ正確に行うため, 主として電子計算機でもつて進めた。

ブライ河の開発は, 現在ある沼沢地を開発することである。したがって2章において述べた浮橋の直上流に建設される防潮水門の水理学的機能を明らかにすることが第一目的である。これによって洪水時における, 防潮水門の水理計算を行う。

次に防潮水門の平水位が種々の目的を組み合わせながら検討する。干拓の排水条件を中心として工業用水の取水の可能性を追究するとともに, ブライ河の潮位変動の減少により, 防潮水門建設前より大きく発展するであろう, 河口の砂洲をいかに掃流させるかが検討される。この経過において, ブライ河の支流であるデラハカ河地域の沼沢地の開発の可能性も水理学的に検討する。

以上の検討を完了してから, 貯溜水の除塩の経過を検討し内水の利用できる時期を明らかにする。

4-2 一般事項

4-2-1 降雨量

(A) 資料

ブライ河地域と上流3支川内およびその近辺における12ヶ所の雨量観測所での雨量観測はラールイカンマチ(Lahar Ikan Mati)観測所を除いて日雨量が記録されている。

各観測所の観測点は一様でない, それで流域を代表するものと考えられるケレー河流域のマラコフ(Malakoff)農園, ジャラク河流域のメイフィールド(Mayfield)農園, ブキムメルタジャム(Buhit Mertajam)農園クリム河流域のクリム河頭首工, フキットベザー(Bukit Besu)貯水池以上3つの流域の下流にあるブライ河流域のドゥア河を抜き出し, これらの共通観測期間である1958年以降の月雨量は表4-2-1のとおりであり, 又, それらの平均月雨量は図4-2-1に示されている。98.71インチをこの地域の平均雨量と考えられよう。図4-2-1より明らかなように3月~5月と9月~11月の両時期に比較的雨量が多い。

12ヶ所の雨量観測所のすべてから各年最大日雨量を取り出すと図4-2-2のとおりで同表に, 大きいものから順位が付してある。

ブライ河流域は河口において192.09平方マイルの流域面積をもち、このうちジャラク河、タリム河、ケレー河地区の流域面積は148.42平方マイルで全体の77.4%を占めている。よってブライ河の上流3支川の地区における雨量はブライ河の洪水量に大きく影響することが判る。

今上流3支川の流域にマラコフ農園、メイフィールド農園、クリム河頭首工、ブキメルタジャム農園とブキベザル貯水池の5観測所の観測資料を適用してみる、3地区の平均日雨量器はティーセン法を使用して計算される。ティーセンの三角法および各観測所の占める面積比($\frac{A_i}{\sum A_i}$)は図4-2-2に示される。

この面積比を使用して計算した1960年以後の3地域の平均日雨量は表4-2-3の右欄に併記されている、この平均日雨量と各観測日雨量との関係を相関係数をもって表示すると次のとおりである。

観測所	相関係数
マラコフ農園	0.51
メイフィールド農園	0.72
クリム河頭首工	0.65
ブキメルタジャム農園	0.76
ブキベザル貯水池	0.70
ドゥア河	0.50
ラールイカンマチ	0.31

三支川の流域全体を一観測所の資料でもって代表させうることは相関係数の値よりみて精度はよくないことがわかる。

最も比率が良いのはブキメルタジャム農園で0.76である。

(B) 各雨量観測所の関係について

3支流を含むブライ河流域における1960年以降の時間日雨量と地域の平均雨量との関係がこの節において取扱われる。

全域を代表すると思われる地点の観測日雨量と流域外にあるがラールイカンマチのそれをも加えて検討する、1960年以降に記録された各観測所の各年の最大雨量と同一日における他の観測所の雨量を抜き出したのが表4-2-3に記されている。

この表から判るとおり時間雨量においてさえもかなりバラツキを持っており、この地区には局地性の雨が多い。

(C) 降雨波型

ブライ河地域内の観測結果には時間降雨量の観測がないため、近辺のラールイカンマチ観測所の記録を使用して降雨強度の特性が解析される。

ラール・イカン・マチは1960年から観測されており、これらの中から一連続降雨が2.0インチ以上と思われる20コの時間雨量を抽出して検討する。これら20コの降雨分布状況は

図4-2-3のとおりである。

図4-2-3より判るとおり、降雨事例は、このシャワー型が11コ、長雨型が9コに分類される。

長雨型の9コの降雨について降雨分布をみると、一降雨の中に2つないし3つの山が見出せる。2山型は6コであり、3山型は3コである。

3山型の後半2山を1山として2山型にまとめ前山降雨と後山降雨に分けると、その継続降雨時間、降雨量の比率は表4-2-4のようになり、ほぼ降雨時間は前山が6時間、後山が11時間、降雨量の比率は前山は35%、後山が65%程度と判断される。

図4-2-3の時間、強度関係を持続、強度関係に書き替えると図4-2-4のとおりになる。 t を持続時間とした $\frac{t}{24}$ と時間雨量の大きいものから並べて累加雨量 R_t を両対数紙に記入すると図4-2-4に示されている曲線をうる。この曲線の中で各一連の降雨は、ほぼ直線となっているのでシャーマン式の指数関数にて表示できる。シャーマン式の基本式は次のとおりである。

$$i_t = \frac{a}{t^n}$$

ここで t : 持続時間

i_t : 時間雨量

単位 インチ

n, a : 一定

今、 a, n に次式を与えると

$$a = \frac{R_T}{24^k}, \quad n = 1 - K$$

ここで R_T : T時間における雨量

K : 一定

上式は次のとおりとなる。

$$R_t = R_T \cdot \left(\frac{t}{24}\right)^k$$

ここで R_t : t 時間の雨量

この K を算定した結果は図4-2-4に示されているが、この K は降雨強度、降雨波型、降雨分布等の雨の時間分布を表わす指数となる、 K についてシャワー型の雨の K の平均値は $1/4.22$ ($n=0.763$)、長雨型においては $1/2.25$ ($n=0.555$)となり、20コの全体平均値は $1/3.030$ ($n=0.670$)と計算される。

4-2-2 河状

(A) 河道の形状

河道の地形的な形状は、河口(Grand Heights, R. L(+) $2.0ft$)から上流のクリム河(Sg. Kulim)ジャラ河(Sg. Jarak)、クレ河(Sg. Kereh)の3支川が合流する地点

(Ground Height, RL(+))5.0 ft)まで総延長約1.2マイルにおよび、河口から1.9マイルの地点で支川デラハカ河が合流している。河川縦断コウ配は浮橋(河口から4.7マイル)までが約 $1/5000$ でその地点より上流部はほぼフラットである。このように地形コウ配も非常に緩やかであるので、河川の蛇行がはなはだしい。

河川の通水断面は平均水深が河口で約16 ft, 浮橋およびそれより上流部で10~11 ftである。しかし蛇行の屈曲部では水深が深く、最大で33 ftのところもある。

断面積は河口で15000~9300 ft² (1400~1000m²), 浮橋とその上流部で5,400 ~ 4,800 ft² (500~400m²)で上流にむかって小さくなっている。

今回の現地調査において音響測深機を使用して得られた河川の地形は図4-2-5に示される

B) 河道の抵抗
 厳密に河道の交流現象を把握するためには不定流として河道抵抗係数を見積る必要があるが工学的な精度から考えて、(2.1)式で十分満足な値が得られると考えられる、すなわち河道の抵抗係数としてつきの係数Cを導入する。

$$C = [f_e \left(\frac{A}{A_e}\right)^2 + \sum f_r \left(\frac{A}{A_r}\right)^2 + f_o \left(\frac{A}{A_o}\right)^2 + \sum \frac{2gn^2 l}{R^{3/4}} \left(\frac{A}{A_e}\right)^2]^{-1/2} \quad \text{----- (2.1)}$$

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2g |\Delta \xi|} \quad \text{----- (2.2)}$$

$$\Delta \xi \geq 0 \text{ のとき } Q \geq 0$$

$$\Delta \xi < 0 \text{ のとき } Q < 0$$

ここにCは河道の流量を(2.2)式で表わした時の流出係数である。

$\Delta \xi$ はCを見積る区間の始端と末端の水位差(ここでは河口と浮橋との水位差)

f_e, f_r, f_o は屈曲, 断面変化, 河口出口それぞれの損失係数 A_e, A_r, A_o は屈曲部, 断面変化部河口部それぞれの通水断面積Aは基準通水断面積 A_b , l はマサツ損失を計算する区間ごとの通水断面積とその区間長nは粗度係数, Rは径深。

係数Cを見積るために浮橋における水位流量の観測結果から河口と浮橋との区間の水位差($\Delta \xi$)と流量(Q)を知つて(2.2)式よりCの値を計算する。

図4-2-6に観測結果をまとめて図示する。流速と水位差 $\Delta \xi$ とに着目するとほぼ1時間のタイムラグがあつて、時刻tの流速V(t)は1時間前の水位差 $\Delta \xi(t-1)$ に対応している。したがつて(2.2)式をつぎのようにした。

$$v(t) = C \sqrt{2g |\Delta \xi(t-1)|} \quad \text{----- (2.3)}$$

$$\text{ただし } \Delta \xi(t-1) \geq 0 \text{ のとき } v(t) \geq 0$$

$$\Delta \xi(t-1) < 0 \text{ のとき } v(t) < 0$$

図4-2-6には抵抗係数(C)の見積りを併せて図示しており

C = 0.23 となる。

ちなみに C を粗度係数(n)に換算してみると

$$n = \left(\frac{R^{4/3}}{C^2 \cdot 2.48 \cdot L} \right)^{1/2} \text{ ----- (2, 4)}$$

ここに R は区間の平均径深でこの場合

$$R = 21.1 \text{ ft (6.45 m)}$$

$$L \text{ は区間延長でここでは } L = 4.7 \text{ mile (7.5 km)}$$

$$(2, 5) \text{ 式から } n = 0.026 \text{ (ft}^{-1/3} \cdot \text{sec)}$$

$$(0.0838 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{sec})$$

が得られ、この種の蛇行のはなはだしい緩流河川では経験的にほぼ妥当な数値と判断できる。

なお図 4-2-6 の(3)は流速と水位差の関係を図 4-2-6 の(2)にもとづいて実験式にまとめたもので流速と水位差の関係を指数関係でまとめると次式を得る。

$$|v(z)| = 1.28 |\Delta f(z-1)|^{1/4} \text{ ----- (2, 5)}$$

$$\Delta f \geq 0 \text{ のとき } v \geq 0$$

$$\Delta f < 0 \text{ のとき } v < 0$$

(C) 河床物質

河床材料はシルト質で河口から上流ドゥワ河地点までほとんど変わらず、50%粒径 d_{50} は 0.1 ~ 0.15 mm, 比重が 2.5 ~ 2.6 である。図 4-2-7 に河床物質の見本採取地点および室内試験の結果が示される。

(D) 流量

1961年より1966年の6年間におけるクリム河のアラクダ観測所の水位記録および図 3-2-2 の同地点の水位曲線により流量を算出した。結果は表 4-2-5 および図 4-2-8 のとおりであり6年間の年平均流出量は約 68 億立方フィート (2 億立方米) と見積られる 4-2-1 節(A)の図 4-2-1 に示された地区内平均雨量は 98.71 インチであるからこの数値をアラクダ観測所までの流域面積に適用すると年基準流量は 56% と計算される。

次に流量の年間の頻度を調べるため、流量の小さいものから順次並べて整理すると図 4-2-8 の様になり、6年間の平均濁水量 (1年のうち 355日はこれを越える流量) は 105 ft^3/sec , (3.0 in^3/sec) であり、流域単位面積当りの流量は 198 $\text{ft}^3/\text{sec}/100 \text{ mile}^2$ (2.2 $\text{m}^3/\text{sec}/100 \text{ km}^2$) である。

アラクダ地点の河川流量の概要は次のとおりである。

事項	流量	摘要
濁水量	105 ft^3/sec	年間 355 日はこれを越える流量
低水量	130	年間 185 日はこれを越える流量

事項	流量	摘要
平水量	160 ft ³ /sec	年間275日はこれを越える流量
豊水量	217	年間95日はこれを越える流量

アラクダ地点の流量現象より計画地点の防潮水門地点およびデラハカ防潮水門地点の流量現象が推定される。なお洪水量については4-3において述べられる。

○ 防潮水門の流量現象状態

防潮水門の流域面積は170.2平方マイルでアラクダ観測所のそれの約3.2倍である。流域はクリム河、ジャラ河、ケレー河の全流域148.4平方マイル（防潮水門の流域面積に対し87%）とブライ河兩岸の21.8平方マイルとを含み、前者は山地部、後者は平野部と大別できよう。降雨記録から判断されるように、山地部の降雨量は平野部のそれより多い。

アラクダ水位観測所における年間流量と、その流域内にあるブキ・ベザル貯水池雨量観測所における年間雨量との間の相関は統計期間6ケ年（1961から1966）において0.90の相関係数を得両者の間の相関性は高い。

表4-2-1に示されているブライ河全流域を代表させるところの6つの流量観測所における1958より1966の9ケ年の算術平均の年間雨量は98.71インチ（図4-2-1参照）でブキ・ベザル観測所のそれは110.73インチであり、その比率 $\frac{98.71}{110.73} \approx 0.89$ だけはアラクダにおける単位面積当りの流出量を調節するが適当と考えられる。

以上の考察より流域面積比3.2，年間雨量の係数0.89を使用すればアラクダ観測所の流量を Q_A として防潮水門における Q_M は次式により算定される。

$$Q_M = 3.2 \times 0.89 Q_A = 2.848 Q_A$$

利水計画を樹立する場合、渇水年の生起および流量は重要な要素となる。流量については4-3-1節において述べられているが1957～1966の10年間のブキ・ベザル貯水池における年間雨量において10年に一度発生する程度の渇水年はほぼ1965年と考えられる。

即ち、1965年の流況はほぼ標準渇水年の流況と推定される。

防潮水門における流況はアラクダ流量観測所より推定すると次のとおりである。

	平均年 (1961~1966の平均)		標準渇水年 (1965)	
	cusecs	m ³ /s	cusecs	m ³ /s
渇水量	299	10.6	223	7.9
低水量	371	13.1	251	8.9
平水量	456	16.1	322	11.4
豊水量	618	21.8	441	15.6

(四) 河道の水質

(1) 塩分濃度

調査結果を解析した結果は図4-2-9に示されている。

定点観測の結果浮橋地点の塩分濃度(NaCl)は図4-2-9の(1)の様に最大で8.5(‰)

(8.500 P P m), 最低で2.0 (‰) (2000 P P m) である。最大はほぼ水位ピーク時に出現し, 最低は下げ潮時の谷に出現しており, その挙動は潮の上下と密接な相関を示している。

水深方向の塩分濃度の分布をみると図4-2-9の(2)の様に表層が若干希薄で下層が濃くなっているが, そのコウ配がゆるやかで淡塩水の混合が盛んであることを示している。

図4-2-9の(3)における採水地点と各地点の塩分濃度はほぼ上げ潮ピーク時附近の河口から上流域にかけての縦断的な塩分濃度を示している。図4-2-7における塩分濃度の曲線に示される様に河口からW10地点までがほぼ8~9‰ W10以降へ一様に濃度が低下して, ドゥワ河地点では1~2‰になっている。

4-2-3 海象

(A) 河口の潮汐

プライ河口に近いベナン(北緯5°25'東経100°21')の潮汐を河口の潮汐として水文水理解析に使用する

この地域はサイクロンのじょう乱もなく, いたって平穏である。潮位に直接影響を与える風気圧などの要因をみても風では南支那海の北東季節風が11月~2月に卓越するが, 軽風で殆んど影響なく, また気圧も平均海面気圧で1010mbとほとんど一定で, 異常気象による潮位偏差はきわめて軽微であると推定できる。

ベナンにおける潮汐諸数値は表3-2-2に示されている。

(B) 河道の潮汐

(1) 浮橋地点の潮汐

プライ河のほぼ中位(河口から4.7 mile)にある浮橋地点には潮位観測記録(自記, 1965, 11, 5~1967, 2, 26州排水かんがい局観測)がある。

この記録にもとづいて, 調和常数をもとめた結果は図4-2-10の(1)のとおりである。調和分解の対象としたのは, 1966年5月と11月との各1ヶ月間であり, 5月は乾期11月は雨期である。

調和分解は自記記録から時間水位をよみとった資料を使い, 14分潮に分解した。図4-2-10の(2)は調和分解から得た14分潮を合成した潮位曲線と実測の潮位曲線を対比したものである。

図4-2-10(1)の分潮のなかで M_2 , M_{S_2} は M_2 , S_2 の浅海における変形をあらわす分潮で, 潮汐伝播の際の海域もしくは河川底面のマサツなどによる変形要因を表わしているといわれている。

ちなみに5月と11月の M_2 , M_{S_2} を比較してみると, 平均水面(A_0)が高い11月(雨期)に小さく, A_0 が低い5月(乾期)に大きく表われ, 水深が大きい場合には変形要因が小さく, 反対に水深が小さい場合には変形要因が大きくでている。これはプライ河における海象の一つの特性と考えられる。

図4-2-10の(3)に1966年の浮橋における平均水面の季節的变化が示されている。ベナンの平均潮位R,L(+0.50ft)とくらべると約0.26ft高くなっている。また図4-2-10の(1)には分潮から計算した大潮差,小潮差を平均水面にのせて推定した浮橋における潮位を示す。

(2) 河道水位観測所記録相互の関係

図4-2-10の(4)に河道における各観測所の潮位曲線を対比して図示する。

河口地点(ベナンの記録),浮橋地点,デウワ河地点,それぞれの関係をみると位相でおのおのほぼ1時間のタイムラグがあり振幅はほとんど変わらない。

4-3 計画洪水量

4-3-1 確率日雨量

洪水調節に必要な雨量は,日雨量を処理することによって得られる。本地域の豪雨特性は図4-2-4に示されるように2日以上にわたり連続する降雨の事例が少なく,殆んどは中間に12時間前後の無降雨が存在している。又水門の開閉を決定するために洪水を調節することを前提として考えるならば潮位の上下運動と防潮扉の開閉との関係に着目する必要がある。

満潮時に貯水される洪水量は干潮時にかなりの放流が可能であろう。この様に潮位の上下運動を考慮すれば2日以上にわたる長期の連続雨量を考慮する必要はなからう。

(A) 各観測所の確率日雨量

年最大降雨量の頻度曲線は,非対称分布を示すことが多い。この分布のあてはめに関しては方法として対数正規分布,極値分布がある。

年最大日雨量が対数正規分布をなしているか否かを判別する際にハーゼン確率紙が利用される。表4-2-2の年最大日雨量を使用して得られた結果は図4-3-1に示されている。これらの図より見られる様にプロットされた点がほぼ直線上に配置されることから対数正規分布に従っていることが確認される。このハーゼン法により与えられた超過確率に応じる確率日雨量を求めることができる。

対数正規分布の理論は次のとおりである。

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\xi^2} d\xi$$

$$\text{ここに } \xi = a \log_{10} [(x+b)/(x_0+b)], -b < x < \infty$$

$$a, b, x_0 \text{ ----- 常数}$$

a, b, x₀の常数を経験的分布関数にもとづいて定めようとする各種の方法がある。ここでは日本で広く使用されている岩井式の方法によることとする。

$$\log_{10} x_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_{10} x_i$$

N : 標本数

$$b_i \doteq \frac{x_0 x_i - x_0^2}{2x_0 - (x_0 + x_i)}, \quad \ell = N - i + 1$$

$$b = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m b_i, \quad m \doteq \frac{N}{10}$$

$$\delta_0^2 = \frac{2}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\log_{10} \frac{x_i + b}{x_0 + b} \right)^2$$

確率日雨量の推定には次式が使用される。

$$\log_{10} (x + b) = \delta_0 \xi + \log_{10} (x_0 + b)$$

ここに ξ : 生起年 T に対する正規変量で図 4-3-1 の(2)に示されている。

ハーゼン確率法および岩井法による計算によって得られた各種の生起年に対する確率日雨量は図 4-3-1 の(2)に記されている。両者の結果を比較すると、観測期間が長い程両者の値の差は小さくなる。観測期間の短い場合には岩井式の適用に疑問があり又ハーゼン法による直線の適合性が良いことを考慮して採用する。

以上の結果推定した確率日雨量を全面的に採用することとする。図 4-3-1 の(2)には過去の実測記録の既往最大、第 2 位、第 3 位の生起年はほぼ 40 年に相当する。

防潮水門の建設によつて出来る干拓地は水田造成が計画されている。

水田の排水計画の場合、通常生起年が 10 年程度の洪水に対して計画が立案される。

この場合計画に使用する生起年は 10 年と過去最大として 40 年が使用される。

(B) 確率日雨量

流域に降つた一群の雨により流域下流端にどのようなハイドログラフが生じるかを推定する場合、流域内の降雨分布を計算にとり入れることは困難である、このため流域内の平均雨量を用いることが通例であり、この場合ハーゼン法が使用される。

本流域の降雨特性として、降雨の極地性がある。雨量強度についてジャラク、クリーム、ケレー河流域の平均日雨量と各観測値との相関は Para 4-2-1 の(B)において述べられており、流域内の平均日雨量との相関係数が最も大きいのは、ブキメルタジャム観測所の雨量 ($r = 0.76$) である。今この両者の間に直線式を導入すれば

$$y = 0.788x + 0.386$$

ここに x : ブキメルタジャムの日雨量

y : 三支川流域内の平均日雨量

今、 x に確率日雨量を代入して y を計算すると次のとおりである。

生起年 (年)	x (インチ)	y (インチ)
5	4.98	4.31
10	5.75	4.92

2 0	6.5 2	5.5 2
4 0	7.2 8	6.1 2

ジャラク，キルム，ケレー河流域に同一の生起年をもつ雨量強度が同時に降ったものと仮定して，ティーセン法により確率平均日雨量を算定すると図4-3-2のとおりである。降雨の極地性を考慮する場合，各観測所における同一生起年の雨量強度が同時に発生することは予想されえないことである。

この結果と，さきにブキメルタジャムの確率日雨量よりもとめた確率平均日雨量とを比較すると。次のとおりである。

生起年(年)	同一生起年が同時に発生する場合(インチ)	ブキメルタジャムより算定する場合	A/B
	(A)	(B)(インチ)	
5	5.1 3	4.3 1	1.2 0
1 0	5.8 2	4.9 2	1.1 8
2 0	6.4 4	5.5 2	1.1 6
4 0	7.0 6	6.1 2	1.1 5

同一生起年の確率日雨量が同時に発生すると仮定した確率平均日雨量は，現実の確率平均日雨量に比べて10～20%程度過大に推定されることとなり又強雨時には局地性が少なくなることも示されている。

ここで留意すべきことはブキメルタジャムエステートの雨量より流域内平均日雨量を推定する場合の精度が余り良くないことである。相関係数が0.76であることを考慮すれば流域平均確率日雨量は同一生起年の確率日雨量が同時に発生すると仮定して算定されることがより安全であろうと考えられ，計画値としてこれを使用するものとする。

ブライ河沿岸の平坦地の代表雨量は，その右岸をドゥァ河の雨量を，その左岸にはブキメラ(Bukit Merah)の雨量がそれぞれ適用される。

沼地の雨量はドゥァ河とブキメラの水田が平均値をもって代表されるものとする。これらの確率日雨量は図4-3-2に示されている。

4-3-2 計画時間雨量

降雨波型については降雨の連続時間，その時間内の各時間の降雨量およびその時間降雨量の配列が問題となる。これらについては4-2-1(C)で解析された実際の降雨記録から決定される。

(A) 連続時間

連続時間はPara4-3-1で記述した様に24時間連続した降雨があるものとする。

(B) 時間降雨強度

Para4-2-1(C)で解析した様に日降雨量(R_T)と最大の時間降雨量(R_t)との間には長雨型の場合には

$$R_t = R_T \left(\frac{1}{24}\right)^{0.445} = R_T \left(\frac{1}{24}\right)^{\frac{1}{2.25}}$$

の関係があるので、これによって日計画降雨量を24hrに配分する。

なお $(R_t/R_T) = (1/24)^{0.445}$ より R_t/R_T に対する百分率を求めると表4-3-4の様になる。この率を1964年11月9日の実績をも加味して修正した値を時間降雨量の配分率とする。この時間強度の相関を図4-2-4に記入した実績と比較すると実質降雨の上下限中に包含され妥当な計画降雨分布と思われる。

(C) 計画降雨波型

(B)で求めた時間降雨量を24時間内に配置するのであるがPara 4-2-1(C)で検討したように、長雨型には2つの山がある。その比率は前山降雨が35%でその降雨時間が7時間、後山降雨が65%で12時間であるから計画降雨分布も前山降雨には36%、9時間、後山降雨には64%、15時間として計画降雨波型とする。それは表4-3-5のとおりである。これを図示すると図4-3-3のとおりで1964年11月8日降雨No.8の降雨図4-3-4と比較するとほぼ一致する。

またこれを図4-2-3の実績と比較すると実績降雨の上下限の中に包含されていて妥当な計画降雨波型と思われる。

以上により決定した各流域の計画日降雨量は図4-3-3のとおりである。

4-3-3 単位図法

降雨量から流出量を求めるには単位図法が使用される。この方法は「単位時間に降った有効雨量による、ある地点における河川の流量曲線は常に同形である」という仮定が基本となる。

これは次の様に解釈される。

- (1) 同一流域では、地域的、時間的に一様強度の一定時間の有効雨量は一定の流出を生ずる
- (2) 有効雨量の強度が変化しても流出量の時間的配分は変化しない。
すなわち、各時間の流量はそれぞれ流出総量に比例して変化する。
- (3) 長い継続時間の降雨による流出は、降雨を単位時間に分割したそれぞれの流出を算術的に加算したものに等しい。

本地域の流出量を算定するに当たってケレー、ジャラク、クリム河のそれは日本において使用されている立神法によって算出し、上記3河川の合流点より下流においてブライ河に流入する小河川の流出量は、流出形状を三角形と仮定して算出することとする。

ユニットハイドログラフの作成にあたってはクリム河の中流にあるアラクダ観測所における実測の流出量曲線10コを抽出してブキベザール貯水池の降雨データよりアラクダ地点におけるユニットハイドログラフを作成する。これによって流出量曲線を作成し、実績の流出量曲線を検証し頂点流量等について検討する。この検証結果から得られる種々の係数を使用してケレー、ジャラク、クリム河のブライ河との合流点におけるユニットハイドログラフを求めて、流出量を算定する。なおアラクダ地点のユニットハイドログラフの作成に当り必

要な降雨分布の決定にはブキベサル貯水池の降雨データに自記雨量計がないのでラハー
ルイカンマティの降雨記録の降雨分布が使用される。

なおブライ河に流入する小河川のユニットハイドログラフは、流出を三角形であると仮定
して合成するが、その三角形の決定には、ケレー河のユニットハイドログラフを参考にして
各々の流域面積、流路延長より決定する。

これらのユニットハイドログラフは単位時間を1時間、降雨の単位高は1cm(0.39イン
チ)によって求める。

本地域の流出量は図3-2-1のように全体流域を分割して各々のユニットハイドログラフ
を求めて合成し、計画流出量を算出することとする。

(A) 立神法の説明

本法は流域に単位の降雨がある場合、流域の各部分の雨水が各到達距離に応じてある時間的
ずれをもって流出すると考え、下流端の流量曲線を求める。次にこの流量曲線に河道流下時の
調節効果を導入して流出曲線を求め、これをもって流域に単位の降雨がある場合、河道調節を
受けつつ下流端に現われる流出量曲線としてこれを単位図とする。

ここに調節計算はSを貯留量、iを流入量、qを流出量、tを時間、kを常数とすれば

$$\begin{aligned} \text{貯留方程式} \quad S &= Kq \\ \text{連続方程式} \quad ds &= (i - q) dt \end{aligned} \quad (3.1)$$

による。このようにして求められた単位図を、初期損失を除いた降雨記録に入れて置換降雨図
が求められる。これを直接流出の比として流出指示率を算出し、これを定量的に求めることに
より降雨損失を定めている。

単位図の作成方法は次のとおりである。

i) 初期損失雨量の算出

洪水資料をみると、流域内に降雨があっても、たゞちに流出が現われるわけではなく
直接流出による流量増加があらわれるまでには常にある程度の降雨がある。図4-3-4
の(1)において流出量が増加しはじめるa点までの降雨量を初期損失雨量として計算する。
初期損失雨量は流域の保水状況に関するものと考えられ、この指標としては直接流出によ
る流量増加以前の基底流量すなわち初期流量が適当である。初期流量と初期損失雨量との
関係は一般に次の直線式であらわされるものとする。

$$R_i = -3.6 \frac{P}{A} \cdot Q_i + R_0 \quad \text{-----} (3, 2)$$

ここに $P(h_r)$ 、 R_0 (mm)は常数

A (Km²)は流域面積

これらの常数は多くの観測記録から定められる。

ii) 直接流出と基底流出

- ① 直接流出………降雨に引き続いておこり比較的短時間に流出するもので流出量曲線
の主要部分を形成する。図4-3-4の(1)のa b cで囲まれた部分である。

② 基底流出……①に比べて相当長時間にわたって流出するもので、流出量曲線の基部を形成する上記以外の流出で、地下流出か、またはそれに近い流出で図4-3-4の(1)のa c d eの部分のものである。

これに従って①と②を分離するのであるが、それには、流出量曲線の低減部を片対数紙にえがき、低減状況が不連続となる変化点を求めれば、これが折曲点で図4-3-4の(1)のC点であり直接流出の終了する点と考えることができる。

図4-3-4の(1)において折曲点Cの流量 Q_c から初期流量 Q_i を除いた Q_b は降雨より流出量曲線を算出するのに必要であり、初期損失雨量を除いた総雨量と相関関係が存在する。

$$Q_b = Q_c - Q_i \quad \text{-----} (3, 3)$$

総降雨量 R から初期損失雨量 R_i を除いた総雨量 R_e との間には

$$Q_b = a_b \cdot R_e^n \quad \text{-----} (3, 4)$$

の関係がある。

iii) 集中現象

単位図の本質は遅滞現象にあるわけであるが、その遅滞現象は流下距離に原因する集中現象と流水が貯えられるために生ずる貯溜現象とに分離することができる。

集中の概念は流域の各地点から流量観測地点まで雨水が流下してくることで、貯溜現象による遅滞を考えない流下速度を集中速度とすれば集中時間は

$$\text{集中時間} = \frac{\text{集中距離}}{\text{集中速度}}$$

によって表わされる。この集中時間は距離、コウ配、径深、粗度によって支配されると考えられるが集中時間 T は実験的に

$$T = aL^{0.7} \quad \text{-----} (3, 5)$$

で表わされる。ここに a は常数、 L は集中距離を表わす。

iv) 頂点流出の遅れ

頂点流量の遅れは降雨の時間分布の重心時刻から流量観測地点に最大流量があらわれるまでの時間 T_g で(図4-3-4の(1)参照)流出現象において重要な要素である。

v) 貯溜現象

洪水の遅滞現象を表わすもう1つの要素であるところの貯溜現象については貯溜量に及ぼす流入量の影響は少ないとして貯溜量 S を

$$S = KQ \quad \text{-----} (3, 6)$$

と表わすこととする。ここに K は常数、 Q は流出量である。

洪水流出量曲線の低減部においては流入量は0であるから流水の連続方程式は

$$\frac{dS}{dt} = -Q \quad \text{-----} (3, 7)$$

で表わされる。(3.6)式の両辺を微分すると

$$ds = K \cdot dQ \text{ -----(3, 8)}$$

(3.7) 式に代入すると

$$K \cdot \frac{dQ}{dt} = Q \text{ -----(3, 9)}$$

$$\therefore \frac{dQ}{Q} = - \frac{dt}{K} \text{ -----(3, 10)}$$

これを積分して $t=0$ のとき $Q=Q_0$ とすると

$$Q = Q_0 e^{-t/K} \text{ -----(3, 11)}$$

となる。これは流出量曲線の低減部が指数関数であることを示しており、 $1/K$ を低減係数とよぶ。すなわち (3.6) 式の常数 K は低減部の低減係数を求めることによって与えられる。

vi) 単位図の作成

単位図の作成は、集中面積図、集中時間図、集中曲線図の順序で進められる。集中面積図とは、地形図上で下流端より河道に沿い、河道のない部分は等高線に直角に距離を測り、各到達時間によって流域を分割しその面積を測定して図 4-3-4 の(3)に示す集中面積図を作成する。

集中面積図から集中時間図を作成する。これは集中面積 集中距離関係を集中面積 集中時間関係になおすことを意味する。(3.5) 式より

$$T/A = L^{0.7} \text{ -----(3, 12)}$$

となるが、ここで $T/A = T'$ とすると

$$T' = L^{0.7} \text{ -----(3, 13)}$$

これを微分して

$$dL = \frac{L^{0.3}}{0.7} \cdot dT' \text{ -----(3, 14)}$$

となり、 dA (3.14) 式の両辺で割れば

$$\frac{dA}{dT'} = \frac{L^{0.3}}{0.7} \cdot \frac{dA}{dL} \text{ -----(3, 15)}$$

をうる。ここで T' を時間単位に変換するため、任意の常数 α' を T' に乗じて

$$T'' = \alpha' T' = \alpha' L^{0.7} \text{ -----(3, 16)}$$

とすれば

$$\frac{dA}{dT''} = \frac{1}{\alpha'} \cdot \frac{L^{0.3}}{0.7} \cdot \frac{dA}{dL} \text{ -----(3, 17)}$$

(3.16) (3.17) 式より仮図 4-3-4 の(4)のように集中時間図を作成する。

α' は不明であり、仮定した値を用いる。

集中時間図に降雨条件を入れて集中曲線図を求める。微小時間 dt の間に全流域に強度 r の一様分布の有効雨量があるとすると、各地点からの流出量は $r dt$ で表わされる。これ

は仮集中時間図の $\frac{dA}{dT}$ に有効雨量 r を乗じて得られる。仮集中量 i' は

$$i'' = r \cdot \frac{dA}{dT} \text{ ----- (3, 18)}$$

仮単位流出量曲線は仮集中曲線図に貯溜効果を導入して作成する。(3.1) 式を微分して

$$(v - g) = K (dg/dt)$$

となる。

$d\tau = a$ 時間の始めの流入量 i_1 , 流出量 g_1

$d\tau = a$ 時間の終りの流入量 i_2 , 流出量 g_2

とすると $\frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{g_1 + g_2}{2} = \frac{K}{a} (g_2 - g_1)$

いま $K_1 = \frac{2K}{a} + 1$, $K_2 = \frac{2K}{a} - 1$

とおくと k は低減係数の逆数として求められるので $a = 1 \text{ hr}$ とすると k_1 , k_2 は求められる。したがって

$$g_2 = \frac{i_1 + i_2 + K_2 g_1}{K_1} \text{ ----- (3, 19)}$$

として g_2 が求められる。

貯溜現象を導入して求めた仮単位流出量曲線は、実際の頂点流量のおくれと異なるのでを仮定しなおして計算して単位流出量曲線を求める。図 4-3-4 の(5)のように単位流出曲線図は $a b c d$ となるが e より $a b c d$ に接線を引いて接点を C とする。 $a b c e$ で囲まれた

面積 V は

$$V = \text{単位雨量 (mm)} \times A \text{ (km}^2\text{)} = 0.2778A \text{ (m}^3\text{/sec/hr)}$$

に等しくなければならない。従って $\beta = \frac{V}{P}$ とすれば曲線 $a b c e$ に β を乗じて単位図が作成される。

vii) 置換降雨図による修正

初期損失雨量 R_i を除いた降雨が、全部流出したと考えた場合の流出量曲線、すなわち置換降雨図は単位図に 1 時間ごとの降雨をかけて合成すると得られる。

しかし実際には降雨が全部流出することなく損失を生ずる。置換降雨図の頂点流量 P_p と実際の洪水の流出曲線の頂点流量 Q_p との比を流出指示率 f_p という。

$$f_p = \frac{Q_p}{P_p} \text{ ----- (3, 20)}$$

について多くの洪水における頂点流量との関係を見ると

$$f_p = M Q_p^m \text{ ----- (3, 21)}$$

の関係がある。 M , m は常数

(3.2 0) (3.2 1) 式より

$$QP = M_i^{\frac{1}{1-m}} P_p^{\frac{1}{1-m}} \text{-----} (3, 22)$$

置換降雨図を流出指示率で修正するには流量の上昇部は (3.2 2) 式によって P_p と応じて QP を求め、頂点流量以降は f_p を一定とする。

(B) アラクダ地点のユニットハイドログラフ

この解析にはアラクダの水位 → 記録紙とラハールイカンマティの降雨 → 記録紙より 1 0 コの洪水を抽出して進められる。

これらの洪水を No 1 ~ No 1 0 と命名するとともに、雨量と流出量との関係は図 4 - 3 - 5 の(1)に示される。

i) 初期損失雨量 (R_i)

(3.2) 式により表わされる Q_i と R_i との関係は図 4 - 3 - 5 の(2)のとおりである。

ii) 直接流出と基底流出との分離

有効雨量 R_e と折曲点流量 Q_b との間には (3.3) (3.4) 式の関係がある。流出量曲線の低減部を片対数紙にプロットして折曲点 C を求めると図 4 - 3 - 5 の(3)のとおりである。

図 4 - 3 - 5 の(3)の結果から R_e , Q_b を算定し R_e と Q_b との関係をもとめると図 4 - 3 - 5 の(4)のとおりである。

iii) 頂点流量の遅れ (T_g)

頂点流量の遅れ (T_g) は最大降雨強度の時刻 (単位時間 1 h r の中央) から最大流量までの時間に単位時間の $\frac{1}{2}$, すなわち 0.5 h r を加えると T_g が求まる。この結果は図 4 - 3 - 5 の(5)のとおりである。

iv) 低減係数 C ($h r^{-1}$)

ii) で作成した図 4 - 3 - 5 の(3)から流量が $\frac{1}{2}$ になるまでの時間 T を求めると $C = \frac{\log_{10} Q_e 2}{T}$ となる。これより C を求めると図 4 - 3 - 5 の(6)のとおりである。

v) 貯溜方程式の比例常数 k ($h r$)

(3, 1) 式の K は、 $c = 1/K$ の関係がある。

$$K = 1/c = 1/0.1139 = 8.780$$

vi) 集中面積図の作成

アラクダ地点の流域を 1.5 マイルごとに地帯分割して集中面積図を作ると図 4 - 3 - 5 の(7)のとおりである。

これより仮集中曲線図は図 4 - 3 - 5 の(8)のとおりである。 v) にて求めた貯溜関数 K より仮単位流出量曲線を求めると図 4 - 3 - 5 の(9)のとおりである。

図 4 - 3 - 5 の(9)の仮単位流出量曲線の頂点流量の遅れは 9 時間であり、一方 iv) まで求めた頂点流量の遅れは 1 0 時間であるから α'' は

$$\alpha'' = \frac{10}{9} = 1.11 \text{ となる。}$$

仮集中曲線図において縦距を $\frac{1}{\alpha'}$, 横距に α'' を乗じ, 単位流出量曲線を求めると図4-3-5の(10)のとおりである。

図4-3-5の(10)に示すように単位流出量曲線は無限に続くので基長 $T_b = 30$ 時間で0になるように修正する。すなわち図4-3-4の(1)においてeよりabcdに接線を引き接点をCとすると曲線abceで囲まれた部分は

$$\begin{aligned} V &= \text{単位雨量 (mm)} \times \text{流域面積 (Km}^2\text{)} \\ &= 0.2778 \text{ A (m}^3\text{/sec/hr)} \\ &= 0.2778 \times 189.15 = 88.66 \text{ m}^3\text{/sec/hr} \end{aligned}$$

に等しくなければならない。一方 $T_b = 30$ 時間として曲線abceで囲まれた部分の面積は $28.17 \text{ m}^3\text{/sec/hr}$ となるので, この比を β とすると

$$\beta \text{ は } \beta = \frac{V}{\sum q_b} = \frac{88.66}{28.17} = 1.37$$

となり図4-3-5の(10)にこの β を乗じたものがユニット hidrographで図4-3-5の(11)のとおりである。

vii) 置換降雨図の修正

1) で求めた初期損失雨量 R_i をNo 1, No 2, No 7, No 9の各洪水の初期流量 Q_i より求めてhydrographを計算し, その最大流出量 P_p とこれに対応する実測の最大流量 Q_p は図4-3-5の(12)のようになる。

(3.22)式は $Q_p = 0.4506 P_p^{1.1426}$ となる。

置換降雨図を修正するには, 流量の上昇部を $Q_p = 0.4506 P_p^{1.1426}$ で修正し, 頂点流量以降は $f_p = 0.4506 P_p^{0.1426}$ で修正する。

各洪水の置換降雨図から修正して求めた洪水流出曲線図と, 実測の洪水流出曲線をNo 1, No 2, No 7について図示すると図5-3-5の(1)のとおりでほぼ実測値と合致する。

(C) 各流域のユニット hidrographの作成

クリム河流域のアラクダ雨量観測所において, 検証されたユニット hidrographの諸係数を使用することにより, 各流域のユニット hidrographが作成される。アラクダにおけるクリム河の流域条件は, 他の流域にもほぼ同様な条件として適合されうるものと考えられる。

(1) ブライ河合流点におけるクリム河流域のユニット hidrograph

K, α'' はアラクダ雨量観測所における値をそのまま使用する。

集中面積図は図4-3-6のA-①, 仮集中曲線図は図4-3-6のA-②, 仮単位流出量曲線は図4-3-6のA-③, 集中曲線図の α' による修正は図4-3-6のA-④, 単位流出量曲線は図4-3-6のA-⑤のとおりである。単位流出量曲線の基長 T_b を33時間として β をもとめると1.167となり, ユニット hidrographは図4-3-6のA-⑥に示される。

(2) ブライ河合流点におけるジャラク河流域のユニット hidrograph

クリム河流域と同様にして求められる。図4-3-6のB-⑤に示されている単位流出量曲線の基長Tbを33時間として β を求めると1.073となり、ユニットハイドログラフは図4-3-6のB-⑥に示される。

(3) プライ河合流点におけるケレー河流域のユニットハイドログラフ

クリム河流域と同様にして求められる。図4-3-6のC-⑤に示される単位流出量曲線の基長Tbを24時間として $\beta = 1.222$ となる。

ユニットハイドログラフは図4-3-6のC-⑥のとおりである。

(4) プライ河合流点小流域のユニットハイドログラフ

ケレー河流域と流域条件が類似していることから図4-3-6のC-⑥を参考として進めるユニットハイドログラフは図4-3-7の(1)のように仮定するとケレー河流域のユニットハイドログラフから

$$T = 8 \text{ 時間}$$

$$T + \alpha T = 14 \text{ 時間}$$

$$\beta T = 24 \text{ 時間}$$

となり $\alpha = 0.75$ 、 $\beta = 3$ となる。また図4-3-6のC-⑥より①の面積が5.51、④が8.26となる。Tは流路延長に比例するものとしてケレー河の値を基本として算出する。

$$V = 0.2778A \quad (\text{cu}\cdot\text{m}/\text{sec}/\text{hr})$$

$$(I) = \{g_1 \times T + (g_1 + g_2) \times \alpha T - g_2 \times (1 + \alpha)T\} \times 1/2$$

$$= (1.75g_1 - g_2) \times T/2$$

$$(II) = 3g_2 \times T/2$$

$$(I) / \{(I) + (II)\} = 5.51 / 13.77 = 0.40$$

$$(II) / \{(I) + (II)\} = 8.26 / 13.77 = 0.60$$

$$(I) + (II) = V \text{ であるから}$$

$$(1.75g_1 - g_2) \times T/2 = 0.40V$$

$$3g_2 \times T/2 = 0.60V$$

よって

$$g_1 = 0.686 \times V/T$$

$$\text{となる。} \quad g_2 = 0.400 \times V/T$$

Tはケレー河流域において流路延長16.5 Km (10.3 マイル) にて8時間であることから、任意の流域の流路延長をLとする。T = $8L/16.5$ によつて求められる。以上の様にして、各流域における g_1 、 g_2 、 α 、 β は図4-3-7の(2)のとおりとなり、ユニットハイドログラフは図4-3-7に示される。

4-3-4 ハイドログラフ

図4-3-3における計画時間雨量と図4-3-6と4-3-7のユニットハイドログラフと

を合成して、ハイドログラフが作成される。その手順は次のとおりである。

計画時間雨量 (mm) から次式で得られる初期損失雨量 (mm) が控除される。

$$R_i = 14.25 Q_i - 15.42$$

初期流量 (m^3/sec) は基底流量が適用され $100 Km^2$ 当り $2.4 m^3/sec$ (340日流量) に流域面積 (Km^2) を乗じて得られる。

初期損失雨量が控除された時間雨量 (mm) にユニットハイドログラフが乗じられ、合成されたハイドログラフに上述の基底流量が加算されて置換降雨図が作成される。これに次式の流出指示率を乗じてハイドログラフが作成される。

$$Q_P = 0.4506 P_p^{1.1426}$$

流出指示率の修正は流量の上昇部においては置換降雨図の流量 (m^3/sec) を使用して、上式により、又頂点流量以降は頂点流量 (m^3/sec) を使用して得られる流出指示率を一定として求められる。

計画に使用される生起年は10年と40年であり、この両方について算定された結果は表4-3-1のとおりである。

生起年10年の防潮水門計画地点における頂点流量は約 $20,000 ft^3/sec$ ($580 m^3/sec$) であり、生起年40年のそれは約 $26,000 ft^3/sec$ ($750 m^3/sec$) と推定される。

過去の実測値は流量資料が完備されていないため、明らかではないが、予備報告書によれば「防潮水門計画地点の最大流量は $10,000 ft^3/sec$ のオーダーであろう」と述べられており、また「ベナン港実施計画書」(ブライ河およびバガンルール) (Sir Bruce White, Wolf Barry & Partners on 11th July 1949) によれば「In flood, the river discharge has been estimated at 15,000 — 20,000 cusec」と記されている。

さらにこの洪水量はムダ河からケレー河上流に洪水の流出によって、8~10年に1回は増加している。

この流出量は予備報告書によれば $400 ft^3/sec$ と推定されているが上記のブライ河全洪水量に比べれば小さく無視されうる。

今の洪水推定と上記の各報告書に記されている洪水量とを比較すると、前者が非常に大きい。今回の洪水推定に使用されている流域内平均雨量は資料が乏しいことから、安全側に大きくとられていることも関係していると思われるが各種の報告書に指示されている洪水量についても推定の精度が明らかではない。

算定された洪水量は若干過大のようであるが、今回の計画に使用することとする。

生起年の40年における洪水は過去の雨量からみて既往の最大値に近いものと考えられる。

4-4 河道および河口における数学モデル

4-4-1 数学モデル

ブライ河の水理的性質を数値計算にて解析する。この場合の数学模型および水理上の特性を次のようにとる。

1 地形条件

ブライ河沼沢地は主に道路によって図4-1に示す水域に分れる。河道通水断面および沼沢地の断面はPara4.2.2で述べた観測結果を整理して4.1式で示す。

$$\left. \begin{aligned} AR &= a_R \cdot H \dots\dots\dots \\ AA &= a_a H^b \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} (4, 1)$$

$n = 1$ で $a_1 = a_u, \quad b_1 = b_u$

$n = 2$ で $a_2 = a_d, \quad b_2 = b_d$

$$H \gtrless H_{lim} \sim \begin{cases} n = 1 \\ n = 2 \end{cases}$$

ただし AR : 河道通水断面積, a_R : 河道幅, H : 平均水深 AA 沼地を含めた通水断面積, a_n, b_n : AA を指数曲線で表わしたときの定数, H_{lim} : $AA - H$ の関係が図4.3に見るように2つの領域で異った式となり, その限界水深が H_{lim} である。

河床高(2)は図4.4に示す如くである。

$$Dsand = Csand \cdot a_R + Wsand \quad \text{-----} (4, 3)$$

ここに $Dsand$: 単位時間に河口に搬入される全漂砂量

$Csand$: 潮流によって単位時間, 単位幅当りに搬入される漂砂量

$Wsand$: 波によって河口に運ばれる漂砂量

a_R : 河口幅

$Csand, Wsand$ の値についてはPara 4.4に述べるものを用いる。

(2) 掃砂

河口流によって掃流される砂は椿公式を用いる。この公式は Shields, Einstein, Kalinske, — Brown, 佐藤, 吉川, 芦田などの式の間接性を示し中村充の実験もこれに近い値を得ている。

$$g_B = \frac{67.6 \{ u_*^2 / (\sigma / \rho - 1) g_d \}^{0.8} (h_s / d)^{-0.435}}{\sigma g (\sigma / \rho - 1) / \{ u_* (\tau_0 - 0.8 \tau_c) \}}$$

g_B : 単位時間, 単位幅当りの掃砂量

u_* : 摩擦速度

σ : 砂の直密度

ρ : 水の密度

τ_0 : 摩擦応力

τ_c : 限界摩擦応力

h_s : 相当粗度

d : 砂の粒径

$$d = 0.15 \text{ m} \quad \sigma = 2.6 \quad \rho = 1.03 \quad h_s/d = 10.0 \text{ とする。}$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_o &= \rho u_*^2 = \rho g R I_c \\ \tau_c &= \rho u_{*c}^2 \end{aligned} \right\} \text{-----(4, 5)}$$

(3) 河口形状と堆積，侵蝕

河口形状は現状において図 4.5 に示す形状をもっている。これは河口の直前の彎曲によって流心が左岸岸壁に寄ってこの形状が作られている。

2. 河川流量，降雨条件

沼沢地への河川，降雨の流入は上流からジャラク河，クリム河，ケレー河の流入，および支流デラハカ河の流入とし，河川周辺からの流出は図 4.1 に示す沼沢地区分毎に一様に流入するものとする。

それぞれの流出および流出時間は Para 4.3.4 に示す確率雨量を用い，ユニット・ハイドログラフ法によって求め沼沢地および河道への直接降雨は 100% 流入，流出時間零とする。

3. 外海条件

外海振動を各分潮の合成潮として与えることは容易であるが基本的検討においては次式で与えて十分である。

$$h_o = \frac{\zeta_o}{2} \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + \epsilon \right) + h_{RL} \text{-----(4, 2)}$$

ここに h_o 外海水位， t ：時間， T ：潮汐周期 (12 hr)

ζ_o 潮差 (大潮時 1.89 m，小潮時 0.49 m) ϵ ：位相差

4. 河口条件

この計算の目的の 1 つに河口問題がある。河口には海側から潮流と波によって運ばれる漂砂があり，これが河口流によってフラッシュされて平衡した河口が形成される。この現象を数値計算の中に導入する。

(1) 漂砂

漂砂は海側から潮流および波によって河口に搬入される。潮流で搬入される漂砂量は河口幅に比例し，波による漂砂は相当沖波 (沿岸の波の波高をその位置の水深の浅水係数で割った波) のエネルギーの沿岸方向成分によって定まり，これらの関係を 4.3 式で与える。

図 4.5 で右岸側の浅瀬は止水領域として通水は図中の曲線で囲まれた深部で行なわれるとする。この形状を式で示せば以下のようになる。

① 通水断面形

$$Z = 1.57 \times 10^{-4} y^{2.5} \quad Z_m \text{-----(4, 6)}$$

② 有効河口幅(B)

$$\left. \begin{aligned} B &= 3.32 (Z - Z_m)^{0.4} \\ &= 3.32 H_{\max}^{0.4} \\ &= 3.80 H^{0.4} \end{aligned} \right\} \text{-----(4, 7)}$$

ここに H : 平均水深

③有効通水断面積 AR_0

$$\begin{aligned}
 AR_0 &= 23.7_{\max}^{1.4} \text{ (m}^2\text{)} \\
 &= 38.0 H^{1.4} \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{----- (4 , 8)}
 \end{aligned}$$

④径深 (平均水深)

$$H = 0.715 H_{\max} \text{----- (4 , 9)}$$

⑤堆積, 侵蝕

河口に堆積, 侵蝕が生じた場合の通水断面の変化は図 4.6 に示すように (4.6) 式で Z_m が変化する形で起るものと仮定する。

また堆積侵蝕の受ける範囲は河口部 500 m の区間とする。

河道断面は基礎方程式において (4.1) 式の形で示されるので数値積分においては (4.6) ~ (4.9) の諸式を (4.1) 式の形に換算して後, 後述の基礎方程式に適用する。

5. 基礎方程式

(1) 解析の方針

水理計算は運動方程式, および連続方程式を連立に於いて行われる。

水の流出入は主として河道を通じてなされ沼沢地帯は河道を通過してきた水が溢れ出す形で侵水する。このような現象は運動方程式を河道について立て連続方程式を沼沢地を含めた全水域で立てることによって扱われる。

運動連続両方程式の演算は, これらを差分式で示し与えられた地形条件, 外海条件, 流入条件のもとに数値積分する。演算の進行は河口より上流に向かって河道に沿ってとった長さの差分 Δx 時間の差分を Δt として時刻も $t = t$ における水位条件から運動方程式を用い, これを Δx について積分して, 河道各区分の流速, 流量を求める。この流速, 流量が $(t + \Delta t/2) - (t - \Delta t/2) = \Delta t$ だけ継続させて連続方程式を Δx で積分し河道各区分の水位を計算する。

この操作を繰返して時間を進行させる。流速および水位の計算は $\Delta x/2$ だけずらして Δt のステップで行う。

基礎微分方程式の差分化について $\Delta t, \Delta x$ による各差分商はすべて中央差分商を用いる。このことは中央差分商が前方差分商, 後方差分商に比し切断誤差が 1 次だけ少ないことが容易に証明できるからである。

演算の進行について $\Delta x, \Delta t$ の満たすべき条件は

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{v \pm \sqrt{gH}} \text{----- (4 , 10)}$$

ここに v : 流速

H : 水深

図 4.7 に演算の進行の格子点を示す。

(2) 運動方程式

河口を原点にとって上流に向ってxをとる。

$$\frac{1}{g} \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{V^2}{2} \right) + I + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |v|}{H^{4/3}} v = 0 \text{ -----(4, 11)}$$

ここに v ; 流速 (上流に向う流れを正とする)

H ; 水深 I ; 河床コウ配 n ; 粗度係数 g ; 重力の加速度

(9.781 m/sec)

4.11式は2次のように差分化する。(i , j - 1) 点を中央値として (i , j) の値を求める。

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{v_{i,j} - v_{i,j-2}}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{H_{i+1,j-1} - H_{i-1,j-1}}{\Delta t}$$

----- (4, 12)

$$\frac{\partial v^2}{\partial x} = \frac{v_{i+2,j-2}^2 - v_{i-2,j-2}^2}{2\Delta x}$$

$$I = \frac{Z_{i+1} - Z_{i-1}}{\Delta x}$$

$$H = \frac{H_{i+1,j-1} + H_{i-1,j-1}}{2}$$

$$v = \frac{v_{i,j} + v_{i,j-2}}{2}$$

上記差分中 $2 \frac{\partial v^2}{\partial x}$ は時間階差について中央値を用いず後方値を用いた。これはこの項が主として通水断面積の位置的变化に係るので Δx に関して中央値を与えれば十分な精度が得られるためである。

上記の諸式を (4.11) に代入し $v_{i,j}$ に関してときこれを演算する

(3) 連続方程式

$$\frac{\partial A_A}{\partial t} + \frac{\partial (AR \cdot v)}{\partial x} - g = 0 \text{ -----(4, 13)}$$

ここに A_A ; 沼地も含めた通水断面積

AR ; 河道部の通水断面積

g ; 沼地周辺あるいは直接降雨による流入水量

(4.1) , (4.2) 式を (4.13) に代入して

$$A, H \frac{\partial H}{\partial t} + aR \cdot H \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + aR \cdot v \frac{\partial H}{\partial x} + H \cdot v \cdot \frac{\partial aR}{\partial x} - g = 0 \text{ -----(4, 14)}$$

ただし

$$A_i = a_n b_n, \quad A_e = v_n - 1$$

(4.14) 式の微分商を (i , j - 1) を中央値として差分化する。

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{H_{i,j} - H_{i,j-2}}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{v_{i+1,j-1} - v_{i-1,j-1}}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{H_{i+2,j-2} - H_{i-2,j-2}}{2\Delta x}$$

$$\frac{\partial aR}{\partial x} = \frac{aR_{i+1} - aR_{i-1}}{\Delta x} \quad \text{-----}(4, 15)$$

$$H = \frac{H_{i,j} + H_{i,j-2}}{2}$$

$$v = \frac{v_{i+1,j-1} + v_{i-1,j-1}}{2}$$

$$aR = \frac{aR_{i+1} + aR_{i-1}}{2}$$

上記差分商のうち $\frac{\partial H}{\partial x}$ は Δt に関し後方値がとってある。このことは $\frac{\partial H}{\partial x}$ が果す役割は運動方程式における場合と異なり、単に Δx 区間の水深変化による貯水量に関するものであるから、 Δx 区間の水面を平面と考えれば、 Δx に関する中央値を与えれば、 Δt に関し後方値でも十分な精度が得られる。

上記の諸式を (4.14) に代入して $H_{i,j}$ に関してとき数値計算を行う。

(4) 河口の掃砂，堆積

4項，河口条件で検討した結果を差分化しておく。

通水断面積の変化

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial A R_0}{\partial t} &= (F_{\text{sand}} - D_{\text{sand}}) / L_m \\ F_{\text{sand}} &= g_B \cdot B \end{aligned} \right\} \text{-----}(4, 16)$$

g_B, B : (4.5) (4.6) (4.8) に示す値

L_m : 掃砂，堆積を受ける河口部の長さ。

$$\left. \begin{aligned} A'_{R_{i,i-1}} &= 38.0 \frac{H'^{1.4}}{v'^{1.2}} \\ A R_{i+1,j-1} &= A'_{R_{i,i-1}} + \frac{F_{\text{sand}} - D_{\text{sand}}}{L_m} \Delta t \\ H_{i,j-1} &= \left(\frac{A R_{i+1,j-1}}{38.0} \right)^{1.4} \end{aligned} \right\} \text{-----}(4, 17)$$

(4.17) 式中ダッシュのついた量は掃砂，堆積を考慮しない場合の値である。

(5) 橋脚の流水抵抗

橋脚による流水抵抗はドオビュイソン (D' Aubuisson) の式によって計算する。しかし基礎方程式における差分は河道について $\Delta x = 500 \text{ m}$ 程度として実行するので橋脚そのものを地形，形状モデルとして計算することはできない。よってここでは橋脚によって生ずる上下流水位差を河道狭さくによる摩擦損失水頭の増加に変えて橋脚抵抗を水理的等価なものとして扱おう。橋脚上下流水位差 Δh_p は

$$\Delta h_p = \frac{Q^2}{2g\ell_1^2 H_1^3} \left[\frac{1}{C^2} \left(\frac{\ell_1}{\ell_2} \right)^2 - 1 \right] \text{-----}(4, 18)$$

$$= K \frac{Q^2}{AR^2}$$

ここに Q : 流量 ℓ_1 : 橋脚前の河川幅 ℓ_2 : 橋脚幅を除いた河川幅 H_1 : 橋脚前の水深
 C : 橋脚形状による係数 $AR = \ell_1 H_1$

図 4.8 に示すごとく橋脚を狭む隣接流量点を i とし, i 点の通水断面積 AR_i を縮小して (4.18) 式における Δh_p と同じ水位差を生ずるととする。

$$\Delta h = K \frac{Q^2}{\left(\frac{AR_i + AR_{i-2}}{2} \right)^2} + \frac{n^2 Q^2 \Delta x}{H_{i-1}^{4/3} \cdot j - 2 \left(\frac{AR_i + AR_{i-1}}{2} \right)^2} +$$

$$\frac{n^2 Q^2 \Delta x}{H_{i+1}^{4/3} \cdot j - 2 \left(\frac{AR_i + AR_{i+1}}{2} \right)^2} = \frac{n^2 Q^2 \Delta x}{H_{i+1}^{4/3} \cdot j - 2 \left(\frac{AR_i + AR_{i-1}}{2} \right)^2}$$

$$+ \frac{n^2 Q^2 \Delta x}{H_{i+1}^{4/3} \cdot j - 2 \left(\frac{AR_i + AR_{i+1}}{2} \right)^2}$$

これをといて

$$AR_i = 2 \left[\frac{2}{RK(H_{i+1}^{4/3} \cdot j - 2 + H_{i-1}^{4/3} \cdot j - 2)} \right]^{1/2} - AR_{i-1}$$

$$RK = \frac{K}{n^2 \Delta x} \frac{1}{\left(\frac{AR_i + AR_{i-2}}{2} \right)^2} + \frac{1}{H_{i-1}^{4/3} \cdot j - 2 \left(\frac{AR_i + AR_{i-2}}{2} \right)^2}$$

$$+ \frac{1}{H_{i+1}^{4/3} \cdot j - 2 \left(\frac{AR_i + AR_{i+2}}{2} \right)^2}$$

AR_i の代わりに AR_e を用いて基礎方程式の積分をすれば, 流速が大となって摩擦損失が大となり橋脚による損失を同量だけ損失が生ずることになる。

(6) 防潮水門

防潮水門に関しても(5)の橋脚におけると同様の扱いをすることができる。

図 4.9 で i 点をゲートにとり, ゲートの通水断面積 A_g を与え, ゲート操作の初期条件として初期内外水位差 Δh_g , 開扉速度 v_g などを与える。

$$\text{通水断面積 } A_g = A_0 + v_g \cdot \Delta t$$

A_0 は初期通水断面積

ゲートの流量 Q は

$$Q = A C \sqrt{2g \Delta h} \text{-----}(4, 20)$$

ゲートによる水位差 Δh を $l = l_u + l_d$ なる取付水路区間の摩擦損失に置きかえるような, 水理的等価水道を求めらる。

実際の取付水路間の上下流水位差はゲート部の水位差, l_u , l_d 部の摩擦損失の合計である。これを l_u , l_d 部の通水断面を縮小して流速を大とし摩擦のみで与えるのである。

等価水道の始点，終点を i_1, i_2 ，ゲートを ig とし i_1, i_2, ig を流速点にとる。ゲートの通水断面積 A とし開閉速度を V_G ，ゲート幅を B_G とすれば

$$A = A_0 + v_G \cdot B_G \cdot t \text{ ----- (4, 21)}$$

A_0 : ゲートの初期通水断面積

実際の水道の水位差と等価水道の水位差を等しいとおく

$$\frac{Q^2}{2gC^2 A} + \frac{n^2 Q^2 l_u}{H_u^{4/3} A_u} + \frac{n^2 Q^2 l_D}{H_D^{4/3} A_D} = \frac{n^2 Q^2 (l_u + l_D)}{H_G^{4/3} A_e} \text{ (4, 22)}$$

ここに Q : ゲートの流量， H_u, H_D, H_G : それぞれ l_u, l_D Gate部の水深， A_u, A_D : l_u, l_D 部の通水断面， n : 現実の粗度係数， n_e : 水理的等価水道の粗度係数

(4, 22) 式を A_e についてとき

$$A_e = \frac{A}{\sqrt{K}}$$

$$K = \frac{H_G^{4/3}}{2gn_e^2 C^2 (l_u + l_D)} + \left(\frac{n}{n_e} \right)^2 + \left(\frac{A}{A_u} \right)^2 \left(\frac{H_G}{H_u} \right)^{4/3} \frac{l_u}{l_u + l_D} + \left(\frac{n}{n_e} \right)^2 \left(\frac{A}{A_D} \right)^2 \left(\frac{H_G}{H_D} \right)^{4/3} \frac{l_D}{l_u + l_D} \text{ ----- (4, 23)}$$

(4, 23) 式は実際の開扉面積 A のに対応する換算水道の断面積 A_e を与えている。(4, 21) 式で初期開扉面積 A_0 を与えこれにゲート操作条件として上下流水位差 ΔH_G 以上で開扉し Δh_G 以下で閉扉する場合，干潮から満潮への転潮時に開扉する場合，その他河口堆砂の掃流を計るための操作などを与えて演算せしめる。

4-4-2 数学モデルによる若干の水理現象の再現

1 ゲート操作によって生ずる水面振動

数学模型の安定性と現象の再現性を検討するために、若干の現象を与えて検討した。図4-10はゲート内外水位差0.15mで開扉0.03mで閉扉するよう指令した場合の水位変動の時間的変化の例である。このような振動に対して十分安定で現象を追跡することができる。

2 河口で与えた強制振動の減衰および伝播

河道に沿った水理現象の応答性も確認する目的で河口に瞬間的水位変動を与えて上流への伝播および時間的変化を潮汐変化に重ねた。図4-11は河口より7.5Km上流のほぼ浮橋附近の流量および水床変動を示したものである。

3 一潮汐における堆積、掃砂

既述のように河口問題については流心の形成する河口断面形を関数で示し、この断面が海側からの漂砂による埋没、潮汐流による掃砂によってどのように変化するかを計算させてみる。図4-12は平均河床高の変化を示す。張潮で堆積し落潮で掃砂されることが判る。4-4に述べる如く海側からの漂砂は潮流と波によるもので特に潮流によって運ばれる漂砂が大であるためこれを未知量とし、現況河口が平衡状態にあるという条件で河口漂砂を決定する。

4-4-3 現況流況によるモデルの検証

1 河道抵抗係数の決定

河道の流水抵抗はブライ河の流量特性を決定する要因の一つである。ブライ河における流水抵抗は潤辺における摩擦抵抗、湾曲抵抗、構造物による抵抗、合分流抵抗、外海への流出入抵抗などがある。前項4-4-1に示す数学モデルにおいて、流水の湾曲、合分流抵抗は扱っていない。又、最も重要な摩擦抵抗については摩擦抵抗を粗度係数 n で示し、これを現地観測結果から推定する。数学モデルの河道抵抗を決めるためには潮汐振動に対し、上流地点での平均潮位の上昇、潮汐振幅の変化などによる。浮橋間の観測結果から n を推定した場合

$$n = 0.02$$

である。数学模型においては湾曲合分流抵抗は水道のマクロな流量特性として n に含めて計算する。

2 河口漂砂掃砂量の検討

現況河口においては、外海潮流による漂砂、波浪による漂砂が河口に搬入され落潮時の河口流で掃流される。この堆積、侵食が平衡して現況河口が形成されている。この平衡は長期間にわたる平衡であり、洪水時の拡大、強風時の縮小などが起る。又、大潮時は掃流力が優勢で小潮時は堆積傾向が大となるであろう。ここでは大潮、小潮時の平均掃流力をもつ潮汐振動に対し、現況河口が平衡するための漂砂量を定める。漂砂量 D_{sand} は(4-3)式で示したが、これは潮流によるもの C_{sand} と波によるもの W_{sand} とに関係する。 W_{sand} は4-3で検討したものをを用い、ここでは C_{sand} の現況における値を検討する。図4-15～図4-15は C_{sand} と河口断面の変化を示す。図4-13は1潮汐面の堆砂、掃流による河床の変動を

示している。1 潮汐後の河床変動値と漂砂量 Q_{sand} との関係を示したものが図 4-14 であり、変動値零で平衡すると考える。この値は潮差および河道抵抗 n の与えかたで大きくこととなり、各場合をまとめて示したのが図 4-15 であり、これより現況における Q_{sand} は平均 $3.5 \text{ m}^3/\text{day}/\text{m}$ 程度であることが判る。

4-5 河口港に対する影響

4-5-1 海岸における諸条件

(1) 風

波浪、異状潮位は主として風と気圧によって与えられるマラッカ海峡は北緯 $0 \sim 6^\circ$ に位し、マレー半島とスマトラにはさまれているため風は穏やかで、コリオリの力も殆ど零である、従って旋風は発達しない。

気圧配置は季節変化があるが平均気圧傾度は極めて少ないこのような安定した気象条件の中で、日、月の気圧変化は極めて小さく、この中では日数差が最も大きく規則正しく繰返されるが、その差は 3 mb 程度で、季節風が見られる。

東北の季節風は、南支那海季節風の末流が到達するが、それ程強くないマラッカ海峡の北端でしばしばスコールを伴った強風となる。海峡では普通軽風でブライ河口の波に関係する風向は、地形的に NW-NNW および S-SW である、又、局部的にたつまきがあってもブライ河口の影響はない。今回得られた気象資料のうち海に関係ある観測所は次の 4 つである。

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 Alor Star Aerodrome | Lat $6^\circ 12' \text{N}$ | Long $100^\circ 25' \text{E}$ |
| 2 Penang Aerodrome | Lat $5^\circ 18' \text{N}$ | Long $100^\circ 16' \text{E}$ |
| 3 Sitiawan | Lat $4^\circ 13' \text{N}$ | Long $100^\circ 42' \text{E}$ |
| 4 Malacca Aerodrome | Lat $2^\circ 16' \text{N}$ | Long $102^\circ 15' \text{E}$ |

図 4-5-1 の(1)は上記 4 観測所の 1964 年の記録を用いて、年間風向の頻度分布を示したものである。中央の数字は Calm の頻度である、この図から NW の方向からの風の頻度は極めて少ないことがわかる。NE の風が多いがベナンの波に関係ない。

(2) 海流、潮流

海流は一年を通じて海峡の中央を NW に向って 1 ノットの流速で流れる。6 月、7 月、8 月の 3 ヶ月は NW 方向の流れがスマトラに偏し、ベナンで反転流が生じる。図 4-5-1 の(2)はベナン水道の潮流を示す。

潮流は上げ潮で S に下げ潮で N に向う。図 4-5-1 の(2)に示す地形はブライ河口前面に対して、上げ潮時大きな流れを与える。南流するとき縮流加速され南で潮抜流となる。河口前面附近では、縮流の後流が拡散されず到達し、この部に流心を形成している。即ちこの加速された流れが拡大減速部に到ったもので大きな二次流を伴い底質の移動に大きく影響する。この流れがブライ河を横切って砂州を発達させていると考えられる。

下げ潮は N に向いベナン水道で潮縮加速されるが、ブライ河前面では潮縮流の過程で二次流

を伴わず底質移動は 潮程ない。

(3) 河口流

河口流は Pala 4-3-2 にのべた現況河道，沼沢地地形に対応して，主として潮汐流が支配している。Fig 4-5-1 の(3)は現況における外面潮差と，流入流量の関係を示している。

この図から大潮時約 $400 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，小潮時約 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ の流量があることが分る。この流れは河道の湾曲，上げ潮時潮流の影響で，左岸岸壁沿いに流心を発生せしめている。この流れが河口の砂州を横切って流れているが，流れが拡散して砂州上に著しい流心の発生は起っていない。このため岸壁沿いの大きい水深は外海まで継続せず，既存河口港の航路機能を著しく阻害している。

(4) 地形

マラッカ海峡を巨視的に見ると浅く平坦である。

ベナン島西岸近くまで，水深 $50 \sim 70 \text{ m}$ の平坦部があり，水深 $30 \sim 10 \text{ m}$ 部は比較的急に浅くなり， 10 m 以浅は再びゆるやかに変化する。Fig 4-5-1 の(4)にベナン島南北の海底地形を示す。Fig 4-5-1 の(5)はベナン島近傍の海底地形である。南北ベナン水道の形状から底質の移動は南下する方向に卓越すると考えられ，両水道内の底質はムダ河から搬出されたものが多いと考えられる。Pala 4-5-2，Pala 4-5-3 に述べるように，海岸漂砂，波の侵入の様子からムダ左岸からバタワースのフェリー乗場までの海岸は，粗に砂よりなるが，バタワース以南では泥分が多い。このことは，Fig 4-5-1 の(4)の地形に見るようにアンダマン海からの侵入波と上げ潮時潮流によって選別輸送されるためである。潮流による底質輸送の機構は B に述べたごとく南水道に泥の堆積が多いことが理解される。アンダマン海からの隆起はムダバタワールの海岸に対し，常に汀線法線に対し右側から侵入に海岸物質の南下を促進している。

プライ河口前面の地形で Fig 4-5-1 の(5)のミオは，上げ潮時 A 部の狭窄での南下流による流心として作られるものである。

ベナン水道全幅の地上流が漸縮して A 部のミオの形成に役立っている。

4-5-2 波と沿岸漂砂

波の直接観測資料は得られていないので，風から推算する。

マラッカ海峡で発達する波は，ほぼ 6 sec 以下である。したがって周期に応じて $T=4 \text{ sec}$ のとき水深 10 m ， $T=6 \text{ sec}$ では水深 30 m までを深海峡として求め，ベナン水道内の波は，この深海波からの波の変形を考慮して求める。

深海波の発達は，マラッカ海峡の風の風域が剰移動しないので Sverdrup-Munk-Bretschneider の方法で計算する。

波の推算に使用する風速は観測記録にある次の範囲のうち，安全側をとって大きい方の値とする。

0 ~ 1.5 m/sec の代表値 1.5 m/sec 、

1.6 ~ 5.6 m/sec	の代表値	5 m/sec
5.5 ~ 10.7	"	1.0
10.8 ~ 17.1	"	1.7

風の継続時間については、明らかでないが、5.5 ~ 10.7 m/sec の風の月別合計時間が 0 ~ 20 hr であるから1回の風の継続時間は余り長くない。マラッカ飛行場の記録は月合計 100 時間以上の月もあるが、これはほとんどNE方向の風で陸風となる。よって漂砂を解析するための風は下記の風域で発生するものとする。

V = 1.5 m/sec の風域	対岸距離 (スマトラ海岸)
5 m/sec	"
1.0 m/sec	吹送時間 10 hr (t)

以上の条件で、沖波 (水深 10 ~ 30 m) を算出すると、Fig 4-5-1 の(6)のようになる。
沖波 (水深 10 ~ 30 m 地点)

Fig 4-5-1 の(6)から 1.5 m/sec 以下の風では波はほとんど生ぜず、漂砂移動に対して省略できるであろう。

次に、Tab 4-4-1、Fig 4-5-6 の(6)における風の発生状況について調べる。

風速、風向別の発生頻度を Summary observation (1964) by the Malaysian Meteorological Dept の資料から推定すると Fig 4-5-1 の(7)のようである。

Fig 4-5-1 の(6)と(7)を対比すると、河口漂砂に関係ある波は主として、風速 5 m/sec (1.6 ~ 5.4 m/sec) の風によることが分る。また 1.0 m/sec の風による波はペナン水道中央部の砂州の変形に関係するが、その発生時間がきわめて少ない。

Fig 4-5-1 の(8)~(12)は波の屈折図 (Refraction map) を示す。Fig 4-5-1 の(8)、(9)、(10)は Fig 4-5-1 の(6)の 5 m/sec の風に対応する波であり、Fig 4-5-1 の(11)、(12)は 1.0 m/sec の風に対応する波である。

河口の波は S-SW の波が屈折して到達し、その他の方向の波は、回折 (diffraction) して到達する。

波の分散と浅水係数 (Shoaling factor) を考慮して、水深 1 m 地点の波 H とこれに対応する相当沖波 H_o' を求め、 H_o' の沿革方向エネルギー成分から、Sanvage Caldwell らの研究を参照して沿岸漂砂量を推定する。なお、このような計算は一般に精度をあげることができず、大体の数値を示すものとして理解すべきである。

これらの計算結果を示すと、Fig 4-5-1 の(13)のごとくなる。それによるとブライ河口に到達する波は、ほとんど波高 30 cm 以下で、ごくまれに沖波波高 1.8 m、ブライ河口 50 ~ 70 cm の波が存在する。

沿岸漂砂量は Fig 4-5-1 の(7)に示す 5 m/sec の風の発生時間中におけるもので年間平均すると約 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ となるが、この値は大よその目安と考えるべきである。

ペナン水道で発生する波は 1.0 m/sec で波高 2.5 cm 程度、周期 2 ~ 3 sec である。以上に

見るようにペナン水道における海岸現象に対し、波は余り大きな条件とならずプライ河口における漂砂の潮流が大きな条件となっている。

4-5-3 潮流によるプライ河口漂砂

ペナン水道の上げ潮、下げ潮のとき、パタワースペナン間の地形が最も狭さくされているので、下流に当る位置で大きな洗堀が起っている。狭窄部を通る後流の規模は巾 4,000 ft 深さ 10 Fathoms 程度で、大潮時 2 ノット小潮時 0.6 ノットの流速を示している。この後流によって生じた放物線形の通水断面の上線を横切ってプライ河口流が潮流に直交する。潮流の規模と河口流の規模の比率によって Fig 4-5-1 の (b) B 部流心の放物線形通水断面のプライ河口寄り上線の欠損あるいは流心の張出しは定まる。現状においてプライ河口流の B 部水道の形状に対する影響は余りなく、逆に潮流は河口を横切って漂砂を推積し、砂州の発達を促し河口兩岸に近付ける作用をしている。

河口の漂砂の見積る一つの方法は、現況河口が搬入量と河口流掃砂がほぼ平衡していると考えれば、現況河口流による掃流砂の見積りから漂砂量を見積ることができる。

潮流による河口漂砂は河口巾に比例するから (4.4) 式の形で示し、これと掃砂が釣り合うように潮流による単位巾当りの漂砂量 C_{sand} が求められる。

$$D_{sand} = C_{sand} aR + W_{sand}$$

$$F_{sand} = gB aR$$

$$\Delta H = \frac{1}{A} \int_{t_0}^{t_0+T} (F_{sand} - D_{sand}) dt = 0$$

ここに W_{sand} ; 波による沿岸漂砂 (4-5-2 項の検討から $40 m^3/day$ とする。

D_{sand} ; 波と潮流による河口漂砂

; 河口幅

F_{sand} ; 河口流による掃砂量

; 河口単位巾, 単位時間当りの掃砂量

ΔH ; 平均河床高の変化 (河口断面形は 4.7 式のベキ函数で示す

A ; 掃砂, 堆積を受ける河口部の面積

現況において上式を満足するように潮流による河口漂砂 C_{sand} を定める、これによると Fig 4-4-1 の (b) に示すごとくなり

$$C_{sand} = 35 m^3/day/m \quad \text{となる。}$$

4-5-4 パタワースの新港の影響

新港の計画が Pala 4-5-1, 4-5-3 に述べた地形, 潮流条件の下で検討されたものと考えられる。新港の岸壁は、上ケ湖の南下流によって作られた大規模な流心の側縁 (Fig 4-5-1 の (b) の B 部) に設けられたもので、潮流に適当な配慮を払われることで深度を維持は可能であろう。

現況における地形を Fig 4-5-1 の (b) によって検討するとプライ河口流の海底地形に与え

る影響は Fig 4-5-1 の(4)のスケッチに示される潮流々心の上線の欠損、張出し、砂州の発達を知ることが出来る。

フライ河口の現況は Fig 4-5-1 の(4)の C のようであり、河口流は上ヶ湖の流心による地形に影響を与えず、河口に砂州を発達している。現況では Fig 4-5-1 の(4) (d) のように河口局所性のない深さまで出した岸壁は、河口流の影響を受けることは殆どなく、防潮水門を設けて流量を制禦を行っても、岸壁の前面の水深には悪影響はないと考えられる。

4-5-5 フライ港に対する影響

河口左岸の既存港は河口部の湾曲によって河口流々心を、この部に導びき水深維持を計ったものである。現況は港前面は局所的に深く掘れているが、Fig 4-5-1 の(4) (c) (d) に見るように河口を横切って砂州が発達し、航路としては砂州上の最小水深に規定されて 15 ~ 2 Fathoms (27 ~ 37 m) 程度である。河口に搬入される漂砂量は 4-4-3 の 2 項および 4-5-2, 4-5-3 で検討したように

$$\begin{aligned} D_{\text{sand}} &= C_{\text{sand}} + W_{\text{sand}} \\ &= 35 + 40 \text{ (m}^3/\text{day)} \end{aligned}$$

程度であり、現況における有効通水幅 80 m ~ 100 m (4-7 式による値) として

$$D_{\text{sand}} = 300 \sim 400 \text{ m}^3/\text{day}$$

となる。この値は漂砂平均粒径 0.15 mm 河道抵抗 $n = 0.02$ として求めたものに対応する。このような漂砂の定量的表現は大たんであるが、大略の様子を判断することができる。漂砂は河口区間約 500 m の長さに分散堆積するので、この漂砂で河口が閉そくして行く速度は極めて遅い。また閉そくが進行して河幅が小となれば漂砂量も小なくなる。他方河口流による掃流力は、現況においては洪水、大潮、小潮のそれぞれに応じて拡大、縮小を繰返しながら平衡していると考えられる。防潮水門の建設によって河口流が激減した場合、掃流力を減じて平衡は破れ、河口は縮小して行く。河口 500 m 区間の平均埋没速度を極く大まかに見積ると堆積の初期においては、

$$\begin{aligned} \frac{D_{\text{sand}}}{500 \times} &= \frac{300}{500} \sim \frac{400}{500} \text{ (m/day)} \\ &= 0.006 \sim 0.01 \text{ (m/day)} \end{aligned}$$

である。

しかし、埋没が進行して河口通水断面が縮小すれば、漂砂量が減少すると反対に掃流力は増大していき、縮小された河口において再び平衡する。如何なる状態において平衡するかを Pala 4-5-1 で求めた数学模型を用いて検討した結果を図 4-5-1 の(4)に示す。この図は防潮水門を全閉とし支流デラハカと防潮水門下流の感潮水面積による河口流によって維持される平衡河口断面を検討したものである。この場合の潮差は平均潮差 1.2 m を用いた。横軸は平均河床高を縦軸には 1 潮汐後に変化じた河床高を示す。河口が大きい場合には漂砂が優勢で

D \bar{x} は正で河床は高くなって来るが、河口規模が小となるとD \bar{x} は次第に減じて零となり平衡する。

この場合の河口形状を現況河口と比較すると図4-5-1の⑩のごとくなる。このとき最大水深はRL-35mである。

なお、左岸港の先端の海側に河口横切って存在する砂州については、現況で港前面最大水深の約 $\frac{1}{3}$ である。上述の平衡断面についてもほぼ、この比率が守られるとすれば、砂州の高さはRL-12m程度となり、現状の航路機能を維持させるには若干の対策を必要とする。しかし以上の議論は洪水あるいは基底流量による本流の掃流力を考えない状態におけるものである。図4-5-1の⑪は10年確率降雨における洪水によって生ずる河床変化を示す。これによれば一洪水で約25~3m掃砂開口する。以上の計算結果から判るごとく、左岸港前面の水深を既存の航路機能のまゝに保つことは可能であるが、その先端を越えた海側の砂州を同じ程度に水深維持を計ることは十分な工夫と対策を要する。今回の数学モデルには河口噴流の拡散と砂州の関係については与えず現況における比率をもって一応の見当とした。航路としての必要条件を与えて、その維持のための対策を最終的に検討したい。

4-6 防潮水門の規模および干拓の可能性

4-6-1 防潮水門の規模

干拓される沼沢地は、高水位により洪水流が防潮水門に到達する間の潮流に関係するが降雨による被害をうけることがある。オ2章で述べたように干拓された沼沢地の水稻栽培は洪水によって被害をうける危険がある。収穫時の被害量は、1)冠水継続時間及び湛水深 2)水質 3)稲の生長段階、により異なる。

水稻は次項を除いて2、3日間洪水に耐えられる。

1) 移植直後 2) 分けつ初期 3) 発熱

稲の生育期間中の湛水深および時間水質とそれに伴う被害との関係はほとんど考えられていない。

防潮水門の規模、すなわち水門の数および巾員は、水田耕作における冠水についての許容限度内において決められるべきである。計画基準となる確率洪水量の生起年は排水計画について、基準となっている10年を採用する。この洪水時において許容される湛水深及び湛水日数は、日本の例を参考にして次の如く決められる。日本では代掻期及び幼穂形成期においては、許容湛水深は1ft以下、許容湛水日数は1~2日、出穂と開花後の時期においては許容湛水深を2ft以下、許容湛水日数を2~3日としている。マレイシアでは温度は日本よりも高いので、許容洪水数日数は、短くとるべきである。流域からの洪水は送流土砂を伴うことが少く、この点からは許容湛水時間を大きくとることができるだろう。10年に1回の洪水が発生する期間は、雨量記録をみることにより、明らかとなろう。表4-2-2をみると、豪雨は主として10月、11月と4月、5月に発生しているが、他の月においても年間最大日雨量はおきている。したがって、10年に1度生じる様な異常な気象条件は、どの月に発生するかを推測すること

は不可能である。よって稲の成長期間を考慮せずに、許容湛水深は15ft以下(日本の基準の平均値でマレイシアにおいて将来導入される短桿種にも通じるものと予想される。)許容湛水日数は1日以内として、この条件を満足する場合、被害は生じないものと予想する。

上記の許容湛水基準に合致させるべく、防潮水門の開閉を種々仮定したうえで、10年確率の洪水量を与えることにより、防潮水門の直上流の貯水池における高水位が数学モデルにより電子計算機を使用して解明された。各ケースについて検討の結果、標準なものが図4-6-1のケース(1)と(2)に示される。河口の潮汐条件は平均潮差時におけるものが採用され、かつ防潮水門直下流の満潮時に、洪水のピークを合致させることとした。

ケース(1)の結果から低地の標高をRL+30ftとすれば最大湛水深は15ft、冠水時の平均湛水深は0.8ftとなり、一方、冠水期間は水門の下流の潮流に影響されて、途中12と5時間の2回にわたり、RL+30ft以下になる。非湛水期を含んで222時間となる。干拓される沼沢地の最低標高をRL+30ftにすることにより、十分、上記の排水計画基準を満足することができる。

ケース(2)は、水門の巾員が115フィートの場合である。この場合、排水基準を満足させよう低地の最低標高はRL+40ftになり、結果的に沼沢地を水田に干拓することは不可能である。RL+30ft迄の沼沢地を水田にすると湛水深は最高21.5ft、平均15ftとなり、又、湛水時間は30時間の長期におよび、かなり被害が予想される。

ケース(3)は40年の生起年をもつ場合(この洪水は過去最大の洪水と考えられる)には水門の巾員をケース(1)と同様に180フィートとしたものである。干拓地の最低標高をRL+30ftとすれば、最大湛水深は21.5ft 湛水継続時間は連続して281時間となる。勿論、この場合、計画基準を満足することはできないので、かなりの被害を生じることであろう。この条件における被害は、稲作付時期によって大きく相違するが、日本の事例よりみて、概ね低地水田において10~30%程度と考えられる。

以上の結果よりみて、10年に1度生起する洪水時において被害をうけずに干拓することは可能であり、又、過去最大と考えられる大洪水がおきた場合でも干拓水田の被害をかなり小さくすることができる。防潮水門の水門の巾員が180フィートの計画が最もよい。したがって、干拓される沼拓地標高はRL+30ft以上となる。

4-6-2 基準門水位

基準水位は次の観点より決められるべきである。

- ・河口の砂州を掃流させるための放流
- ・工業用水のための放流
- ・周辺接農地の地下水位

上記3条件の利害を調整することにより基準内水位は決められる。河口の砂州掃流と工業用水のためには、内水位を極力高く定める方が得策である。周地農地の排水を操作するためには、稲の生育上最適な排水条件をうるために、稲の生育時期別水位を調節できることが必要

である。

(A) 周辺農地の地下水位

水田における地下水位を、田面より1～2フィートの深さに維持することは、稲の生育に最も良い条件を与える。この観点から基準内水位は、最大限RL+20ftに押さえるべきである。

(B) 工業用水への放流

基準内水位は高い方がポンプ能力の軽減に役立つが防潮水門建設の主目的が農業であることから、農業に必要な内水位RL+20ftで諸条件を検討してみる。

第2章に述べられている様に工業用水の需要は600万ガロン/日(0.3m³/sec)である。防潮水門建設完了後、貯水池に流入する流域からの流量は4-2-2の(D)において述べられている様に標準渇水年において最小限約200ft³/secと見積られる。この水量はクリム、ジャラク、ケレー河において実際には種々の計画によって取水されているが、取水されていない場合のもので、この水量は現実に確保できないかもしれない。しかし、上流の取水地点以外の残流域流量とかんがい水は、かんがい後、再びプライ河に還元されることなどを考慮すれば上記の推定量に近い流量があるものと推定される。

工業用水の取水量と貯水池の流入量とを比較するとき、後者がはるかに大きいので、貯水池の調整容量を考慮することはない。しかし、内水位を低くとる場合には、工業用水のポンプの揚程は大きくなることになる。この検討は、この報告書の範囲内に含まれていないので、別途P.W.D.において検討されるだろう。

(C) 河口砂州掃流のための放流量

プライ河の河口の形状について防潮水門建設後、どの様になるかについてはすでに4-5-5において述べられている。この場合、防潮水門の操作の方法によって、河口の漂砂を掃流できるかどうかは4-3の数学モデルに種々の条件を与えて、その現象が電子計算機でもって解明された。

プライ河の河口にもたらされる漂砂の掃流は防潮水門上流に貯留される水量を極力大きくし、それを干潮時に、できるだけ短時間に放流することによって、その可能性が生まれるかもしれない。この見地から内水位を種々とり、一方、水位差をも種々変えて電子計算機でもって掃砂の可能性を検討した。この結果は防潮水門上流の流域からの流入が少ないこと、および防潮水門が河口から47マイルはなれているので水門からのエネルギーをもつ流量が途中で減殺されて河口迄、そのエネルギーを保持できないことが明らかとなり、河口漂砂の掃流には余り効果がないことが判明した。又、防潮水門から大きな水位差をつけたエネルギーの大きい流量は防潮水門下流の河川維持および舟運に大きな支障をもたらす危険があることも見逃せないことである。ただ防潮水門をこの線に沿って操作すれば、河口の漂砂を掃流するごとに対し、若干有利な方向に進むことは明らかである。

プライ河の末流部に合流しているデラハカ河流域にも感潮沼沢地が存在している。この沼

沢地と防潮水門でもって開発することも考えられるところである。よって、この水門を建設する可能性についても、数学モデルが作成され、電子計算機によって検討された。デラハカ河の河口に防潮水門を建設することはデラハカ河へ逆流していた潮流を阻止するものであり、これは演算結果からも明らかなように、河口問題について消極的な影響を与えることが明らかとなった。

現段階では防潮水門完了後の河口状態について4-5-5にも述べられているとおり、かなり大胆な定量的表現がなされていることも考慮すれば、微妙な防潮水門の操作と内水位をどこに設定するかの問題をこの方法から判定することは困難である。よって、河口問題に重大な影響を与えない。これは農業目的から内水位を変える大きな理由とはならず、又、内水位をRL+20ftとして建設された後、実際に形成される河口の漂砂をゲートの操作によっていかに有利に掃流するかを実物ゲートを使用して実験的に決められるべきであると考えられる。

(D) 基準内水位

(A)(B)(C)の各項でとりあげられた検討結果を総合して、基準内水位はRL+20ftに設定されるべきものと結論される。

防潮水門建設後、内水位をゲートの操作でもって河口漂砂の掃流のために有利な方法が見つかった場合、工業用水供給との関連は十分に留意されるべきである。そして、この河口突破問題と同時に貯水池に流入する流入量をも防潮水門完了後、直ちに観測が開始されなければならない。

4-6-3 淡水化過程の検討

(A) 淡水化のメカニズム

淡水化の過程を見積るために、防潮水門による締切りが行われた後の防潮水門上流貯水域の平均塩分濃度の時間的变化を表現する微分方程式を導入する。

まず始めに流域を図4-6-2の(1)のように模式化する。同図における記号は次のことを意味する。

- V : 貯水容量
- S : 平均塩分濃度
- I : 背後地周辺流域からの流入量
- O : 防潮水門からの流出量
- S_{in} : 流入水の塩分濃度
- S_{out} : 流出水の塩分濃度

このような模式図において平均塩分濃度(S)の時間(t)に伴う変化を貯水池内の塩分収支に着し、数学モデルを作成すれば次の微分方程式が得られる。

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{V} (s_{in} I - s_{out} O) \dots\dots\dots (6.1)$$

通常締切後は貯水池内水位を一定に保つように防潮水門からの流出量(I)が調節されるから巨視的にみれば、

$$I = 0 \quad \dots\dots\dots (62)$$

としてもさしつかえない。

流入水の塩分濃度 (S_{in}) は、淡水流入の場合はゼロであるが、特別の場合は適当な一定値、又は時間の関係として取り扱うことができる。さらに流出水の塩分濃度は、貯水池内の淡水と塩水の混合作用に着目して見積ることができる。貯水池内の混合の様相は、貯水池内に流入した淡水は既に貯水されている塩水に比して密度が小さいから上層に広がって流下し、防潮水門から外海へ流出していき、この貯水池内を流下する間に、下層の塩水と混合して、その一部を外海へ運び去り、次第に貯水池内の塩分濃度を低下させていくものとする。したがって、上下両層の混合が盛んに行われるほど塩分の排除が速かに行われるとみることができる。この混合作用を定量的に表現するために貯水池内の平均塩分濃度(S)を流出水の塩分濃度 (S_{out}) の相関性に着目して次のパラメータ(r)を導入する。

$$r = S_{out}/S = 1 - K(S - S_{in}) \quad \dots\dots\dots (62)$$

初期の段階では (S - S_{in}) が大きく、上下層の密度差の大きい間は淡水の上すべりが起りやすく、rは小さい。次第にSが低下して (S - S_{in}) がゼロに近づくにつれて、上下層の混合が十分行われ、rは1.0に近づく。Kは貯水池固有の定数であることが実験的に明らかになっていて、貯水池の平面形状、貯水容量と流入量の比などがその数値に関係する。Kは混合のさかんな貯水池ほど小さく、流出塩分濃度と平均塩分濃度の値が接近している。

(A) 防潮水門建設後、ブライ河の旧河道が貯水池になる。したがって貯水池の形状は細長く蛇行し、かつ水深は比較的浅く、淡水流入量 360 ft³/sec (31 × 10⁷ ft/day) に対し、貯水容量 1.8 × 10⁸ ft³ (51 × 10⁶ m³) からみて、混合作用は極めて盛んであると推定できる。又、4-2-2の図に述べられている様に、現況でも塩分密度の時間変化と潮位曲線が極めて高い相関性を示しているのでrはほとんど1.0に近いものと推定できる。

流入塩分濃度 (S_{in}) は主として沼沢地干拓後の除塩水などが流入し、その濃度は初期に濃く、時間の経過とともに減少し、その過程は指函数的に減少するものと考えられる。したがって(61)式の微分方程式から、次の式が導入できる。

$$S = \frac{\frac{I}{V}}{K + \frac{I}{V}} S_{in} (e^{kt} - e^{-\frac{I}{V}t}) + S_0 e^{-\frac{I}{V}t} \quad \dots\dots (64)$$

- ここに
- S₀ : 初期の平均塩分濃度
 - S_{in} : 流入塩分濃度
 - K : 流入塩分濃度の減すい係数
 - V : 貯水池の容量
 - I : 淡水流入量

t : 経過時間

(B) 淡水化過程指定の諸条件を次のとおりとする。

(1) I $3.1 \times 10^7 \text{ ft}^3/\text{day}$

(2) V $1.8 \times 10^8 \text{ ft}^3$

(3) S₀ 90 (0/00) (4-2-2 E参照)

(4) S_{ino} 沼地からの流入塩分量を対象とし、メカニズムは図4-6-2の(2)に模式的に示す。

$$S_{ino} = \frac{I_s}{I} S_{s0} \dots\dots\dots (65)$$

ここに S_{s0} は浸出水の初期塩分濃度で、現況沼沢地の塩分含有率から求める。現況の塩分含有量は 3-4 に述べられている通り、乾土 100 gr 中 200~250 mgr である。今土の単位体積当りの湿潤重量を与えて、次の式から土壌水分の塩分濃度を求める。

$$W = \frac{1 - Y_w}{Y_w - 1} V_s \dots\dots\dots (66)$$

$$V_s = \frac{T}{r} \dots\dots\dots (67)$$

$$S_{s0} = \frac{0.0025 \cdot T}{W} \times 1000 \dots\dots\dots (68)$$

- ここに W : 土壌単位体積中の水の体積
- V_s : " 土の "
- r_w : " の湿潤重量 (gr)
- r : 土の比重 (gr)
- T : 土壌単位体積の乾土重量 (gr)

したがって今、 T = 100 gr Y_w = 1.8 gr
 Y = 2.6 gr とすれば、

$$W = \frac{2.6 - 1.8}{1.8 - 1.0} \cdot \frac{100}{2.6} = \frac{80}{0.8 \times 2.6} = 38.5$$

よって (68) 式は次のとおりとなる。

$$S_{s0} = \frac{0.25}{38.5} \times 1000 = 6.5 (0/00)$$

I_{s'} はドレーンからの浸出水量で次の式で求める。

$$I_{s'} = k \frac{\Delta h}{L} \cdot 2\ell \cdot H_0 \dots\dots\dots (69)$$

ここに k は透水係数で有効径 de = 0.15 mm としてハゼンの式から計算する。

$$k = 116 (0.7 + 0.03t) d_e^2 \text{ (cm/sec)}$$

$$= 4.2 \times 10^4 \text{ (m/sec)}$$

$$\Delta h = H_1 - H_0 = 6 \text{ ft} - 4 \text{ ft} = 2 \text{ ft} (0.6 \text{ m})$$

$$L = 50 \times H_1 = 6 \times 50 = 300 \text{ ft}$$

$$\ell = 90.000 \text{ yd} \cdot (82 \text{ Km}) \text{ ドレーンの総延長}$$

$$H_0 = 4 \text{ ft}$$

よって(69)式は

$$I_s' = 20 \text{ cusec } (0.55 \text{ m}^3/\text{sec})$$

($1.7 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{day}$) となり、(65)式に上記のすべてを代入して

次の式をうる。

$$S_{ino} = \frac{1.7 \times 10^6}{3.1 \times 10^7} \times 65 = 0.36 \text{ (0/00)}$$

(5) K

土壤中に含まれる塩分濃度 S_{s0} が3年で既成田の塩分濃度に低下するものとし、この間の過程を次の指数関数でおきかえる。

$$S_s = S_{s0} e^{-kt} \dots\dots\dots (610)$$

既成田の塩分濃度は3-4から $S_s = 0.15 \text{ (0/00)}$ とし、 $t = 365 \times 3$ 日として、Kをもとめると、 $K = 0.0034$ となる。

淡水化過程の見積りは図4-6-2の(3)のとおりである。これに示すように淡水化はきわめて速かに進行することが推定できる。この見積りでは初期塩分濃度を現況の最大の濃度でもって計算をすすめたが、河道内の塩分濃度は潮の干満と密接な関係があり、干潮時で濃度が2(0/00)まで低下するから、バラージの締切りを干潮時に行えば、もっと速やかに洪水化が促進するものと推定できる。

第5章 農業の現状と将来の万能性

5-1 緒言

ブライ河をすでに計画された場所に防潮水門で締切ることにより、上流の河水は淡水化され、更に貯溜水位の低下（R, L, +2.00ft 以下）により、現在の R, L+3.00ft 以上の沼沢地は干拓され、その周辺の排水条件は改良されることとなる。現在の排水条件から見て、R, L+6ft 以下の土地は河川水位が 3ft 以上低下することによってその排水条件が改良される。この面積は表 5-1-1 のとおりであり、地目別にみると、沼沢地が 20% 弱、水田が 50% 強、ココナツ林が 20% 内外を占めている。1964 年の農業統計によれば表 5-1-2 に示される様にマラヤの農用地 6,030,410 エーカーのうち、ゴムが 4,186,400 エーカー（69.4%）で第一位を占め、次いで水稲が 806,350 エーカー（13.4%）、ココナツが 508,200 エーカー（8.4%）となっている。このうち計画地域を含むペナン州では農用地 149,350 エーカーのうちゴムが第 1 位、ココナツが第 2 位を占め水田は第 3 位で 36,110 エーカー（24.2%）を占めている。一般にペナン州の農業状況は他の州に比較して、ゴムの比率が小さくて、ココナツ水稲の比率が高い特色を持っている。さらにペナン州では、表 5-1-3 に示される様に 2 期作水稲栽培が古くから盛んであり、他の州に比べて、先進地というべき存在で水稲第二期作の普及率は表 5-1-4 に示されるとおり、84.2%（マラヤ全体の平均は 11.8%）の高率を示している。このことは、又表 5-1-5 に示されている。水田のエーカー当り収量からも明らかなように、ペナン州の水稲栽培面積はマラヤ各州の中で最も進んでいるものと考えられよう。

マレーシアにおいて米は輸入に頼っている主食のうち最も顕著なる例である。品種の改良と強力な普及事業は、漸次水稲栽培を増大しつつある。マレーシア第一次 5 年計画期間中に広範囲にわたるかんがい排水計画は生産力を加えるであろう。

計画地域近辺の土地利用状況とマレーシア政府の米増産政策等よりみて、この計画地域は水稲栽培を指向するが最適と考えられる。沼沢地の開拓は勿論のこと、その隣接水田にも排水路を整備して排水改良効果を完全に発揮することによってその生産性を増大させることとする。さらに排水改良区域に含まれるココナツ栽培地域も又その利益性よりみて必要なかんがい排水組織を完備して水稲作に転向することが適当であろう。

5-2 農業経営

5-2-1 水稲栽培

(A) 水稲の栽培期と品種 プロビンス ウェルズレイにおける稲作の時期は、気候及び地方によって毎年異なるが、概ね表 5-2-1 でとおりである。なお稲作時期は州排水かんがい局によって管理されるかんがいによって定まるものでもある。

表 5-2-1 水稻栽培期間

作 業	一 期	二 期
かんがい開始期	11月上旬	4月 上旬
播 種 開始期	11月上旬	4月 上旬
移 植 開始期	10月	5月
落 水 終 期	9月末	8月 上旬
収 穫 開始期	1月上旬	8月 上旬

本地方の稲作は二期作が中心であるため、第二期作の刈取後、第一期作の植付までの期間が短いので作業が多忙であり、為に機械化がすすみ、日本製のタイラーが多く導入されている。なお大型トラクターによる請負耕作も普及している。水牛は二期作のため放牧がその期間できなくなったことと、労働能率が低いことの2つの理由から漸次機械におきかえられつつある。

8月の二期作の収穫期の機械化及び8-9月の二期作のための耕起等に必要この計画による排水改良の意義はまことに大きい。新品種のI.R.8は1,200ガンタン×2期作といわれているが排水の良い所であることが必須条件であり、実際的には800ガンタンが将来の期待可能量と考えられている。

(B) 施肥ならびに病虫害防除

この州における肥料の奨励基準(1967)によれば次の如くである。
肥料補助金はこの州では既に廃止された。

○苗代肥料

アモホス (N 11% P₂O₅ 48%) 57 lbs/acre 当り苗代
=MS 1.27 (4 lbs = MS 0.91)

○本田肥料

基 肥

	配合割合	成 分
硫 安	13 %	N 21.0 %
O. I. R. P	77 %	P ₂ O ₅ 36.5 (水溶性でない)
塩 加	10 %	K ₂ O 60.0

施肥料 210 lbs/acre

= N 5.9 lbs/acre

P₂ O₅ 59.0 "

K₂ O 12.7 "

= MS 18.35/acre (@ 95 lbs = MS 8.39) ①

追 肥

尿 素

62 lbs/acre = N 28.5 lbs/acre

$$= \text{MS } 4.60 (\text{@ } 30 \text{ lbs} = \text{MS } 4.85) \text{ ----- } \textcircled{2}$$

肥料代合計 ①+② = \$ 24.22 / acre

なお、I. R. 8 に対しては奨励施肥量として 1 acre に対し、N 60 lbs P₂O₅ 30 lbs K₂O 20 lbs をすすめている。

60 lbs は 2 期作の関係から上記のように多量の肥料を使うが、他の州では磷酸肥料である。O, I, R, P (海鳥糞) を中心に若干の N 肥料を使っている程度である。

除草には水中 2.4-D が 水散布ができることから普及のきざしがある。

薬剤としては B, H, O, 粒剤が施用されている。2 期作となれば、水田養鯉など考える必要がないので魚毒性については心配なく、持続効果があるので「螟虫」に限らず、「うんか」に対しても有効であると見込まれている。

(C) 労働時間

稲作所要労働日数は 1 acre 当り 30-40 日と称されている。その作業別内訳は、水田の状況、通路の位置等によって異なるが概ね次のようである。

ブラウイング	2.00 日
レベリング	1.00
畦畔, 修理	2.00
苗代	0.50
播種	0.25
苗代肥料	0.25
田植	8.00
除草	4.00 (2回)
施肥	1.00
病虫駆除	1.00
収穫	4.00
脱穀	2.00
調整	2.00
運搬	1.00
その他	1.00
合計	30.00 日

5-2-2 農家経済

(A) 農家の戸数と耕作面積

農家の水田経営面積は、北方農家において表 5-2-3 に示される様に零細で 3 エーカー未満の農家が 64% を占めている。これらの農家のうち主として農業収入によって生計を営んでいるもの 58%, そのうち自家農業だけに依存するもの 83%, 他の農家に雇用されるもの 4%, 農業以外の仕事に働くもの 1-2%, 他の農家と他の仕事の両方に雇われるもの 1% とな

っている。全農家の42%は兼業農家である。

上記の零細性に加うるにこの州の半数は、小作農家であり、小作面積も約50%に及んでいる。小作料は種々であるが、最高はMS90(エーカー当り一作につき)であって概ね粗収益の半に相当している。本計画地域の近辺では、小作農家の割合が80%に及んでいる。

マレーシアにおけるかんがい排水事業の実施に当っては従来建設費に対する農民負担がなく全額が連邦政府の費用で支出される。新しい水利権は州政府に所属する、工事完了後の維持管理は州の排水かんがい局で行ない、その経費の一部を水料金として土地の級位に従って州政府が徴収する。排水料金は未だ適用されていないが水田のかんがい水料金は次の通りである。土地等級は5-2-2のBにおいて述べられる。

I 級地	MS	9,000	(エーカー当り/年間)
II 級地	MS	6,750	(")
III 級地	MS	4,500	(")

この州におけるかんがいは主として政府の水路で行なわれており、かんがい農家戸数の89%、かんがい面積の90%が占められている。地価は土地等級によって次のようである。

1 級	水田	MS	3,000	(1エーカー当り)
2 級	"	MS	2,000-2,500	(")
3 級	"	MS	1,000-1,500	(")
軽湿地		MS	800-1,000	(")
重湿地		MS	500-800	(")

本計画地域近辺の水田は排水条件が不十分とはいえ、全て1級地に格付されている。籾の値段は政府によって支持されているので安定している。

1963	MS15	(1ピクル当り)	1964	MS16	(1ピクル当り)
1965	MS16	(")	1966	MS16	(")
1967	MS17	(")			

労銀は低く農家は排水かんがい局、公共事業局等による政府支払賃金に期待している。

農業労働 男 MS 2/00-2/50 (一日当り)

女 MS 1/50-2/00 (")

政府の支払賃金 男 MS 3/40

土工 { 女 MS 2/20

熟練工 MS 6/00-7/00

(D) 生産性と生産費

○ 水稻の生産性

土地等級の基準は下記のとおり籾の生産量に基づいて決められる。州排水かんがい局が村別に刈取調査を行って、農業局と協議のうえ、中央政府に等級案を推奨する。中央政府がこれを承認した場合には官報に掲載されて、土地等級が決定する。

この計画地域は現在1級地に分類されている。

- I 級地 エーカー当り400ガンタン以上の収量のある土地
- II 級地 エーカー当り250-400ガンタンの収量のある土地
- III 級地 エーカー当り250ガンタン以下の収量のある土地

本計画地域を含むブライ河の北方流域一帯のムダ河かんがい区域とブライ河の南方流域一帯のクリム河かんがい地域とにおける水田の籾生産量調査結果(1961-1965)はそれぞれ表5-2-4, 5-2-5のとおりである。ムダ河かんがい地域における9の村のうち、排水改良計画地域が含まれる村は9, 10, 11である。表5-2-4から判る様に5ケ年の二期作水稻の平均生産量は全体で454ガンタン9, 10, 11の村では448ガンタン, 他の村では457ガンタンとなっており, 計画地域を含む村の生産性は多少低い。又, 一期作水稻については, 全体で稲熱病で減収した収量を除いた平均で447ガンタン9, 10, 11の村において432ガンタン, 他の村では456ガンタンと統計されており, 計画地域を含む村の生産量は, 二期作水稻を同様に低い。二期作水稻と一期作水稻の生産量の差は特に見られず, 統計値をみると1963年の村5の一期作水稻は628ガンタンの生産が記録されている。一方クリム河かんがい地域の10の村のうち2, 3, 4, 21の村は締切堤に関連する計画地域を含む。表5-2-5から5ケ年の平均生産量は全体で二期作水稻が425ガンタン, 一期作水稻422ガンタンで, ムダ河かんがい地域に比べて若干低い。

排水条件が改良される水田を含む村の生産量調査結果は工事施工前の生産性を示すものと考えられよう。ダムに関連する受益地域を含む関係における過去5ケ年の平均生産量は次のとおりで, 442ガンタン/エーカー/期となる。

	一 期	二 期	平 均
ブライの北岸地域	448ガンタン	432ガンタン	440ガンタン
ブライの南岸地域	454ガンタン	431ガンタン	443ガンタン
平 均	451ガンタン	432ガンタン	442ガンタン

○ 水稻籾 生産費

州農業局による水稻籾の生産費調査資料によれば, 典型的な事例として, エーカー当り生産費は次の如く示されている。

	2エーカー以上支払額		2エーカー以下支払額と所得額		
トラクター	MS	36.00	MS	36.00	—
田植		20.00		—	20.00
肥料		25.00		25.00	—
除草		15.00		—	15.00
収穫	}	36.00		—	36.00
脱穀					
調整					
運搬		7.00		7.00	—
	MS	139.00		68.00	71.00
小作料		90.00		90.00	
部落団体費		30.00		30.00	
		259.00		188.00	

一作400ガンタン平均の生産をあげて1エーカー当り粗収益

400ガンタン @ 64セント(1ピクル, 16ドルの支持価格)

= \$ 256.00

1エーカーの純収益(400ガンタン/エーカー/期)

(a) 全額を外部支払いする農家 なし

(b) 一部分を外部支払いする農家 \$ 68.00 + \$ 71.00 (労働報酬)

○ ココナッツの生産

ココナッツの生産はマレーシア全体としてもその生産は漸減しつつあるし、5ヶ年計画においてもこれを積適的に増産する計画はない。

本排水地域におけるココナッツの生産はプランテーションによるものではなく、小農家の栽培によるもので屋敷地内に栽培のものも多く栽培の状態はつかみにくい。

経営状態のよいエステートは1エーカー当り年間10-12ピクルのコブラの生産が可能で\$350~420の粗収益が得られるが、小農の場合は4~8ピクルで\$140~300で、農家により差が甚だしい。計画地域内における現在の純収益は水稻一期作に匹敵するものと考え、増加純収益額は水稻の1作分のそれに相当するものと推定される。

(B) 除塩

沼沢地は潮流により土壌中に塩分を保有している。表3-4-9に示される様に、沼沢地土砂の塩素含有量は2,500~10,000 p.p.m. になっている。米を健全に生育させるには、土壌中の塩素含量を1,000 p.p.m. 以下に下げることが必要である。

塩分を除去するには、清浄な水によって土壌に吸着されている塩分を洗い流さなければならない。この場合、水を単に土壌表面に沿って流すだけでなく、むしろ水を下層へ浸透させて下層土の塩素をも除去するようにせねばならない。そのためには埋立地の地下水位を低下させ

ることを図らねばならない。除塩効果を促進するには、排水溝をより密に設ける必要がある。さらに、土壌の物理性を改良し、除塩効果を向上させる上から、石灰の施用(3,000ポンドエーカー当り以上〔 3 ton/ha 以上])も効果がある。石灰施用は水田の土壌酸性化防止にも有効である。

この計画地域内には存在しないが、計画地域の北方の村4と7(北郡)に展開するラータポットシリーズの既存水田(Fig 3-4-1参照)は塩水の影響を蒙り、塩分含量が高くなっているため、この土壌統についても除塩が別途考慮される必要があろう。

5-3 干拓排水改良の事業計画

5-3-1 干拓

4-6-1節において明らかにされたとおり沼沢地の干拓は全体として1,850エーカーである。このうち道路、水路敷等の付帯用地として10%を除外して1,670エーカーの水田が造成されることとなる。

新しく干拓される水田は、この地方の水稲耕作のパイロット的性格をもつものとして将来の農業機械化を可能にするための基礎的条件を十分にもつ圃場構造とかんがい排水条件を整備することが必要である。

(A) 圃場構造

干拓地の水田における営農は将来水稲作の大型機械化一貫作業体系によって行なわれることを前提として圃場はなるべく大区画であり、又導入する機械に対する稼働条件を増加させるために圃場における水操作が容易に行なわれることが望ましい。圃場の一般計画は図5-3-1に示されている。

各圃場の最少単位である圃区は55ydの間隔で圃場用水路と圃場排水路とによって囲まれた方形の形状をとり、用排水が完全に分離される。この場合沼沢地の土壌条件を前提としてかんがい期間中の水管理、機械化耕作、営農作業の面から考えるならば1圃区の規模は50 ya × 100 ya 程度の用、排水路と畦畔によって囲まれる面積が適当であろう。

圃場の一区画の単位は880 ya × 880 yd (160 acre)正正方形を考慮してその両側にmax通水量が36 cusec 程度の支線排水路を配置する。各圃場へは110 yd の間隔で圃場排水路を設けて直角に支線排水路と暗渠で連絡する。この計画には含まれていないが土壌改良の促進、農作業労力の節減及び機械化の確立、水稲の収量増大を計るために暗渠排水は望ましい施設である。これらを考慮して、圃場排水路の間隔を110 ya とし又水路敷高をR.L-2ftとする。

現在のブライ河の河道をそのままに残す場合干拓される沼沢地は6つのロットに大別される。これらの各ロットにはそれぞれの地形流域面積を考慮して最大通水量が180 cusec 程度の幹線排水路が計画され上述の支線排水路はこの幹線排水路に直交するようにして連絡する。

排水路の両側には排水路の掘削土を利用して道路を設け、砂利でもって舗装する。道路巾は幹線排水路において22ft、支線排水路において12ft 圃場排水路において5ftとし機械化農

作菜の円滑化を計る。

水田のかんがいは、すでに実施されているムダ河かんがい計画、クリム河かんがい計画、ジャラク河かんがい計画の幹線用水路の末端から地形に応じて幹線用水路を延長新設する。圃場内の幹線用水路は各圃場の中央を通り幹線排水路に直角に交叉するように配置し、隣接する下流側の圃場へは幹線排水路の下を逆サイフォン工でもって連絡させる。圃場用水路は幹線用水路に直角に 110 yd の間隔で配置される。

(B) 除 塩

沼沢地は潮汐流により土壌中に塩分を保有している。表 3-4-9 に示される様に、沼沢地土壌の塩素含有量は 2,500~10,000 p.p.m になっている。水稻を健全に生育させるには、土壌中の塩素含量を 1,000 p.p.m 以下に下げることが必要である。

塩素を除去するには清浄な水によって土壌に吸着されている塩素を洗い流さなければならない。この場合、水を単に土壌表面に沿って流すだけではなく、むしろ水を下層へ浸透させて下層土の塩素をも除去するようにせねばならない。そのためには干拓地の地下水位を低下させねばならない。除塩効果を促進させるには、排水溝をより密に設ける必要がある。さらに土壌の物理性を改良し除塩効率を向上させる上から石灰の施用 (3,000 lb/エーカー 以上 [3 ton/ha 以上]) も効果がある。石灰施用は又水田の土壌酸性化防止にも有効である。

スワンプの除塩は二つの異なった段階に区分される。第一段階は初期除塩で適切な方法で行なわれるならば、これは一回で達成されるもので、農業に有害な過剰塩分は出来るだけ早く洗出されなければならない。第二段階は土壌中の塩分を十分低く保つための維持対策である。

初期の除塩は出来る限り早く始められなければならない。このテーマに関する文献によると 1 フィートの土壌深から塩分を除去するには 1 フィートの水が必要とされている。少なくとも 1.5 フィートの水がを含まない表土が水稻作のために必要であることから、蒸発その他の損失を除いて 1.5 フィートの水量が要求されよう。

第二段階の除塩対策は主にかんがい用水の塩分含有量に支配される。沼沢地干拓の除塩用水はかんがい用水と同様にムダ河かんがい計画、ジャラク河かんがい計画、クリム河かんがい計画から導入されるものと計画される。これらの用水は完全に淡水であり、又用排水が完全に分離されることをも考慮して第二段階の除塩は考慮する必要がなからう。防潮水門の完成後に干拓地の用排水路の建設が開始されることになり、そして初期段階の除塩の完了時期は沼沢地の土壌条件除塩用水等を考慮して経験的に判断して 3 ケ年程度を必要とするだろう。

土壌調査の結果から北部ムキム 4 と 7 に展開するラハール・ターボット土壌統の既存水田 (図 3-4-1 参照) は塩素含量が高くなっているため、この土壌統についても除塩が別途考慮される必要があろう。

5-3-2 排水改良

防潮水門の建設後、常時管理水位を R.L+2.0 ft に設定することによって現在潮汐流により常時の排水が不良である R.L+5~6.0 ft の既存農地は改善される。これらの範囲に含まれる水

田面積は道路、水路敷、住宅地を含めて表5-1-1に明らかにされている様に5,220エーカーあり、そのうち、実際の水田面積はその90%即ち4,700エーカーと推測される。更にこれらの範囲には2,580エーカーのココナツ林が含まれている。ココナツの収益力は5-2-2で検討されている様に二期作の水稲に比べて約半分であるので、排水条件が改善される今回の計画において水稲作に転向することが提案される。

現在のココナツ林の約50%が水田に転向されるものと推定して、1,290エーカーの水田が転換造成されることになる。排水改良区域に含まれるゴム園は表5-1-1より300エーカーであるが、これらはすでに排水施設を有しており、今回の排水計画によって、特に受益することはない、又ゴムの収益力よりみて水田への転換は予測されえない。

ココナツ林は極めて平坦な地形にあるので、排水改良後の伐開、板根、整地および水田造成の作業は比較的容易であると考えられる。圃場構造は干拓地水田と同様な規模が提案される。

排水改良を必要とする既存水田は、現在ムダ河、ジャラク河、クリム河のそれぞれのかんがい計画の受益地域に含まれて着々その事業効果が上がりつつあるところであるが、排水施設に乏しいので、干拓水田造成計画と同時にその圃場排水路と同じ規模、組織をもつ排水路を新設して排水路組織および圃場の整備を行うことが提案される。

計画地域内の排水条件の改良工事は防潮水門の完成後、2ケ年以内に完了するだろう。

5-3-3 かんがい

新しく干拓される1,670エーカーの水田と、ココナツ林から転換造成される1,290エーカーの水田のかんがい計画は、排水計画と併行して考慮されなければならない。排水条件が改良される4,700エーカーの既存水田においても、排水改良に伴う用水増が予想される。

かんがい用水量については、現地調査が行われていないので、排水かんがい局が現在この地域を含む広範な地域に対して実施中のムダ河、クリム河、ジャラク河のかんがい計画において計画の基礎としているところの水田45エーカー当たり1 cusec の基準が適用される。

干拓地水田1,670エーカーに対しては、上述の3つのかんがい計画から延長される幹線水路の概要とともに、かんがい用水量が図5-3-1に示されている。その全所用水量は37.1

cusec である。ココナツ林から転換される水田1,290エーカーに対しても、干拓地水田と同様に3つのかんがい計画から供給されるものと予測される。そしてその全用水量は28.7 cusec と見積られる。

既存水田は現在排水条件の良好な水田に対する単位用水量(水田45エーカー当たり1 cusec)が3つのかんがい計画において適用されているので、特に新規水需要を確保する必要はなからう。

以上の結果、新規に必要なかんがい用水量の合計は65.8 cusec ($1.86 \text{ cu} \cdot \text{m} / \text{sec}$)と推定される。

量的にみて、この水量はムダ河、クリム河、ジャラク河のかんがい計画の全体に占めるウエイトは小さく、又この量の追加により、水源施設および地区外導水路の変更等はないものと考えられるので、上記のかんがい計画から十分供給可能であろう。したがって新設水路を既存の幹線

用水路の末端に接続するだけで、かんがい可能と判断される。もし、上述の3つのかんがい計画よりかんがい用水の供給が、州排水かんがい局によって不可能と判断されるならば防潮水門による貯留能力に余裕がありポンプ揚水により供給することも考慮されるだろう。

5-4 土壌改良

土壌調査の結果から、水稻の生産性を眺めると、次のことがいえるだろう。

- (1) ブライ川北部の水田地帯は海岸から台地（西から東）に何かってラータボットの順に南北に平行して分布している。

それらの土壌の排水の良否は、ラータボット<ペランドック <クブ 統の順である。

表5-2-4から東西に並んでいる村の水稻収量を比較すると、次の通りで西側の村の水稻収量が東側の村のそれより明らかに低い。

北郡の村	位置	収量(1961~'65)ガンタンエーカー当り	
		第二作	第一作
{ 4	西	4 5 6	4 4 9
5	東	4 7 2	4 7 0
{ 7	西	4 4 5	4 2 4
8	東	4 5 6	4 4 4
9	西	4 4 2	4 1 5
{ 10	中	4 5 5	4 4 4
11	東	4 4 9	4 4 0

このことは土壌統と収量との間に密接な関係のあることを意味している。クブ、ペランドック、ラータボットの3つの統は土性はともにほぼ同様な強粘土質であるが、土壌の内部排水の程度でこれらの中に相違がみられる。したがって土壌統と水稻収量の関係は土壌の排水の良否によって左右されるといえる。

それ故、ブライ河の常時水位を低下させることにより、地形的にペランドックシリーズの一部はその排水条件が改良され、水稻の収量水準の向上が期待されるといえよう。

- (2) ブライ川南部の水田地帯一帯の水稻収量は、北部のムダ河かんがい地域の場合と異り、西から東に向かうに従って、収量は低くなっている。

表5-2-5から東西に並んでいる村の水稻収量を比較すると、次のとおりである。

中央郡の村	位 置	収量(1961~'65)ガント	
		一期作	二期作
{ 2	西	469	444
3	東	432	387
{ 4	西	470	464
5	東	395	424
6	西	448	449
{ 7	中	456	444
8	東	393	432

特に村5と8の一期作の収量が低いことが注目される。この地域の土壌統は主にペランドックと、ラムバイ統であり、前者はこの平地の中部および西部に、後者は東部に分布している。したがって土壌統と水稻収量との間に密接な関係があることは明らかであり、ラムバイ統の生産力は明らかに低い。ラムバイ統(本計画地域には存在しない)は、背後の花崗岩丘陵に由来する堆積物よりできた水田であるため、土壌は粗砂に富んだものとなっている。土壌の断面形態にみられたように、下層に明らかな漂白度がみられ、土壌中の活性鉄の含量も少い。この土壌の性質は、湛水期間中における硫化水素の発生に起因する水稻根の根腐障害を激化させ、ひいては、水稻の収量を低下させることは明らかである。ラムバイ統の改良対策としてはまず土壌に欠乏している鉄を補給することであり、容土やスラグの施用が有効であろう。次に土壌中に硫酸根を少なくするために、硫酸塩肥料を無硫酸肥料に換えることである。最後に水稻の根腐されに対する抵抗力を附与するために、珪酸や加里肥料を増肥することも重要となる。しかしながら、根本問題は湛水にともなう土壌の強還元比を防ぐような水管理体系をたてることであり、さらにこれを可能とする上からも、排水路の整備が必要となってくる。この整備はこの計画と関係なく進められるべきであろう。

5-5 計画地域の農業の発展性

ブライ河干拓排水計画は、干拓に基づく水田造成1,670エーカー、ココナツ林からの水田転換1,290エーカー、既水田の排水改良4,700エーカー、計7,660エーカーを対象とし、水稻生産強化を旨としている。この面積は、プロビンス ウェルズリーの北部および中央部方向の水田面積25,800エーカーに対し、6%に相当する水田の造成と23%に相当する面積に排水改良を実施するもので、全計画面積が二期作が可能なることも加えて、本地方農業におよぼす影響は極めて大きい。

本湿地地域がベナンおよびパタワース、マクマンディン工業開発地域に近接して位置していることは、若拓後の生産の経済性が高いことを意味するものである。干拓計画の農業開発目標はさしあたり、水稻の二期作として策定されているが、今後における工業発展に伴う人口増加による消費の増大、多様化に対応して更に高度の蔬菜、果樹等の農業生産に発展し得るものと考えられ

る。工業化の進展は、一般的に都市と農村の所得較差を増大する弊害を伴うものであるが、本干拓排水事業は近隣農業者の所得の増大に寄与するものであるから、工業化のテンポが早ければ早いほど本干拓排水計画も速やかに促進せらるべきであろう。

本地方の農家の70%が3エーカー以下の零細農家であり、1956年に刊行された水稻委員会の最終報告で自立農家の基準とされた5エーカーにおよばない現状である。

本干拓事業による新しい水田の造成によって、これらの農家の土地耕作条件が改善される糸口が与えられる合理的な増反計画が作成されるべきである。開発が予定されている沼沢地はその90%が私有地で残りの10%の国有地も政府からの一時使用許可によるものとなっており、それぞれ屋根葺材料等の採取地として利用されている。この沼沢地が干拓されて耕作可能となれば、本地域の農民は、その経営現況が極めて零細な水稻栽培であるから、一般に水稻作を増反することを希望していることは、彼等の説明によっても明らかである。この増反によって農家は経営規模を拡大し得るばかりでなく、かんがい排水条件の整った耕地条件の上に新しい稲作品種、稲作技術の導入をも可能にして、背後地既存耕地への模範提示の役割を果たすであろう。

かくして本地方の土地利用方式は本事業の遂行によって従来の水稻2期作先進地から更に新しい段階へと進むと共に、近隣の工業化に伴う労働需要にもこたえるための労働節約的な機械化営農に進展する条件を与えるものである。

5-5-1 収 量

計画地域における干拓および排水改良後の水稻収量は、表5-2-4と表5-2-5を使用して推定される。これらの表を詳細にみると、排水条件の良いと思われる村、例えば北郡の村5、中央郡の村4、等では通常年においても500ガンタン以上の水稻収量をえている。これらの状況から判断すれば、干拓地および排水改良地の水稻収量は平均500ガンタン(1エーカー1作当り)を見込むことができるであろう。

増加生産期待量は、干拓地については500ガンタン(1エーカー1作当り)となる。干拓地の背後にある、排水改良水田における増加生産期待量は表5-2-4と表5-2-5においてそれが包含される。村の5カ年間の平均水稻収量と500ガンタン(1エーカー1作当り)の差となる。関係する村における5ケ年間の平均水稻収量を表5-2-4と5-2-5から転記すると次のとおりである。

	二期作	一期作	平均
ブライ北岩	448	432	440
ブライ南岸	454	431	443
平均	451	432	441

(単位はガンタン/エーカー/1作当り)

したがって防潮水門により受益する排水改良地の単位増加生産期待量は、60ガンタン(1エーカー1作当り)(500-441=60)となり、ベナンとプロビンスウエルズリ

イの年間水稲生産量(1964-'65)の32,341,000 ガンタンが約11%増産される。

水稲の増加生産期待量は、現在農家によって使用されている品種の作付および栽培技術をもって推定されたが、IR-8の様なミラクルバライティ(Miracle Variety)が排水条件の改良に伴って導入されれば800ガンタン(1エーカー1作当り)が十分期待できるだろう。

5-5-2 収 益 率

生産費に関する資料は極めて乏しいが州農業局(S.A.O)の資料から下記の通り500ガンタン(1エーカー1作当り)の生産費を推算し、純益率を作付増の場合20%反収増の増産70%と推定する。

(1) 作付増の場合

トラクター耕耕	MS	36.00
田 植		20.00
肥 料		25.00
除 草		15.00
収 穫		
脱 穀		45.00
乾 燥		
運 搬		8.70
<hr/>		
小 計		149.70
水 料 金		4.50
小 作 料		90.00 (自作の場合は土地資本利子)
土地税, 部落費		30.00
<hr/>		
Total Cost		274.20 = 274.00

1エーカー500ガンタンの平均収量の土地における粗収益

500ガンタン × @ 68セント (1ピクル当り17.00ドルの補償価格) = MS 340.00

純 益 MS 340.00 - 274.00 = MS 66.00

純益率 $100 - \left(\frac{274}{340}\right) \times 100 = 20\%$

(2) 反収増の場合

反収増の場合の純益率は、本資料から算出するのは、困難であるので、日本における作付増と反収増の比率を勘案して70%とみなす。

5-5-3 水稲栽培の技術的問題に対する提案

(A) 改良品種の導入

マレーシアでは国民の主食である米の不足量は大きく、米生産量の増大は、国家経済の上から重要な問題となっている。マレーシアでは米の増産が水稲の収量水準の向上によって達成される可能性は極めて大きいものと推測される。水稲の収量水準を上げるには、多収性品種を導入することが最も効果的である。しかし現在の土地条件や栽培技術を固定して新品種を導入してもその

効果はそれほど大きくない。

マレンシア政府が多収品種として1965年から奨励しているマヌリーと1966年から導入されているIR-8にみられるように、多収性品種は多くの場合短稈種である。短稈であることは倒伏に対する抵抗力が強く、植物の同化能力がすぐれており、肥料に対する感応性も高く、その結果として高収量をうる。しかし、浸水により水田の水深が大きくなり、かつ長時間も滞水していると、短稈種は長稈種にくらべ、著しく大きく被害をうける。それ故短稈多収品種を導入することは、冠水による被害がないように、排水施設の整備が絶対条件である。次に、短稈種は土壌酸性や土壌有害物に対する抵抗力が弱く、吸肥力も小さいので、土壌を改良し、肥沃化しておくことが重要である。又、短稈多収品種は無肥料栽培では在来品種と収量は殆んど変わらないが、肥料を多施すると増収する特性をもっているため、多収をうるための施肥技術を確認せねばならない。さらに、短稈種はイモチ病をはじめとして、多くの病気や、害虫に対する抵抗力も在来種より劣っているので、病虫害の防除についても十分な注意が必要となる。又、短稈種はその刈取が苦痛であるという労働条件も、この普及を阻止しているようで、排水改良に基づく乾田化によってバインダー(Binder)の導入も考慮されるべきである。

このように多収品種は在来種に見られない優れた特性をもっているため、その導入を契機として、その特性を発揮させるような水田基盤の整備や栽培技術の改善を積み重ねて行くことが、水稻の生産量を増大していく最良の方法であると考えられる。

(B) 農業の機械化

トラクターなどの農業機械の利用が、この地域の一部の農家において行われ、すでに乗用トラクターも利用されているが、その範囲は耕耘整地作業に限定されている。近い将来においては、歩行型トラクターが漸次乗用トラクター(15-40馬力)に変わることが期待されており、圃場区画等の設定に当たっても十分な配慮を必要とする。

移植作業についても将来田植機の利用が検討されることが予想されるが、その場合、特に作業時の水管理が容易に行えることが希望される。現在、日本で開発、試用されている田植機では植付時の水深を0-2インチに自由に調節できることが必要とされている。

収穫調整作業については、現在請負作業というかたちでライスマル・ドライヤー等が利用されているが、すでに農業局でも刈取収穫機の利用について検討をはじめている。期待される収穫機としては、刈取結束機(バインダー)と水稻用小型コンバイン(刈巾0.9-1.35ヤード)があり、前者については、すでに実地利用試験が行われている。これらの収穫調整作業の機械化は、農協等が推進することと思われるが、トラクター作業と同様に特に問題となるのは、作業時間の圃場排水である。

水田の排水改良は水稻作の労働生産性の向上、即ち機械化に直接結びつく要因をもっている。

計画地域の周辺部にあるラムバイ統および計画地域の一部に存在するクブ統はそれぞれ母材料が中粒質であることおよび河川、排水路に沿っていることにより、土壌の排水には良好である。トラクターの能率的な運行には土壌に一定基準以上の支持力がなければならず、これを土壌の第

二層の硬度で表わすと、11以上の硬さをもっていることが必要となる。ラムバイおよびクブ統はそれが16～18に達し、トラクターの運行に支障はない。しかし計画地域を含むベランドック統では、計画地域のはるか北方の海岸側に存在するラーダボット統では、その硬度が11以下であり、トラクターの能率的な作業には硬度が小さ過ぎる。土壌の硬度を高めるうえには土壌排水が最も効果的であり、ベランドックおよびラーダボット統の土壌では、特に排水改良の効果はこの様な観点からみても大きいだろう。

ベランドック統の水田を含むこの排水改良計画は機械化のための基礎的条件が整備されることになる。又、ラーダボット統の土壌は、この計画地域には含まれないが、別途排水改良計画が立案されて、推進されるべきである。

第6章 主構造物の設計

6-1 防潮水門

6-1-1 緒言

防潮水門は、この事業でもっとも重要な機能を持つ施設となる。防潮水門は図3.000に示されてあるように河口より、約5マイル、浮橋より上流側の左岸の定められた地点に設置する。

防潮水門の機能は、直接水門を操作することによって外潮位側では海水の侵入を遮断し、内水位側では常時管理水位の制御を行う。従って内水位の低下は干拓による農地造成と低平地をPL+40まで排水改良する。

一方、内水位の制御で貯溜された水は、淡水化を促進して工業用水等の水源として高く評価をされるであろう。

防潮水門は建設順序として予め、ドライワークで完成させ、付替水路（延長2,050ft）でフライ河本川の上下流に取付される。従って本流は付替水路と防沙水門に通じる新川に移行できるから旧河道は図3.000に示すように河口より約5マイルの地点を総延長900ftの締切堤防で閉塞する。

防潮水門は上流側に道路橋（巾員44ft，橋長400ft）を併設し締切ダムの天端は道路（巾員40ft）を兼用として夫々計画されている。

これらの構造物を介して、右岸マクマンディンとバカン・セライ（Bagan Serai）の結ぶ交通容量を増強するため延長0.88マイルの付替道路を図3.000の通りに設置する。

付帯工事としては締切ダムより下流の左岸（延長1,350ft）を外潮位の侵入を防ぐため盛土嵩上して補強する。

浮橋取付の右岸上流部は250ftにわたって護岸工を行う。

6-1-2 水門の規模

防潮水門の規模は、次の設計条件に拘束される。水門の断面は40年確率洪水によるピーク流量を外潮位条件の中潮で安全に排除できなければならない。即ち敷高は取付の平均河床高から、PL-105とする。水門は外潮の溢流、越波等を防止するため高潮位RL+460に余裕を加えて天端標高をRL+700ftとする。

防沙水門の規模は第4章に於いて述べてある。

1 水門の諸元

敷高	RL-1050ft
有効通水巾	$45 \times 4 \text{ 連} = 1800 \text{ ft}$
高さ	$\oplus 70 - (\ominus 105) = 175 \text{ ft}$

2 外潮位条件（浮橋地点で）

高潮位	H.H.W.L	R L + 4 6 0 f t
大汐平均高潮位	H.W.L.S	+ 3 6 6 f t
小汐 " "	H.W.L.N	+ 1 3 8 f t
平均潮位	M.S.L	+ 0 7 6 f t
小汐平均低汐位	L.W.L.N	+ 0 1 4 f t
大汐平均低汐位	L.W.L.S	- 2 1 4 f t

3 内水位条件

A) 洪水時

洪水量 2 5, 8 0 0 cusec (40年確率)

洪水位 R L + 5 1 f t

B) 管理水位時

常時 R L + 2 0 f t

4 設計水位差(水門条件)

A) 外高内低の場合

高潮位 R L + 4 6 0 f t

管理水位(最低) R L + 2 0 0 f t

水位差 2 6 0 f t

B) 内高外低の場合

管理水位(最高) R L + 2 0 0 f t

大汐低汐位 R L - 2 1 4 f t

水位差 4 1 4 f t

6-1-3 ゲートの選定

防潮水門は一般にスルースゲートかローラーゲートが使用されているが、ここでは溢流式二段ローラーゲートを採用する。

このゲートの利点は他の形式に比べて扉柱の高さが低くなって、安定性を増すことができる。捲揚装置は下段ゲートを捲揚げた後で上段ゲートを捲揚するため、捲揚機、電動機の容量が小さくすることができる。排水時、上段ゲートは下段ゲートまで下げることができるため、溢流排水させて浮遊物を流下させうる。下段ゲートは常時、水を貯溜保持するのに操作が容易である。

ゲートの水圧条件は内外水圧と溢流作用を受ける。従ってゲートは縦横比が1:5となり、これらの水圧の外力条件に耐えうるようにD形殻体構造として、設計するものとする。ゲートの1径間長は扉の縦横化の実用的比率、扉の重量、工事費の経済性から検討して1連の長さ48ftとして、4連を装備することとする。

ゲートの主要仕様

型式 溢流式二段ローラーゲート

扉の概略寸法

上段扉	巾480ft	高85ft
下段扉	巾480ft	高90ft
捲揚機	ドラムワイヤー捲取式	
全上電動機	75HP/1連当り	
操 作		
内外水位	自動水位検知方式	
ゲート開閉	水位検知による自動操作機構および遠隔操作方式	

6-1-4 軀体工

防潮水門の本体は鉄筋コンクリート造であって、その構造図は図面3000, 3001に示される。

ゲートは独立扉柱により、支持され柱頭に捲揚機および電動機を装備する。

門柱は道路橋の橋台、橋脚と一体構造とし通水部の水叩床版と分離する。両者とも奥行795ftとする。

防潮水門の一般構造としては、地下浸透による貫孔作用による基礎破壊の防止のため止水壁を設ける。止水壁の長さは浸透長について基礎地盤の土質に対する安全を検討して鋼矢板20ftを両翼を含めて巾252ft 一列設置する。

道路橋は上流側に併設する橋梁設計諸元は公共事業局の実施事例にならって、次のように計画する。

型 式	プレストレストコンクリート桁橋	
	単純桁	4径間
橋 長	520ft × 4 = 208ft	
巾 員	2車線	計 40ft
荷 重	線荷重	2700lbs
	等分布荷重	220lbs
横断勾配	2.5%	
桁下空間	+700-46	24ft
PSC桁	中詰コンクリート式使用	

床固工は河床変動に対して、順応できるたわみ性があること流下水のエネルギーを下流側で漸次消去するに必要な流水抵抗を与えるもの、流下水のエネルギーによる吸出作用に抵抗できるように現場打コンクリートブロックとし長さ100ft 巾205ft のものを設置する。更に下流側に捨石工を巾226ft 長さ47ft で河床保護を行う。

上流側は工事中の外潮位の流入時の洗堀防止を見込んで安全を期するため、巾208ft 長さ50ft の捨石工を行う。

水門の両岸の取付はパットレス式擁壁で道路付替水路堤にすりつける。

両岸は庭園化し左岸側にゲート管理建物を置く。

水門本体は不等沈下等による洩水、ゲート操作に支障のない基礎構造を必要とする。

本体の基礎は、門柱部と単体構造として杭基礎で支持する。

水門の基礎土質資料図 3-5-1 (B4) によれば基礎標高を RL-200 とすると、RL-700 迄の土層では、比較的軟弱なシルト質粘土で確実な支持層がない。RL-700 を見ると、砂質土になっており、杭の長さは砂層に達するよう長さ 50 ft にする。但し、ルーズな砂層については、実施前に締固め等の補強法を検討する必要がある。杭は遠心力鉄筋コンクリート杭を使用することにする。杭の設計は次式で限界支持力を求め安全率を 3 とし設計荷重を定める。

杭基礎の限界支持力は Dorr の公式を用いて算定する。

$$R_o = \frac{\pi}{4} d^2 r l \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) + \frac{\pi}{2} d r l^2 u (1 + \tan^2 \phi) + \pi d l c$$

R_o : 杭の支持力

d : 杭の直径

r : 土の単位体積重量

l : 杭の長さ

ϕ : 砂質土の内部摩擦角

設計荷重は安全率 3 とし、水門の橋脚、橋台床版の杭の諸元は次の通りである。

橋台	φ 12 inch	長さ 500 ft	遠心力鉄筋コンクリートパイル
橋脚	φ 12 inch	長さ 500 ft	"
床版	φ 6 inch	長さ 250 ft	パコーパイル

6-1-5 付替水路

水門の付替水路はブライ河の浮橋附近の左岸上流から北々西の方向に本流に結んで蛇行河道を付替える。

付替水路の設計条件は水門の計画確率雨量に関連するピーク流量を外潮位に応じて安全に控除できるものとする。

河口漂砂に対応して水門内の貯溜水の放流による河口掃流を行う場合水路の安定を保たなければならぬ。

付替水路の上流側の河床高は防潮水門の敷高と上流平均河床を基準とし、RL-105 の水平とする。下流側河床高は防砂水門の射流又はゲート溢流による河床の洗堀に対して上流より下げて、RL-150 とし水深増による垂直方向の拡散断面を与えるよう横巾を縮少する。

付替水路断面は図 3000, 3001 に示す。

下流側の掘削法面は砂質土が露出して水中の安定 (2割勾配) を確保することが困難と予想されるため、安全を見て註杭工により安定をはかる。

計画断面は次の通りである。

	上 流 側	下 流 側
底 巾	300	22.6

側ノリ	1 : 2	1 : 2
切深	165 ft	220 ft
河床勾配	水平	水平
通水量		25,800 cusec
流速		5.6 ft/sec
水路延長	1200 ft	880 ft

6-1-6 締切ダム

締切ダムはプライ河の河口より4.9マイル上流地点で河巾400ft 沼沢地200ft 取付300ft で総延長900ft で本川の締切を行なう。

ダム天端は一般道路を兼用してマクマンディンとパカンセライ村間の交通を改善する。

締切地点は最深部で約200ft あり、完成後は外側は海水、内側は淡水となる。

(1) ダムの基本型

基礎地盤が比較的軟弱で堤体の安定上から滑り出し、破かい沈下を防止するためには底巾を広くして荷重の分散を計る。

工事中、完成後も内外を水で飽和されることと、堤体の大半が水中施工で潮汐、河川流に対する盛土の水中安定を計るため緩傾斜が望ましい。

ダムの内外水位による満水面標高の差が小さい為断面は対称形として計画する。

堤防高は次の通りとする。

計画天端高 = 大潮平均高潮位 + 余裕高

$$= 460 + 24 = RL + 700$$

一般には波浪、気象潮を考慮するがこの場合は殆ど無視しても支障はないと考えられる。

天端巾は天端を道路に兼用するため公共事業局の実施事例にならって巾員44ft に法肩余裕を見込んで66ft とする。

堤防盛土は基礎土質が軟弱で然も水中盛土となるため過剰水圧の除去が容易であること、水中盛土の歩留と安定性が良いため砂質土を盛土材料にする。採土は付替水路の掘削土の砂質土を流用盛土する。盛土は捨石施工により堤体の安定と外水位条件に対応して段階的に立上る。

(2) ダム法面被覆工

天端の道路部分は公共事業局の道路構造にならって図3002に示す通り、アスファルト工、路盤工、ガードレール工を行う。

天端法肩とRL+200以上は常時は陸上施工ができるため、降雨冠水による浸蝕防止のためにアスファルト被覆を行う。

潮汐の水位変動区間は水中、汐間施工となるため張石によって法面保護を行う。張石裏込はドレーン効果をあげるため砂利詰めする。

捨石の断面は水中盛土の段階をRL-50, ±00, +20の3段階に区分し堤体の安定と水中盛土のため5割勾配で計画する。

(3) ダム基礎の安定

ダムの基礎土質は堤防予定線の兩岸地点で行なった土質調査の資料によって図3-5-7の土層図と図3-5-4, 図3-5-5によって推定されるであろう。

ダム断面は水深の最も深いB点が堤防高が最大となるため、代表としてこの位置を選定する。堤体基礎地盤は土質調査資料によると、極めて軟弱なる圧縮性の粘土又はシルト層が存在する。

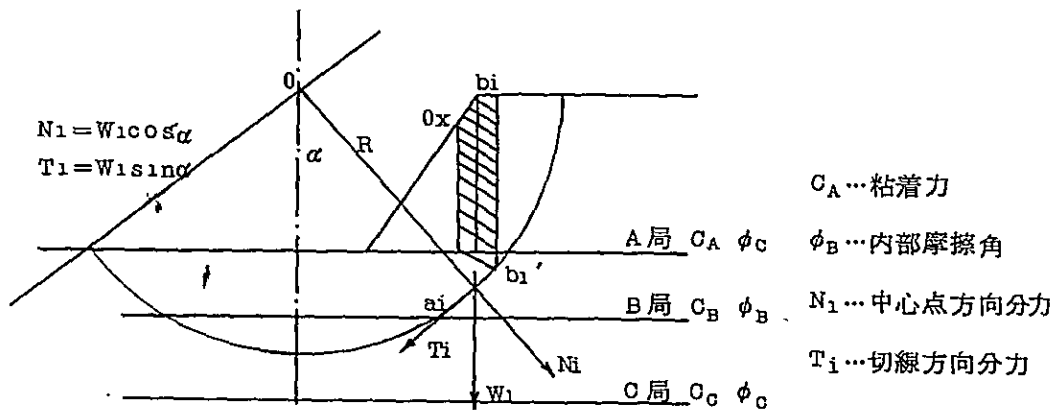
従って、堤防は築堤時は負荷および完成後の水位変動による偏荷重のため、破かい沈下、滑り出しの事故を生ずることが予想される。

ここでは基礎地盤の層位と土質諸元を推定して円形滑り面法より安全率を確認する。

設計条件として水位条件は大汐平均低潮位の内外水位で行う。堤体盛土は取付水路の掘削土の砂質土を流用するものとする。

ダムの基礎土質はRL-20~RL-49附近が軟弱層と推定される。

円形スベリ面による安定計算



スベリ面の円形を仮定し任意点Oを中心とし任意半径Rのスベリ面を描く。この円弧でかこまれた部分を幾つかの小区分に分割し、分割部の土塊に働く力の合力 W_i の小区分の巾 $a_i b_i$ 又は円弧の長さ $a_i a' b_i b_i'$ の土塊のO点回りの滑動モーメント ΔM_f およびこの滑動に抵抗しようとするモーメント ΔM_r は次のようになる。

$$\Delta M_f = R T_i$$

$$\Delta M_r = R (N_i \tan \phi_i + c_i \Delta l_i)$$

従って、全土塊のO点回りの滑動モーメント M_f および抵抗モーメント M_r は

$$M_f = \sum \Delta M_f = R \sum T_i$$

$$M_r = \sum \Delta M_r = R \sum (N_i \tan \phi_i + c_i \Delta l_i)$$

となる。安全率 F_s を滑動モーメント M_f と抵抗モーメント M_r の比と定義して

$$F_s = \frac{M_r}{M_f}$$

O点について半径を種々変えて F_s が最小値となるRを求め、さらに中心の位置を変え同様の

操作を繰返し最小の安全率を示す中心位置と半径を求める。

本計画の堤防の滑り面の設計安全率は1.5以上とする。

検討の結果安全率は1.7程度を確保でき充分安全側である。

(4) ダムの基礎地盤の沈下

ダムの沈下は基礎捨石の地盤へのめり込み、地盤土の側方流動地盤土の圧密によるものである。ダムの沈下は地盤土の圧密沈下によるものであって基礎地盤の下層土の層位は図3002のB断面については土質諸元は(3)に示す通りであってRL-195よりRL-450の層厚255ftの軟弱層の沈下を検討する。

今回の土質調査は圧密試験による圧密係数等の測定値が得られてない。従って液性限界から圧縮指数を推定して総沈下量を試算する。

$$\text{沈下量}=\Delta H=\frac{C_c}{1+\ell}\log\frac{P+\Delta P}{P}H$$

C_c = 圧縮指数

ℓ = 間隙比

P = 先行荷重

ΔP = 増加荷重

H = 層厚

総沈下量は、ダム中心位置で約5ftと推定されるが圧密時間、施工時の諸般の問題については、今後土質試験によって慎重に検討を加えなければならない。

6-1-7 付替道路

付替道路は図3000に示す通りブライ河右岸のマクマンディンから締切ダム、水門を経て、パカンセライに達する総延長0.88マイルのバイパスとなる。

道路は公共事業局の実施事例を基準として巾員、舗装、路盤構造を計画する。

道路標準断面は図3000に示されるが主要寸法は次の通りである。

道路総巾員	78ft
車道巾員	24ft
歩道及緑地	(2+6+2)×2=24ft
側溝	上巾90 下巾20ft
路肩最低標高	RL+500ft
舗装	アスファルト

6-1-8 附帯工事

締切ダムと防潮水門を結ぶ付替道路より、下流側の本流左岸の三角地帯は沼沢地帯となっているが工事の施行、施設の完成後も種々、支障となるため左岸堤防の1350ftをRL+6まで嵩上盛土を行って外潮の侵入を防止し、干陸する浮橋の上流右岸は付替水路によって本流の影響を正面に受けるため河岸の洗堀を防止するため図3000に示すように鉄筋コンクリートパイル

の柵工護岸（250 ft，天端高 RL+5）を設置する。

6-1-9 施工計画

(1) 防潮水門

この防潮水門に施工される主要構造物は前記に示されているように防潮水門（有効巾4門×45 ft = 180 ft，ダブルローラーゲートタイプ）締切ダム（ $l=900$ ft，緩傾斜タイプ）及びこれらに付帯した道路（ $l=0.88$ マイル， $B=48$ ft），橋梁（ $l=208$ ft， $B=40$ ft）である。これらの主要構造物の施工期間は工事の規模，施工条件などから考え少くとも2ヶ年を必要とするであろう。従って，もし工事が2ヶ年で実施されるならば第1年度には，この工事に関係ある種々の権利に対する補償，工事用地の取得を済ませておく必要がある。従って工事は第2，第3年度で行う。

主要構造物の工事実施（施工）の順序の概要は次のようになる。

先づ現在の浮橋の左岸側国道より，防潮水門地点まで工事用道路を施工する。この道路は将来国道への切り換えを予想して国道と同じ規模構造をもつことが出来るよう施工する。

水門のゲート敷高は RL-1050 であり，陸上工事によって掘削基礎工事を行なうために水門の四周にウエルポイント工法とポンプ排水を併用して，地下水位を下げる。

水門の基礎工事が進み，この施工期間内の最も適当な時期に取付水路の掘削が始められて工事が完了した後，水門による水位調節および付替水路が十分機能を發揮出来る状態になったとき締切ダムの施工が着手される。この締切ダム工事と同時期にブライ河の流路が変わることに併って生ずる河川の護岸工事（ $l=680$ ft）既設堤防の嵩上げ，補強工事も実施されることになる。

これらの主要構造物の工事が完了して締切ダム上流側地域へ外潮の侵入を阻止することが可能となり，又，水門によって上流側地域の淡水化された河川の水位を調節することが可能になった後，水田に造成される沼沢地地帯にブライ河に流れる幹線排水路および支線排水路工事を実施する。

この低湿な沼沢地帯の排水路網の工事およびこれを取囲むココナツ林を新しい水田に作り変える工事（主として用，排水路及び道路工事）及びこれらの背後にある既耕地の排水網設定と圃場整備の工事のためには既に述べた主要構造物工事完了後，3ヶ年の期間を必要とするであろう。

(2) 施工計画上の提案

a 土 工

パーマントンポ地区の計画地点に付替水路を設けてブライ河の河道を切り替え，水門を建設して河川の水位を調節するこの工事費は，これらの工事における掘削工事と現在のブライ河を遮断する締切ダムの築堤，盛土工事の施工方法，施工の考え方（主として残土処理，用土利用計画）について提案されるだろう。

これらの工事で施工される土量の概略は下表の通りとなる。

工事名	工種	掘削		盛土		差引
		設計量	施工量	設計量	施工量	
防潮水門	掘削	50,300	52,800			
	流用盛土			2,000	2,300	
	純盛土			(2,000)		
締切ダム	流用盛土			96,000	109,300	
	純盛土			(770)		
水路	掘削	438,600	460,500			
	流用盛土			4,000	4,600	
護岸工	流用盛土			14,000	16,100	
			513,300		153,000	360,300

(単位 cu-yd)

◎註

この表において設計量と施工量との関係は

掘削 施工量 = 1.05 × 設計量

盛土 施工量 = 1.15 × 設計量

尚、工事費の積算にはすべてこの考え方にもとづいた施工量が使用されている。

上記の表より約 360,000 cu-yd の掘削された土が施工後残置されることになる。この大量の残土はパーマントンポーおよびこの近傍地域の工場、住宅用地等の埋立造成用土として使用することが可能である。しかし、これら埋立用地の選定、土地所有の状況、権利調整の方法などに不明な点が多いため、この事業計画全体からはこの処理方法、必要な経費等は除外されている。従って、この掘削工事が着手されるのと同時期に現地政府がこの事業とは独立に住宅、工場等の埋立用地造成事業を起して処理する必要がある。

尚、この残土による埋立可能面積は約 90 エーカー、必要な経費は約 M\$50,000 と試算される。

土工の施工計画において土砂の掘削運搬はドラグラインショベル、又はバックホーショベル (15 cu-yd 級) ダンプトラック (9 ton 級) 及び湿地用ブルドーザー (18 ton 級) の組合せで考えているが付替水路の掘削には、もし小型サンドポンプ船 (200~300 HP 可搬式) の使用が可能であれば、更に良い結果をもたらすと考えられる。

これによれば掘削土の大半を距離 300 yd ~ 500 yd の範囲 (例えば、この施工地点の対岸側のマクマジン工業地帯に隣接する沼沢地地帯まで直接送流することができ、掘削土の二次的な搬出経費も節減され施工能力も他の掘削機械よりも優れていると考えられる。

(b) 防潮水門の施工

水門は河道より離れたココナツ林に設けられるために、特にバツ切、河川の切替等は必要な

く、ただ地下水が高いので掘削後の湧水法面の崩壊を防止するために堰の周囲 1,220 ft にニードパイプを設置 16 台の真空ポンプで地下水を吸い上げる ウェルポイント工法を施工することが適当と考えられる。

ウェルポイントを実施しながら、基礎杭の打込み掘削堰のコンクリートを打設する。

コンクリートは堰付近に設けられた簡易パッチャープラント (18 切×2 基用) にて 1 日平均 100 ㎥ 打設する。ピアアパットのコンクリートが打設完了したら、橋体となる PC 桁の架設およびローラーゲートの据付けを行なう。これらは 20 t 用トラッククレーンにて据付けを行ないゲートの試運転を完了させる。

(c) 締切ダムの施工

締切ダムのベースの上下流側に第一段のリップラップを水位 RL-500 まで船によって水上より直投し、その安定をまって防潮水門から流用土を搬入して片押し工法で堤体を作り上げる。

尚、潮汐による水位変動および流速変化が著しいから盛土の流失およびリップラップからの土砂の吸出しを防止するような工法、堤防構造が採用できるよう十分な用土選定の時間、工期をとることが必要となる。

なお、通常、水面下 2 yd 程度まで築堤すれば船による工事が不可能となるため、この施工計画では高潮時の作業は止め干潮時に石積工、盛土工事が行なわれる工程が採用されている。

(d) 橋梁付替道路の施工

工事用道路を拡巾して高速車道巾 24 ft, 緩速車道巾, 各上下線共 6 ft を含む総道路巾 40 ft の国道をパーマントンボォ地区に付替える。

路面はアスファルト舗装仕上げとし、路体は別に材料を選択しないが適当な CBR 値を得られるまで締め固めを行なう。又、道路敷部分は砂層まで表土を剥ぎ取り山砂で置きかえる。

これらはパワーショベル、ダンプトラックの組合せで盛土を施工しブルドーザーで敷均した後タイヤローラ 20 t で締め固める。

路盤は最大径 2 インチ以下の切込砂利を用い締め固めて CBR 45 以上を得た上へアスファルト舗装仕上げを行なう。

橋梁は堰の頂部に取り付けるものでトラッククレーンで P・S 桁を架設した後、アスファルト舗装を行ない堰および締切ダムの部分には水銀街灯を取り付ける。

6-2 補償工事

防潮水門の設置に伴う河口の漂砂は (455) にその状況が述べられている。

河口の左岸港の航路状態は主として海側の砂州の水深維持に左右されることが予想される。航路の埋没を防止するために漂砂はドレヂャの浚渫によって、行う事が提案される。

漂砂量は年間 10 ~ 14 万 ㎥ と推定される。左岸港の航路として水深 2 Fathoms 巾員 100

m延長500mを維持するためには年平均約10万㎡を浚渫することとなる。

浚渫船の規模は250HPディーゼルカッタータイプのものを使用する。浚渫土は埋立地用土として流用すればきわめて効果が大きい。

第7章 事業費と工程計画

7-1 事業費

7-1-1 緒言

事業費は防潮水門および干拓の工業費と、防潮水門および付替水路、付替道路部分の用地売却費と補償費を示す。

なお、この章は維持管理費についても取扱う。

この事業に必要とされる資金は、マレーシア政府と日本政府の円借款とで準備をする事とし、この比率はマレーシアと日本政府の交換文書に基き定める。

7-1-2 事業費

(A) 単価について

この精算の基準となる労務単価、材料価格および積算方法等は州排水かんがい局と1967年11月に協議した結果を使用する。

日本より借款の対象となる資材およびゲート関係の単価は日本の1968年1月の価格を採用した。

なお、英国ポンド切下げの影響により物価の上昇があると思われるが、今回の事業費には推定不可能のため考慮しない。したがって工事の実施に際しては物価の上昇により事業費が増加するものと思われる。

単価の一覧表をTab 7-1-1に示す。

(B) 防潮水門関係事業費

防潮水門の事業費は表7-1-2の集計表に示すとおりで明細書はTab 7-1-3～7-1-6の通りである。付替水路の掘削によって生ずる残土の捨土に関連する費用は他工事に流用されるものとして、この事業費には含めない。

したがって事業費総額は4,670,000M\$である。

なお、水路の掘削にサイドポンプ船を使用しても事業費は変わらない。

予備費は実施設計になった時の基礎工事の増加や小さな附帯構造物工事費等の増加のための準備金として10%を考慮した。

経費は工事施工に際しての水門の施工管理について日本のコンサルタントが管理する事として7%計上、団地買収、干拓事業についてはマレーシア政府で管理されるものとして、3年分を合わせて計上する。

なお、実施設計に要する費用は日本政府が行うものとして計上しない。

(C) 事業費分担区分について

防潮水門の頂部に取り付けた道路橋については農業用としては、巾員10ftあればよく締

切ダムの天端巾については 12 ft あれば十分であるから、これ以外の巾を持たすための工事費は道路専用事業費とする。

なお、取付道路は工事用、管理用道路として利用する巾は 12 ft とする。

以上に関する道路分離費用は表 7-1-7 に示すとおり道路分としては、670,000 M\$ である。

(D) 排水、干拓事業費

本計画では防潮水門により干拓される地区について事業費を積算する。

ブライ河地区は表 7-1-8 に示すとおり 3,700,000 M\$ である。

(E) 全事業に対する費用

この事業に対する費用は防潮水門の工事費と水門完了後の地区内造成費よりなり、総額は表 7-1-9 に示す様に 8,370,000 M\$ である。

なお、この内に道路専用の費用として 670,000 M\$ が含まれている。

又、この事業にサイドポンプ船を日本よりの借款として用いた場合は、この事業に対する機械償却費も含んでおり、償却残額については別途事業で償却されるものとする。

(F) 円借款の概要

昭和 41 年 11 月 22 日付 日々両国政府間の交換公文にもとづき、日本国政府はマレーシアの第一次経済開発 5 ヶ年計画 (1966~70) の推進に協力するため同国政府に対し 180 億の円借款を供与することになっている。この円借款は Bank loan と Fund loan に分かれるが本事業はマレーシア政府によって基金対照分の第一位に一応予定されている。

しかも、マレーシア第 1 次五ヶ年計画の paras 40 において次のように述べられて公共事業における外援助の意義の重大さを表わしている。

40 The amount of foreign loans and grants envisaged is more than three times the amount raised during the period 1961-65

As the financial situation is viewed at present, the public investment programme described in chapter IV and chapter VII

(agriculture - XIV) can be undertaken only if these amounts of aid are forthcoming. Since Malaysia is making substantial efforts to raise funds internally it has a good case for receiving these amounts of foreign assistance.

本借款はマレーシアに対する円借款の供与のうち海外経済協力基金より次の条件でマレーシア政府に供与されることとなっている。

I 各借款契約の償還期間は当該借款契約署名の日から五年の据置期間を含む 20 年とする。

II 利子率は年 4.5 パーセントとする。

III 各借款契約の支出期限は当該借款契約の署名の日から 4 年以内とする。そしてこの借款は借款の対象として認められた計画につき、計画の全部又は主要部分について必要とされる日

本の商品および技術的役務ならびにこれに附随して生ずる輸送料および保険料についてマレーシアの輸入者との間で締結される円貨による契約にもとづいて、日本の供給者、請負業者およびコンサルタントに対して行われる支払いを対象として使用される。

(G) 借款の方法

したがって、円貨の対象とすべき方法としてはマレーシア政府と日本政府の交換文書にもとづき、防潮水門の水門および異形鉄筋、シートパイルの材料およびサクションドレッチャを対象とする。日本の建設業者、コンサルタントにより、施工および管理が行われた場合表7-1-10に示すとおり291,000,000円(約243万M\$)である。事業費837万M\$の内日本借款で施工される工事費は189万M\$とサクションドレッチャー代金(54万M\$)の本事業に使用される償却分である。償却分は81,000M\$であるからマレーシア政府が準備しなければならない金額は事業費より1,971,000M\$を除いた6,399,000M\$である。

7-1-3 維持管理費

(A) 防潮水門の維持管理費

防潮水門は工水、道路と農業との共同施設であるので、これが運転と補修については一般に時として利益が相反することもあるので、排水かんがい局と公共事業局とが密接に連絡し、要すれば共同委員会を設けることを考慮すると共に河口問題についてはport commissionとの連携について考慮することが肝要である。

この共同施設についての年間維持管理費は下記のように推計されるが、この費用の支出については第8章に述べる共同事業の費用振分け結果にもとづいて各部門が支出を分担し、これを事業主体である排水かんがい局において一括運営するのが適当であろうと考えられる。ここで1年間の管理費を推定すると事務費、機械補修運転、水路、堤防等の維持のため表7-1-11に示すとおり40,000M\$の費用を要する。

(B) 干拓および排水地区の維持管理費

沼沢地の背後地の水田地域のかんがいの維持管理については州排水かんがい局が必要な人員機構を配備し、北郡については管理事務所をおき、中郡については州排水かんがい局が直接これに当たっている管理に必要な設備は、木工工場、機会修理工場等がある。よって排水についてもこの機構、人員の強化によって行い得るものとする。

かんがいの維持管理の実績は表7-1-12のように近年合理化の跡が顕著であり、1963年以降は半減している。この維持管理費は州排水かんがい局が管理する地区内幹線用水路までの費用である。

但し、末端の支線用水路の費用は水稻の生産費の中に含まれている。(表7-1-12参照の事)したがって排水の維持管理費用も又、主要構造物の他幹線排水路までをここに計上する。末端の支線排水路の維持管理に関する費用は水稻の生産費に含ませて計算した。その結果表7-1-13に示す様に干拓地の管理に13,328\$, 排水改良の管理費に1,290\$が要する。

(C) 補償工事費

防潮水門の建設によって起ると予想されるブライ河口の閉塞に関しては、旧港の機能を維持させるための対策として、ポンプ船によるしゅんせつが考えられる。そのために第6章に述べられた年間約130,000 yd³の堆砂を除く事により、旧港を維持させるとすれば年間に要する費用は200 HPサンドポンプ船を使用し、0.3マイルの地点まで捨土するとして1 yd³当りのしゅんせつ費はポンプ船の償却、運転、その他一式を含めて15 M\$であるから年間195,000 M\$が必要である。

7-2 工程計画

工程は全て着手よりの延日数で示す。

7-2-1 防潮水門建設工程計画

Fig 7-2-1 に示す。

7-2-2 干拓排水改良工事施行計画

Fig 7-2-2 に示す。

7-2-3 全事業量

Tab 7-2-3 に示す。

7-2-4 投資計画

Tab 7-2-1 に示す。

7-2-4 年度割支出

表7-2-1～表7-2-3の工程表にもとづき年度割の支出を区分する。これは工程を基にでき高を対象にしたもので支払の時期を考慮したものでない。これを表7-2-4に示す。

第8章 経済評価

8-1 緒言

本計画の評価となる為には計画によって生ずる収益を投下資本、その利子ならびに年々の維持管理費の支払計画と対比して考究されなければならない。

本計画から生ずる主な収入は次のものである。

- ・干拓された耕地からの水稲生産量
- ・背後地の排水改良地域からの水稲増加生産量
- ・締切ダムの建設によって淡水化された水を新にマクマンディンとパタワーズの工業用地帯に供給する工業用水
- ・締切ダムの上部を道路として使用することによって生ずる交通便益

本計画の投資は次のものについて必要がある。

- ・農業、工業用水、交通の共同事業であり、そのため費用振分けを必要とする防潮水門と取付道路の建設
- ・干拓と排水工事
- ・工業用水の専用施設

なお、本締切ダムの建設によって生ずる河口の閉塞を防止する為の浚渫に使用しなければならない。ポンプ船の費用も見積りを行い、これを年経費に加える。

本計画の評価は農業生産物、債銀、農業資材、建設資材、維持管理の費用等すべて1967年の物価水準に基づいたこの物価水準は、本計画においては、将来とも同一水準に止まるものと仮定して計算する。農業生産の水準については、干拓、排水工事の施行によって新しい生産技術やIR8のような多収穫品種の導入も可能となる。しかしながら、これらによる増収は将来の可能性とし、本評価に当っては、現在の農業経済構造下における排水良好地の単位当り収穫高を干拓、排水改良地区の収穫期待量としておく。

8-2年便益、8-3費用振分けならびに8-4年経費の計算においては、利子率は国民経済的見地から5%とし、その経済分析期間は50年とするので、8-5の費用便益比率はその条件の下での割合である。8-6償還能力については実際に適用される利子率ならびに償還期間にもとづいて検討される。

8-2 年間便益

8-2-1 農業

干拓、排水事業による農業生産の増大および収益性については、既に第5章で述べたところであるが、これらを総合して年便益を算定すれば次のとおりになる。

干拓地の水稲作の面積 1,670 エーカーで 1 作につき 835,000 ガンタンが見込まれる。1 ガンタン当り 68 セントとして M\$ 567,800 の粗収益が見込まれ、純収益は M\$ 113,560 と予測される、年 2 作で年間純益額は M\$ 227,120 となる。

排水改良地は既水田とココナツ跡地の水稲への転換に区分される。既水田 4,700 エーカーでは 1 作につき、282,000 ガンタンの増産 (M\$ 191,760 の粗収益) が期待され、この純益率の 70% として、純収益 M\$ 134,232 となり、年間純収益額は 2 作で M\$ 268,464 となる。ココナツ跡地の水稲作付面積は 1,290 エーカーで、総収量は 1 作で 645,000 ガンタン、粗収益は M\$ 438,600、純益率を 20% として M\$ 87,720 の純収益となり、年間純収益は 2 作で M\$ 175,440 が見込まれる。しかしながら現在におけるココナツの年収益が 1 期作分に相当するので、これを差し引けばココナツ跡地の水稲の年間純収益は、M\$ 87,720 となる。

よって農業の年便益の総額は干拓地 M\$ 227,120、排水改良地の既水田 M\$ 268,464、ココナツ跡地 M\$ 87,720、計 M\$ 583,304 となる。

この便益額は締切ダムの完了後、地区内工事が干拓地については、2 ケ年を要するものと予測されるので、それ等の工事が完了すればこの効果が期待し得ることとなる。

8-2-2 工業用水

公共事業局によって提供された資料によると、プライ河の淡水に期待されている水需要は次の通りである。

(1) 緊急の水需要

マクマンディン地区	0.2	百万ガロン/日
プライ地区	1.5	〃
計	1.7	〃

(2) 5 ケ年後の目標水需要

6 百万ガロン/日 (0.3 m³/sec)

一般的に便益は最有利な身替水源から同量供給の工事費によって推定される。しかしながら公共事業局によるパイプによる用水供給により他に、この近傍において可能な淡水の水源はなく、将来の工業用水を供給することは不可能である。

現在の工業用水の水使用量は配水地点における 1000 ガロン 1 M\$ であるが、公共事業局においては、工業発展のために水使用量は 40 セント/千ガロンが経済的であると考えている。よってこの場合の便益は、千ガロン 40 セントの売買単価を適用することによって見積る。料金の有効徴集率は 90% とする。

以上のことから年間収益は

6 百万ガロン/日 × 365 日 × 40 セント

1000 ガロン × 90% M\$ 788,400 と推定される。

締切ダムの建設に伴う内水の淡水化は比較的早期に達成されると期待されるので導水路等の

工業用水専用施設が併行して建設されるならば、締切ダム完了後、間もなく、一日につき 6,000,000 ガロンの供給は可能となる。

8-2-3 交通

交通は締切ダムと水門の上部を道路として使用し、浮橋を更新するものである。この浮橋の交通量はアブデルラーマン橋の開通後、次の通り半減している。

開通前 (1965)	136,675 台/月 (8ヶ月平均)
開通後 (1965)	79,856 (4ヶ月平均)
〃 (1966)	72,078 (全年平均)

新橋の交通量は9月25日(1967)の観測値しかないが、1日8666台、月換算 260,000台である。

現在の両橋の月間交通量は $260,000 + 66,943 = 327,000$ 台であり、新橋開通前の 136,675 台に比し、約 2.4 倍である。これはパタワースとマクマンディンの工業発展に伴うものである。

浮橋の交通量はマクマンディンの誘致中の 32 の大工場が予定の 3ヶ月以内に完成されると、その時には、倍加される (140,000 台/日) ものと推測される。32 の工場のうち 7 工場は既に操業中であり、25 工場は建設中である。

本共同事業による交通の便益は浮橋の更新に伴う効果であるから、新設する時に発生する交通距離短縮による走行便益は発生しない。便益額は次の通り推算される。

(1) 浮橋は従来、一方交通を交互に繰り返している状態なので相当の時間がその為に空費されており、一台当り平均最高時間は、

A.M.	700 - 800	1分30秒
P.M.	700 - 300	1分10秒

である。

この待時間が3年後の工場完成時に、橋をかけかえなければ、1台当り平均2分となるものと推定される。

$$2 \text{分} \times 140,000 \text{台} = 280,000 \text{分/月}$$

1分当り時間便益を2セント(概ね240円で日本の $\frac{1}{3}$ と推定、労賃乗車率等を勘案に)とすれば、この便益は、 $M\$ 0.02 \times 280,000 = M\$ 5,600$ /月
 $= M\$ 67,200$ /年 となる。

(2) 現在の浮橋は老朽化しており、その維持費は高額に上り、1966年の実績によれば年間維持管理費はM\$50,000である。この額は新橋の建設により節減される。

以上の2つから交通の便益合計額はM\$117,200と見込まれ、そしてこの便益は締切ダムの完成と同時に生じることが期待される。

8-2-4 間接便益

本干拓排水事業の遂行により稲の増産という直接便益の他、次のような多くの間接便益があり、これらは具体的に計測はできないとはいえ、本事業の経済性が極めて高いことを知ることができ

る。

- (1) 既に述べたように、農村の余剰労働力は近年においては、工業発展に伴う諸種の建設工事に吸収されつつあるが、なお一般には雇用の機会に乏しく、政府による本干拓排水事業の所要労務に出役することを望んでおり、雇用の機会を創出する効果は大きい。
- (2) 防潮水門建設に伴って生ずる残土は360,000平方ヤードにおよび6章においては、一応その付近に処理するように計画されている。これは近傍の工場用地等の埋立に必要な土量を提供することも十分期待でき、ブライ河下流の工事発展を促進する副次的効果も注目すべきである。
- (3) 都市近郊における本干拓排水事業は、工業発展に伴う都市と農村の間の所得較差増大の弊を是正し、安定した地域社会の確立に資すること大である。
- (4) 干拓排水後の農業は労働節約的な機械使用を可能とする水田耕地条件の整備が行われるので、この地域における米作の進歩発展は他の地域に対してパイロット的役割を果たすであろう。
- (5) 此の州における都市人口の増大により、各種農産物、ことに蔬菜等の需要が増大するであろう。この場合、かんがい排水共に十分に水管理が可能なこの干拓地およびその隣接地は、その要求に応えることができる。近郊農業の発展を可能にして農民の所得の増大が期待されると同時に、都市に対し低れんな蔬菜等を供給することも可能となる。
- (6) 水田ばかりでなく、住宅地の排水改良も可能となる。このことによって住民の衛生環境は改善されることになり、本地域における各種産業発展促進のための最大の基礎条件が整備される。

8-3 共同費用の振分け

8-3-1 費用振分方法の概念

分離可能残留便益法により振分けを行い、その分析期間を50年利子率を5%とする。分析時点を防潮水門の完成年とし、建設利息を加算し便益発生のおくれを割引き、かつ分析期間に取替えを必要とするものに対する費用を見積る。維持管理費も同時に振分ける。

8-3-2 費用の振り分け

(A) 農業、工業用水、交通の三者間の振り分け

まず、道路の分離費用、M\$670,000を防潮水門の建設費M\$4,670,000より差し引いたM\$4,000,000が共同費用となる。

この金額を三者の便益と身替建設者から小さいものの比によって配分した結果は、下記の通りである。

農 業	4 8 0 2 %
工業用水	4 8 0 2 %
交 通	3 9 6 %

(B) 農業内部における干拓と排水改良

(A)によって農業の分担額となったM\$ 2,016,840につき、背後地の排水効果の発生する2年後を分析時点とし、効果発生の一年おくれる干拓の効果割り引いて比較した。その結果は干拓40.19%、排水59.81%である。

8-4 年経費

年経費の計算に当っては、分析の期間、効果発生のおくれる取扱い方については、費用振分けの項で述べたと同様の方法によるほか、設備費の年賦額によるものとする。

8-4-1 農 業

共同費用である防潮水門の分担分について建設利息を加え、更に効果発生までの維持管理費を加算する。専用施設についても干拓、排水改良の費用振分けの結果による分担分に建設利息を加える。

区 分	(A) 干 拓	(B) 排 水 改 良
維 持 管 理 費	1 6, 5 4 1	1 7, 2 8 5
水 門 の 取 替	2, 2 6 6	3, 1 9 5
投 資 の 年 賦 額	1 6 8, 6 6 0	1 7 8, 3 9 3
計	1 8 7, 4 6 7	1 9 8, 8 7 8

8-4-2 工業用水

共同費用である防潮水門については農業における同様の方法により専用施設については、建設利息を計上する。

維 持 管 理 費	1 3 6, 7 0 8
電 気 設 備 の 取 替	2, 3 3 1
水 門 の 取 替	3, 6 5 8
機 械 設 備 の 取 替	3, 3 4 9
投 資 の 年 賦 額	2 6 9, 4 2 1
計	4 1 5, 4 4 7

8-4-3 交 通

交通については防潮水門の分担分と分離費用として区分した分の計について計算する。

維 持 管 理 費	8, 2 8 4
水 門 の 取 替	3 9 5
投 資 の 年 賦 額	4 7, 6 4 9
計	5 6, 3 2 8

8-5 費用便益比率

費用便益比率は8-4に示されるように年経費と8-2に示される年便益とによって計算される。

防潮水門の建設によって影響されるプライ河口の漂砂を浸透するために \$ 1 9 5, 0 0 0 が浚渫船の運転のために必要であることは、第7章の7-2に示されている通りである。上記の費用は農業と工業用水供給の両者に対して費用振分の率によって次のように振分けさせる。

農	業	M \$	9 7 5 0 0
工	業	用	水
		M \$	9 7 5 0 0
計		M \$	1 9 5, 0 0 0

その上、農業によって負担さるべき費用は更に干拓と排水改良に費用振分けの割合に準じて 0.4019 と 0.5981 の割合で振り分けられる。

干	拓	M \$	3 9, 1 8 5
排	水	改	良
		M \$	5 8, 3 1 5
計		M \$	9 7, 5 0 0

費用便益比率の計算において(1)は浚渫の費用を除いたものであり、年経費(2)には浚渫の費用を除いたものであり、年経費(2)には、浚渫の費用を含んでいる。

(A) 農 業

干 拓

年便益	M \$	2 2 7, 1 2 0
年経費 (1)	M \$	1 8 7, 4 6 7
浚渫費	M \$	3 9, 1 8 5
年経費 (2)	M \$	2 2 6, 6 5 2 (M \$ 1 8 7, 4 6 7 + M \$ 3 9, 1 8 5)
比率	(1)	1 2 1
	(2)	1 0 0

排水改良

年便益	M \$	3 5 6, 1 8 4
年経費 (1)	M \$	1 9 8, 8 7 8
浚渫費	M \$	5 8, 3 1 5
年経費 (2)	M \$	2 5 7, 1 9 3 (M \$ 1 9 8, 8 7 8 + M \$ 5 8, 3 1 5)
比率	(1)	1 7 9
	(2)	1 3 8

農 業

年便益	M \$	5 8 3, 3 0 4
年経費 (1)	M \$	3 8 6, 3 4 5
浚渫費	M \$	9 7, 5 0 0
年経費 (2)	M \$	4 8 3, 8 4 5 (M \$ 3 8 6, 3 4 5 + M \$ 9 7, 5 0 0)

農業全体の比率	(1)	1 5 1
	(2)	1 2 1

(B) 工業用水

年便益	M\$ 7 8 8, 4 0 0
年経費	(1) M\$ 4 1 5, 4 4 7
浚渫費	M\$ 9 7, 5 0 0
年便益	(2) M\$ 5 1 2, 9 4 7 (M\$ 4 1 5, 4 4 7 + M\$ 9 7, 5 0 0)
比率	(1) 1 9 0
	(2) 1 5 4

(C) 交通

年便益	M\$ 1 1 7, 2 0 0
年経費	M\$ 5 6, 3 2 8
比率	2 0 8

(D) 全事業の費用便益比率

年便益	
農業	M\$ 5 8 3, 3 0 4
工業用水	M\$ 7 8 8, 4 0 0
交通	M\$ 1 1 7, 2 0 0
計	M\$ 1, 4 8 8, 9 0 4
年経費	
農業	M\$ 3 8 6, 3 4 5
工業用水	M\$ 4 1 5, 4 4 7
交通	M\$ 5 6, 3 2 8
計	(1) M\$ 8 5 8, 1 2 0
浚渫費	M\$ 1 9 5, 0 0 0
計	M\$ 1, 0 5 3, 1 2 0 (M\$ 8 5 8, 1 2 0 + M\$ 1 9 5, 0 0 0)
全事業の比率	(1) 1 7 4
	(2) 1 4 1

8-6 償還能力

7章において示されているようにプライ河流域の排水干拓計画に必要な建設費（建設期間の利子を含まないもの）は、総額M\$ 8, 3 7 0, 0 0 0が見込まれる。このうち、M\$ 6, 3 9 9, 0 0 0はマレーシア政府の予算により、又、M\$ 1, 9 7 1, 0 0 0は日本政府からの円借款として供給されるだろう。水門の建設は多目的施設として費用振分され、水門に関連する専用施設の建設費を加えると各目的ごとの建設費が算出され、更にこれが国内資金と円借款とに区分された結果は表8-6-1のとおりである。本計画に提案される円借款の総額はM\$ 2, 4 8 0, 0 0 0であるが上記のM\$ 1, 9 7 1, 0 0 0以外のM\$ 4 5 9, 0 0 0はポンプ船の残存価格は本事業以外に投資される

ことになろう。

本計画に必要なマレーシア通貨は工業用水を除いてすべてマレーシア政府の一般会計より供給されるだろう。工業用水に必要なM\$ 3,460,126の国内通貨は年利子率、据置期間2年を含む償還期間20年の国内資金によって調達されるものと予想する。

(8-6-1)において円借款の償還計画が述べられ、(8-6-2)において各目的の支払能力が8-6-3においては(8-6-1)と(8-6-2)の結果から円借款の収入と支出が示される。

8-6-1 円借款の支出

円借款の支払期間は関係する借款の同意された日から5ケ年の据置を含む20年である。利子は年4.5%である。

M\$ 2,430,000の円借款総額および本事業分のM\$ 1,971,000本事業以外のM\$ 459,000の償還計画とその金額を貸付規則、返済規則にもとづいて計算すると次のとおりである。

○本事業対象の円借款の支払計画

建設期間の利子支払

建設第1年度の借入 M\$ 1,200,000

(表7-2-4参照のこと)

$$(M\$ 1,971,000 \times \frac{M\$ 2,811,000}{M\$ 2,811,000 + M\$ 1,656,000})$$

建設第1年度の利子支払 M\$ 27,000

$$(M\$ 1,200,000 \times \frac{1}{2} \times 0.045)$$

建設第2年度の借入 M\$ 771,000

$$(M\$ 1,971,000 - M\$ 1,200,000)$$

建設第2年度の利子支払 M\$ 71,348

$$(M\$ 1,200,000 \times 0.045 + M\$ 771,000 \times \frac{1}{2} \times 0.045)$$

据置3ケ年間の年間利子支払額 M\$ 88,695

$$(M\$ 1,971,000 \times 0.045)$$

元利年償還額 M\$ 175,970

$$(M\$ 1,971,000 \times 0.04464 \times 2)$$

○本事業対象分以外の円借款の支払計画

浚渫船は第1年度に借入られるものとする。

建設第1年度の借入 M\$ 459,000

建設第1年度の利子支払 M\$ 10,328

$$(M\$ 459,000 \times \frac{1}{2} \times 0.045)$$

据置4ケ月間の年支払利子 M\$ 70,655

(M \$ 4 5 9 . 0 0 0 × 0 0 4 5)

元利年償還額 M \$ 4 0 . 9 8 0

(M \$ 4 5 9 . 0 0 0 × 0 0 4 4 6 4 × 2)

8-6-2 支払能力

(A) 農 業

M \$ 1,920,800 の国内通貨は、マレーシア政府の予算によって支出されることとなるが、従来の事例からみると、農民の負担は水料金として年間維持管理費の70%程度が徴収されている。

原則論的には農業に投資された経費は農民によって償還可能なものかどうかを検討される。この考え方にもとづき、国内通貨を効果未発生期間の据置期間をもつ年利子5%、償還期間20年の条件でもって投資に対する償還性を検討してみる。なお円借款は所定の条件により計算されるものとし、貸付期間および効果未発生期間の利子の支払は国内資金により所要金額が補充されるものとする。

① 国内資金の返済

○ 干 拓

建設費 M \$ 8 8 7 . 1 8 8

(表8-6-1参照)

国内資金返済開始までの利子を含んだ当初投資 M \$ 1,028,543

$M $ 446,160 \times (1 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ yrs} \times 0.05) \times (1 + 0.05)^3$

$+ M $ 441,028 \times (1 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ yrs} \times 0.05) \times (1 + 0.05)$

円借款に対する利子 M \$ 6 5 . 1 8 0

$M $ 27,000 \times 0.165 \times (1 + 0.05)^4 + M $ 71,348 \times 0.165 + (1 + 0.05)^3$

$+ M $ 88,695 \times 0.165 \times \{1 + (1 + 0.05) + (1 + 0.05)^2\}$

償還までの維持管理費 M \$ 2 5 . 5 5 4

(表8-4-1参照)

$M $ 7,720 \times \{ (1 + 0.05) + (1 + 0.05)^2 + (1 + 0.05)^3 \}$

全投資額 M \$ 1,119,277

$M $ 1,028,543 + M $ 65,180 + M $ 25,554$

20ヶ年利率5分の年賦償還金 M \$ 8 9,811

$M $ 1,119,277 \times 0.08024$

維持管理費

$M $ 7,720 + M $ 8,821 \quad M $ 16,541$

農民の負担となるべき年経費 M \$ 106,352-①

$M $ 89,811 + M $ 16,541$

○ 排水改良

建設費 M\$ 953,838

(表8-6-1参照)

国内資金返済までの利子を含んだ当初投資額 M\$ 1,072,990

$$M\$ 663,966 \times (1 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ yrs} \times 0.05) \times (1 + 0.05)^2$$

$$+ M\$ 289,872 \times (1 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ yrs} \times 0.05)$$

円借款に対する支払利子 M\$ 71,843

$$M\$ 2,7000 \times 0.246 \times (1 + 0.05)^3 + M\$ 71,348 \times 0.246 \times (1 + 0.05)^2$$

$$+ M\$ 88,695 \times 0.246 \times \{1 + (1 + 0.05)\}$$

償還開始までの維持管理費 M\$ 24,728

(表8-4-1参照)

$$M\$ 11,488 \times \{ (1 + 0.05) + (1 + 0.05)^2 \}$$

年投資額計 M\$ 1,169,561

$$M\$ 1,072,990 + M\$ 71,843 + M\$ 24,728$$

20年利率年5分の年賦償還金 M\$ 93,846

$$M\$ 1,169,561 \times 0.08024$$

維持管理費 M\$ 17,285

$$M\$ 11,488 \times M\$ 5,797$$

農民の負担となるべき年経費 M\$ 111,131 - ②

$$M\$ 93,846 + M\$ 17,285$$

② 円借款の支払

○ 干拓

建設者 M\$ 325,810

(表8-6-1参照)

15年45%の年賦償還金 M\$ 29,088 - ③

$$M\$ 325,810 \times 0.04464 \times 2$$

○ 排水改良

建設費 M\$ 484,864

(表8-6-1参照)

5年度の利子支払 M\$ 21,819

$$M\$ 88,695 \times 0.246$$

15年45%の年賦償還金 M\$ 43,289 - ④

$$M\$ 484,864 \times 0.04464 \times 2$$

③ 全体の支払

○ 干拓

償還

国内通貨①から	M\$ 1 0 6, 3 5 2
円借款 ③から	M\$ 2 9, 0 8 8
小計	M\$ 1 3 5, 4 4 0
河口浚渫費に対する国内通貨	M\$ 3 9, 1 8 5
(8 - 5 参照)	
計	<u>M\$ 1 7 4, 6 2 5</u>
1 エーカー当り償還 (1. 6 7 0 エーカー)	
国内通貨	M\$ 6 4
円借款	M\$ 1 7
小計	<u>M\$ 8 1</u>
浚渫費に対する国内通貨	M\$ 2 3
<u>全償還額</u>	<u>M\$ 1 0 4</u>

○排水改良

償還

国内通貨②から	M\$ 1 1 1, 1 3 1
円借款④から	M\$ 4 3, 2 8 9
小計	<u>M\$ 1 5 4, 4 2 0</u>
浚渫費に対する国内通貨	M\$ 5 8, 3 1 5
計	M\$ 2 1 2, 7 3 5
1 エーカー当り償還 (5, 9 9 0 エーカー)	
国内通貨	M\$ 1 9
円借款	M\$ 7
小計	<u>M\$ 2 6</u>
浚渫費に対する国内通貨	M\$ 1 0
<u>金額</u>	<u>M\$ 3 6</u>

農民によって負担されるべき1エーカー当り年経費は①干拓においてM\$ 1 0 4 (河口の浚渫費が不要の場合はM\$ 8 1 0 0) ②排水改良においてはM\$ 3 6 (河口浚渫費が不要の場合はM\$ 2 6) となり、一方、エーカー当り年便益が①干拓においてM\$ 1 3 6, (8 - 2 参照) ②排水改良においてM\$ 5 9 (8 - 2 参照) となる。以上の結果、農民負担金は①干拓においては年便益の75% (河口浚渫が不要の場合は58%) となり、②排水改良においては年便益の60% (河口浚渫費が不要の場合42%) となる。

一般に農民に年便益の何%を償還金として負担させることが適当であるかは、その国の米価のあり方並びにその他の政策との関係で、一概にはいえないが上記の場合には全額を農民に負担させることは不可能であろう。マレイシア第1次5ヶ年計画においては、今後はかんがい排水事業の一部を受益農民に負担させるべきであると指向しているが、その割合は除々に進め

らるべきであるとしている。本事業の場合、農民は従来のかんがい水料金に加え、排水料金を1エーカー当り干拓地M\$7、排水改良地M\$2、程度(実際の維持管理費の70%を州排水かんがい局が徴収するものと想定した額)を支払う必要がある訳でその支出に加え、事業費の償還分の一部を負担することとなる訳である。一般的に年便益額の20~30%程度は償還に当って得られると考えられるので、上記の排水料金をも含め、干拓地においてM\$40、排水改良地においてM\$18、程度が償還の限度であろうと思われる。この問題は米価のあり方、農民の生活程度、金融、流通等との関係を十分に検討してマレーシア政府において慎重に取扱われることが必要であろう。

上記の計算においては、州排水かんがい局が施行する幹線工事以下の支線小用水路、地区間排水路工、圃場排水路、伐開、荒起し等の工事は受益農民の側で資金措置をすることを前提して進められたが、それらの地区間内工事を農民が借入資金をもって行うことになれば、その償還分も考慮しなければならないことに留意すべきである。

上述の償還可能な限度額のうちでは、円借款に対する償還分は1ケ年1エーカー当り、干拓地区においてM\$17、排水地区でM\$7程度であるから受益農民が年増加便益額の範囲から返済は可能であると見込まれる。その徴収の方法については、農民の同意と協力について特別の配慮がなされることが必要である。

(B) 工業用水供給

工業用水供給のための施設費のうち、国内通貨のM\$3,460.126はマレーシアにおける国内借入れによって支出されるものと考えられる。

この資金の詳細は未定であるが、年利率5%、据置期間2年、20ケ年の償還期間のものと推定する。なお、円借款によるM\$810.674は、所定の条件で計算される。

計算された返済所要額は、水の利用者から水料金として徴収し、充当されるものとする。

① 国内通貨の返済

建設費 M\$ 3,460.126

(表8-6-1参照)

国内通貨返済開始までの利子を含んだ当初投資

M\$ 3,633.132

M\$ 1,110.126 × (1 + $\frac{1}{2}$ × 2 yrs × 0.05)

+ M\$ 2,350.000 × (1 + $\frac{1}{2}$ × 2 yrs × 0.05)

円借款に対する利子 M\$ 41.005

M\$ 2,700.0 × 0.411 × (1 + 0.05) + M\$ 7,134.8 × 0.411

全体の投資額 M\$ 3,674.137

M\$ 3,633.132 + M\$ 41.005

20年5分の年賦償還金 M\$ 294.813

M\$ 3,674.137 × 0.08024

専用施設の中の機械設備の取替費用10年5分

	M\$	4,827
	M\$	$98,000 \times 0.6139 \times 0.08024$
維持管理費	M\$	136,708
	M\$	$19,208 + M\$117,500$
合計年額	M\$	436,348
	M\$	$294,813 + M\$4,827 + M\$136,708$

② 円借款の支払

建設費	M\$	810,674
(表8-6-1参照)		
第3, 第4, 第5年度の利子支払	M\$	36,480
	M\$	$88,695 \times 0.411$
15ヶ年, 年利45%の年賦償還金	M\$	<u>72,376</u>
	M\$	$810,674 \times 0.04464 \times 2$

③ 河口浚渫費に対する国内通貨 M\$ 97,500

(8-5参照)

全償還額	M\$	<u>508,724</u>
(①+②)	M\$	$436,348 + M\$72,376$
全償還額	M\$	$(①+②+③) M\$508,724 + M\$97,500$

水価は、年間供給量1,971,000ガロンにより次の通りとなる。

○ 河口の浚渫費を除いた場合

$$M\$508,724 \div 1,971,000 \text{ガロン} = 26 \text{セント} / 1000 \text{ガロン}$$

○ 河口の浚渫費を含んだ場合

$$M\$606,224 \div 1,971,000 \text{ガロン} = 31 \text{セント} / 1000 \text{ガロン}$$

公共事業局によって経済的に成立するといわれている40セント/1000ガロンの水料金に比較して安価な水料金が可能となり、支払能力は十分であると結論されよう。

(C) 交通

交通のために施設の建設費のうち、M\$478,748の国内通貨は、マレーシア政府により、支出されるし、他のM\$349,652は日本政府により、円借款によって供給される。交通の受益者は不特定多数で、受益者負担を考慮することは考えられないだろう。よって所掌主体である公共事業局所管予算より返済されることとなろう。

円借款の支払は次の通り予定される。

第1年度の利子支払	M\$	4,790
	M\$	$27,000 \times 0.178$

第2年度の利子支払 M\$ 1 2,658

M\$ 7 1.348 × 0.178

第3, 第4, 第5年度の毎年の利子支払額 M\$ 15,735

M\$ 88.695 × 0.178

元利年支払額

M\$ 175,970 × 0.178 M\$ 31,213

8-6-3 円借款の収支

(8-6-1)と(8-6-2)とにおいて研究された結果をまとめて、各年度毎に表示すれば表8-6-2のとおりである。国内通貨に対する収支については資金の種類とその条件及び農民からの償還額が判然としないので、円借還に対するもののみが表示されている。

多目的施設である水門の事業主体は排水かんがい局となるであろうから、円借款は排水かんがい局において管理されるだろう。工業用水及び交通の管理主体は公共事業局であるから、所要の分担率をもって円借款の返済が排水かんがい局になされるであろう。

かんがい排水局の所掌となっている農業に対しては、円借款以外の基金はマレーシア政府の一般会計によって支出され、円借款の支払はすべて農家よりなされることとする。

公共事業局の所掌である工業用水供給は円借款の他はすべて国内借款によってまかなわれ、円借款とともにすべて工業用水受給者によって返済される。交通は公共事業局の所掌であって、円借款の他の基金はマレーシアの一般会計によってなされるだろう。

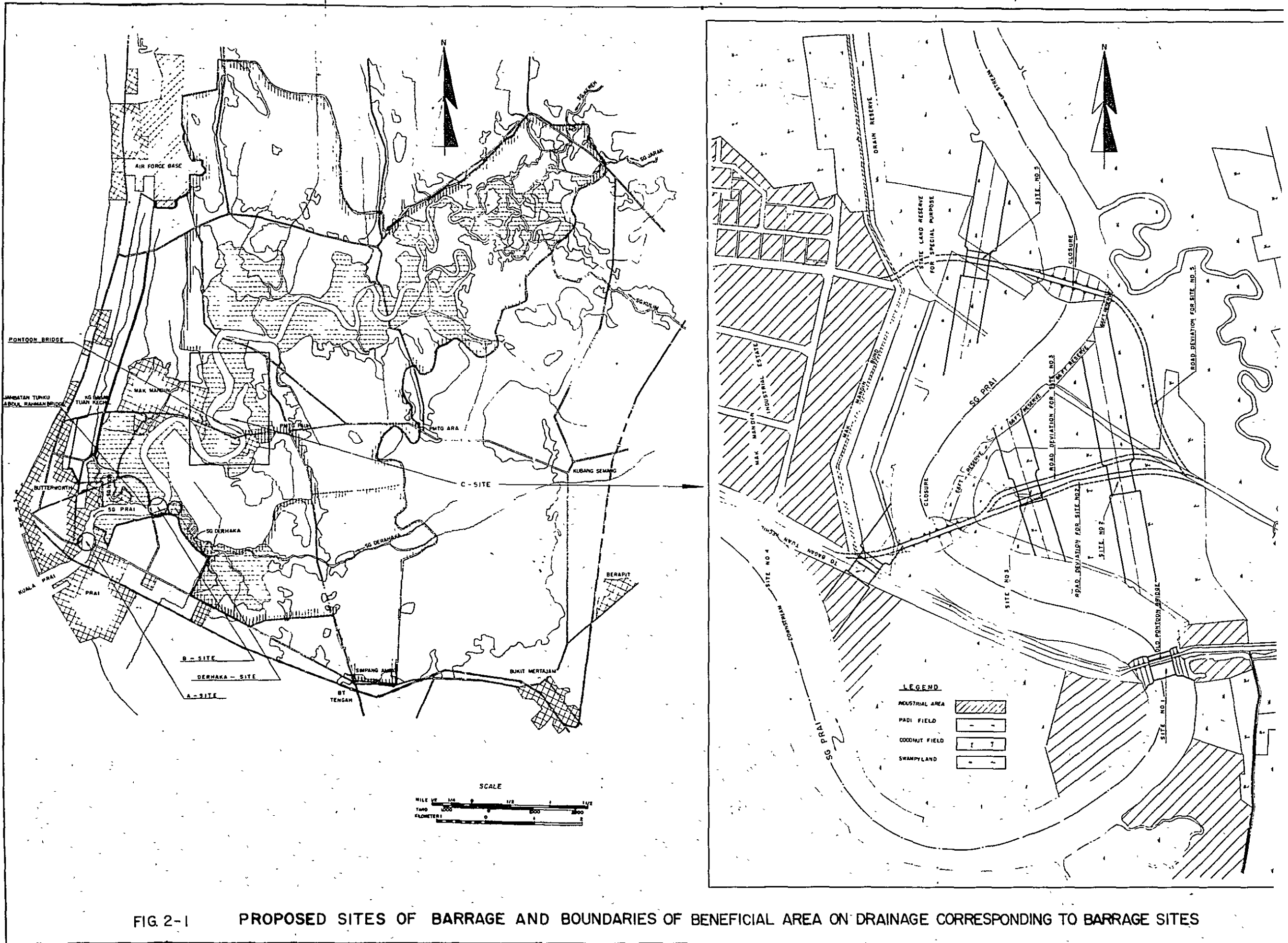


FIG 2-1 PROPOSED SITES OF BARRAGE AND BOUNDARIES OF BENEFICIAL AREA ON DRAINAGE CORRESPONDING TO BARRAGE SITES

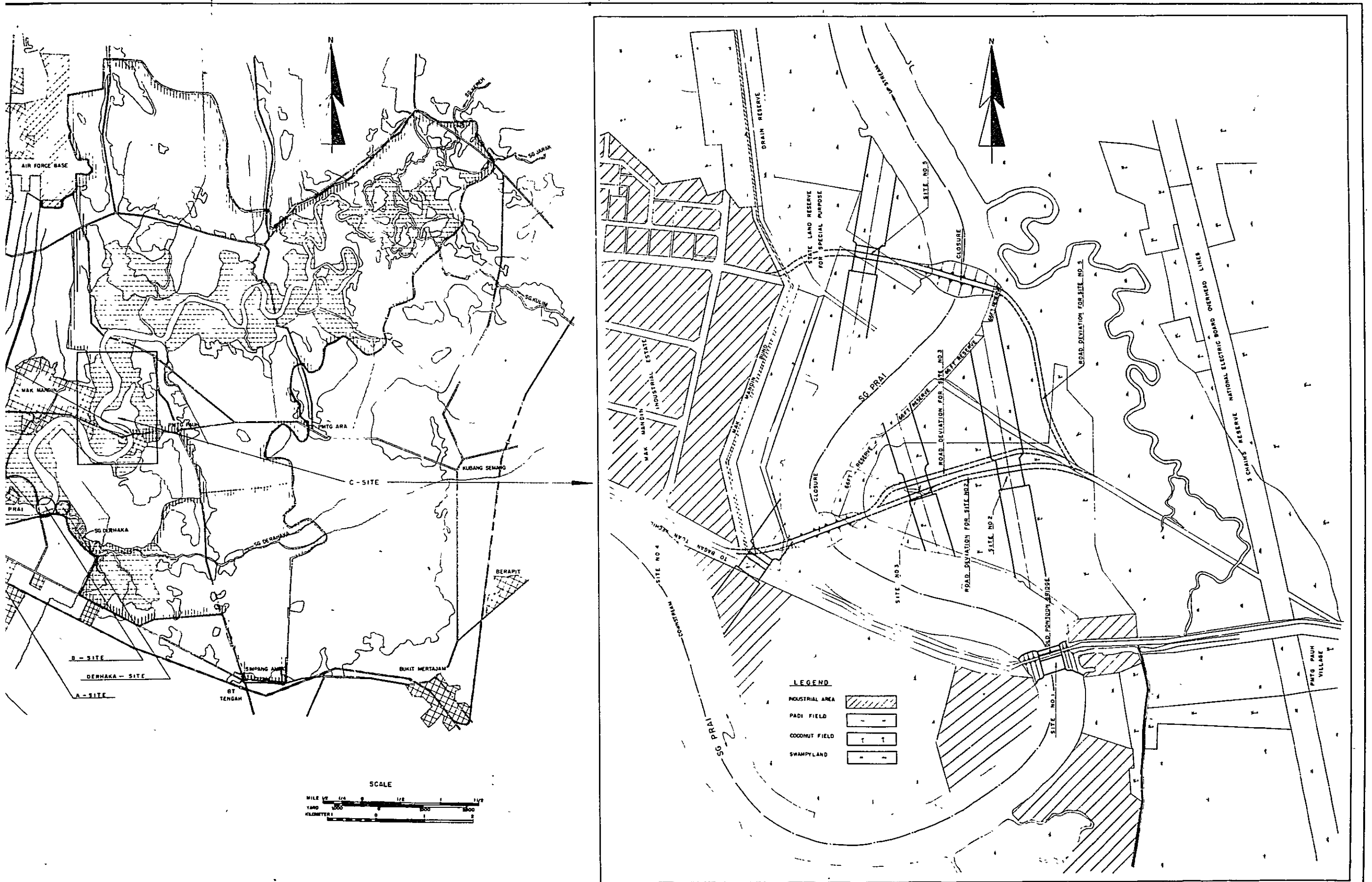


FIG 2-1 PROPOSED SITES OF BARRAGE AND BOUNDARIES OF BENEFICIAL AREA ON DRAINAGE CORRESPONDING TO BARRAGE SITES

Table 3-1-1 List of Existing Maps

<u>No.</u>	<u>Title</u>	<u>Scale</u>	<u>Source</u>	<u>Sheet No.</u>
1	Province Wellesley	1/25,000	Survey Dept. Federation of Malaya	2
2	Catchment of Sg. Prai and Distributaries	1 inch/1 Mile	Plan NO. J.P.T. P.P. 28/24C	1
3	Drainage and Reclamation of Sg. Prai	1 inch/32 chains	Plan NO. J.P.T. P. Pinang 28/24A	1
4	General Plan of Northern District, Province Wellesley	2 inches/1 Mile	Plan NO. D.I.D. Panang 17/7	1
5	Ranchangan Tali Ayer Sg. Muda	1 inch/32 Rantai	Plan NO. J.P.T. P. Pinang 48/150A	1
6	Sg. Jarak Irrigation Scheme	1 inch/16 chains	Plan NO. D.I.D. Penang 70/1	1
7	Sg. Kulim Kubang Semang Scheme	1 inch/16 chains	Plan NO. D.I.D. Col. P.W. 29/83	1
8	Penang & Province Wellesley	1 inch/4 chains		44
9	Proposed Site No. 2 for Barrage, Drainage and Reclamation of Sg. Prai	1 inch/2 Rantai	Plan NO. J.P.T. P. Pinang 28/24/B/2	1

Table 3-2-1 Climatologic Characteristics in Penang Island etc.

Item	Atmospheric Pressure (mb)		Air Temperature (F°)		Humidity (%)	Sunshine (hr)	Rainfall (in)	Wind speed (m/s)	Evaporation	
	Max.	Mean.	Max.	Min.					Kota Bharu	Malacca
Jan.	1,011.3	80.0	71.5	73.4	8.63	2.35	2.3	4.86	5.49	
Feb.	1,009.4	81.2	73.8	77.9	8.52	3.00	2.0	5.30	5.39	
Mar.	1,009.1	81.0	74.5	83.4	7.73	11.92	1.6	5.86	5.66	
Apr.	1,008.6	81.7	74.7	84.5	7.58	7.55	1.5	6.53	5.04	
May	1,008.7	81.4	75.2	84.4	6.03	10.65	1.4	5.86	4.94	
Jun.	1,009.6	80.9	74.7	83.9	6.76	4.24	1.5	5.35	4.53	
Jul.	1,009.2	80.0	73.3	84.9	6.52	8.56	1.5	5.88	4.37	
Aug.	1,009.3	79.9	73.3	84.8	6.08	8.31	1.7	6.15	4.94	
Sept.	1,009.9	79.3	73.3	86.2	5.24	16.59	1.4	5.53	4.93	
Oct.	1,010.0	79.2	73.4	86.9	5.38	14.90	1.5	4.99	4.44	
Nov.	1,009.8	79.4	73.3	85.4	5.73	12.44	1.6	3.60	4.36	
Dec.	1,009.5	79.3	72.9	82.5	5.60	5.25	1.9	3.32	4.18	
<u>Total</u>	-	-	-	-	-	105.76	-	63.23	58.27	
<u>Max.</u>	-	90.0	82.1	-	-	-	-	-	-	
<u>Mean</u>	1,009.5	-	80.3	-	83.2	6.65	8.81	5.27	4.86	
<u>Min.</u>	-	-	78.9	72.9	-	-	-	-	-	

Notes: (1) Location of Gauging Stations:-

Penang Island ----- Lat. 5°18'N, Long. 100°16'E, 11 ft above M.S.L.
 Kota Bharu ----- Lat. 6°10'N, Long. 102°17'E, 15 ft above M.S.L.
 Malacca ----- Lat. 2°16'N, Long. 112°15'E, 22 ft above M.S.L.

(2) The above values were observed for recent three years.

Main Dimensions of Tidal Level

Mean Range of Spring Tide = $2 (H_m + H_s)$
= 5.920 (ft)

Mean Range of Neap Tide = $2 (H_m - H_s)$
= 1.532 (ft)

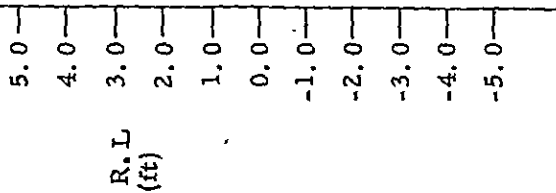
The mean Tidal Range = $2 H_m$
= 2.726 (ft)

The mean duration between two successive high tides
= Km/28.98 = 12.198 (hr)

Harmonic Constants of Main Constituents

Item	H (ft)	K (deg)
M2	1.863	353.5
S2	1.097	034.7
K1	0.500	339.8
O1	0.195	262.2
P1	0.252	352.3
N2	0.346	355.4
K2	0.314	030.4
Sa	0.300	127.0
Ssa	0.160	131.4
Mm	0.062	300.4
Mf	0.055	003.3

Tidal Level



▽ R. L. 3.6 M. H. W. S.

▽ R. L. 1.2 M. H. W. N.

▽ R. L. 0.5 M. S. L.

▽ R. L. -0.4 M. L. W. N.

▽ R. L. -2.6 M. L. W. S.

Tidal Level

Notes:

1. Tidal Table : Liverpool Observatory and Tidal Institute, Hydrographic Department, Admiralty, London
2. Duration of Harmonic Analysis:
365 days from 1953, 7.1 to 1954, 6.30
3. Location:
Lat. 5°25'N, Longit. 100°21'E

Tab. 3-2-2 Tidal Characteristics in Penang Island

Table 3-4-1. Typical Pattern of Soil Profile in Rambai Series (P-75 in Paddy Land)

Horizon	Depth	Texture	Color	Structure	Mottles	Hardness
1	0-12 ^{cm}	CL	10YR 3/2	Massive	Little	7
2	12-22	CL	2.5Y 4/2	Weak	Little	18
3	22-37	SL	10YR 8/2	Weak	Little	19
4	37-	CL	10YR 3/3	Weak	Little	12

Table 3-4-2. Typical Pattern of Soil Profile in Kubu Series (P-66 in Paddy Land)

Horizon	Depth	Texture	Color	Structure	Mottles	Hardness
1	0-10 ^{cm}	HC	10YR 5/2	Massive	Little	4
2	10-30	HC	10YR 6/1	Strong	Abundant	16
3	30-50	HC	5Y 6/2	Very strong	Common	16
4	50-	HC	5Y 7/2	Strong	Abundant	16

Table 3-4-3. Typical Pattern of Soil Profile in Pelandok Series (P-61 in Paddy Land)

Horizon	Depth	Texture	Color	Structure	Mottles	Hardness
1	0-13 ^{cm}	HC	10YR 5/1	Massive	Little	4
2	13-32	HC	10YR 3/2	Massive	Common	11
3	32-43	HC	2.5Y 7/1	Massive	Common	10
4	43-	HC	10YR 6/2	Strong	Abundant	10

Table 3-4-4. Typical Pattern of Soil Profile in Lahar Tabot Series (P-51 in Paddy Land)

Horizon	Depth	Texture	Color	Structure	Mottles	Hardness
1	0-13 ^{cm}	HC	10YR 3/1	Massive	Little	4
2	13-32	HC	10GY 4/1	Massive	Common	10
3	32-	HC	10GY 4/1	Moderate	Common	10

Table 3-4-5. Typical Pattern of Soil Profile in Swamp Land (S-1)

Horizon	Depth	Texture	Color	Structure	Mottles	Hardness
1	0-35 ^{cm}	HC	7.5Y 5/1	Weak	Common	9
2	35-	HC	7.5Y 4/1	Massive	Little	5

TAB. 3-4-6

Table 3-4-6 Mechanical Composition of Soil Samples

	Soil Series	Soil No.	Depth of Sampling (cm)	Mechanical composition (%)				Texture
				Coarse sand (0.2-2.0mm)	Fine sand (0.02-0.2mm)	Silt (2-20 μ)	Clay (< 2 μ)	
Paddy Soils	Rambai	P-75	0-12	45.0	13.1	20.2	27.7	CL
			12-22	50.6	12.0	22.2	15.2	CL
			22-37	67.0	13.9	10.2	8.9	SL
			37-	44.8	12.2	22.3	20.7	CL
	P-78	16-65	16.7	15.1	42.5	25.7	LiC	
		65-	18.5	14.9	39.7	26.9	LiC	
	Kubu	P-66	0-10	0.2	5.0	38.2	56.6	HC
			10-33	0.2	4.6	34.4	60.8	HC
			33-50	neg	4.1	26.7	69.2	HC
			50-	neg	5.0	24.4	70.6	HC
		P-69	00-12	9.4	15.4	50.3	24.9	SiCL
	P-62-b	0-12	0.4	3.1	32.7	63.8	HC	
	P-77	0-12	0.7	28.6	42.8	27.9	LiC	
		12-20	0.9	25.5	27.4	46.2	HC	
	Pelandok	P-61	0-12	1.4	8.0	39.7	52.7	HC
			12-32	1.8	8.5	42.4	47.3	HC
			32-44	1.7	7.1	32.1	59.1	HC
			44-	0.3	8.8	26.6	64.3	HC
		P-57	0-12	2.0	19.2	39.1	39.7	LiC
	P-64	0-13	5.4	24.6	36.8	33.2	Lic	
P-68	0-12	1.2	23.1	43.8	31.9	LiC		
Lahar Tabot	P-51	0-11	0.2	10.2	29.1	60.5	HC	
		11-32	0.1	11.6	28.9	59.4	HC	
		32-	neg	15.4	24.9	60.0	HC	
P-50	0-12	58.8	13.2	11.9	16.1	SCL		
	12-27	45.3	6.6	15.3	32.8	LiC		
	27-41	10.6	5.5	25.9	58.0	HC		
Swamp Soils		S-1	0-35	0.9	12.7	29.5	56.9	HC
			35-	1.6	17.3	37.7	43.4	HC
		S-2	0-25	0.3	14.3	43.0	42.4	LiC
		S-3	0-30	0.1	8.9	31.3	59.7	HC
S-4	0-25	1.4	14.4	40.8	43.4	LiC		
	25-	1.7	14.2	38.7	45.4	HC		

Table 3-4-7 Reactions and Exchangeable Bases of Soil Samples

	Soil Series	Soil No.	Depth of Sampling (cm)	pH		Exch. acidity (yl)	C. E. C. (ml)	Exchangeable bases (ml)					Degree of base-saturation (%)
				in H ₂ O	in KCl			Ca	Mg	K	Na	Total	
Paddy Soils	Rambai	P-75	0-12	4.60	3.70	6.9	8.2	1.40	0.76	0.11	0.15	2.42	33.3
			12-22	4.40	3.70	10.8	7.4	1.32	0.16	0.09	0.15	1.72	23.3
			22-37	4.55	3.85	7.5	3.2	0.42	0.14	0.05	0.07	0.68	21.2
			37-	4.35	3.70	24.5	10.4	0.54	0.30	0.10	0.17	1.11	10.7
	P-78	16-65	4.30	3.50	10.6	10.4	2.96	0.88	0.21	0.13	4.18	40.2	
		65-	4.65	3.60	14.3	11.8	2.24	1.02	0.12	0.18	3.56	30.2	
	Kubu	P-66	0-10	4.40	3.40	30.6	18.7	3.12	1.62	0.46	0.28	5.48	29.3
			10-33	4.30	3.35	53.6	17.9	1.84	0.91	0.26	0.17	3.21	17.9
			33-50	4.20	3.30	94.5	22.4	3.10	1.12	0.46	0.16	4.84	21.6
			50-	4.00	3.25	96.4	22.9	4.36	0.78	0.50	0.13	5.77	25.2
	P-69	0-12	4.65	3.50	15.9	12.5	2.44	1.16	0.15	0.32	4.07	32.6	
		P-62-b	0-12	4.90	3.50	19.7	14.5	1.90	1.52	0.35	0.27	4.04	27.9
			0-12	4.85	3.50	14.0	13.8	3.24	0.62	0.24	0.29	4.39	31.8
	P-77	12-20	4.90	3.40	62.4	19.3	1.40	2.26	1.68	0.64	5.98	31.0	
		Pelandok	P-61	0-12	4.15	3.30	38.6	18.7	1.40	1.36	0.21	0.19	3.16	16.7
	12-32			4.70	3.45	31.9	17.8	2.28	1.28	0.29	0.20	4.05	22.8
32-44	4.25			3.30	52.5	18.4	1.16	2.04	0.32	0.31	3.83	20.8	
44-	3.85			3.20	83.9	21.3	0.62	1.46	0.47	0.29	2.84	14.7	
P-57	0-12	4.60	3.40	21.6	17.9	2.94	2.30	0.34	0.39	5.97	33.3		
	P-64	0-13	4.40	3.60	18.6	14.0	2.92	0.92	0.13	0.19	4.16	29.7	
		0-12	4.30	3.40	14.7	18.7	3.14	1.62	0.19	0.19	5.14	27.5	
Lahar Tabot	P-51	0-11	6.50	4.80	0.6	32.0	7.06	20.96	1.06	1.27	30.31	94.9	
		11-32	7.20	5.60	0.7	30.1	6.80	21.80	1.19	1.69	31.48	104.7	
		32-	7.65	5.90	0.3	32.6	8.16	22.54	1.41	2.46	34.57	106.0	
	P-50	0-12	5.40	4.10	2.5	5.5	3.42	1.34	0.27	0.19	5.22	95.0	
12-27		5.85	4.25	2.8	14.5	7.84	5.96	0.31	0.44	14.55	100.3		
27-41		5.15	3.80	8.5	25.7	12.62	10.56	0.52	0.69	24.39	95.0		
Swamp Soils		S-1	0-35	6.00	4.95	1.2	30.2	5.28	17.20	2.25	5.10	29.83	98.7
			35-	5.50	4.80	0.4	30.0	6.58	16.98	2.60	5.50	31.66	105.6
		S-2	0-25	5.60	4.70	1.0	36.7	8.42	25.20	2.95	7.95	44.52	126.3
		S-3	0-30	4.80	4.10	4.7	29.2	3.28	12.56	1.60	3.10	20.54	70.4
S-4	0-25	4.60	4.00	3.4	30.0	4.76	14.06	1.00	2.73	22.55	75.2		
	25-	4.80	4.20	1.5	40.9	10.26	26.20	1.78	3.42	41.66	101.8		

TAB. 3-4-8

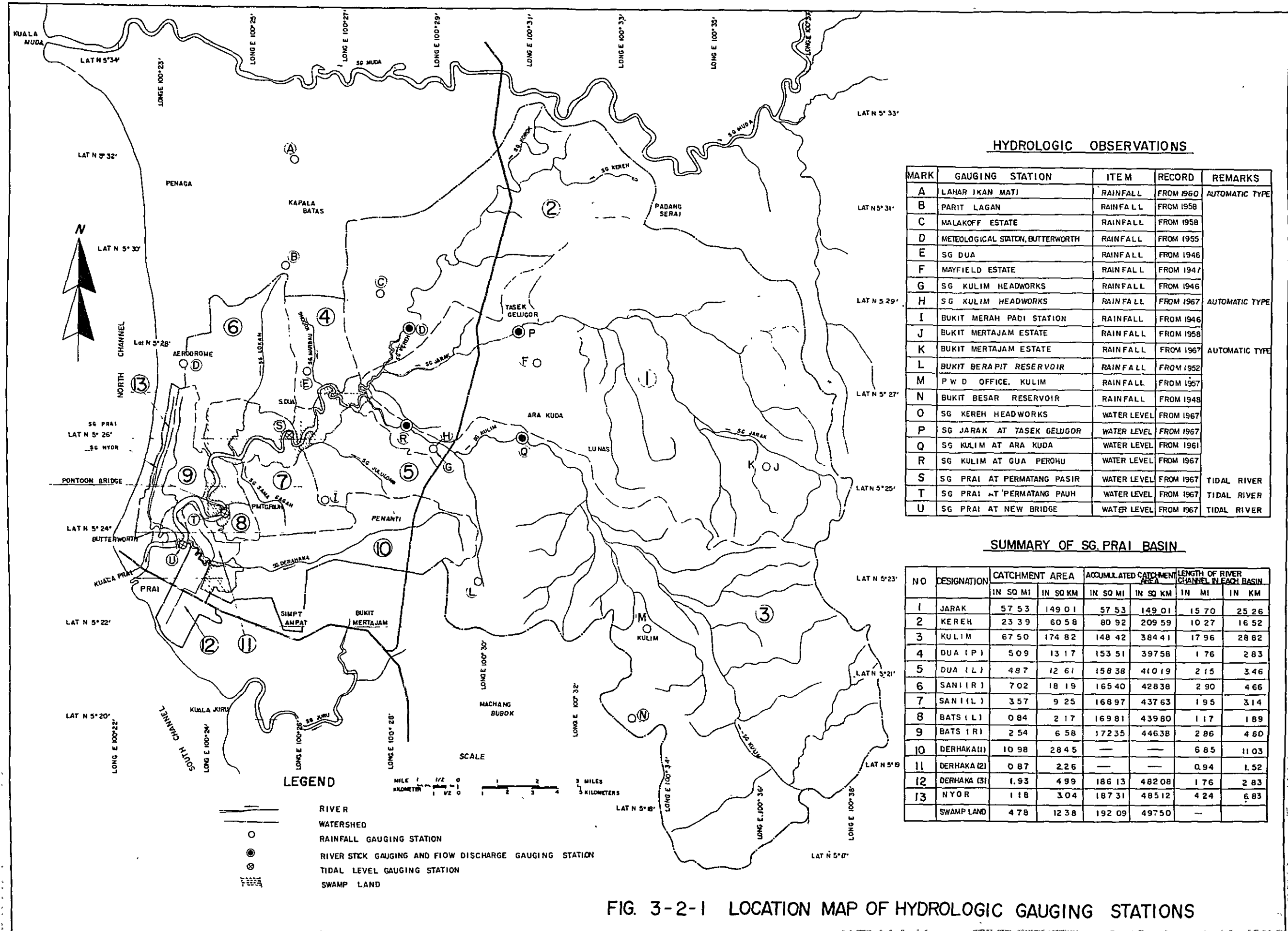
Table 3-4-8 Organic Matter and Available Nutrients of Soil Samples

	Soil series	Soil No.	Depth of sampling (cm)	Total carbon (%)	Total nitrogen (%)	C/N ratio	Active Fe ₂ O ₃ (%)	Exch. MnO (mg)	Available nutrients (mg)	
									P ₂ O ₅	K ₂ O
Paddy Soils	Rambai	P-75	0-12	3.70	0.26	14.0	0.12	0.2	6.0	6.0
			12-22	3.72	0.22	16.7	0.09	neg	2.4	3.9
			22-37	0.57	0.03	19.0	0.01	neg	neg	2.5
			37-	-	-	-	0.01	neg	neg	4.7
		P-78	16-65	2.55	0.25	9.6	0.34	0.8	8.6	9.7
			65-	1.55	0.17	9.0	0.39	0.7	2.9	6.0
	Kubu	P-66	0-10	3.03	0.31	9.4	1.60	1.1	10.5	17.5
			10-33	1.06	0.15	7.3	2.35	0.7	10.0	9.6
			33-50		0.09		2.47	0.4	0.7	15.0
			50-		0.08		3.99	0.2	0.1	17.2
		P-69	0-12	2.79	0.25	11.3	0.50	0.2	9.7	7.6
	P-62-b	0-12	2.99	0.29	10.4	1.23	0.7	4.5	14.4	
	P-77	0-12	4.18	0.38	10.9	0.31	0.4	9.6	9.4	
		12-20		0.08		0.91	0.6	3.1	16.2	
	Pelandok	P-61	0-12	4.34	0.32	13.5	0.39	0.5	4.6	8.2
			12-32	4.62	0.33	13.9	0.39	0.4	4.2	13.1
			32-44	1.79	0.15	12.3	1.90	0.6	1.6	12.4
			44-	0.71	0.08	8.5	3.86	0.3	0.8	16.2
		P-57	0-12	4.85	0.36	13.4	0.57	0.6	4.7	12.4
		P-64	0-13	2.75	0.26	10.7	0.50	0.1	5.3	8.2
P-68	0-12	4.97	0.42	11.7	0.59	1.2	9.3	8.2		
Lahar Tabot	P-51	0-11	3.56	0.32	11.3	0.27	1.9	2.2	42.7	
		11-32	1.20	0.13	9.5	0.72	1.8	2.2	47.1	
		32-	0.57	0.08	6.8	1.30	5.1	41.8	60.7	
	P-50	0-12	0.25	0.03	8.3	0.10	0.2	0.4	5.3	
12-27			0.03		0.70	1.0	1.1	11.0		
		27-41		0.04	1.65	1.5	0.2	17.2		
Swamp Soils		S-1	0-35	2.98	0.21	14.2	1.42	2.2	32.1	108.5
			35-		0.20		0.54	1.2	17.3	118.4
		S-2	0-25	6.23	0.32	19.6	0.41	1.3	19.7	127.0
		S-3	0-30	3.73	0.26	14.2	1.00	1.6	4.1	65.3
S-4	0-25	7.59	0.36	21.4	0.44	-	2.0	48.6		
	25-	11.98	0.37	32.4	0.31	0.6	4.3	71.7		

TAB. 3-4-9

Table 3-4-9 Salt Contents and Absorption Coefficient of Soil Samples

	Soil Series	Soil No.	Depth of sampling (cm)	Soluble Cl (mg)	Exch. NaCl (mg)	Electrical Conductivity (mU)	Absorption coefficient	
							P ₂ O ₅	N
Paddy Soils	Rambai	P-75	0-12	0.9	8.8	0.040	372	177
			12-22	0.3	8.8	0.044	381	186
			22-37	neg	4.1	0.016	129	68
			37-	3.0	9.9	0.047	145	253
	P-78	16-65	0.3	7.6	0.072	403	178	
		65-	neg	10.5	0.031	373	175	
	Kubu	P-66	0-10	2.1	16.3	0.037	940	397
			10-33	0.4	9.9	0.020	932	406
			33-50	0.4	9.4	0.032	959	477
			50-	0.6	7.5	0.039	1073	502
		P-69	0-12	0.7	18.7	0.026	479	241
	P-62-b	0-12	2.2	12.9	0.048	811	325	
	P-77	0-12	2.1	17.0	0.037	680	271	
		12-20	3.9	37.5	0.046	884	432	
	Pelandok	P-61	0-12	0.2	11.1	0.102	778	376
			12-32	neg	11.7	0.049	864	373
32-44			1.9	18.1	0.100	866	374	
44-			0.6	17.0	0.140	1071	467	
P-57		0-12	2.1	22.8	0.076	671	341	
P-64	0-13	0.7	11.1	0.027	-	-		
P-68	0-12	0.7	11.1	0.028	776	347		
Lahar Tabot	P-51	0-11	46.0	74.3	0.619	991	538	
		11-32	92.6	98.9	1.035	1115	553	
		32-	161.3	144.0	1.435	1106	583	
P-50	0-12	1.2	11.1	0.050	288	111		
	12-27	0.2	25.8	0.067	667	299		
	27-41	0.4	40.4	0.105	1105	466		
Swamp Soils		S-1	0-35	638.0	300.2	4.375	1087	475
			35-	823.0	322.0	6.050	1120	420
		S-2	0-25	1018.0	465.3	7.255	-	-
		S-3	0-30	302.0	181.6	2.200	948	476
S-4	0-25	254.6	159.8	2.280	891	438		
	25-	252.3	200.3	3.670	-	-		



HYDROLOGIC OBSERVATIONS

MARK	GAUGING STATION	ITEM	RECORD	REMARKS
A	LAHAR IKAN MATI	RAINFALL	FROM 1960	AUTOMATIC TYPE
B	PARIT LAGAN	RAINFALL	FROM 1958	
C	MALAKOFF ESTATE	RAINFALL	FROM 1958	
D	METEOROLOGICAL STATION, BUTTERWORTH	RAINFALL	FROM 1955	
E	SG DUA	RAINFALL	FROM 1946	
F	MAYFIELD ESTATE	RAINFALL	FROM 1947	
G	SG KULIM HEADWORKS	RAINFALL	FROM 1946	
H	SG KULIM HEADWORKS	RAINFALL	FROM 1967	AUTOMATIC TYPE
I	BUKIT MERAH PADI STATION	RAINFALL	FROM 1946	
J	BUKIT MERTAJAM ESTATE	RAINFALL	FROM 1958	
K	BUKIT MERTAJAM ESTATE	RAINFALL	FROM 1967	AUTOMATIC TYPE
L	BUKIT BERAPIT RESERVOIR	RAINFALL	FROM 1952	
M	P W D OFFICE, KULIM	RAINFALL	FROM 1967	
N	BUKIT BESAR RESERVOIR	RAINFALL	FROM 1948	
O	SG KEREH HEADWORKS	WATER LEVEL	FROM 1967	
P	SG JARAK AT TASEK GELUGOR	WATER LEVEL	FROM 1967	
Q	SG KULIM AT ARA KUDA	WATER LEVEL	FROM 1961	
R	SG KULIM AT GUA PEROHU	WATER LEVEL	FROM 1967	
S	SG PRAI AT PERMATANG PASIR	WATER LEVEL	FROM 1967	TIDAL RIVER
T	SG PRAI AT PERMATANG PAUH	WATER LEVEL	FROM 1967	TIDAL RIVER
U	SG PRAI AT NEW BRIDGE	WATER LEVEL	FROM 1967	TIDAL RIVER

SUMMARY OF SG. PRAI BASIN

NO	DESIGNATION	CATCHMENT AREA		ACCUMULATED CATCHMENT AREA		LENGTH OF RIVER CHANNEL IN EACH BASIN	
		IN SQ MI	IN SQ KM	IN SQ MI	IN SQ KM	IN MI	IN KM
1	JARAK	57.53	149.01	57.53	149.01	15.70	25.26
2	KEREH	23.39	60.58	80.92	209.59	10.27	16.52
3	KULIM	67.50	174.82	148.42	384.41	17.96	28.62
4	DUA (P)	5.09	13.17	153.51	397.58	1.76	2.83
5	DUA (L)	4.87	12.61	158.38	410.19	2.15	3.46
6	SANI (R)	7.02	18.19	165.40	428.38	2.90	4.66
7	SANI (L)	3.57	9.25	168.97	437.63	1.95	3.14
8	BATS (L)	0.84	2.17	169.81	439.80	1.17	1.89
9	BATS (R)	2.54	6.58	172.35	446.38	2.86	4.60
10	DERHAKA (1)	10.98	28.45	—	—	6.85	11.03
11	DERHAKA (2)	0.87	2.26	—	—	0.94	1.52
12	DERHAKA (3)	1.93	4.99	186.13	482.08	1.76	2.83
13	NYOR	1.18	3.04	187.31	485.12	4.24	6.83
	SWAMP LAND	4.78	12.38	192.09	497.50	—	—

FIG. 3-2-1 LOCATION MAP OF HYDROLOGIC GAUGING STATIONS

FIG. 3-2-2

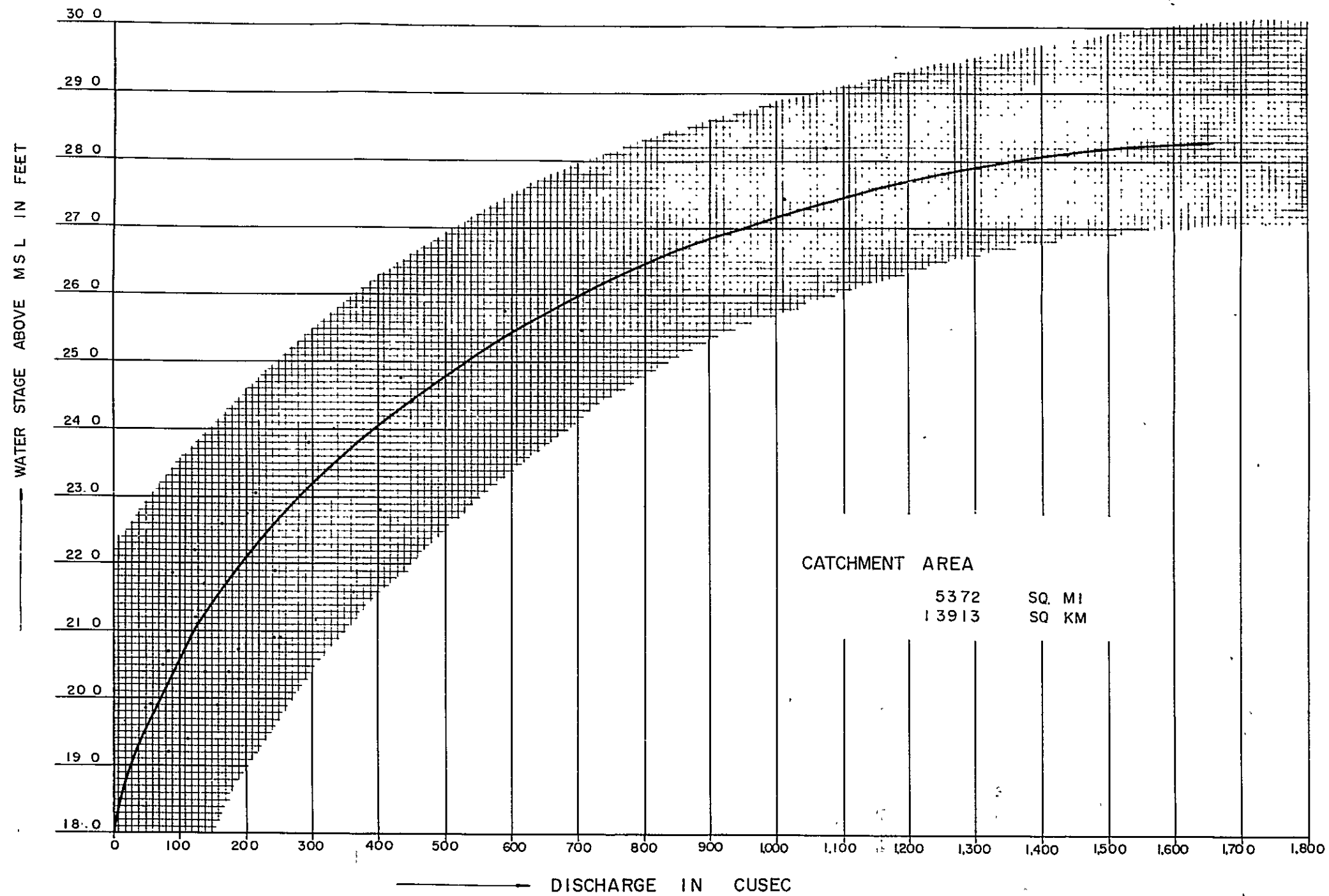


FIG. 3 - 2 - 2

STAGE - DISCHARGE CURVE AT ARA KUDA

GAUGING STATION IN SG. KULIM

Fig 3-3-1 EXISTING SYSTEMS OF DRAINAGE AND IRRIGATION

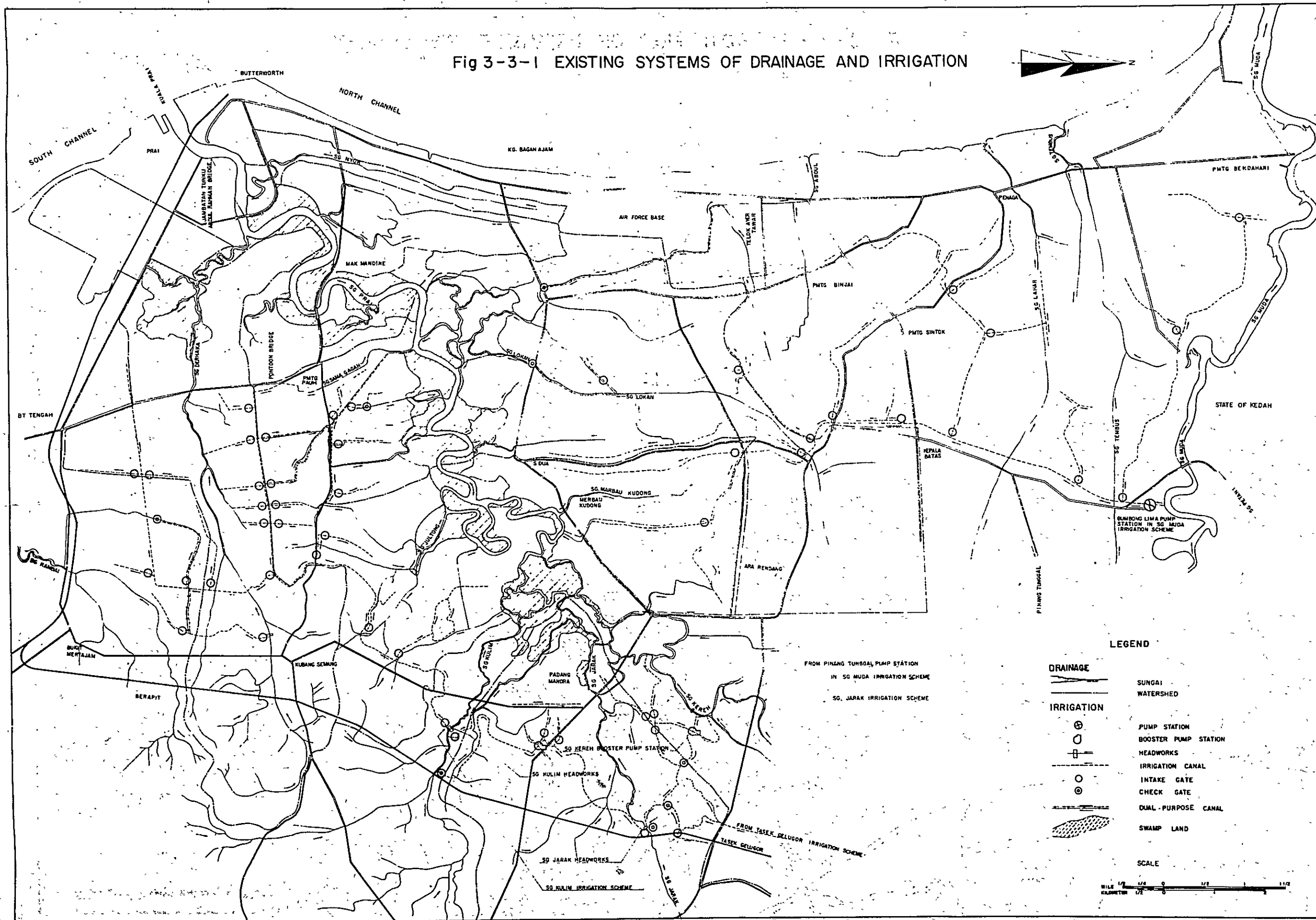


FIG. 3-4-1

Fig 3-4-1 SOIL MAP OF PROVINCE WELLESLEY

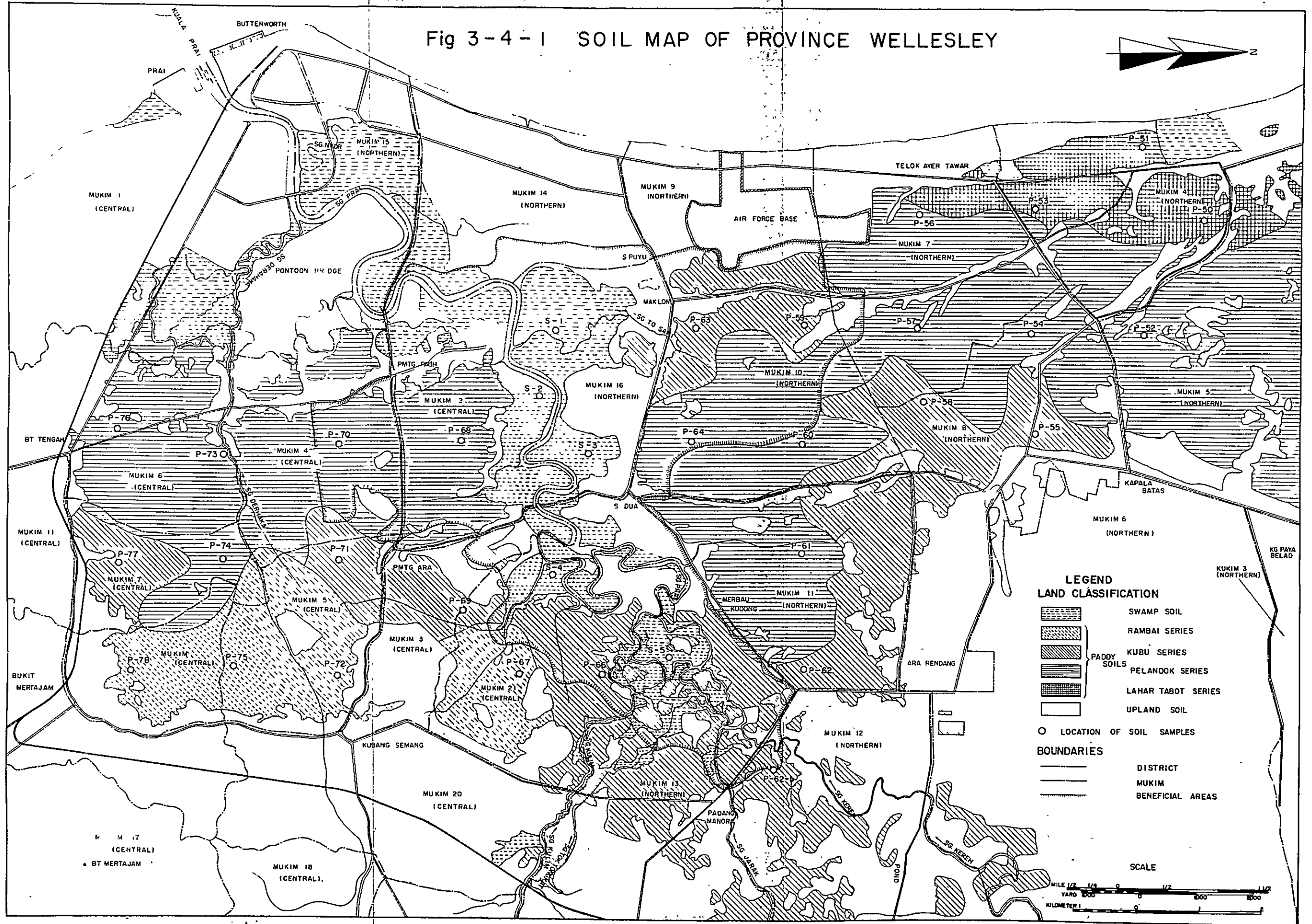


FIG. 3-5-1 SOIL MECHANIC PROPERTIES OF B-4

(DID Research Station)

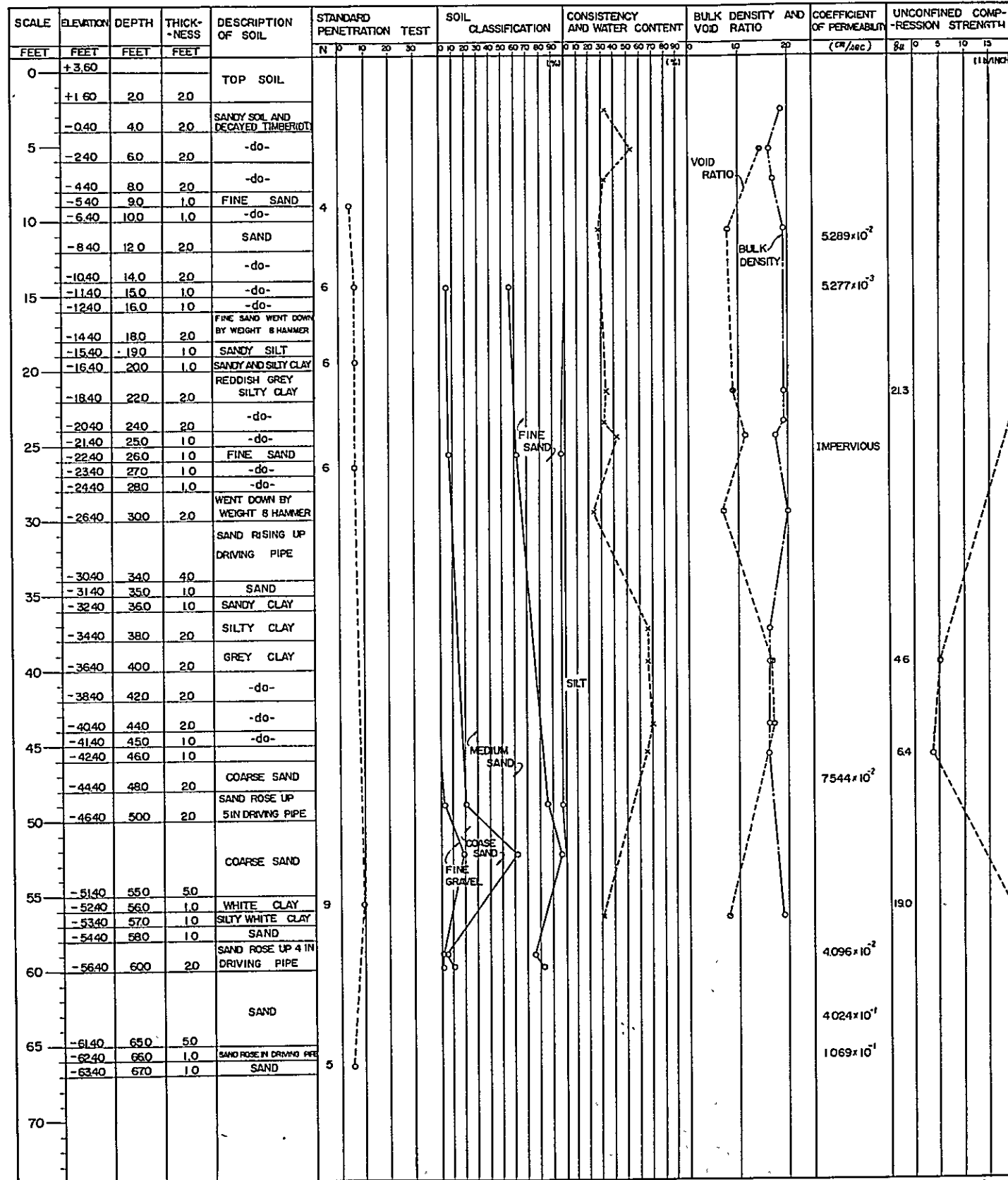


FIG. 3-5-2

FIG. 3-5-2 SOIL MECHANIC PROPERTIES OF B-5

(DID Research Station)

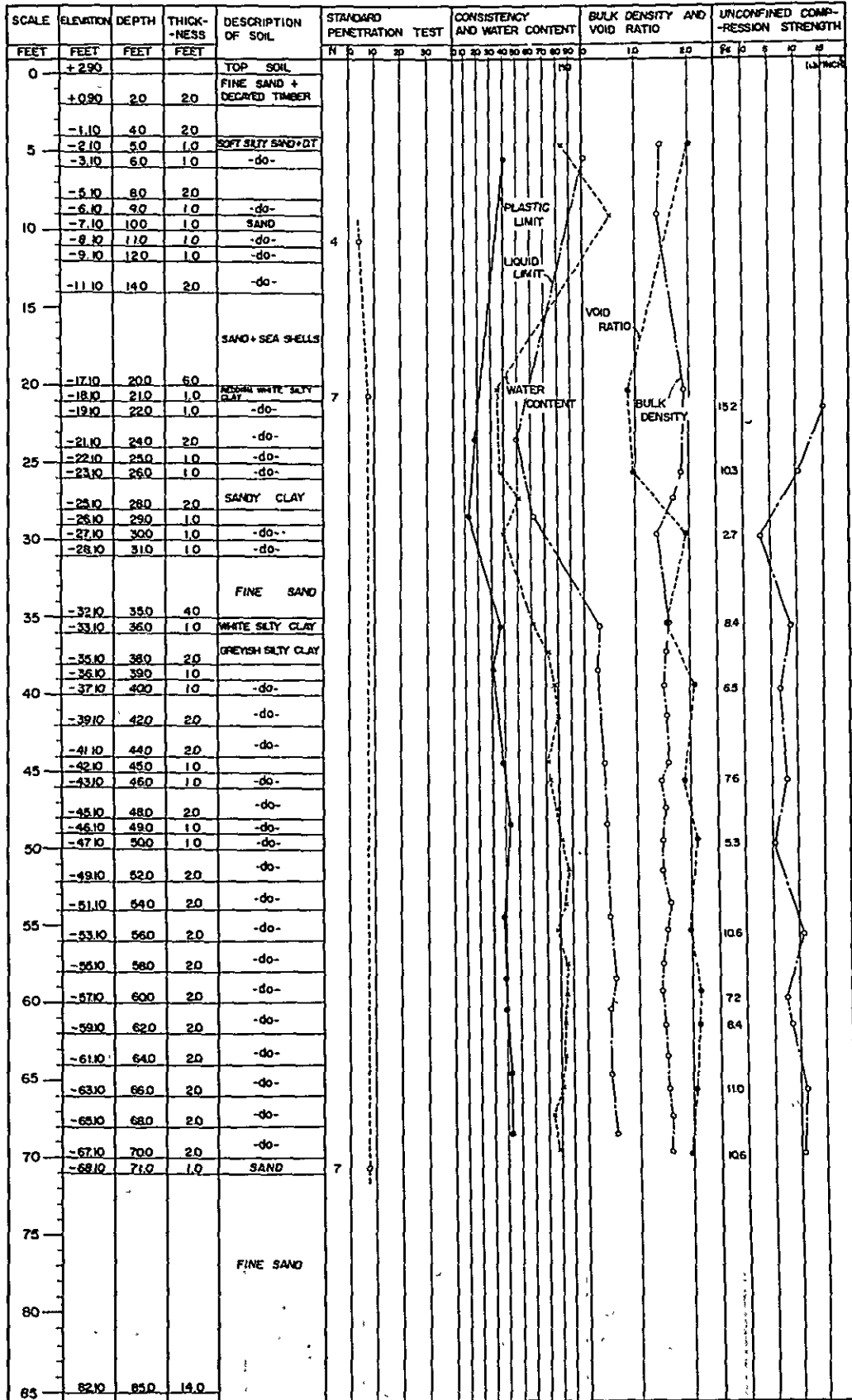


FIG. 3-5-3 SOIL MECHANIC PROPERTIES OF B-6

(DID Research Station)

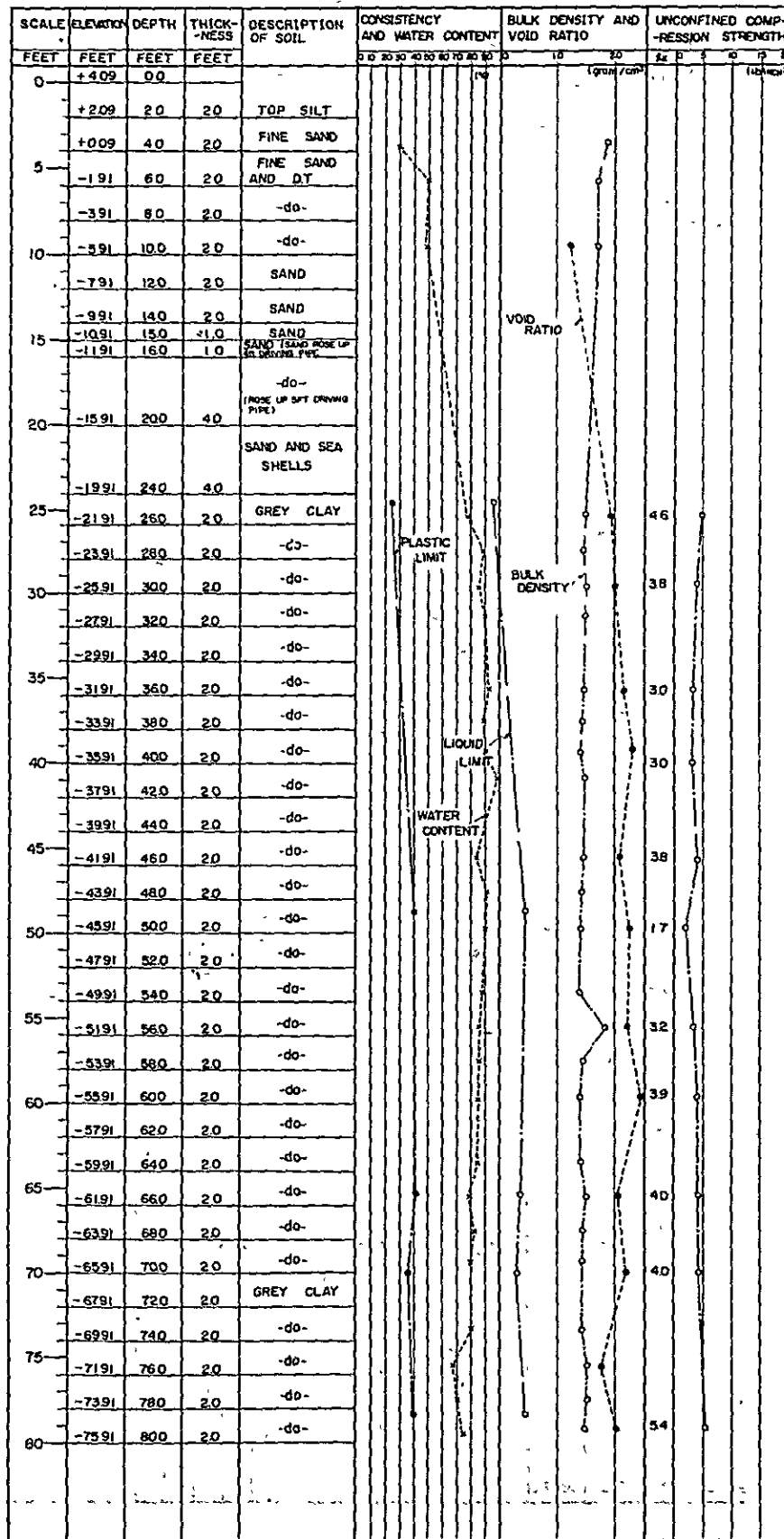


FIG. 3-5-5 SOIL MECHANIC PROPERTIES OF B-R

(DID Research Station)

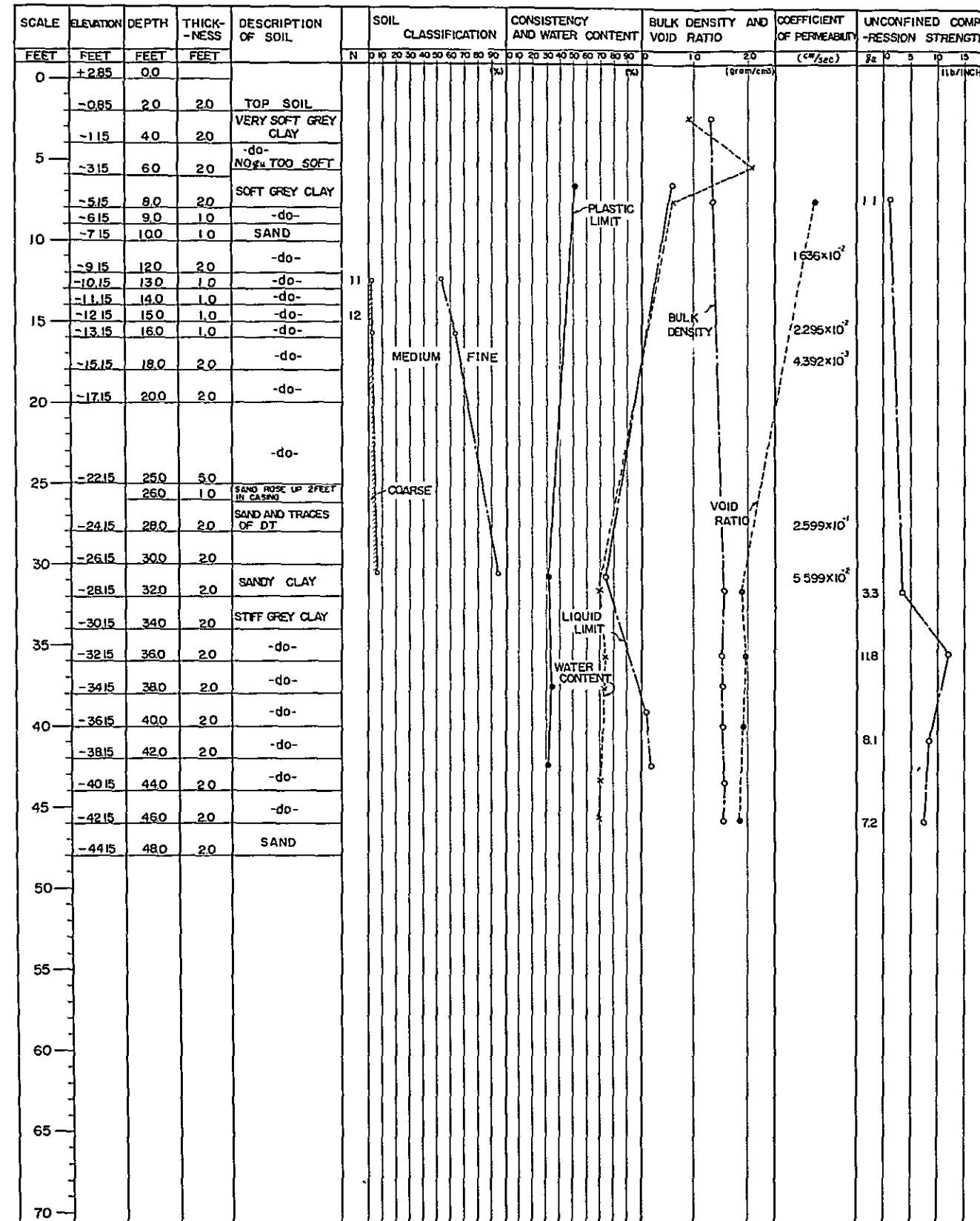


FIG. 3-5-7

FIG. 3-5-8

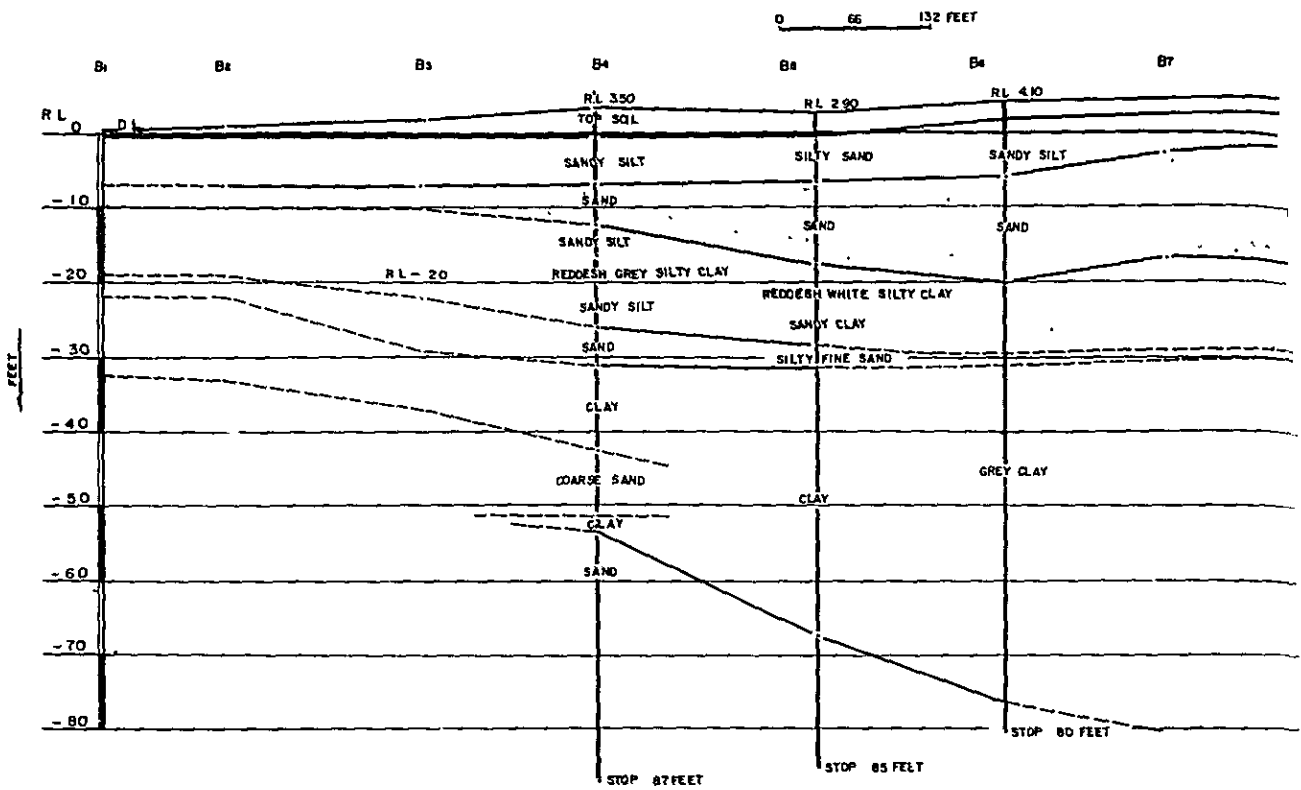


FIG.3-5-7 GEOLOGIC PROFILE OF BARRAGE SITE

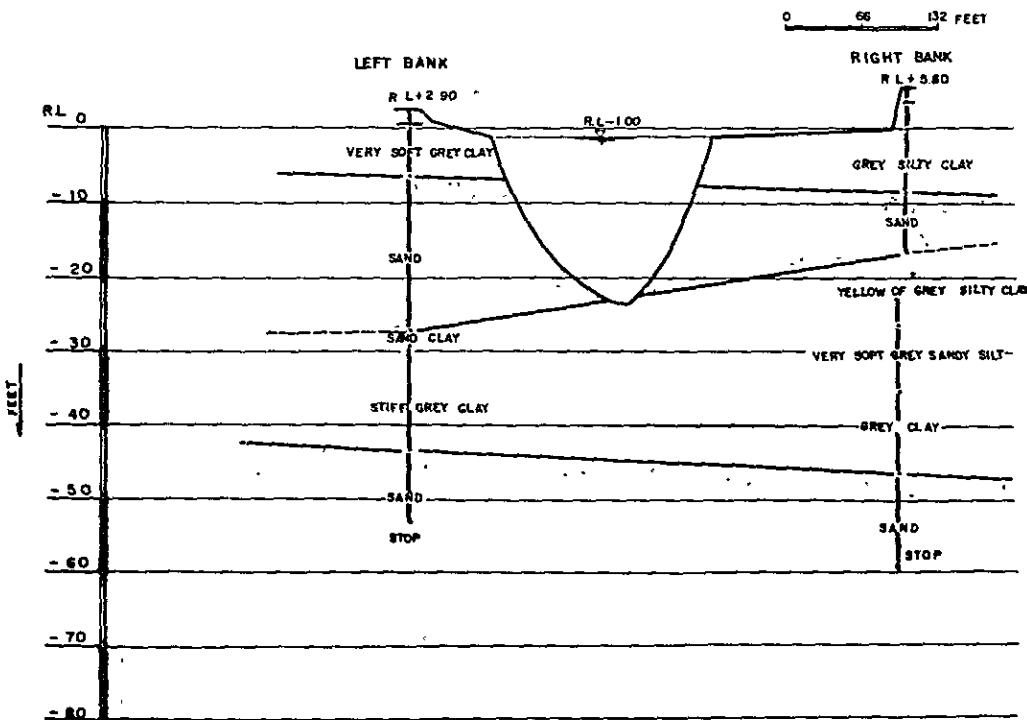
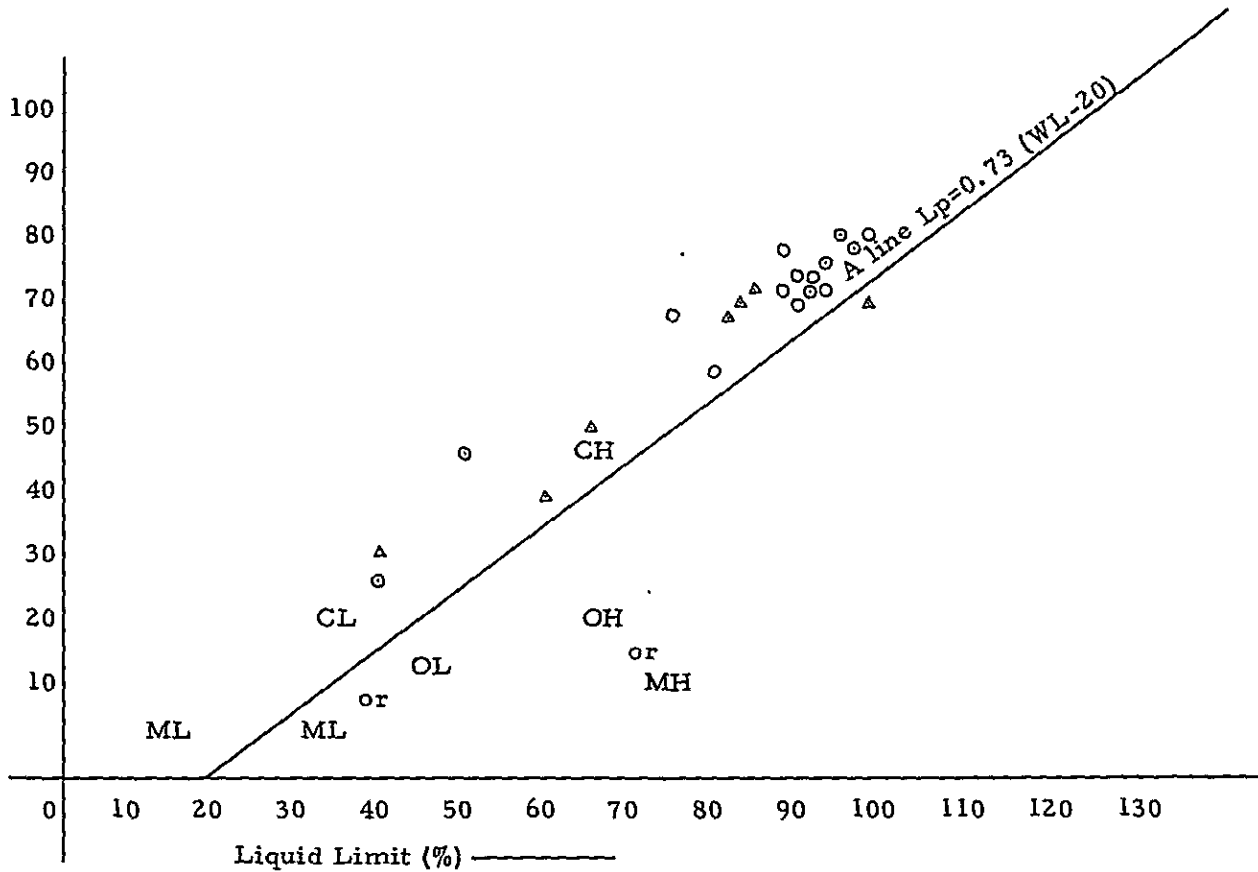


FIG.3-5-8 GEOLOGIC PROFILE OF CLOSURE SITE

FIG. 3-5-9

Fig. 3-5-9 Plasticity Chart



- NOTE
- ML: Inorganic silts and very fine sands, silty or clayey fine sands with slight plasticity.
 - CL: Inorganic clays of low to medium plasticity
 - OH: Organic clays of medium to high plasticity
 - CH: Inorganic clays of high plasticity
 - OL: Organic silts and organic silt-clays of low plasticity
 - MH: Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts

Tab. 4-2-1 Monthly Rainfall from 1958 Year on the Malakoff Estate, Sg. Dua, Mayfield Estate,
Sg. Kulim Headworks, Bukit Mertajam Estate and Bukit Basar Reservoir Gauging Stations

(Unit : inches)

(1) Malakoff Estate in Sg. Kereh Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1958	2.91	5.93	4.71	4.08	17.91	5.50	3.48	9.33	5.38	12.46	18.41	0.72	90.82
1959	0.95	4.88	3.28	7.43	13.05	12.21	4.26	8.87	8.29	14.47	8.03	7.13	92.85
1960	3.82	0.01	2.90	8.14	6.38	7.42	9.03	6.07	10.08	6.34	9.06	8.67	77.92
1961	4.28	6.43	14.30	13.61	9.00	7.96	8.35	5.96	5.63	17.09	13.13	8.78	114.52
1962	4.80	0.20	2.71	6.71	6.82	8.09	10.09	9.25	8.77	23.76	7.50	6.02	94.72
1963	4.95	1.63	8.06	0.48	6.07	5.70	4.01	7.36	9.23	14.59	23.80	6.43	92.31
1964	3.96	2.88	2.64	8.07	13.80	3.52	9.95	6.24	23.81	16.93	16.76	3.91	112.47
1965	0.38	3.88	9.71	8.53	5.35	1.59	6.29	15.30	11.66	18.64	12.46	15.95	109.74
1966	5.57	4.38	10.10	9.92	9.69	5.88	15.07	8.65	9.74	12.10	7.19	4.50	102.79
<u>Mean</u>	<u>3.51</u>	<u>3.36</u>	<u>6.49</u>	<u>7.44</u>	<u>9.79</u>	<u>6.43</u>	<u>7.84</u>	<u>8.56</u>	<u>10.29</u>	<u>15.15</u>	<u>12.93</u>	<u>6.90</u>	<u>98.69</u>

(3) Mayfield Estate in Sg. Jarak Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>
1958	4.05	2.53	3.34	5.
1959	0.14	7.82	5.09	6.
1960	3.95	0.10	6.56	11.
1961	5.83	4.16	10.01	9.
1962	12.38	0.15	5.76	7.
1963	6.47	1.89	4.97	0.
1964	6.01	2.94	1.05	10.
1965	0.85	1.22	5.55	6.
1966	4.97	3.61	5.89	9.
<u>Mean</u>	<u>4.96</u>	<u>2.71</u>	<u>5.36</u>	<u>7.</u>

(2) Sg. Dua in Sg. Marubau Kudong Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1958	3.72	2.90	4.12	4.86	21.12	4.59	1.97	8.33	7.63	9.78	18.31	1.51	88.84
1959	8.53	5.90	8.87	7.65	8.68	14.53	2.45	5.53	8.70	18.77	7.41	5.80	102.82
1960	1.74	1.48	8.46	9.53	6.69	9.69	11.13	3.17	12.36	5.16	12.64	8.11	90.16
1961	4.07	4.03	8.64	6.23	12.51	7.76	3.82	3.12	9.23	11.25	8.75	5.53	84.94
1962	3.64	0.75	3.22	7.05	10.09	10.72	8.07	6.72	7.83	21.43	7.34	7.07	93.93
1963	3.19	5.02	12.10	1.32	7.67	5.36	3.66	10.16	9.44	9.89	14.39	3.19	85.39
1964	3.11	2.47	1.25	9.71	13.39	3.30	8.56	4.53	22.01	17.99	12.23	3.06	101.61
1965	0.02	5.02	7.28	4.75	3.41	2.39	8.02	14.90	11.54	0.35	11.75	12.69	82.12
1966	3.10	4.76	7.18	7.80	7.05	4.05	10.14	10.85	8.62	8.12	7.18	5.86	84.71
<u>Mean</u>	<u>3.46</u>	<u>3.59</u>	<u>6.79</u>	<u>6.54</u>	<u>10.07</u>	<u>6.93</u>	<u>6.42</u>	<u>7.48</u>	<u>10.82</u>	<u>11.42</u>	<u>11.11</u>	<u>5.87</u>	<u>90.50</u>

(4) Sg. Kulim Headworks in Sg. Kulim Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>
1958	5.54	5.36	4.53	7
1959	0.25	6.82	7.80	8
1960	2.59	2.25	7.60	7
1961	3.01	4.73	7.08	8
1962	2.93	0.55	5.80	4
1963	3.60	2.71	9.96	0
1964	1.52	5.49	1.04	10
1965	0.39	1.11	7.56	9
1966	2.77	3.16	7.02	7
<u>Mean</u>	<u>2.51</u>	<u>3.58</u>	<u>6.49</u>	<u>7</u>

(3) Mayfield Estate in Sg. Jarak Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1958	4.05	2.53	3.34	5.29	10.79	4.54	1.67	8.89	6.31	7.80	17.25	2.26	74.72
1959	0.14	7.82	5.09	6.67	10.36	9.35	2.36	4.99	6.61	13.57	6.20	8.57	81.73
1960	3.95	0.10	6.56	11.01	6.28	6.29	10.45	4.80	6.54	6.55	8.08	6.98	77.59
1961	5.83	4.16	10.01	9.18	6.45	5.67	6.09	3.68	7.36	10.23	11.12	12.38	92.16
1962	12.38	0.15	5.76	7.32	8.65	7.30	8.80	7.23	7.87	19.86	4.81	4.85	94.98
1963	6.47	1.89	4.97	0.63	10.93	3.15	3.86	4.52	6.60	12.61	20.62	3.64	79.89
1964	6.01	2.94	1.05	10.50	13.94	5.17	9.27	4.00	24.52	10.72	9.90	5.20	103.22
1965	0.85	1.22	5.55	6.16	3.18	0.67	3.89	14.22	12.79	14.72	13.35	12.68	89.28
1966	4.97	3.61	5.89	9.89	5.69	3.37	10.42	8.37	7.90	14.60	8.71	11.05	94.47
<u>Mean</u>	<u>4.96</u>	<u>2.71</u>	<u>5.36</u>	<u>7.41</u>	<u>8.47</u>	<u>5.06</u>	<u>6.31</u>	<u>6.74</u>	<u>9.61</u>	<u>12.30</u>	<u>11.12</u>	<u>7.51</u>	<u>87.56</u>

(5) Bukit Mertajam Estate in Sg. Jarak Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>
1958	3.76	2.70	7.09	7.29	14.88
1959	0.89	6.73	14.16	10.64	9.27
1960	3.19	3.54	7.26	9.50	6.08
1961	5.30	10.53	17.14	11.21	5.52
1962	5.22	1.32	6.50	12.85	14.08
1963	6.12	4.94	6.79	2.73	10.94
1964	6.56	4.24	3.28	11.48	15.49
1965	0.30	1.64	9.79	8.64	5.73
1966	4.68	4.64	10.51	10.97	5.37
<u>Mean</u>	<u>4.00</u>	<u>4.48</u>	<u>9.17</u>	<u>9.48</u>	<u>9.71</u>

(4) Sg. Kulim Headworks in Sg. Kulim Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1958	5.54	5.36	4.53	7.09	17.92	6.32	1.89	11.19	9.45	5.98	18.74	1.57	95.58
1959	0.25	6.82	7.80	8.54	12.23	9.08	2.65	5.32	7.76	13.08	10.30	7.30	91.13
1960	2.59	2.25	7.60	7.33	6.32	6.89	11.17	3.90	8.86	5.34	11.23	8.13	81.61
1961	3.01	4.73	7.08	8.70	5.19	7.34	8.22	4.15	7.45	12.67	9.05	6.81	84.40
1962	2.93	0.55	5.80	4.87	8.65	11.23	6.76	6.59	5.67	20.76	6.62	5.64	86.07
1963	3.60	2.71	9.96	0.43	7.31	5.35	5.55	16.38	7.82	12.98	18.16	3.94	94.19
1964	1.52	5.49	1.04	10.93	15.13	3.20	9.54	3.33	25.77	13.48	13.31	2.93	105.67
1965	0.39	1.11	7.56	9.91	5.27	2.16	4.94	12.85	12.83	8.91	14.60	12.63	93.16
1966	2.77	3.16	7.02	7.20	6.28	3.23	12.44	8.14	7.17	10.91	7.17	10.10	85.59
<u>Mean</u>	<u>2.51</u>	<u>3.58</u>	<u>6.49</u>	<u>7.22</u>	<u>9.37</u>	<u>6.09</u>	<u>7.02</u>	<u>7.98</u>	<u>10.31</u>	<u>11.57</u>	<u>12.13</u>	<u>6.56</u>	<u>90.82</u>

(6) Bukit Besar Reservoir in Sg. Kulim Basin

<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>
1958	6.95	4.64	7.62	8.04	14.75
1959	1.57	5.37	11.55	12.65	13.39
1960	6.64	6.52	10.27	14.85	9.19
1961	4.00	6.10	9.37	14.62	4.47
1962	7.40	1.78	7.74	14.38	9.38
1963	4.84	6.63	8.06	4.42	7.32
1964	6.77	3.99	3.91	13.23	10.34
1965	0.30	3.40	9.49	7.03	6.78
1966	5.45	4.38	8.00	10.40	6.09
<u>Mean</u>	<u>4.88</u>	<u>4.76</u>	<u>8.45</u>	<u>11.07</u>	<u>9.08</u>

(5) Bukit Mertajam Estate in Sg. Jarak Basin

<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>	<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
6.89	6.31	7.80	17.25	2.26	74.72	1958	3.76	2.70	7.09	7.29	14.88	8.83	4.41	12.65	9.40	10.09	19.18	1.68	101.96
6.99	6.61	13.57	6.20	8.57	81.73	1959	0.89	6.73	14.16	10.64	9.27	12.98	5.55	7.60	11.92	19.53	9.74	10.68	119.69
6.80	6.54	6.55	8.08	6.98	77.59	1960	3.19	3.54	7.26	9.50	6.08	-	12.33	6.50	11.01	9.88	9.65	8.57	87.51
6.68	7.36	10.23	11.12	12.38	92.16	1961	5.30	10.53	17.14	11.21	5.52	11.03	9.66	1.89	6.95	19.66	11.90	11.23	122.02
6.23	7.87	19.86	4.81	4.85	94.98	1962	5.22	1.32	6.50	12.85	14.08	9.15	10.16	4.82	9.35	34.26	10.02	6.02	123.75
6.52	6.60	12.61	20.62	3.64	79.89	1963	6.12	4.94	6.79	2.73	10.94	4.51	9.21	6.28	7.65	15.28	20.53	12.40	107.38
6.00	24.52	10.72	9.90	5.20	103.22	1964	6.56	4.24	3.28	11.48	15.49	2.92	17.12	6.19	24.60	14.52	10.00	3.61	120.01
6.22	12.79	14.72	13.35	12.68	89.28	1965	0.30	1.64	9.79	8.64	5.73	1.98	7.43	12.37	11.21	23.00	13.75	14.98	110.82
6.37	7.90	14.60	8.71	11.05	94.47	1966	4.68	4.64	10.51	10.97	5.37	6.91	9.40	8.14	9.80	22.32	18.10	14.40	125.24
<u>6.74</u>	<u>9.61</u>	<u>12.30</u>	<u>11.12</u>	<u>7.51</u>	<u>87.56</u>	<u>Mean</u>	<u>4.00</u>	<u>4.48</u>	<u>9.17</u>	<u>9.48</u>	<u>9.71</u>	<u>7.29</u>	<u>9.47</u>	<u>7.38</u>	<u>11.32</u>	<u>18.73</u>	<u>13.65</u>	<u>9.29</u>	<u>113.15</u>

(6) Bukit Besar Reservoir in Sg. Kulim Basin

<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>	<u>Year</u>	<u>Jan.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Apr.</u>	<u>May</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Aug.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dec.</u>	<u>Total</u>
1.19	9.45	5.98	18.74	1.57	95.58	1958	6.95	4.64	7.62	8.04	14.75	10.36	3.33	12.82	8.24	14.54	17.47	1.98	110.74
5.32	7.76	13.08	10.30	7.30	91.13	1959	1.57	5.37	11.55	12.65	13.39	5.04	5.11	12.22	9.94	17.15	10.18	8.87	113.04
3.90	8.86	5.34	11.23	8.13	81.61	1960	6.64	6.52	10.27	14.85	9.19	5.57	11.05	5.28	9.59	11.10	16.91	11.02	117.99
6.59	5.67	20.76	6.62	5.64	86.07	1961	4.00	6.10	9.37	14.62	4.47	4.42	12.16	4.26	10.58	15.98	22.81	13.29	122.06
6.38	7.82	12.98	18.16	3.94	94.19	1962	7.40	1.78	7.74	14.38	9.38	7.52	6.04	7.40	7.43	28.91	10.82	8.28	117.08
3.33	25.77	13.48	13.31	2.93	105.67	1963	4.84	6.63	8.06	4.42	7.32	4.29	6.92	6.33	8.12	17.92	24.10	5.79	104.74
2.85	12.83	8.91	14.60	12.63	93.16	1964	6.77	3.99	3.91	13.23	10.34	5.01	12.88	6.57	23.95	8.63	11.32	6.42	113.02
8.14	7.17	10.91	7.17	10.10	85.59	1965	0.30	3.40	9.49	7.03	6.78	3.15	7.75	10.10	12.58	17.05	13.31	17.37	108.31
<u>7.98</u>	<u>10.31</u>	<u>11.57</u>	<u>12.13</u>	<u>6.56</u>	<u>90.82</u>	1966	5.45	4.38	8.00	10.40	6.09	6.05	9.10	4.40	5.95	10.35	9.82	9.48	89.47
						<u>Mean</u>	<u>4.88</u>	<u>4.76</u>	<u>8.45</u>	<u>11.07</u>	<u>9.08</u>	<u>5.71</u>	<u>8.26</u>	<u>7.71</u>	<u>10.71</u>	<u>15.74</u>	<u>15.19</u>	<u>9.17</u>	<u>110.73</u>

Tab. 4-2-2 Maximum Daily Rainfall in Each Year

(Unit : inches)

Year	Lahar Ikan Mati			Parit Lagan			Malakoff Estate			Meteologic Station B'worth			Sg. Dua			Mayfield Estate			Sg. Kulim Headworks			Bukit Merah Padi Station		
	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order	Month	Rainfall	Order
1945	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Oct	4.28	9
1946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sep	5.25	6	-	-	-	Dec	4.50	11	Dec	6.50	2
1947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sep	7.40	1	Sep	8.84	1	Oct	4.50	11	Sep	4.50	7
1948	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mar	2.92	20	Mar	4.48	11	Mar	3.10	19	Jul	2.50	22
1949	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Jul	3.30	17	Apr	5.12	8	Jul	4.37	13	Jul	4.65	6
1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Apr	2.96	19	Sep	7.20	3	May	3.94	15	Sep	4.85	5
1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	May	3.80	13	May	4.10	14	Oct	4.97	5	Apr	3.60	15
1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Oct	5.80	3	Mar	5.56	6	Mar	6.97	1	Oct	6.73	1
1953	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Aug	4.05	11	Apr	5.53	7	Jun	4.97	5	Aug	3.42	16
1954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Jul	4.09	10	Nov	6.30	5	Nov	4.67	9	Jun	3.84	13
1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Apr	4.72	7	Oct	2.60	21	Mar	8.53	2	Nov	3.27	18	Oct	3.29	17
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Feb	6.00	3	Aug	3.60	15	Aug	3.51	16	Aug	3.92	16	Aug	2.85	21
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Aug	2.69	12	Dec	4.55	9	Aug	3.20	19	Jun	4.73	7	Dec	3.75	14
1958	-	-	-	Sep	3.18	9	Mar	7.22	1	Nov	5.46	5	May	4.95	7	May	2.87	20	Nov	4.62	10	Nov	3.00	19
1959	-	-	-	Oct	4.55	3	Dec	4.38	6	Jun	5.57	4	Jun	4.67	8	Dec	5.05	9	Nov	2.95	21	Oct	3.00	19
1960	Mar	3.04	5	Jul	3.25	7	Jul	2.67	9	Jun	3.43	10	Mar	5.52	5	Jul	3.51	16	Jul	3.09	20	Nov	5.08	4
1961	Dec	2.64	7	Mar	3.24	8	Feb	3.19	8	Apr	3.64	9	May	3.64	14	Jul	4.12	13	Jul	4.72	8	Oct	4.02	12
1962	Oct	4.10	4	Oct	5.00	2	Oct	6.09	3	Oct	6.59	2	Oct	5.58	4	Oct	4.48	11	Oct	5.07	4	Oct	4.18	11
1963	Dec	2.77	6	Nov	3.46	6	Nov	4.83	4	Aug	2.72	11	Sep	4.03	12	Nov	3.83	15	Sep	4.15	14	Aug	4.30	8
1964	Nov	6.40	1	Nov	6.13	1	Nov	6.40	2	Nov	7.13	1	Nov	6.12	2	Sep	6.33	4	Nov	6.20	2	Nov	5.31	3
1965	Oct	5.11	2	Nov	3.90	5	Dec	3.90	7	Mar	5.26	6	Aug	3.49	16	Sep	3.48	18	Nov	5.31	3	Dec	3.19	18
1966	Mar	4.69	3	Aug	4.18	4	Oct	4.41	5	May	4.30	8	May	3.25	18	Oct	4.71	10	Dec	3.72	17	Aug	4.20	10

11 in Each Year

(Unit : inches)

Kluang			Sg. Dua			Mayfield Estate			Sg. Kulim Headworks			Bukit Merah Padi Station			Bukit Mertajam Estate			Bukit Berapit Reservoir			PWD Office, Kulim			Bukit Besar Reservoir					
Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order	Year	Month	Rainfall Order			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Oct	4.28	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sep	5.25	6	-	-	-	Dec	4.50	11	Dec	6.50	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Sep</u>	<u>7.40</u>	<u>1</u>	<u>Sep</u>	<u>8.84</u>	<u>1</u>	Oct	4.50	11	Sep	4.50	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	2.92	20	Mar	4.48	11	Mar	3.10	19	Jul	2.50	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sep	3.50	10	-	-	-
Jul	3.30	17	Apr	5.12	8	Jul	4.37	13	Jul	4.65	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sep	3.00	19	-	-	-
Apr	2.96	19	Sep	7.20	3	May	3.94	15	Sep	4.85	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>May</u>	<u>8.45</u>	<u>1</u>	-	-	-
May	3.80	13	May	4.10	14	Oct	4.97	5	Apr	3.60	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nov	3.50	10	-	-	-
Oct	5.80	3	Mar	5.56	6	<u>Mar</u>	<u>6.97</u>	<u>1</u>	<u>Oct</u>	<u>6.73</u>	<u>1</u>	-	-	-	Oct	4.80	2	-	-	-	-	-	-	Sep	3.25	14	-	-	-
Aug	4.05	11	Apr	5.53	7	Jun	4.97	5	Aug	3.42	16	-	-	-	Oct	3.20	8	-	-	-	-	-	-	Aug	3.20	16	-	-	-
Jul	4.09	10	Nov	6.30	5	Nov	4.67	9	Jun	3.84	13	-	-	-	Jan	2.65	13	-	-	-	-	-	-	Oct	3.05	18	-	-	-
Oct	2.60	21	Mar	8.53	2	Nov	3.27	18	Oct	3.29	17	-	-	-	Oct	2.55	14	-	-	-	-	-	-	Sep	3.70	8	-	-	-
Aug	3.60	15	Aug	3.51	16	Aug	3.92	16	Aug	2.85	21	-	-	-	Feb	2.80	11	-	-	-	-	-	-	Dec	4.25	7	-	-	-
Dec	4.55	9	Aug	3.20	19	Jun	4.73	7	Dec	3.75	14	-	-	-	Dec	4.50	3	Oct	3.15	8	-	-	-	Apr	3.45	12	-	-	-
May	4.95	7	May	2.87	20	Nov	4.62	10	Nov	3.00	19	Jun	2.58	9	Nov	3.70	6	May	3.30	6	-	-	-	Nov	3.40	13	-	-	-
Jun	4.67	8	Dec	5.05	9	Nov	2.95	21	Oct	3.00	19	Jun	3.73	5	Oct	4.20	4	Nov	3.75	4	-	-	-	May	3.24	15	-	-	-
Mar	5.52	5	Jul	3.51	16	Jul	3.09	20	Nov	5.08	4	May	2.71	8	Jun	2.30	15	Dec	3.60	5	-	-	-	Nov	4.57	3	-	-	-
May	3.64	14	Jul	4.12	13	Jul	4.72	8	Oct	4.02	12	Jul	3.67	6	Sep	3.65	7	Nov	2.75	10	-	-	-	Nov	4.32	6	-	-	-
Oct	5.58	4	Oct	4.48	11	Oct	5.07	4	Oct	4.18	11	<u>Oct</u>	<u>5.46</u>	<u>1</u>	<u>Oct</u>	<u>5.80</u>	<u>1</u>	<u>Apr</u>	<u>4.15</u>	<u>1</u>	-	-	-	Oct	4.50	4	-	-	-
Sep	4.03	12	Nov	3.83	15	Sep	4.15	14	Aug	4.30	8	Nov	3.07	7	Nov	2.75	12	Nov	3.10	9	-	-	-	Nov	5.20	2	-	-	-
Nov	6.12	2	Sep	6.33	4	Nov	6.20	2	Nov	5.31	3	Sep	4.85	4	May	3.20	8	Sep	4.00	2	-	-	-	Sep	4.50	4	-	-	-
Aug	3.49	16	Sep	3.48	18	Nov	5.31	3	Dec	3.19	18	Dec	5.15	2	Nov	4.20	4	Jul	3.90	3	-	-	-	Jul	3.60	9	-	-	-
May	3.25	18	Oct	4.71	10	Dec	3.72	17	Aug	4.20	10	Dec	4.99	3	Oct	2.90	10	Oct	3.25	7	-	-	-	Oct	3.20	16	-	-	-

Tab. 4-2-3 Relation among Intense Daily Fainfall Observations

(Unit : inches)

Date Occured	Observed Daily Rainfall on the Spot					Arith- metic Mean $\sum_{i=1}^5 Ri/5$	Sg. Dua	Lahar Ikan Mati	Mean Daily Rainfall on three Basins by Thiessen's Method					Total
	Malakoff Estate	Mayfield Estate	Sg. Kulim Headworks	Bukit Mertajam Estate	Bukit Besar Reservoir				(1)x10.4%	(2)x26.0%	(3)x13.8%	(4)x25.4%	(5)x24.4%	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)									
1960.3.27	0.19	0	0	0	0.59	0.16	5.52	3.04	0.02	0	0	0	0.14	0.16
1960.5.7	0	0.18	0	2.71	1.62	0.90	0	0	0	0.04	0	0.68	0.39	1.11
1960.7.22	2.67	0.31	3.09	1.94	3.63	2.33	0	0	0.27	0.08	0.42	0.49	0.88	2.14
1960.7.23	0.23	3.51	0.31	0.05	0.22	0.86	0	0	0.02	0.91	0.04	0.01	0.05	1.03
1960.11.6	0.40	1.09	0.24	1.50	4.57	1.56	1.23	0	0.04	0.28	0.03	0.38	0.11	1.84
1961.2.23	3.19	2.18	0.13	0	0.10	1.12	1.04	1.54	0.33	0.56	0.01	0	0.02	0.92
1962.5.4	1.47	2.02	0.06	2.07	0.30	1.18	3.06	1.21	0.15	0.53	0.01	0.53	0.07	1.29
1961.7.25	1.77	4.12	0	3.67	1.15	2.14	0.68	0	0.18	1.07	0	0.93	0.28	2.46
1961.7.26	0	0	4.72	0	0	0.94	0	0.80	0	0	0.65	0	0	0.65
1961.11.30	0.05	0	0	0.10	4.32	0.89	0.62	0.03	0	0	0	0.02	1.05	1.07
1961.12.18	2.13	2.82	0.83	2.07	1.45	1.86	1.92	2.64	0.22	0.73	0.11	0.53	0.35	1.94
1962.10.9	1.78	2.97	0.10	5.46	3.20	2.70	1.68	0.75	0.19	0.77	0.11	1.39	0.78	3.14
1962.10.20	6.09	2.81	0.42	4.62	4.50	1.84	5.37	3.91	0.63	0.73	0.05	1.17	1.09	3.67
1962.10.23	5.14	4.48	0.70	4.35	3.90	3.71	5.58	4.10	0.53	1.16	0.09	1.10	0.95	3.83
1962.10.24	1.63	1.02	5.07	1.14	1.60	2.09	1.40	1.58	0.16	0.26	0.69	0.28	0.39	1.78
1963.9.20	3.67	2.75	0	0.80	1.35	1.71	4.03	1.46	0.38	0.72	0	0.20	0.33	1.63
1963.9.22	0.23	0.03	4.15	0.27	0.05	0.95	0.01	0.04	0.02	0	0.57	0.06	0.01	0.66
1963.11.7	0.52	3.83	2.40	0.73	0.50	1.60	0.48	2.38	0.05	0.99	0.33	0.18	0.12	1.67
1963.11.12	1.37	0	1.82	0.65	5.20	1.81	1.52	1.02	0.14	0	0.25	0.16	1.26	1.81
1963.11.17	2.26	2.92	1.84	3.07	1.51	2.32	1.61	0.57	0.23	0.75	0.25	0.77	0.36	2.36
1963.11.23	4.83	1.74	0.42	0.31	0.68	1.60	2.43	1.55	0.50	0.45	0.05	0.07	0.16	1.23
1963.12.5	0.97	1.44	0.24	0.92	1.40	0.99	1.21	2.77	0.10	0.37	0.03	0.23	0.34	1.07
1964.9.6	3.55	6.33	0.30	3.31	4.50	3.60	2.13	2.02	0.36	1.64	0.04	0.84	1.09	3.97
1964.9.7	1.13	1.78	0.22	4.85	2.80	2.16	0.59	0.69	0.11	0.46	0.03	1.23	0.68	2.51
1964.11.9	6.40	3.25	6.20	2.74	3.50	4.42	6.12	6.40	0.66	0.84	0.85	0.69	0.85	3.89
1965.7.18	2.09	0.88	1.21	3.87	3.60	2.33	1.62	3.11	0.21	0.16	0.16	0.98	0.87	2.44
1965.8.8	2.47	2.88	4.13	1.43	0.40	2.26	3.49	0.35	0.26	0.75	0.57	0.36	0.10	2.04
1965.9.28	0.91	3.48	3.27	3.24	3.15	2.81	1.43	0.98	0.09	0.90	0.45	0.82	0.76	3.02
1965.10.31	3.07	1.87	1.50	1.34	2.00	1.96	0	5.11	0.32	0.49	0.21	0.34	0.49	1.85
1965.11.21	3.17	2.28	5.31	1.25	2.40	2.88	2.92	2.25	0.32	0.59	0.73	0.31	0.58	2.53
1965.12.16	3.90	2.87	3.10	2.08	2.60	2.90	0.72	1.84	0.40	0.74	0.42	0.51	0.63	2.70
1965.12.22	0.69	1.26	0.47	5.15	0	2.51	0.58	0.57	0.07	0.32	0.06	1.30	0	1.75
1966.3.25	0.30	0	0.20	0.02	0	0.14	0.42	4.69	0.03	0	0.03	0.01	0	0.07
1966.5.15	3.43	1.08	1.39	0.69	0	1.32	3.25	2.55	0.36	0.28	0.19	0.18	0	1.01
1966.10.3	4.41	3.01	2.17	2.23	1.60	2.69	3.19	1.15	0.45	0.78	0.29	0.56	0.39	2.47
1966.10.12	0.25	0.85	0.28	4.40	3.20	1.80	0.25	0.29	0.02	0.22	0.03	1.11	0.78	2.16
1966.10.17	1.70	4.71	3.30	2.44	1.80	2.79	1.55	0.49	0.17	1.22	0.45	0.61	0.43	2.88
1966.12.10	0.02	2.22	3.72	4.99	2.10	2.61	1.57	0.43	0	0.57	0.51	1.26	0.51	2.85

Tab. 4-2-4 Time - Intensity Analysis for Intense Rainfall in Long-Duration Type

Rainfall No.	Pattern	Total Rainfall		1st Period				2nd Period			
		Rainfall	Duration	Rainfall		Duration		Rainfall		Duration	
		(in) (A)	(hr) (1)	Rainfall (B)	B/A (in)	Duration (2)(hr)	(2)/(1) (%)	Rainfall (C) (in)	C/A (%)	Duration (3) (hr)	(3)/(1) (%)
2	3 peaks	2.41	19	0.68	28.2	5	26.3	1.73	71.8	14	73.7
7	3 peaks	3.14	18	0.47	14.8	5	27.8	2.67	85.2	13	72.2
8	2 peaks	7.56	29	2.30	30.4	7	24.1	5.26	69.6	22	75.9
13	2 peaks	3.88	12	1.85	47.7	8	66.7	2.03	52.3	4	33.3
14	2 peaks	3.56	11	0.64	18.0	3	27.3	2.92	82.0	8	72.7
16	3 peaks	3.39	11	1.53	45.1	4	36.4	1.86	54.9	7	63.6
17	2 peaks	3.06	22	0.21	6.9	3	13.6	2.85	93.1	19	86.4
18	2 peaks	2.84	10	2.00	70.4	5	50.0	0.84	29.6	5	50.0
20	2 peaks	7.27	18	2.75	37.8	12	66.7	4.52	62.2	6	33.3
<u>Mean</u>		<u>4.12</u>	<u>16.7</u>	<u>1.38</u>	<u>33.3</u>	<u>5.8</u>	<u>37.7</u>	<u>2.74</u>	<u>66.7</u>	<u>10.9</u>	<u>62.3</u>

TAB. 4-2-4

TAB. 4-2-5

Tab. 4-2-5 Monthly Runoff at Ara Kuda Gauging Station in Sg. Kulim

Catchment Area 53.7 sq. mi
Unit: —
Monthly runoff ----- M. cu. f
Average discharge ---- Cusecs

Year	Description	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total or Mean
1961	Monthly Runoff	704.5	574.3	726.4	812.7	797.5	493.3	553.7	479.6	481.8	870.0	1,407.3	1,336.9	9,238.0
	Average Discharge	263.1	237.4	271.2	313.5	297.7	190.3	206.7	179.1	185.9	324.8	524.9	499.1	292.9
1962	Monthly Runoff	1,081.5	464.1	490.8	646.4	758.8	493.7	519.6	461.5	408.7	1,775.7	830.0	588.7	8,519.5
	Average Discharge	403.8	191.8	183.2	249.4	283.3	190.5	194.0	172.3	157.7	663.0	320.2	219.8	270.1
1963	Monthly Runoff	508.3	292.4	413.2	321.8	454.7	316.3	277.2	291.9	289.8	766.9	1,688.2	958.9	6,579.9
	Average Discharge	189.9	120.9	154.3	124.1	169.8	122.0	103.5	109.0	111.8	286.4	651.3	358.0	208.6
1964	Monthly Runoff	453.2	286.6	263.2	356.9	589.3	357.8	513.6	440.5	1,555.5	1,036.6	781.3	436.0	7,070.5
	Average Discharge	169.2	118.5	98.3	137.7	220.0	138.0	191.7	164.5	600.1	387.0	301.4	162.8	224.2
1965	Monthly Runoff	311.9	202.9	251.9	308.1	357.4	235.2	257.5	360.5	380.7	508.6	953.7	911.4	5,039.8
	Average Discharge	116.5	83.9	94.0	118.9	133.4	90.7	96.1	134.6	146.9	189.9	367.8	340.3	159.8
1966	Monthly Runoff	392.0	301.4	338.3	369.2	341.7	291.6	283.6	249.5	202.9	486.0	350.9	527.1	4,134.2
	Average Discharge	146.4	124.6	126.3	142.4	127.6	112.5	105.9	93.2	78.3	181.5	135.4	196.8	131.1
Mean	Monthly Runoff	575.3	353.6	414.0	469.2	549.9	364.7	400.9	380.6	553.2	907.3	1,001.9	793.2	6,763.8
	Average Discharge	214.8	146.1	154.6	181.0	205.3	140.7	149.7	142.1	213.5	338.8	386.5	296.1	214.5

Tab. 4-3-1 Hydrographs in Sq. Prai Basin

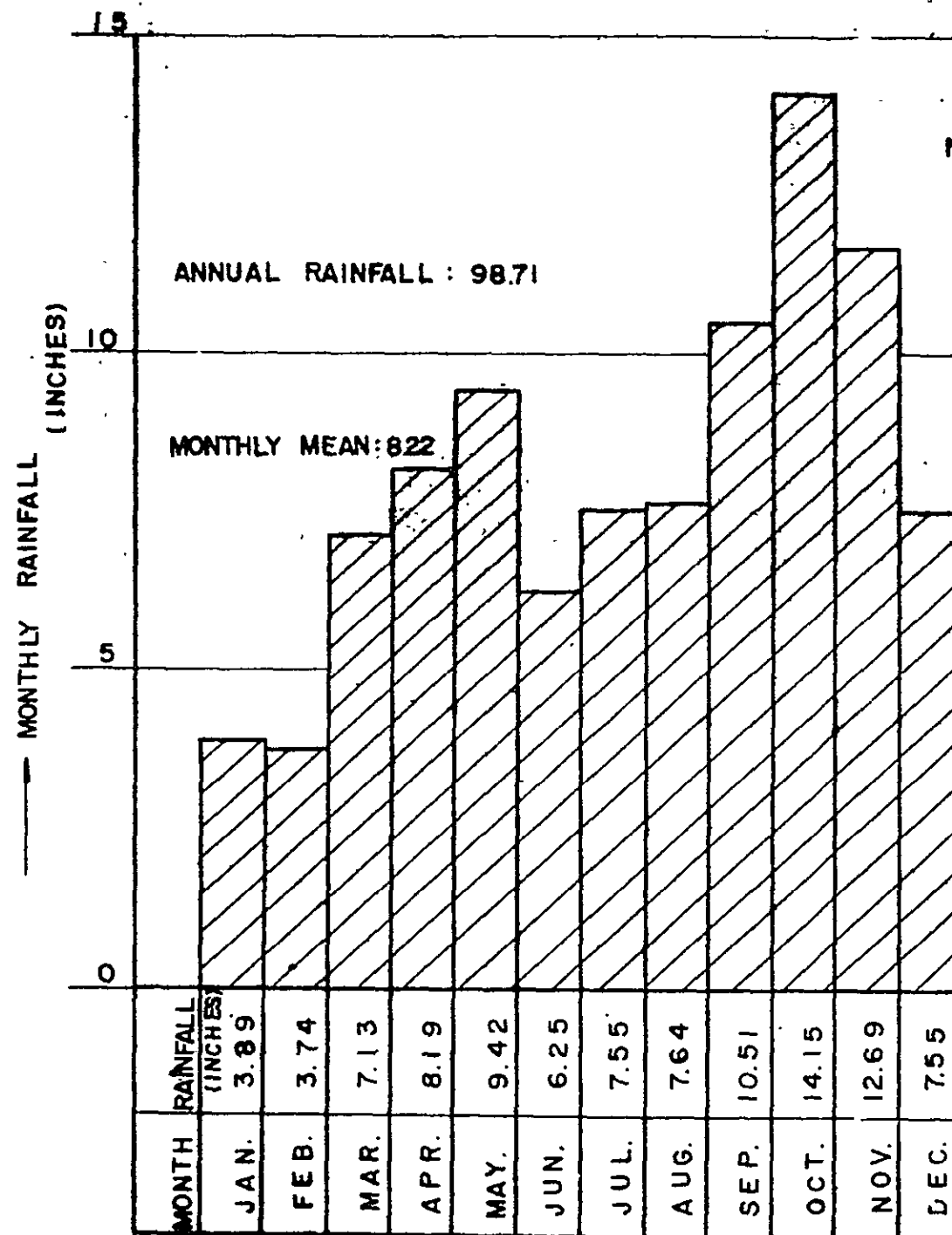
Return Period 40 years																						
Basin																						
Time (Hour)	Jarak		Kereh		Kulim		Sub-total (A)+(B)+(C)=(D)	Dua (R)		Dua (L)		Sani (R)		Sani (L)		Sub-total (E)+(F)+(G)+(H)=(I)	Sub-total (D)+(J)	Bats (L)		Bats (R)		Ny. (mm)
	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)		Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)			Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	
	(A)	(B)		(B)	(C)	(C)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(K)	(L)	(M)	
1	2.0	3.6	2.2	1.5	1.4	4.2	8.3	1.9	3.7	1.7	0.9	1.9	1.6	1.7	0.7	6.9	15.2	1.7	0.6	1.9	0.6	1.9
2	4.7	3.6	4.5	1.5	2.8	4.2	8.3	3.8	9.3	3.3	3.1	3.8	7.4	3.3	2.2	22.0	30.3	3.3	1.3	3.8	2.1	3.8
3	10.2	3.6	11.2	1.8	7.1	4.2	8.6	9.6	22.4	8.3	8.1	9.5	13.7	8.3	6.0	45.1	53.7	8.3	3.2	9.5	5.0	9.5
4	18.4	2.9	20.1	2.9	12.8	4.2	11.0	17.1	43.1	15.0	17.6	17.1	29.8	15.0	13.1	103.6	113.6	15.0	6.0	17.1	10.9	17.1
5	16.3	5.1	17.9	6.0	11.4	4.2	15.3	15.2	46.3	13.3	27.7	15.2	46.6	13.3	20.5	141.1	156.4	13.3	6.4	15.2	16.6	15.2
6	6.1	8.1	6.7	12.0	4.3	4.2	24.3	5.7	25.3	5.0	29.3	5.7	49.5	5.0	21.7	123.8	150.1	5.0	3.6	5.7	17.5	5.7
7	6.1	12.6	6.7	22.2	4.3	4.2	38.0	5.7	16.4	5.0	24.2	5.7	41.1	5.0	17.3	99.0	137.0	5.0	2.3	5.7	14.5	5.7
8	4.1	20.0	4.5	36.2	2.8	4.3	60.5	3.8	12.5	3.3	18.5	3.8	31.4	3.3	14.0	76.4	136.9	3.3	1.7	3.8	11.3	3.8
9	6.1	32.7	6.7	51.5	4.3	4.7	88.9	5.7	14.8	5.0	13.8	5.7	23.4	5.0	10.3	62.3	151.2	5.0	2.1	5.7	8.3	5.7
10	8.2	48.4	8.9	66.1	5.7	5.8	120.3	7.6	20.3	6.6	13.2	7.6	22.3	6.6	10.0	65.8	186.1	6.6	2.8	7.6	8.2	7.6
11	10.2	65.5	11.2	78.8	7.1	8.4	152.7	9.5	25.9	8.3	15.9	9.5	27.0	8.3	12.1	80.9	233.6	8.3	3.6	9.5	9.6	9.5
12	22.4	87.6	24.6	86.1	15.6	12.6	186.3	20.9	50.7	18.3	23.9	20.9	40.0	18.3	17.2	131.8	318.1	18.3	12.4	20.9	14.4	20.9
13	34.7	111.1	38.0	90.7	24.2	20.2	222.0	32.3	84.8	28.2	40.6	32.3	67.7	28.2	30.0	223.1	445.1	28.2	12.8	32.3	24.1	32.3
14	12.2	135.8	13.4	98.4	8.5	29.6	263.8	11.4	53.8	10.0	49.3	11.4	82.7	10.0	36.4	222.2	486.0	10.0	7.6	11.4	29.7	11.4
15	10.2	161.7	11.2	109.8	7.1	45.0	316.5	9.5	30.2	8.3	42.5	9.5	71.8	8.3	31.9	176.4	492.9	8.3	4.3	9.5	25.6	9.5
16	8.2	194.7	8.9	126.2	5.7	64.4	385.3	7.6	24.6	6.6	34.4	7.6	57.9	6.6	25.9	142.8	528.1	6.6	3.4	7.6	20.8	7.6
17	6.1	233.2	6.7	146.0	4.3	81.3	460.5	5.7	18.8	5.0	25.1	5.7	42.3	5.0	18.8	105.0	565.5	5.0	2.7	5.7	15.1	5.7
18	4.1	270.0	4.5	162.5	2.8	101.7	534.2	3.8	13.3	3.3	16.8	3.8	28.6	3.3	12.5	71.2	605.4	3.3	1.8	3.8	10.2	3.8
19	4.1	301.7	4.5	177.1	2.8	128.9	607.7	3.8	11.6	3.3	12.9	3.8	22.3	3.3	9.7	56.5	664.2	3.3	1.7	3.8	8.1	3.8
20	2.0	326.9	2.2	184.2	1.4	159.6	670.7	1.9	7.7	1.7	9.9	1.9	17.0	1.7	7.5	42.1	612.8	1.7	1.2	1.9	6.4	1.9
21	2.0	326.4	2.2	178.7	1.4	187.0	692.1	1.9	5.7	1.7	7.2	1.9	12.5	1.7	5.6	31.0	723.1	1.7	1.0	1.9	4.8	1.9
22	2.0	336.4	2.2	169.1	1.4	210.4	715.9	1.9	5.7	1.7	5.8	1.9	9.9	1.7	4.3	25.7	741.6	1.7	1.0	1.9	3.7	1.9
23	2.0	331.9	2.2	159.4	1.4	230.7	722.0	1.9	5.7	1.7	5.1	1.9	8.6	1.7	3.8	23.2	745.2	1.7	1.0	1.9	3.2	1.9
24	2.0	318.7	2.2	146.1	1.4	240.0	704.8	1.9	5.7	1.7	4.8	1.9	7.9	1.7	3.4	21.8	726.6	1.7	1.0	1.9	3.0	1.9
1	0	301.8	0	129.6	0	234.9	666.3	0	2.0	0	3.9	0	6.6	0	2.9	15.4	681.7	0	0.4	0	2.4	0
2	0	282.9	0	120.8	0	226.2	629.9	0	0.2	0	2.3	0	4.1	0	1.9	8.5	638.4	0	0.1	0	1.5	0
3	0	263.5	0	108.1	0	214.7	586.3	0	0.2	0	1.2	0	2.2	0	1.1	4.7	591.0	0	0.1	0	0.8	0
4	0	243.6	0	96.8	0	200.9	541.3	0	0.2	0	0.5	0	1.0	0	0.5	2.2	543.5	0	0.1	0	0.4	0
5	0	224.2	0	86.2	0	186.9	497.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	498.2	0	0.1	0	0.2	0
6	0	205.5	0	75.4	0	172.9	453.8	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	454.7	0	0.1	0	0.2	0
7	0	187.0	0	64.6	0	159.2	410.8	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	411.7	0	0.1	0	0.2	0
8	0	169.4	0	53.5	0	146.1	469.0	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	469.9	0	0.1	0	0.2	0
9	0	152.2	0	43.6	0	133.5	329.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	330.2	0	0.1	0	0.2	0
10	0	136.2	0	34.0	0	121.1	291.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	292.2	0	0.1	0	0.2	0
11	0	120.7	0	25.1	0	109.1	254.9	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	255.8	0	0.1	0	0.2	0
12	0	105.4	0	18.1	0	97.5	221.0	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	221.9	0	0.1	0	0.2	0
13	0	92.8	0	13.2	0	86.8	192.8	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	193.7	0	0.1	0	0.2	0
14	0	80.8	0	10.7	0	76.2	167.7	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	168.6	0	0.1	0	0.2	0
15	0	69.5	0	8.2	0	66.2	143.9	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	144.8	0	0.1	0	0.2	0
16	0	59.3	0	6.3	0	56.6	122.2	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	123.1	0	0.1	0	0.2	0
17	0	50.3	0	4.9	0	47.4	102.6	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	103.5	0	0.1	0	0.2	0
18	0	41.6	0	3.9	0	38.7	84.2	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	85.1	0	0.1	0	0.2	0
19	0	32.2	0	3.1	0	30.8	66.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	67.0	0	0.1	0	0.2	0
20	0	24.8	0	2.5	0	23.7	51.0	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	51.9	0	0.1	0	0.2	0
21	0	18.6	0	2.0	0	17.9	38.5	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	39.4	0	0.1	0	0.2	0
22	0	14.8	0	1.7	0	14.3	30.8	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	31.7	0	0.1	0	0.2	0
23	0	11.9	0	1.5	0	11.7	25.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	26.0	0	0.1	0	0.2	0
24	0	9.5	0	1.5	0	9.8	20.8	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	21.7	0	0.1	0	0.2	0
1	0	7.9	0	1.5	0	8.1	17.5	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	18.4	0	0.1	0	0.2	0
2	0	6.8	0	1.5	0	7.1	15.4	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	16.3	0	0.1	0	0.2	0
3	0	5.7	0	1.5	0	6.1	13.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	14.2	0	0.1	0	0.2	0
4	0	5.1	0	1.5	0	5.4	12.0	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	12.9	0	0.1	0	0.2	0
5	0	4.5	0	1.5	0	4.9	10.9	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	11.8	0	0.1	0	0.2	0
6	0	4.1	0	1.5	0	4.6	10.2	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	11.1	0	0.1	0	0.2	0
7	0	3.7	0	1.5	0	4.3	9.5	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.4	0	0.1	0	0.2	0
8	0	3.6	0	1.5	0	4.2	9.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.2	0	0.1	0	0.2	0
9	0	3.6	0	1.5	0	4.2	9.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.2	0	0.1	0	0.2	0
10	0	3.6	0	1.5	0	4.2	9.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.2	0	0.1	0	0.2	0

(L) ischarge u. m/sec	Sani (R)		Sani (L)		Sub- total (cu. m/sec) (E)+(F)+(G) +(H)=(I)	Sub- total (cu. m/sec) (D)+(I) =(J)	Bats (L)		Bats (R)		Nyor		Derhaka (1)		Derhaka (2)		Derhaka (3)		Derhaka Sub-total (cu. m/sec) (N)+(O)+ (P)=(Q)	Sub- total (cu. m/sec) (K)+(L)+(M) +(Q)=(R)	Grand- total (cu. m/sec)
	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)			Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)			
(F)	(G)		(H)		+(H)=(I)	=(J)	(K)		(L)		(M)		(N)		(O)		(P)		(P)=(Q)	+(Q)=(R)	
0.9	1.9	1.6	1.7	0.7			6.9	15.2	1.7	0.6	1.9	0.6	1.9	0.2	1.7	1.0	1.7	0.6				1.7	1.2	2.8	4.2	19.4
3.1	3.8	7.4	3.3	2.2	22.0	30.3	3.3	1.3	3.8	2.1	3.8	0.5	3.3	1.7	3.3	1.4	3.3	2.9	6.0	9.9	40.2
8.1	9.5	13.7	8.3	6.0	45.1	53.7	8.3	3.2	9.5	5.0	9.5	1.2	8.3	3.9	8.3	3.3	8.3	7.2	14.4	23.8	77.5
17.6	17.1	29.8	15.0	13.1	103.6	113.6	15.0	6.0	17.1	10.9	17.1	2.5	15.0	8.6	15.0	6.2	15.0	13.9	28.7	48.1	161.7
27.7	15.2	46.6	13.3	20.5	141.1	156.4	13.3	6.4	15.2	16.6	15.2	4.5	13.3	15.5	13.3	6.7	13.3	14.9	37.1	64.6	221.0
29.3	5.7	49.5	5.0	21.7	125.8	150.1	5.0	3.6	5.7	17.5	5.7	6.0	5.0	22.9	5.0	3.6	5.0	8.2	34.7	61.8	211.9
24.2	5.7	41.1	5.0	17.3	99.0	137.0	5.0	2.3	5.7	14.5	5.7	6.3	5.0	30.5	5.0	2.3	5.0	5.3	38.1	61.2	198.2
18.5	3.8	31.4	3.3	14.0	76.4	136.9	3.3	1.7	3.8	11.3	3.8	6.0	3.3	41.5	3.3	1.8	3.3	4.1	47.4	66.4	203.3
13.8	5.7	23.4	5.0	10.3	62.3	151.2	5.0	2.1	5.7	8.3	5.7	5.3	5.0	38.3	5.0	2.1	5.0	4.7	45.1	60.8	212.0
13.2	7.6	22.3	6.6	10.0	65.8	186.1	6.6	2.8	7.6	8.2	7.6	4.9	6.6	39.2	6.6	3.0	6.6	6.6	48.8	64.7	250.8
15.9	9.5	27.0	8.3	12.1	80.9	233.6	8.3	3.6	9.5	9.6	9.5	4.8	8.3	39.8	8.3	3.8	8.3	8.4	52.0	70.0	303.6
23.9	20.9	40.0	18.3	17.2	131.8	318.1	18.3	12.4	20.9	14.4	20.9	5.3	18.3	42.0	18.3	7.3	18.3	16.4	65.7	97.8	415.9
40.6	32.3	67.7	28.2	30.0	223.1	445.1	28.2	12.8	32.3	24.1	32.3	7.3	28.2	48.7	28.2	10.5	28.2	27.5	86.7	130.9	576.0
49.3	11.4	82.7	10.0	36.4	222.2	486.0	10.0	7.6	11.4	29.7	11.4	9.4	10.0	56.3	10.0	7.6	10.0	17.4	81.3	128.0	614.0
42.5	9.5	71.8	8.3	31.9	176.4	492.9	8.3	4.3	9.5	25.6	9.5	10.6	8.3	63.3	8.3	4.3	8.3	9.7	77.3	117.8	610.7
34.4	7.6	57.9	6.6	25.9	142.8	528.1	6.6	3.4	7.6	20.8	7.6	9.9	6.6	68.7	6.6	3.6	6.6	8.0	80.3	114.4	642.5
25.1	5.7	42.3	5.0	18.8	105.0	565.5	5.0	2.7	5.7	15.1	5.7	8.9	5.0	72.2	5.0	2.7	5.0	6.1	81.0	107.7	673.2
16.8	3.8	28.6	3.3	12.5	71.2	605.4	3.3	1.8	3.8	10.2	3.8	7.5	3.3	68.2	3.3	2.0	3.3	4.3	74.5	94.0	699.4
12.9	3.8	22.3	3.3	9.7	56.5	664.2	3.3	1.7	3.8	8.1	3.8	6.2	3.3	63.5	3.3	1.6	3.3	3.7	68.8	84.8	749.0
9.9	1.9	17.0	1.7	7.5	42.1	612.8	1.7	1.2	1.9	6.4	1.9	4.6	1.7	58.0	1.7	1.1	1.7	2.4	61.5	73.7	686.5
7.2	1.9	12.5	1.7	5.6	31.0	723.1	1.7	1.0	1.9	4.8	1.9	3.4	1.7	51.0	1.7	1.0	1.7	1.8	53.8	63.0	786.1
5.8	1.9	9.9	1.7	4.3	25.7	741.6	1.7	1.0	1.9	3.7	1.9	2.6	1.7	45.2	1.7	1.0	1.7	1.8	48.0	55.3	796.9
5.1	1.9	8.6	1.7	3.8	23.2	745.2	1.7	1.0	1.9	3.2	1.9	1.3	1.7	38.8	1.7	1.0	1.7	1.8	41.6	47.7	792.9
4.8	1.9	7.9	1.7	3.4	21.8	726.6	1.7	1.0	1.9	3.0	1.9	1.7	1.7	32.3	1.7	1.0	1.7	1.8	35.1	40.8	767.4
3.9	0	6.6	0	2.9	15.4	681.7	0	0.4	0	2.4	0	1.3	0	25.9	0	1.0	0	0.7	27.6	31.7	713.4
2.3	0	4.1	0	1.9	8.5	638.4	0	0.1	0	1.5	0	1.0	0	19.7	0	0.4	0	0.1	20.2	22.8	661.2
1.2	0	2.2	0	1.1	4.7	591.0	0	0.1	0	0.8	0	0.8	0	14.5	0	0.1	0	0.1	14.7	16.4	607.4
0.5	0	1.0	0	0.5	2.2	543.5	0	0.1	0	0.4	0	0.6	0	11.4	0	0.1	0	0.1	11.6	12.7	556.2
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	498.2	0	0.1	0	0.2	0	0.4	0	8.5	0	0.1	0	0.1	8.7	9.4	507.6
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	454.7	0	0.1	0	0.2	0	0.3	0	6.3	0	0.1	0	0.1	6.5	7.1	461.8
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	411.7	0	0.1	0	0.2	0	0.2	0	4.7	0	0.1	0	0.1	4.9	5.4	417.1
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	469.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	3.5	0	0.1	0	0.1	3.7	4.1	474.0
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	330.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	2.5	0	0.1	0	0.1	2.7	3.1	333.3
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	292.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	1.9	0	0.1	0	0.1	2.1	2.5	294.7
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	255.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	1.4	0	0.1	0	0.1	1.6	2.0	257.8
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	221.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	1.1	0	0.1	0	0.1	1.3	1.7	223.6
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	193.7	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.8	0	0.1	0	0.1	1.0	1.4	195.1
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	168.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	169.9
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	144.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	146.1
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	123.1	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	124.4
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	103.5	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	104.8
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	85.1	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	86.4
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	67.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	68.3
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	51.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	53.2
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	39.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	40.7
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	31.7	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	33.0
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	26.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	27.3
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	21.7	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	23.0
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	18.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	19.7
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	16.3	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	17.6
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	14.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	15.5
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	12.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	14.2
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	11.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	13.1
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	11.1	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	12.4
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.7
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.5
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.5
0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.5

Tab. 4-3-1 Hydrographs in Sg. Prai Basin

Time (Hour)	Return Period 10 years																						
	Basin																						
	Jarak		Kereh		Kulim		Sub-total	Dua (R)		Dua (L)		Sani (R)		Sani (L)		Sub-total	Sub-total	Bats (L)		Bats (R)		Nyor	
	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	(cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	(cu. m/sec)	(cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)	Rainfall (mm)	Discharge (cu. m/sec)
(A)	(B)	(C)		(C)=(D)	(E)	(F)	(G)		(H)		(I)=(J)	(K)	(L)		(M)								
1	1.6	3.6	1.8	1.5	1.2	4.2	9.3	1.5	3.0	1.4	0.8	1.5	1.4	1.4	0.6	5.8	15.1	1.4	0.5	1.5	0.6	1.5	0.2
2	3.3	3.6	3.6	1.5	2.5	4.2	9.3	3.1	7.5	2.8	2.6	3.1	1.6	2.8	1.9	13.6	22.9	2.8	1.1	3.1	1.7	3.1	0.4
3	8.2	3.6	9.0	1.6	6.2	4.2	9.4	7.7	18.1	7.1	6.9	7.7	11.1	7.1	5.1	41.2	50.6	7.1	2.7	7.7	4.0	7.7	1.0
4	14.7	3.6	16.2	2.5	11.1	4.2	10.3	13.9	34.8	12.7	15.1	13.9	24.2	12.7	11.1	85.2	95.5	12.7	5.1	13.9	8.9	13.9	2.0
5	13.0	3.7	14.4	4.7	9.9	4.2	12.6	12.3	37.4	11.3	23.5	12.3	37.7	11.3	17.4	116.0	128.6	11.3	5.5	12.3	13.5	12.3	3.6
6	4.9	4.1	5.4	9.2	3.7	4.2	17.5	4.6	20.5	4.2	24.9	4.6	40.0	4.2	18.4	103.8	121.3	4.2	3.1	4.6	14.2	4.6	4.8
7	4.9	5.3	5.4	17.1	3.7	4.2	26.6	4.6	13.3	4.2	20.5	4.6	33.2	4.2	14.7	81.7	347.7	4.2	2.0	4.6	11.8	4.6	5.1
8	3.3	7.4	3.6	28.1	2.5	4.2	39.7	3.1	10.3	2.8	15.7	3.1	25.8	2.8	11.9	63.7	103.4	2.8	1.5	3.1	9.2	3.1	4.9
9	4.9	10.9	5.4	40.2	3.7	4.2	55.3	4.6	11.9	4.2	11.7	4.6	19.0	4.2	8.8	51.4	106.7	4.2	1.7	4.6	6.8	4.6	4.3
10	6.5	17.2	7.2	52.0	4.9	4.3	73.5	6.2	16.4	5.7	11.2	6.2	18.1	5.7	8.5	54.2	127.7	5.7	2.4	6.2	6.7	6.2	3.9
11	8.2	25.9	9.0	62.4	6.2	5.2	93.5	7.7	20.9	7.1	13.5	7.7	21.9	7.1	10.3	66.6	160.1	7.1	3.1	7.7	7.8	7.7	3.9
12	17.9	36.8	19.8	68.3	13.6	7.0	112.1	17.0	41.0	15.6	20.3	17.0	32.4	15.6	15.0	108.7	220.8	15.6	10.5	17.0	11.6	17.0	4.3
13	27.7	50.8	30.7	72.1	20.9	12.2	135.1	26.2	68.5	24.1	34.5	26.2	54.7	24.1	25.5	183.2	318.3	24.1	10.9	26.2	19.5	26.2	5.9
14	9.8	68.4	10.8	78.5	7.4	20.1	167.0	9.3	43.5	8.5	41.9	9.3	66.8	8.5	30.9	183.1	350.1	8.5	6.5	9.3	23.8	9.3	7.7
15	8.2	88.9	9.0	87.7	6.2	31.3	207.9	7.7	24.4	7.1	36.1	7.7	58.0	7.1	27.1	145.6	353.5	7.1	3.7	7.7	20.7	7.7	8.6
16	6.5	111.8	7.2	101.3	4.9	45.1	258.2	6.2	19.8	5.7	29.3	6.2	46.8	5.7	22.0	117.9	376.1	5.7	3.0	6.2	16.8	6.2	8.1
17	4.9	140.0	5.4	117.9	3.4	57.4	315.3	4.6	15.2	4.2	21.3	4.6	34.2	4.2	16.0	86.7	402.0	4.2	2.3	4.6	12.2	4.6	7.2
18	3.3	172.3	3.6	130.3	2.5	73.1	375.7	3.1	10.7	2.8	14.2	3.1	23.1	2.8	10.6	58.6	434.3	2.8	1.6	3.1	8.3	3.1	6.2
19	3.3	203.0	3.6	142.1	2.5	94.4	439.5	3.1	9.4	2.8	11.0	3.1	18.0	2.8	8.3	46.7	486.2	2.8	1.4	3.1	6.5	3.1	5.0
20	1.6	229.4	1.8	147.9	1.2	120.6	497.9	1.5	6.2	1.4	8.5	1.5	13.8	1.4	6.4	34.9	532.8	1.4	1.0	1.5	5.2	1.5	3.8
21	1.6	250.8	1.8	143.5	1.2	146.1	540.4	1.5	4.7	1.4	6.2	1.5	10.1	1.4	4.8	25.8	566.2	1.4	0.8	1.5	4.0	1.5	2.8
22	1.6	259.5	1.8	135.8	1.2	168.3	563.6	1.5	4.7	1.4	4.9	1.5	8.0	1.4	3.7	21.4	585.0	1.4	0.8	1.5	3.0	1.5	2.1
23	1.6	256.5	1.8	128.1	1.2	187.3	580.9	1.5	4.7	1.4	4.4	1.5	7.0	1.4	3.2	19.3	600.2	1.4	0.8	1.5	2.6	1.5	1.6
24	1.6	246.6	1.8	117.6	1.2	197.0	561.2	1.5	4.7	1.4	4.1	1.5	6.5	1.4	3.0	18.3	579.5	1.4	0.8	1.5	2.4	1.5	1.4
1	0	233.7	0	104.4	0	193.8	531.9	0	1.6	0	3.3	0	5.4	0	2.5	12.8	544.7	0	0.3	0	2.0	0	1.1
2	0	219.2	0	97.4	0	187.3	503.9	0	0.2	0	2.0	0	3.4	0	1.6	5.6	509.5	0	0.1	0	1.2	0	0.9
3	0	204.3	0	87.2	0	178.3	469.8	0	0.2	0	1.1	0	1.8	0	0.9	4.0	473.8	0	0.1	0	0.7	0	0.6
4	0	189.2	0	78.0	0	167.3	434.5	0	0.2	0	0.4	0	0.9	0	0.4	1.9	436.4	0	0.1	0	0.4	0	0.5
5	0	174.2	0	69.5	0	155.9	399.6	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	400.5	0	0.1	0	0.2	0	0.3
6	0	159.9	0	60.9	0	144.5	365.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	366.2	0	0.1	0	0.2	0	0.3
7	0	145.7	0	52.2	0	133.3	331.2	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	332.1	0	0.1	0	0.2	0	0.2
8	0	132.2	0	43.3	0	122.5	298.0	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	298.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1
9	0	118.8	0	35.3	0	112.0	266.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	267.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
10	0	106.5	0	27.7	0	101.9	236.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	237.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
11	0	94.7	0	20.5	0	92.1	207.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	208.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1
12	0	83.0	0	14.9	0	82.6	180.5	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	180.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1
13	0	73.5	0	11.1	0	73.8	158.4	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	159.3	0	0.1	0	0.2	0	0.1
14	0	64.0	0	8.9	0	65.2	138.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	139.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
15	0	55.2	0	6.8	0	57.0	119.0	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	119.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1
16	0	47.3	0	5.4	0	49.2	101.9	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	102.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1
17	0	40.1	0	4.3	0	41.7	86.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	87.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
18	0	33.4	0	3.4	0	34.1	70.9	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	71.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1
19	0	26.0	0	2.8	0	27.3	56.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	57.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
20	0	20.1	0	2.3	0	21.1	43.5	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	44.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1
21	0	15.4	0	1.9	0	16.1	33.4	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	34.3	0	0.1	0	0.2	0	0.1
22	0	12.4	0	1.7	0	13.0	27.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	28.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
23	0	10.1	0	1.5	0	10.7	22.3	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	23.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1
24	0	8.3	0	1.5	0	8.9	18.7	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	19.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1
1	0	7.0	0	1.5	0	7.6	16.1	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	17.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1
2	0	6.1	0	1.5	0	6.6	14.2	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	15.1	0	0.1	0	0.2	0	0.1
3	0	5.2	0	1.5	0	5.8	12.5	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	13.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1
4	0	4.8	0	1.5	0	5.3	11.6	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	12.5	0	0.1	0	0.2	0	0.1
5	0	4.3	0	1.5	0	4.9	10.7	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	11.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1
6	0	3.9	0	1.5	0	4.5	9.9	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1
7	0	3.7	0	1.5	0	4.6	9.8	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.7	0	0.1	0	0.2	0	0.1
8	0	3.6	0	1.5	0	4.6	9.7	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1
9	0	3.6	0	1.5	0	4.6	9.7	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1
10	0	3.6	0	1.5	0	4.6	9.7	0	0.2	0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1

Dua (L)		Sani (R)		Sani (L)		Sub-total	Sub-total	Bats (L)		Bats (R)		Nyoz		Derhaka (1)		Derhaka (2)		Derhaka (3)		Derhaka	Sub-total	Grand-total
Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	(cu. m/sec)	(cu. m/sec)	Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	Rainfall	Discharge	(cu. m/sec)	(cu. m/sec)	(cu. m/sec)
(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(E)+(F)+(G)	(D)+(I)	(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(mm)	(cu. m/sec)	(N)+(O)+(P)=(Q)	(K)+(L)+(M)+(Q)=(R)	(cu. m/sec)
(F)		(G)		(H)		(E)+(F)+(G)	(D)+(I)	(K)		(L)		(M)		(N)		(O)		(D)		(N)+(O)+(P)=(Q)	(K)+(L)+(M)+(Q)=(R)	
1.4	0.8	1.5	1.4	1.4	0.6	5.8	15.1	1.4	0.5	1.5	0.6	1.5	0.2	1.4	0.9	1.4	0.5	1.4	1.1	2.5	3.8	18.9
2.8	2.6	3.1	1.6	2.8	1.9	13.6	22.9	2.8	1.1	3.1	1.7	3.1	0.4	2.8	0.6	2.8	1.2	2.8	2.5	4.3	7.5	30.4
7.1	6.9	7.7	11.1	7.1	5.1	41.2	50.6	7.1	2.7	7.7	4.0	7.7	1.0	7.1	3.4	7.1	2.8	7.1	6.1	12.3	20.0	70.6
12.7	15.1	13.9	24.2	12.7	11.1	85.2	95.5	12.7	5.1	13.9	8.9	13.9	2.0	12.7	7.4	12.7	5.3	12.7	11.8	24.5	40.5	136.0
11.3	23.5	12.3	37.7	11.3	17.4	116.0	128.6	11.3	5.5	12.3	13.5	12.3	3.6	11.3	13.3	11.3	5.6	11.3	12.7	31.6	54.2	182.8
4.2	24.9	4.6	40.0	4.2	18.4	103.8	121.3	4.2	3.1	4.6	14.2	4.6	4.8	4.2	18.3	4.2	3.0	4.2	7.0	28.3	50.4	171.7
4.2	20.5	4.6	33.2	4.2	14.7	81.7	347.7	4.2	2.0	4.6	11.8	4.6	5.1	4.2	26.1	4.2	2.0	4.2	4.5	32.6	51.5	399.2
2.8	15.7	3.1	25.8	2.8	11.9	63.7	103.4	2.8	1.5	3.1	9.2	3.1	4.9	2.8	35.4	2.8	1.6	2.8	3.5	40.5	56.1	159.5
4.2	11.7	4.6	19.0	4.2	8.8	51.4	106.7	4.2	1.7	4.6	6.8	4.6	4.3	4.2	32.7	4.2	1.8	4.2	4.0	38.5	51.3	158.0
5.7	11.2	6.2	18.1	5.7	8.5	54.2	127.7	5.7	2.4	6.2	6.7	6.2	3.9	5.7	33.4	5.7	2.6	5.7	5.6	41.6	54.6	182.3
7.1	13.5	7.7	21.9	7.1	10.3	66.6	160.1	7.1	3.1	7.7	7.8	7.7	3.9	7.1	33.9	7.1	3.3	7.1	7.1	44.3	59.1	219.2
15.6	20.3	17.0	32.4	15.6	15.0	108.7	220.8	15.6	10.5	17.0	11.6	17.0	4.3	15.6	35.8	15.6	6.2	15.6	13.9	55.9	82.3	303.1
24.1	34.5	26.2	54.7	24.1	25.5	183.2	318.3	24.1	10.9	26.2	19.5	26.2	5.9	24.1	41.5	24.1	8.9	24.1	23.3	73.7	110.0	428.3
8.5	41.9	9.3	66.8	8.5	30.9	183.1	350.1	8.5	6.5	9.3	23.8	9.3	7.7	8.5	48.0	8.5	6.5	8.5	14.7	69.2	107.2	457.3
7.1	36.1	7.7	58.0	7.1	27.1	145.6	353.5	7.1	3.7	7.7	20.7	7.7	8.6	7.1	54.0	7.1	3.7	7.1	8.2	65.9	98.9	452.4
5.7	29.3	6.2	46.8	5.7	22.0	117.9	376.1	5.7	3.0	6.2	16.8	6.2	8.1	5.7	58.5	5.7	3.0	5.7	6.7	68.2	96.1	472.2
4.2	21.3	4.6	34.2	4.2	16.0	86.7	402.0	4.2	2.3	4.6	12.2	4.6	7.2	4.2	61.5	4.2	2.3	4.2	5.2	69.0	90.7	492.7
2.8	14.2	3.1	23.1	2.8	10.6	58.6	434.3	2.8	1.6	3.1	8.3	3.1	6.2	2.8	58.1	2.8	1.6	2.8	3.6	63.3	79.4	513.7
2.8	11.0	3.1	18.0	2.8	8.3	46.7	486.2	2.8	1.4	3.1	6.5	3.1	5.0	2.8	54.1	2.8	1.4	2.8	3.2	58.7	71.6	557.8
1.4	8.5	1.5	13.8	1.4	6.4	34.9	532.8	1.4	1.0	1.5	5.2	1.5	3.8	1.4	49.4	1.4	0.9	1.4	2.1	52.4	62.4	595.2
1.4	6.2	1.5	10.1	1.4	4.8	25.8	566.2	1.4	0.8	1.5	4.0	1.5	2.8	1.4	44.0	1.4	0.8	1.4	1.6	46.4	54.0	620.2
1.4	4.9	1.5	8.0	1.4	3.7	21.4	585.0	1.4	0.8	1.5	3.0	1.5	2.1	1.4	38.5	1.4	0.8	1.4	1.6	40.9	44.1	629.1
1.4	4.4	1.5	7.0	1.4	3.2	19.3	600.2	1.4	0.8	1.5	2.6	1.5	1.6	1.4	33.1	1.4	0.8	1.4	1.6	35.5	40.5	640.7
1.4	4.1	1.5	6.5	1.4	3.0	18.3	579.5	1.4	0.8	1.5	2.4	1.5	1.4	1.4	27.6	1.4	0.8	1.4	1.6	30.0	34.6	614.1
0	3.3	0	5.4	0	2.5	12.8	544.7	0	0.3	0	2.0	0	1.1	0	22.1	0	0.3	0	0.6	23.0	26.4	571.1
0	2.0	0	3.4	0	1.6	5.6	509.5	0	0.1	0	1.2	0	0.9	0	16.9	0	0.1	0	0.1	17.1	19.3	528.8
0	1.1	0	1.8	0	0.9	4.0	473.8	0	0.1	0	0.7	0	0.6	0	12.5	0	0.1	0	0.1	12.7	14.1	487.9
0	0.4	0	0.9	0	0.4	1.9	436.4	0	0.1	0	0.4	0	0.5	0	9.8	0	0.1	0	0.1	10.0	11.0	447.4
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	400.5	0	0.1	0	0.2	0	0.3	0	7.3	0	0.1	0	0.1	7.5	8.1	408.6
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	366.2	0	0.1	0	0.2	0	0.3	0	5.5	0	0.1	0	0.1	5.7	6.3	372.5
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	332.1	0	0.1	0	0.2	0	0.2	0	4.1	0	0.1	0	0.1	4.3	4.8	336.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	298.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	3.1	0	0.1	0	0.1	3.3	3.7	302.6
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	267.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	2.3	0	0.1	0	0.1	2.5	2.9	269.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	237.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	1.7	0	0.1	0	0.1	1.9	2.3	260.0
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	208.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	1.3	0	0.1	0	0.1	1.5	1.9	210.1
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	180.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	1.0	0	0.1	0	0.1	1.2	1.6	183.0
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	159.3	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.8	0	0.1	0	0.1	1.0	1.4	160.7
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	139.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	140.3
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	119.9	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	121.2
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	102.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	104.1
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	87.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	88.3
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	71.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	73.1
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	57.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	58.3
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	44.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	45.7
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	34.3	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	35.6
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	28.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	29.3
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	23.2	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	24.5
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	19.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	20.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	17.0	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	18.3
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	15.1	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	16.4
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	13.4	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	14.7
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	12.5	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	13.8
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	11.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	12.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.8	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	12.1
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.7	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	12.0
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.9
0	0.1	0	0.4	0	0.2	0.9	10.6	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.1	0.9	1.3	11.9



NOTE:

THE MONTHLY RAINFALLS IN THIS FIGURE ARE MEANS DURING THE YEAR 1958 TO 1966 AT THE MALAKOFF ESTATE, MAYFIELD ESTATE, BUKIT MERTAJAM ESTATE, SG. KULIM HEADWORKS, AND SG. DUA GAUGING STATIONS.

FIG. 4 - 2 - 1

MEAN MONTHLY RAINFALL ON THE PRAI BASIN

FIG. 4-2-2

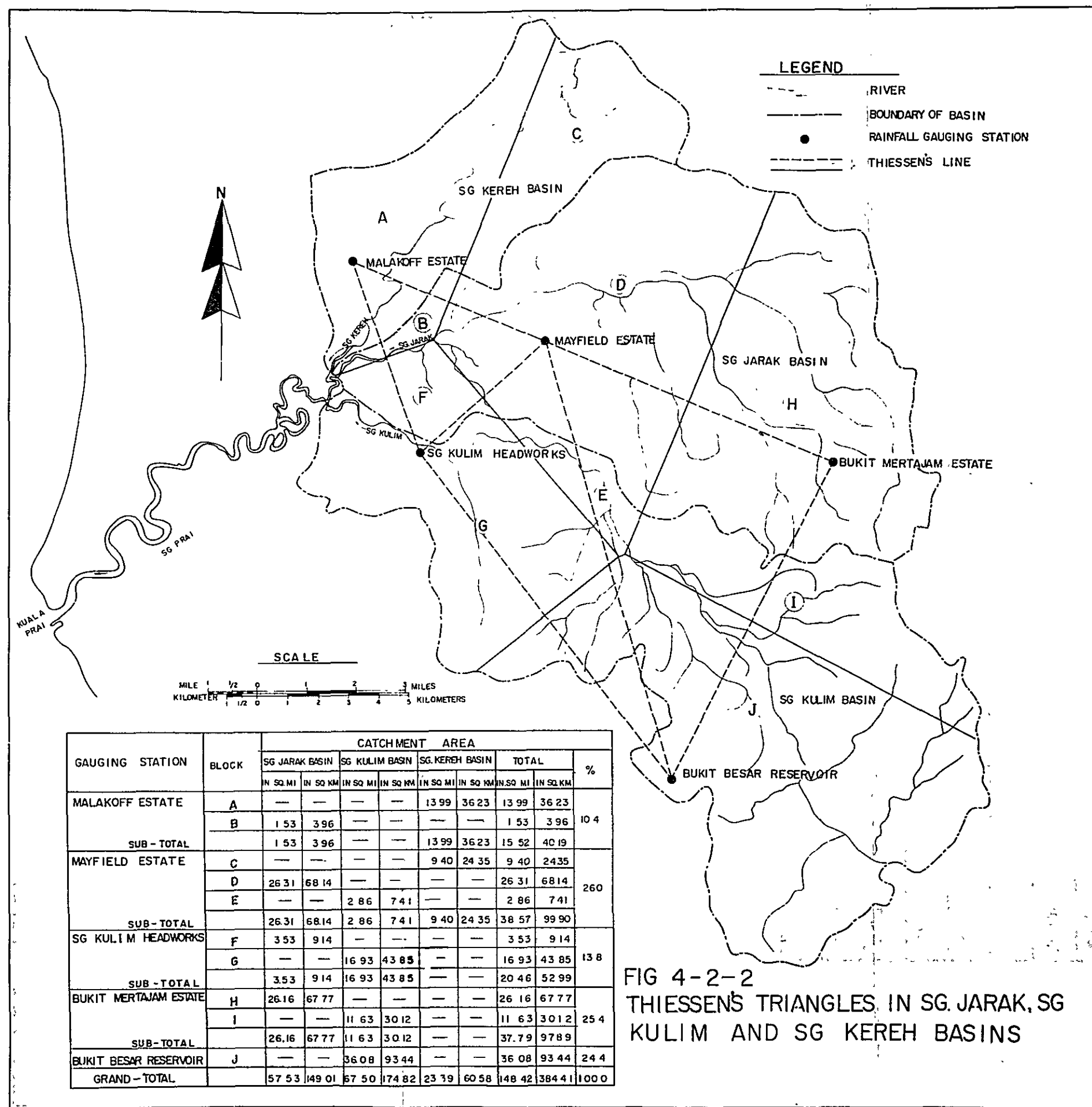
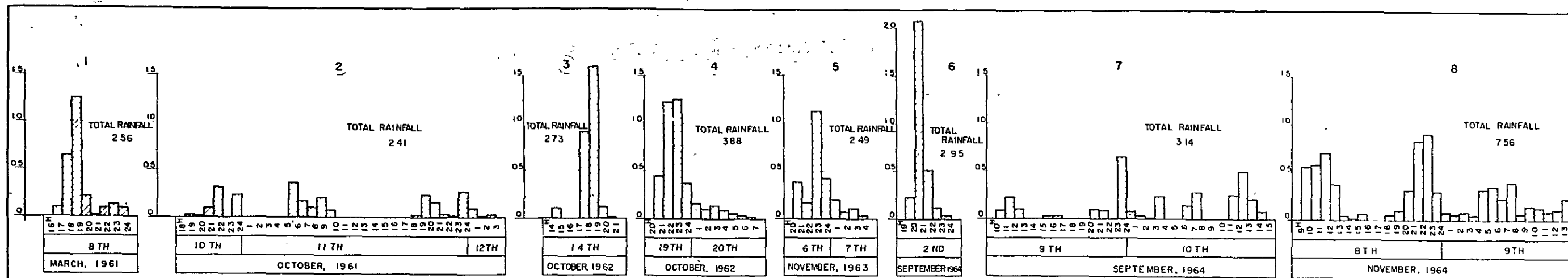
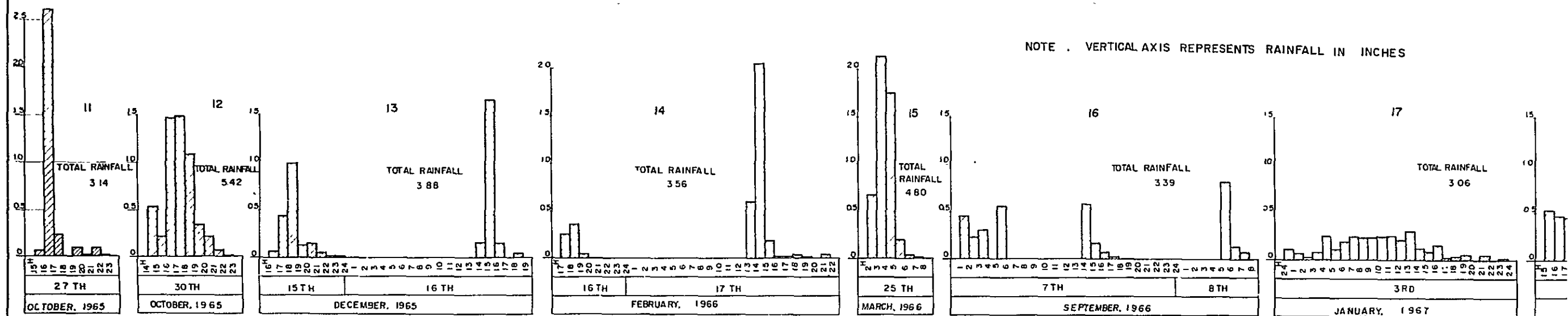


FIG 4-2-2
THIESSENS TRIANGLES IN SG. JARAK, SG
KULIM AND SG KEREH BASINS



NOTE . VERTICAL AXIS REPRESENTS RAINFALL IN INCHES



TIME - ACCUMULATED RAINFALL CURVE

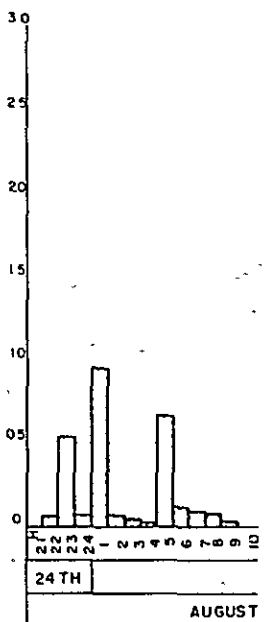
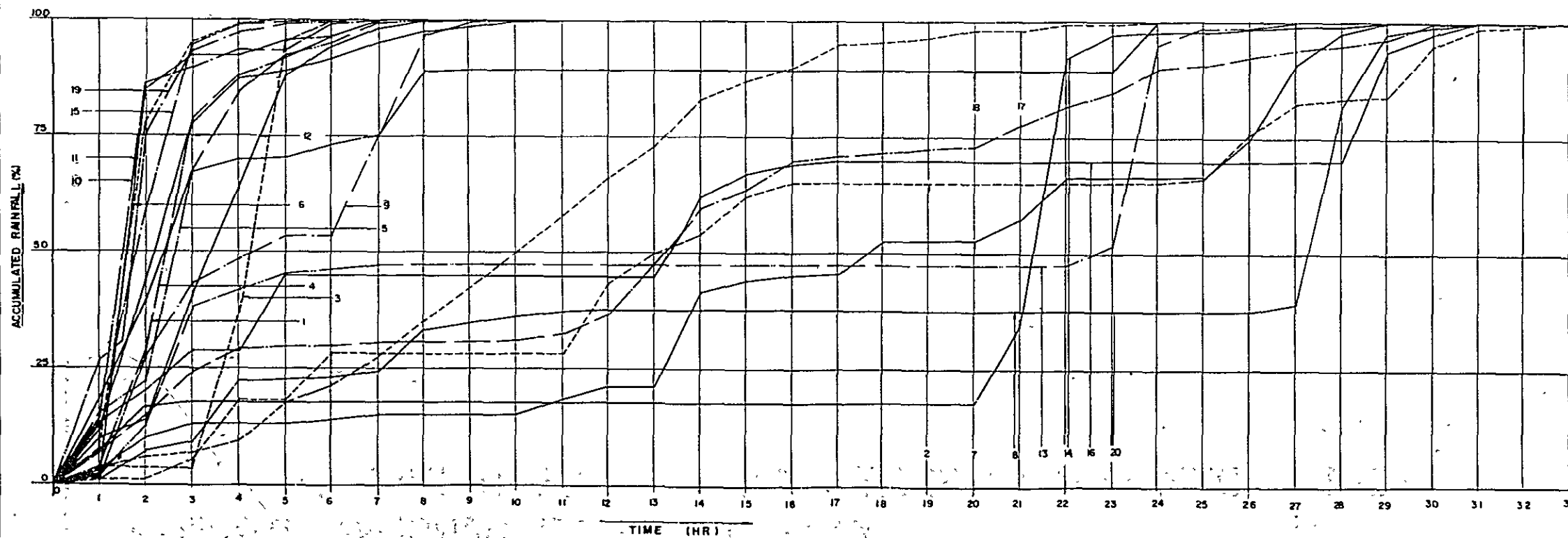


FIG. 4-2-3
TIME - INTENSITY
AT LAHAR IKAN

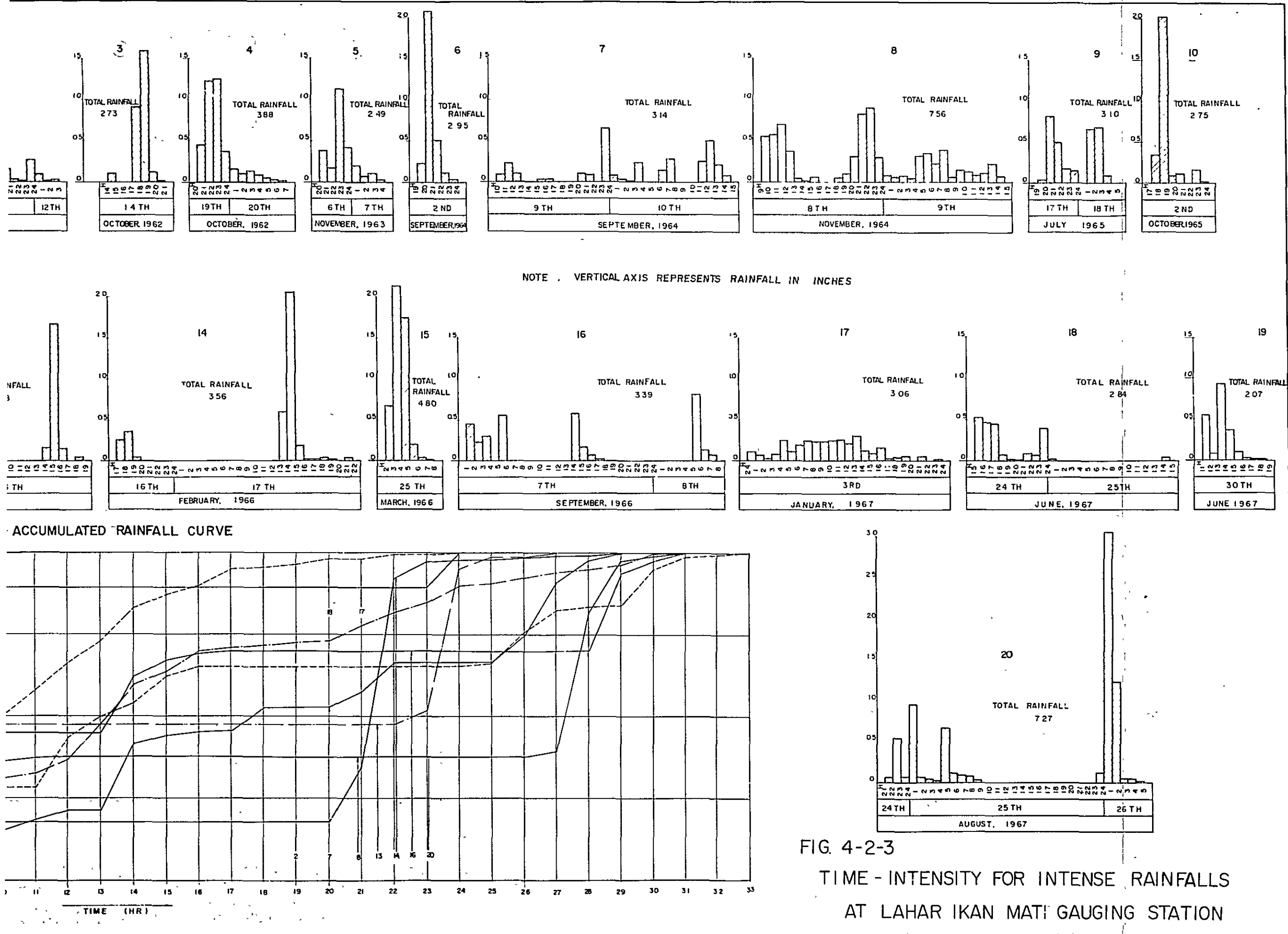


FIG. 4-2-3
 TIME - INTENSITY FOR INTENSE RAINFALLS
 AT LAHAR IKAN MATI GAUGING STATION

FIG. 4-2-4

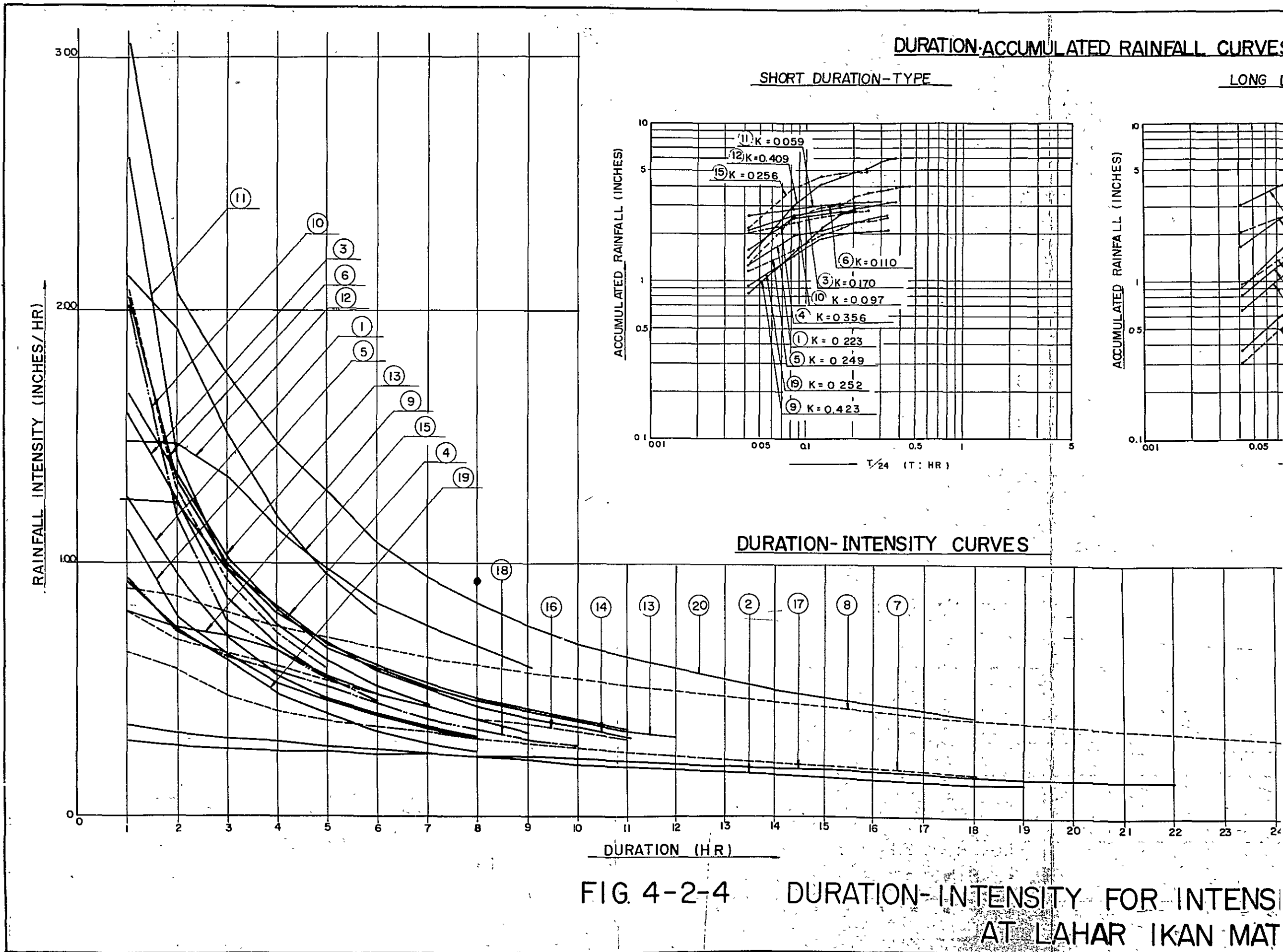
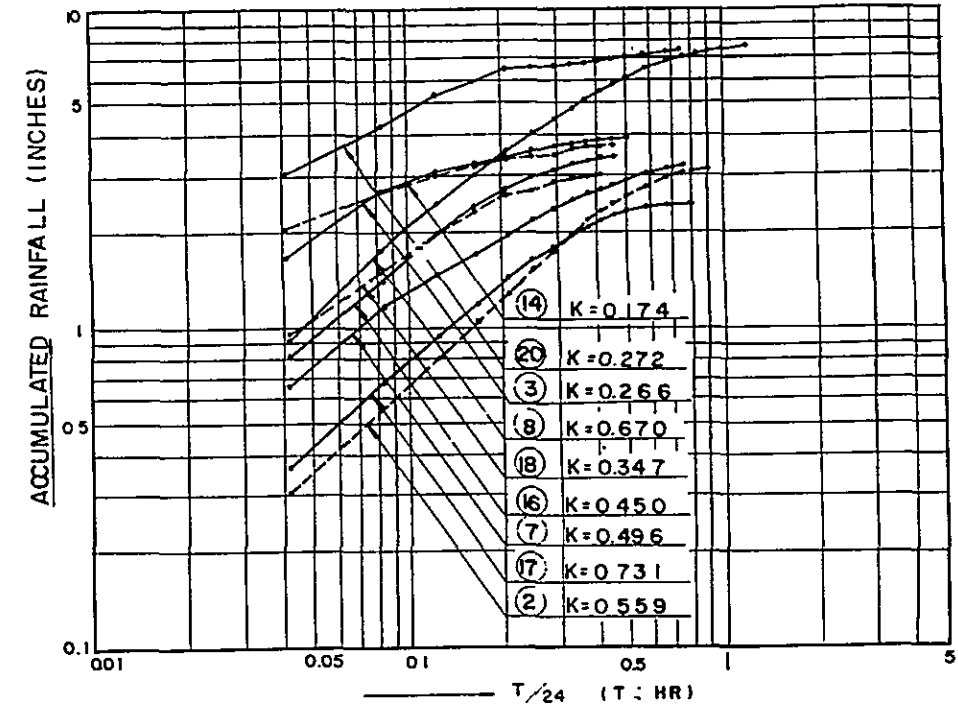
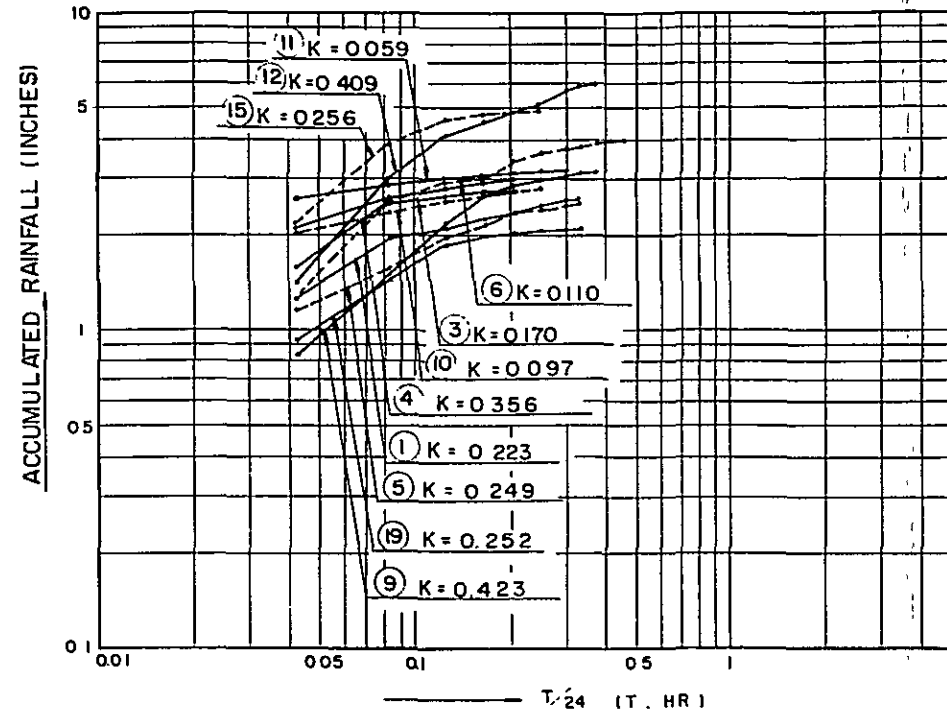


FIG. 4-2-4 DURATION-INTENSITY FOR INTENS AT LAHAR IKAN MAT

DURATION-ACCUMULATED RAINFALL CURVES

SHORT DURATION-TYPE

LONG DURATION-TYPE



DURATION-INTENSITY CURVES

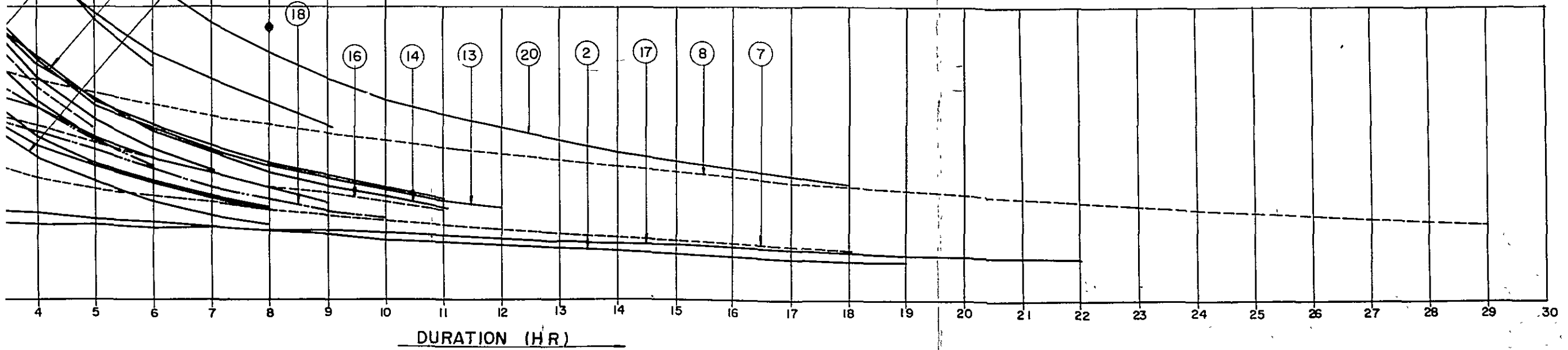
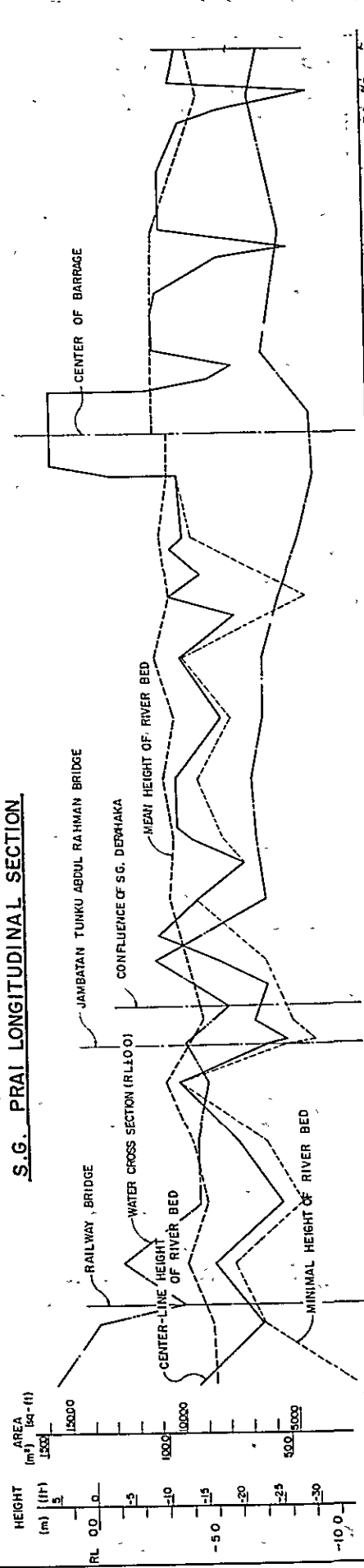


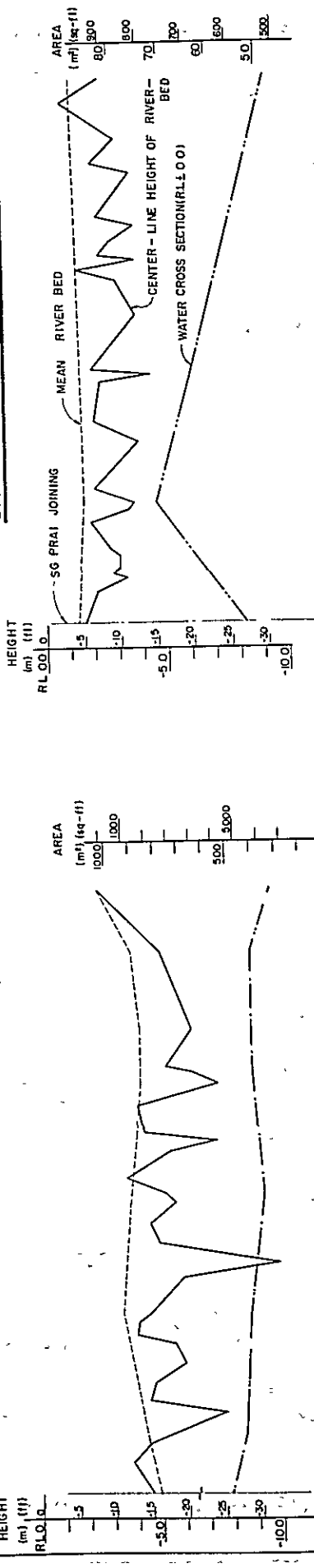
FIG. 4-2-4 DURATION-INTENSITY FOR INTENSE RAINFALL AT LAHAR IKAN MATI GAUGING STATION

S.G. PRAI LONGITUDINAL SECTION



CENTER HEIGHT (m)	DISTANCE	NUMBER	AREA (m ²)
0.0	0	1	0
0.0	1	2	0
0.0	2	3	0
0.0	3	4	0
0.0	4	5	0
0.0	5	6	0
0.0	6	7	0
0.0	7	8	0
0.0	8	9	0
0.0	9	10	0
0.0	10	11	0
0.0	11	12	0
0.0	12	13	0
0.0	13	14	0
0.0	14	15	0
0.0	15	16	0
0.0	16	17	0
0.0	17	18	0
0.0	18	19	0
0.0	19	20	0
0.0	20	21	0
0.0	21	22	0

S.G. DERHAKA LONGITUDINAL SECTION



CENTER HEIGHT (m)	DISTANCE	NUMBER	AREA (m ²)
0.0	0	1	0
0.0	1	2	0
0.0	2	3	0
0.0	3	4	0
0.0	4	5	0
0.0	5	6	0
0.0	6	7	0
0.0	7	8	0
0.0	8	9	0
0.0	9	10	0
0.0	10	11	0
0.0	11	12	0
0.0	12	13	0
0.0	13	14	0
0.0	14	15	0
0.0	15	16	0
0.0	16	17	0
0.0	17	18	0
0.0	18	19	0
0.0	19	20	0
0.0	20	21	0
0.0	21	22	0

CENTER HEIGHT (m)	DISTANCE	NUMBER	AREA (m ²)
0.0	0	1	0
0.0	1	2	0
0.0	2	3	0
0.0	3	4	0
0.0	4	5	0
0.0	5	6	0
0.0	6	7	0
0.0	7	8	0
0.0	8	9	0
0.0	9	10	0
0.0	10	11	0
0.0	11	12	0
0.0	12	13	0
0.0	13	14	0
0.0	14	15	0
0.0	15	16	0
0.0	16	17	0
0.0	17	18	0
0.0	18	19	0
0.0	19	20	0
0.0	20	21	0
0.0	21	22	0

S-G PRAI TOPOGRAPHY

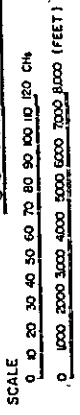
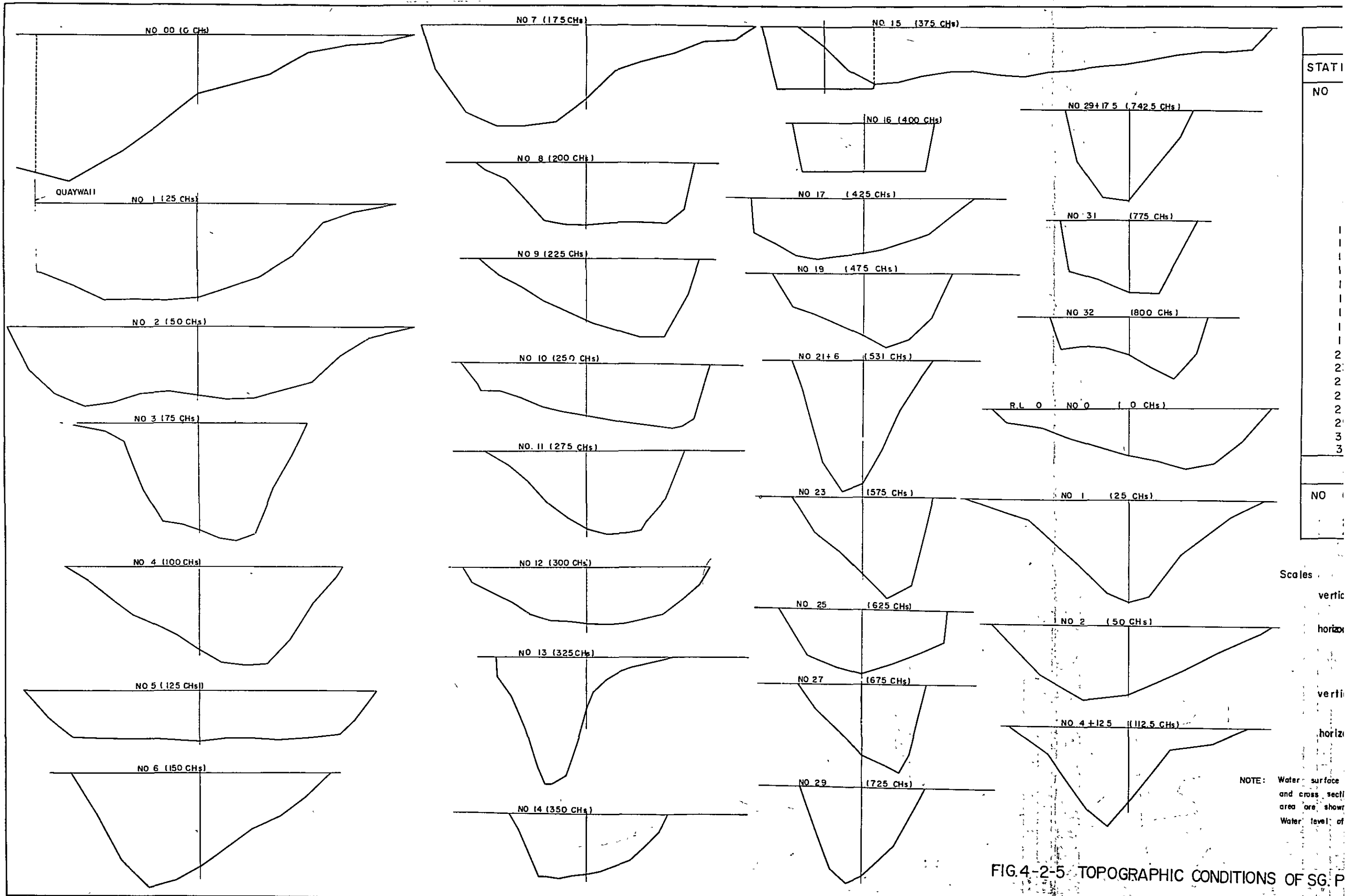
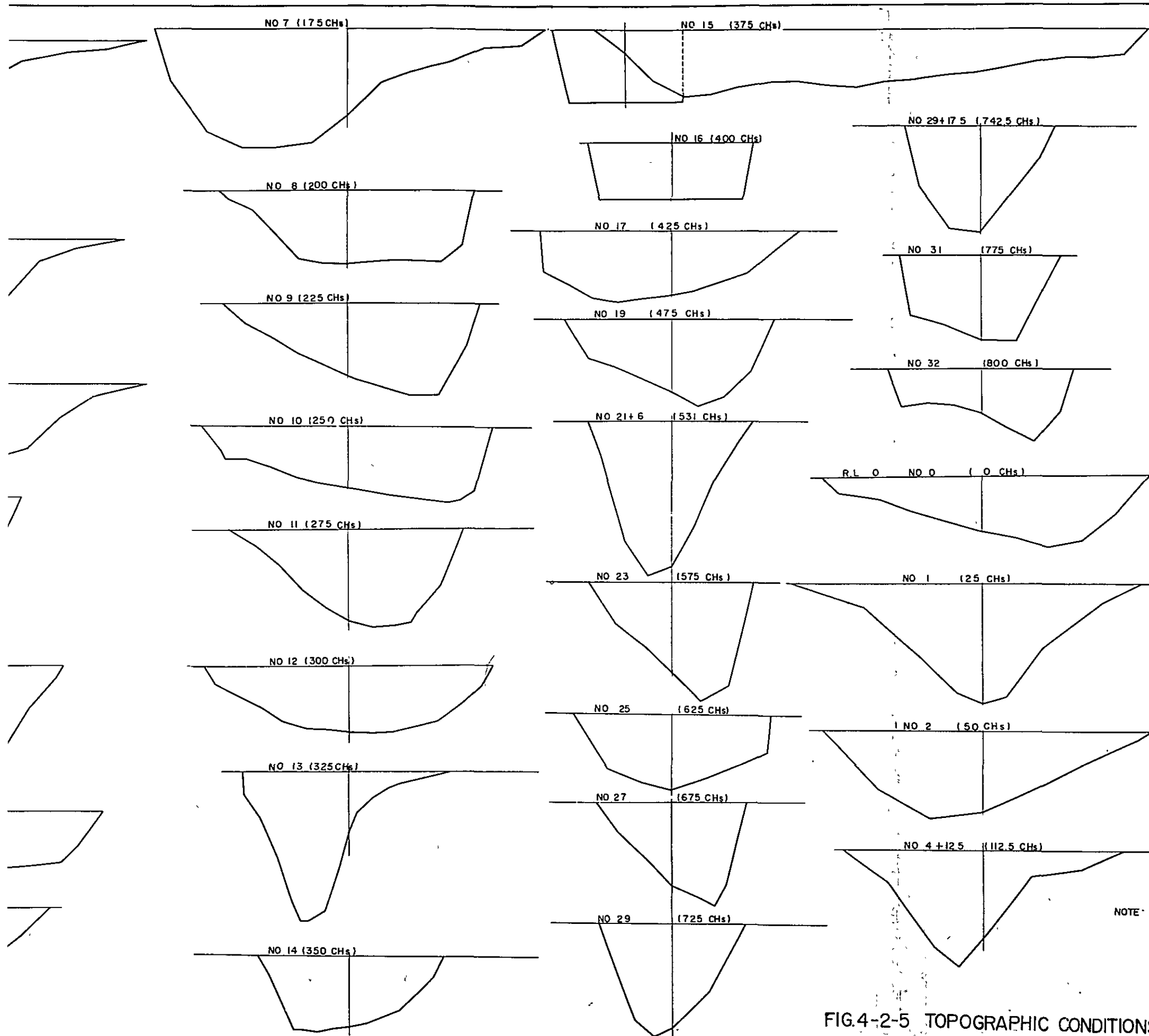


FIG. 4-2-5 TOPOGRAPHIC CONDITIONS OF SG. PRAI (I)

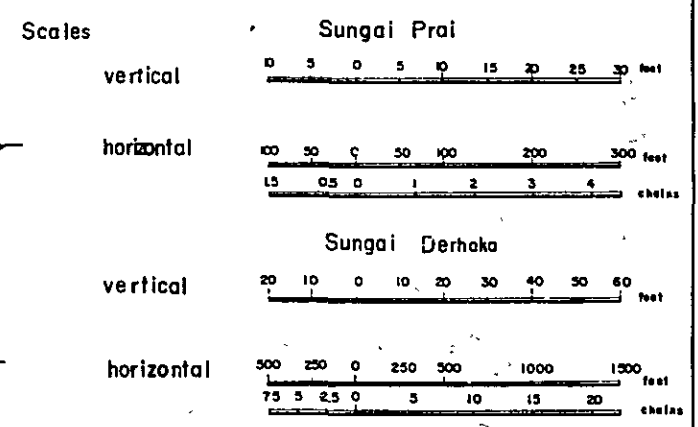
FIG. 4-2-5 (2)





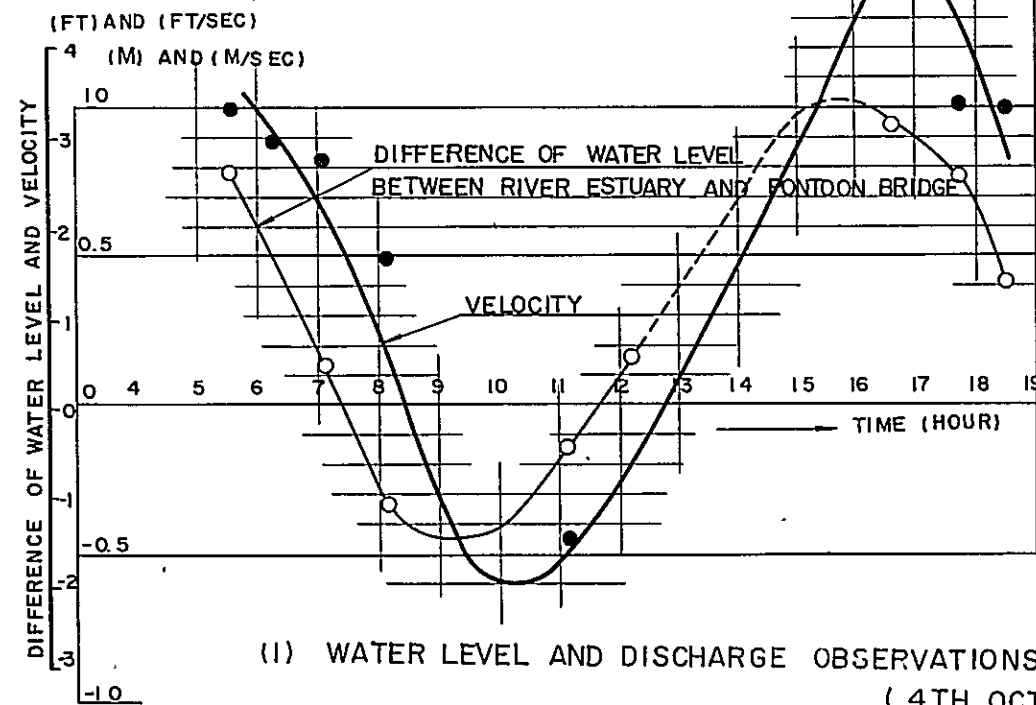
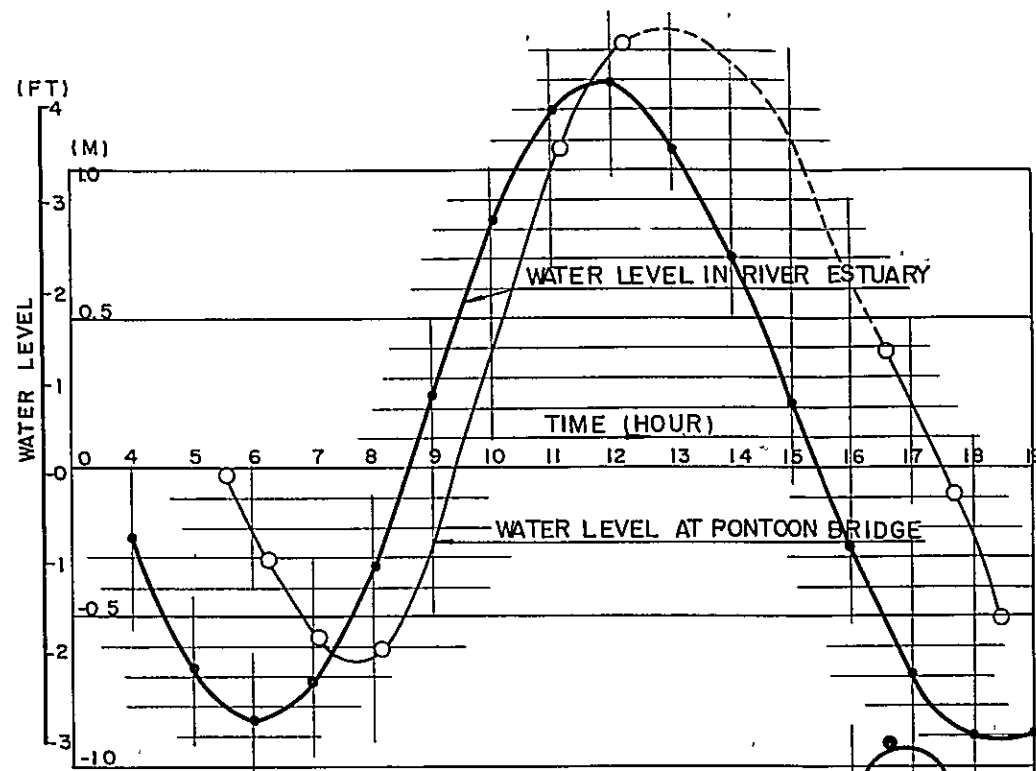
SUNGAI PRAI			
STATION	CROSS SECTION	WATER SURFACE	MEAN DEPTH
	AREA (A) sq-ft (m ²)	WIDTH (B _s) sq-ft (m ²)	(A _s /B _s) ft (m)
NO 0	15751 (1464)	968 (295)	1624 (495)
1	13804 (1283)	869 (265)	1591 (485)
2	12706 (1181)	991 (302)	1280 (390)
3	9231 (858)	590 (180)	1558 (475)
4	9317 (866)	672 (205)	1378 (420)
5	9220 (857)	853 (260)	1033 (315)
6	9844 (915)	623 (192)	1558 (475)
7	10974 (1020)	804 (245)	1362 (415)
8	6036 (561)	528 (161)	1148 (350)
9	6412 (596)	535 (163)	1198 (365)
10	6907 (642)	604 (184)	1083 (330)
11	6025 (560)	485 (148)	1247 (380)
12	5971 (555)	597 (182)	1001 (309)
13	5164 (480)	430 (131)	1198 (365)
14	4196 (392)	380 (116)	1115 (340)
15	3585 (335)	288 (88)	1245 (380)
16	3632 (340)	341 (104)	1065 (325)
17	5659 (526)	535 (163)	1056 (322)
19	4799 (446)	433 (132)	1109 (338)
21+6	5971 (555)	341 (104)	1755 (535)
23	4863 (452)	341 (104)	1427 (435)
25	4562 (424)	403 (123)	1132 (345)
27	3895 (362)	308 (94)	1263 (385)
29	4304 (400)	302 (92)	1427 (435)
29+175	4379 (407)	308 (94)	1427 (435)
31	4325 (402)	328 (100)	1319 (402)
32	3378 (314)	380 (116)	886 (270)

SUNGAI DERHAKA			
NO	AREA (A) sq-ft (m ²)	WIDTH (B _s) sq-ft (m ²)	MEAN DEPTH (A _s /B _s) ft (m)
NO 0	581 (54)	134 (41)	430 (131)
1	775 (72)	144 (44)	538 (164)
2	699 (65)	134 (41)	515 (157)
4+12.5	516 (48)	115 (35)	453 (138)

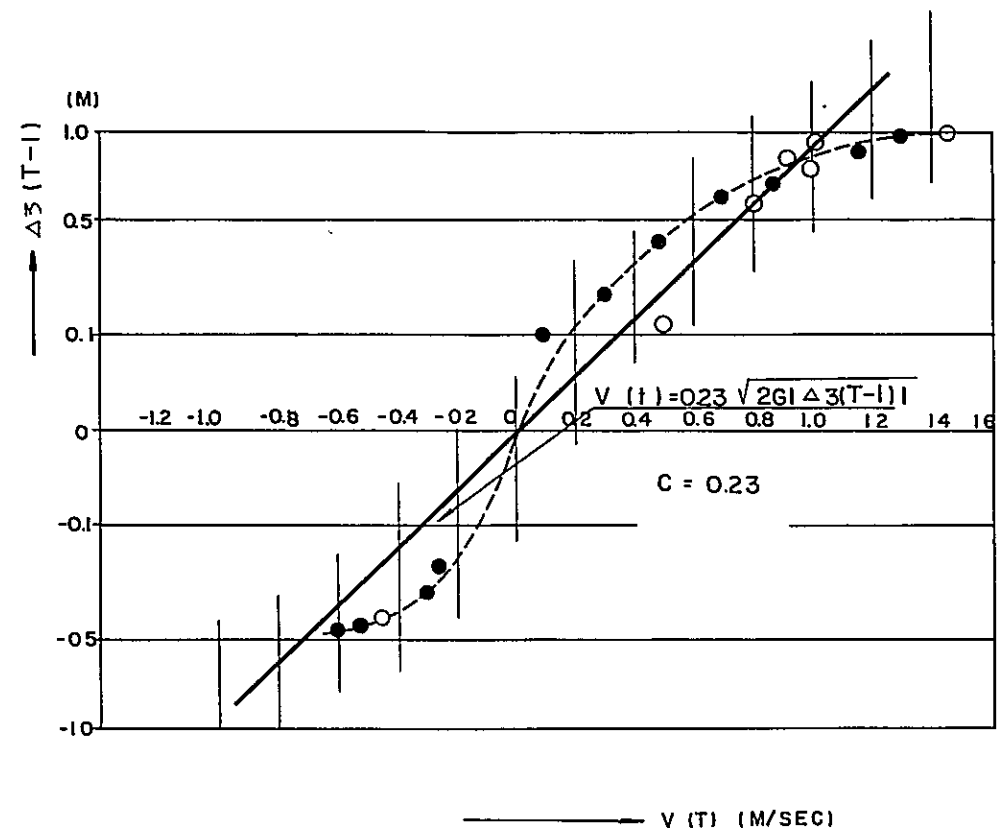


NOTE: Water surface width and cross sectional area are shown at the Water level of RL±0.0

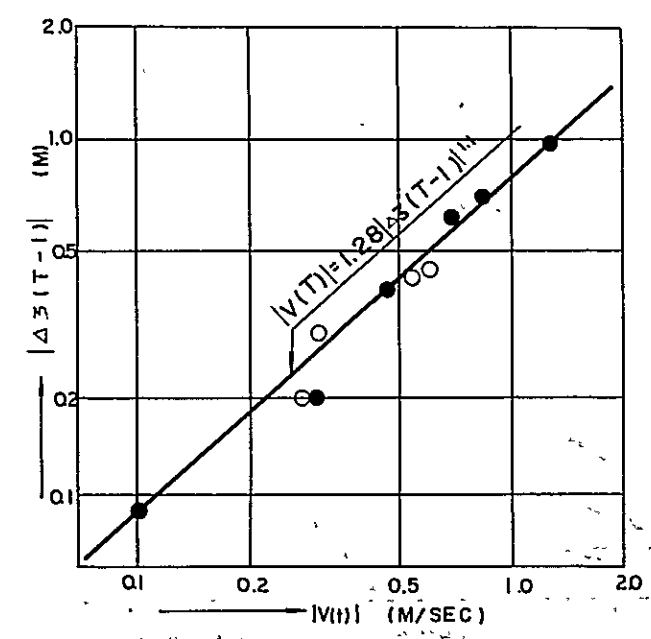
FIG.4-2-5 TOPOGRAPHIC CONDITIONS OF SG. PRAI (2)



(1) WATER LEVEL AND DISCHARGE OBSERVATIONS
(4TH OCT. 1967)



(2) ESTIMATE OF FLOW RESISTANCE (C)



(3) RELATION BETWEEN DIFFERENCE OF WATER LEVEL ($\Delta z(T-I)$) AND VELOCITY ($V(T)$)

FIG. 4-2-6
ESTIMATE FOR FLOW RESISTANCE
OF RIVER CHANNEL

FIG. 4-2-7

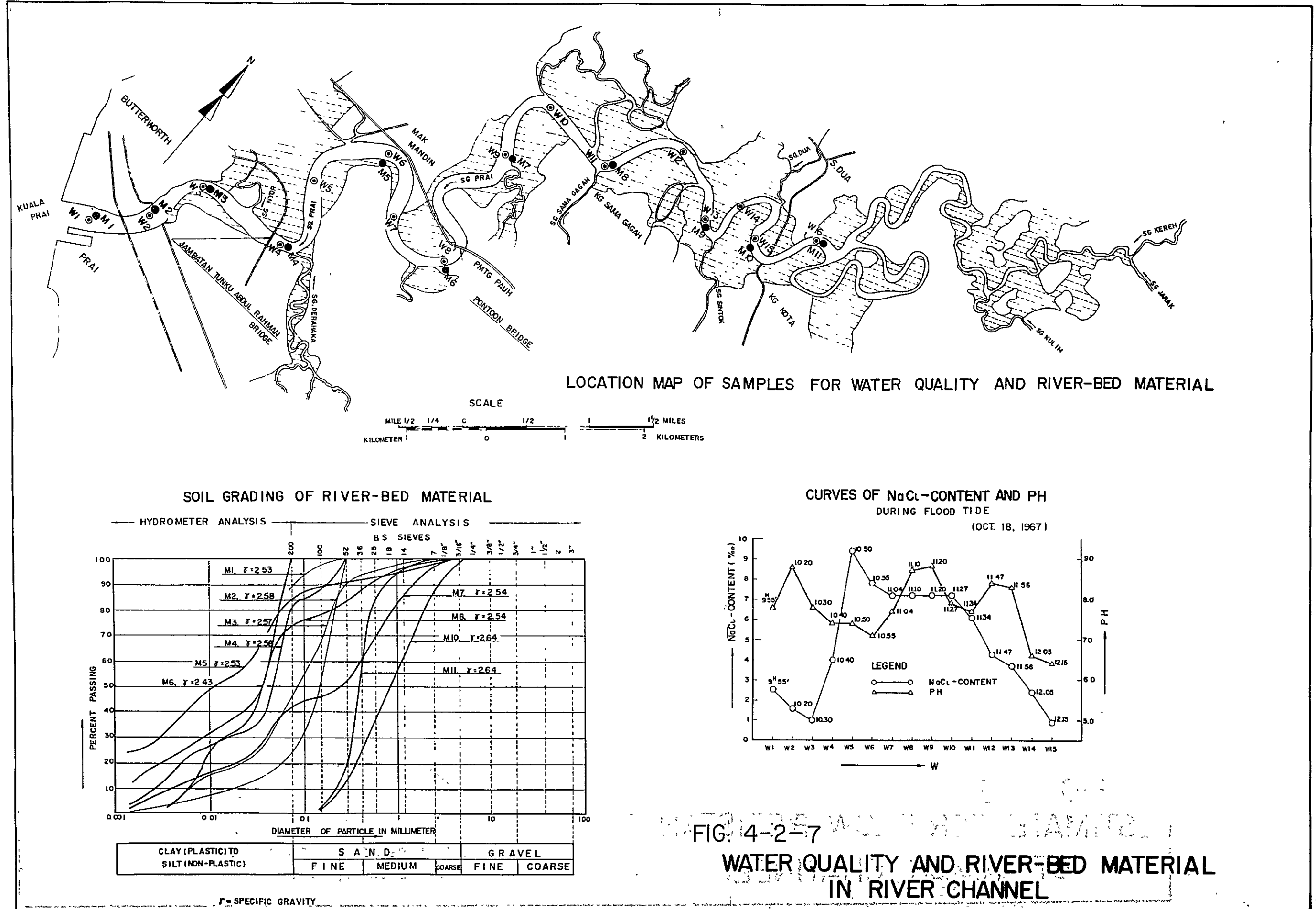


FIG. 4-2-7

WATER QUALITY AND RIVER-BED MATERIAL IN RIVER CHANNEL

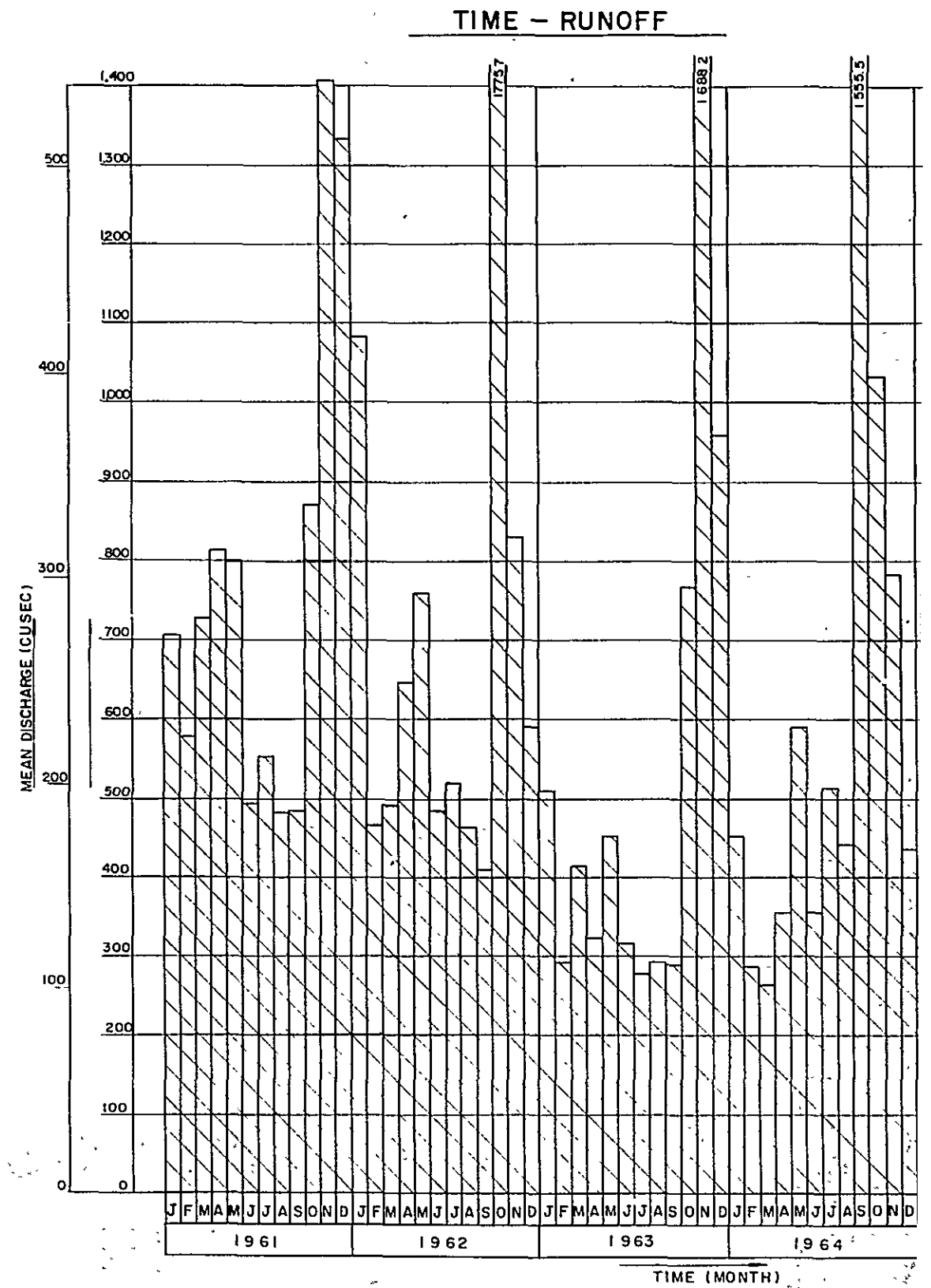
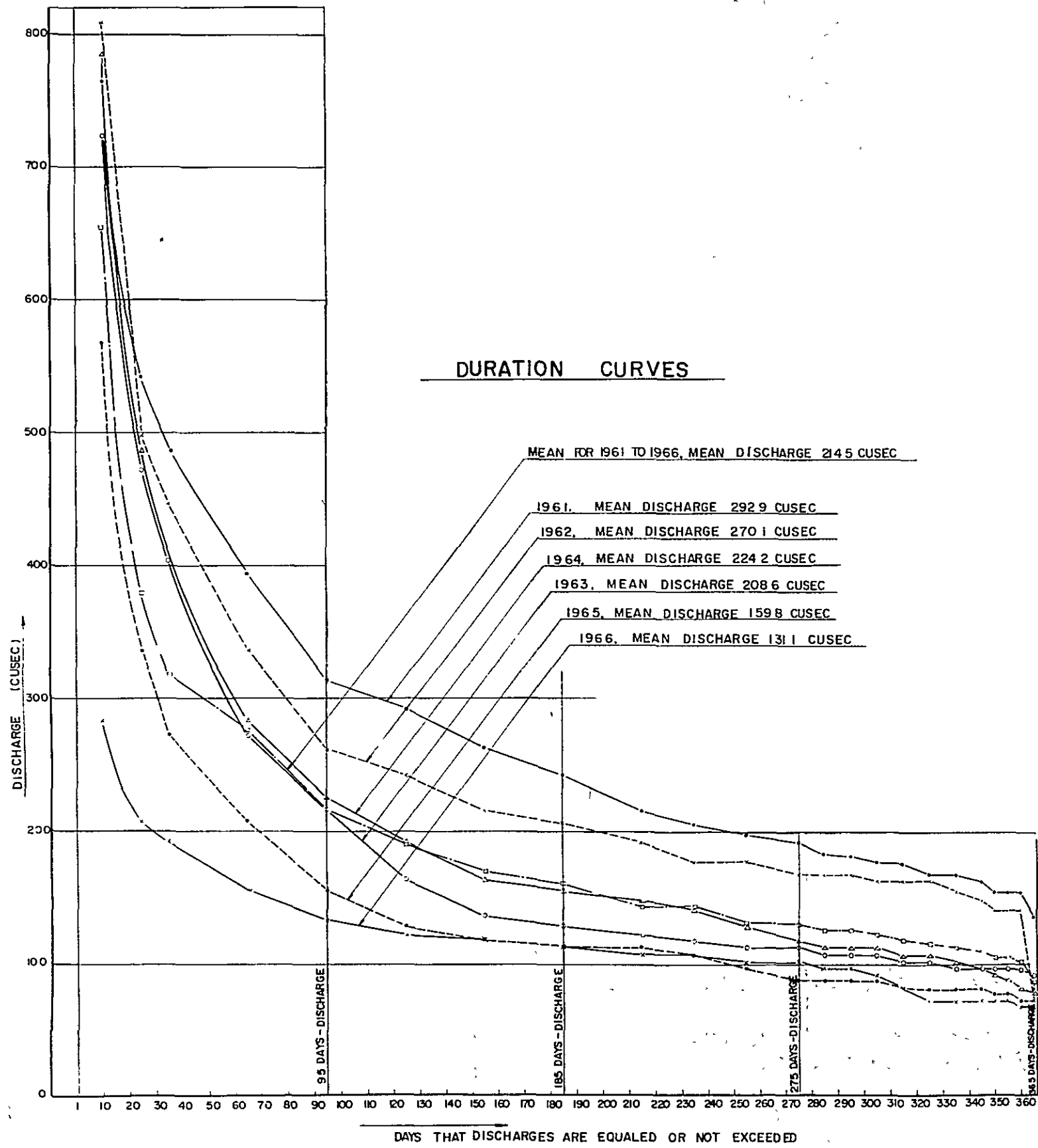


FIG.4-2-8 RUNOFF REGIME AT ARA KUDA DIS

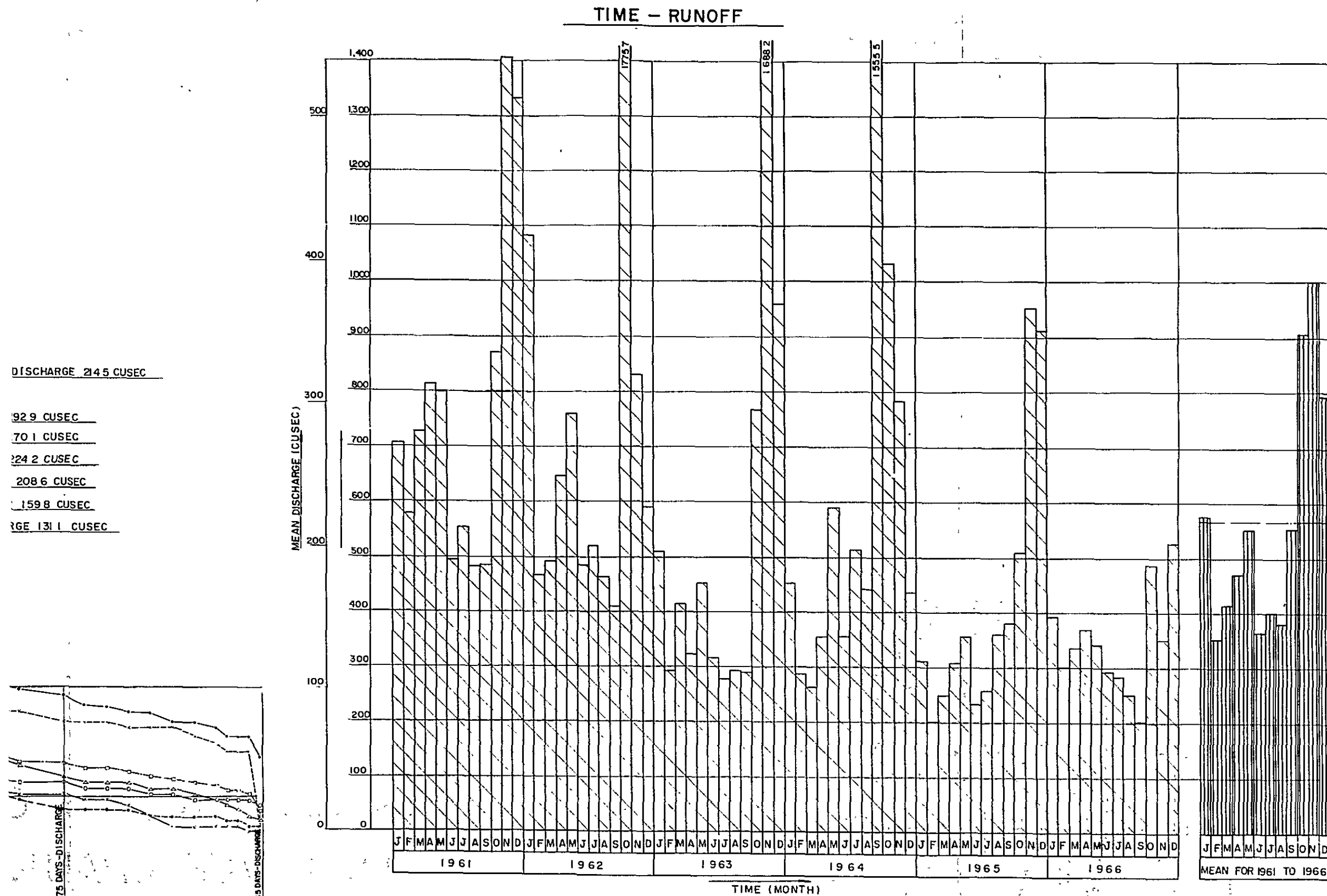


FIG. 4-2-8 RUNOFF REGIME AT ARA KUDA DISCHARGE GAUGING STATION IN SG. KULIM

FIG. 4-2-9

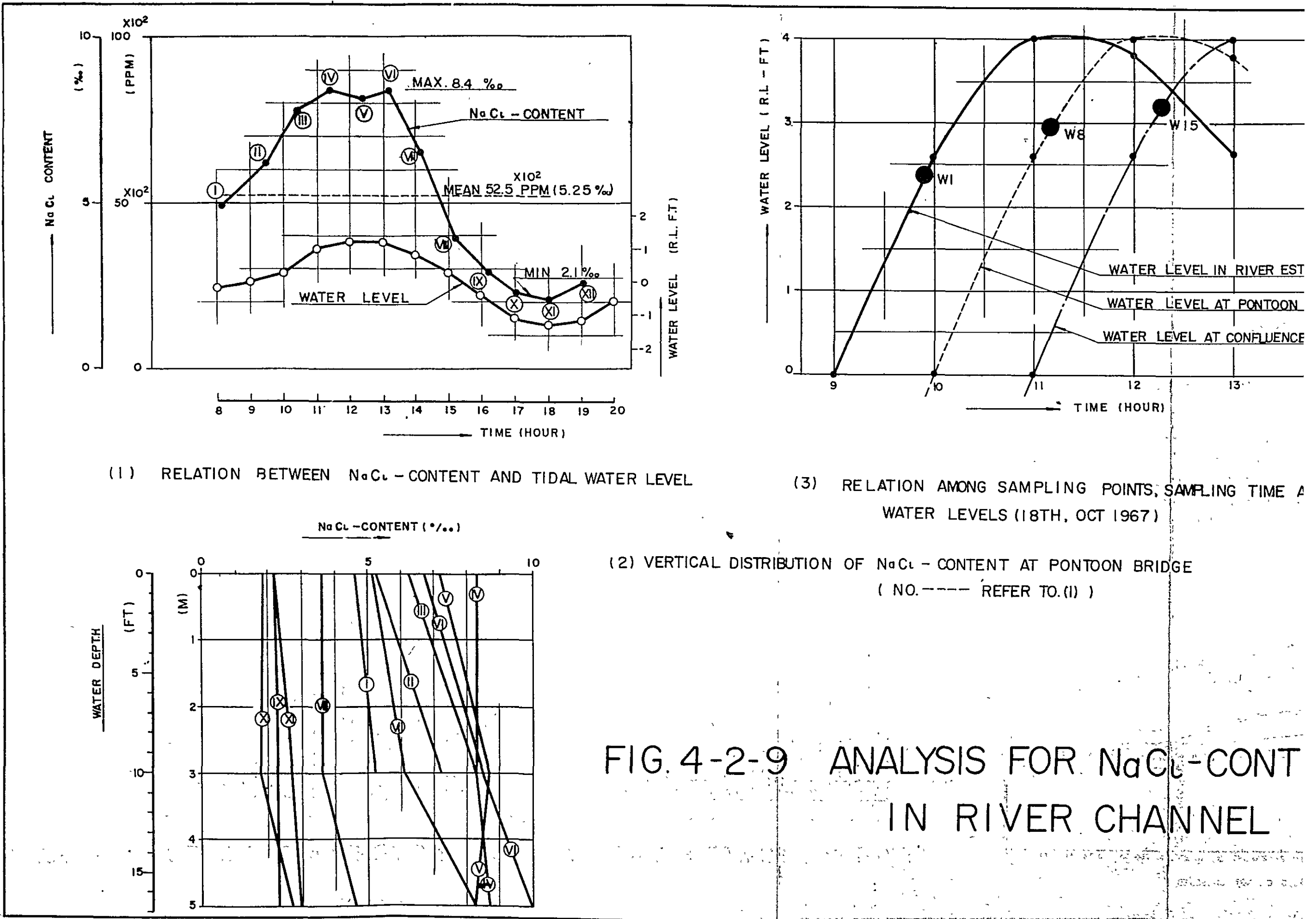
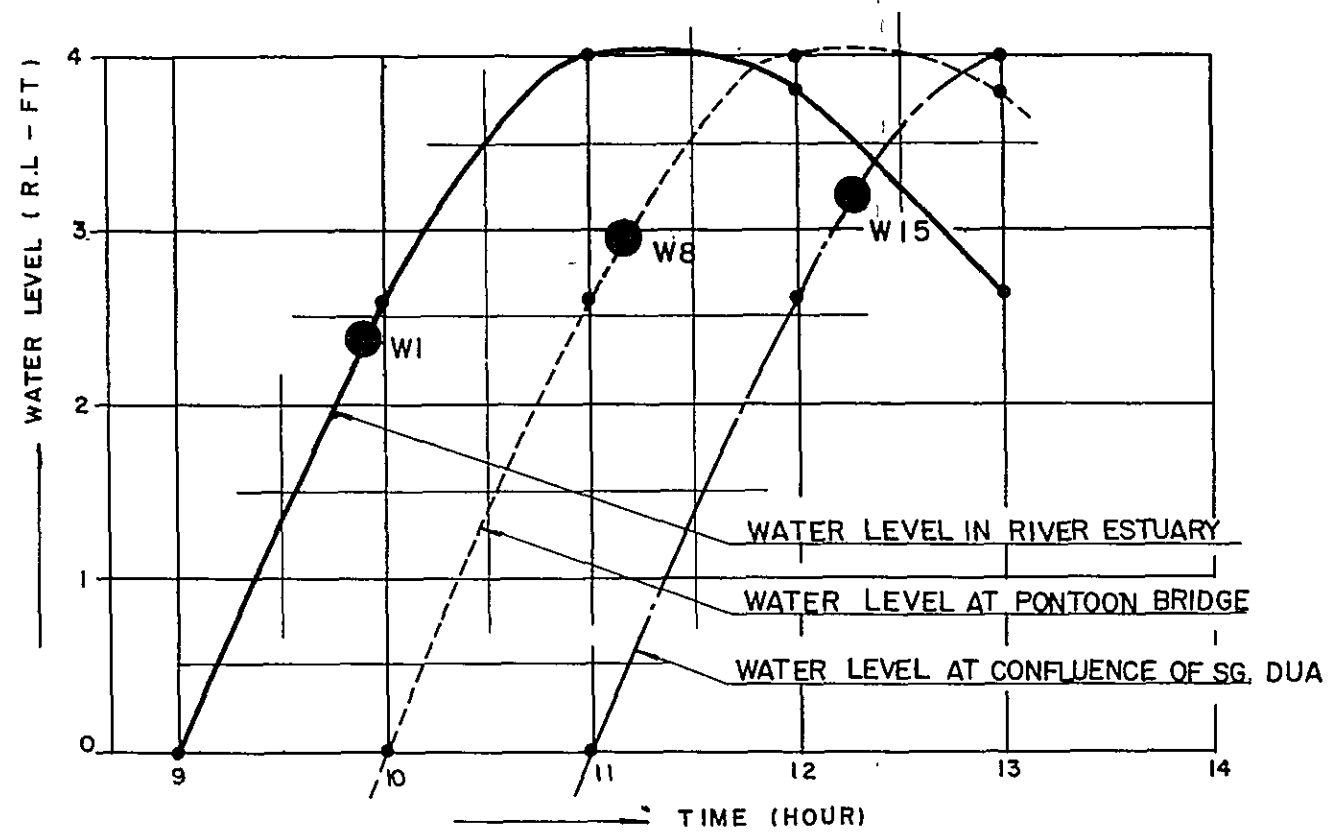
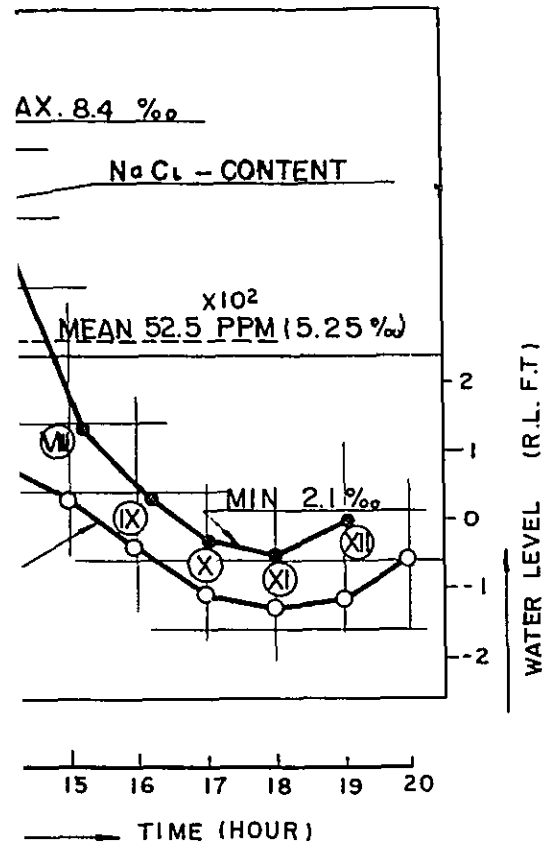


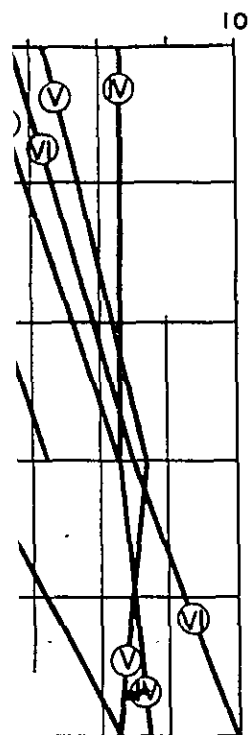
FIG. 4-2-9 ANALYSIS FOR NaCl - CONT IN RIVER CHANNEL



INTENT AND TIDAL WATER LEVEL⁴⁹

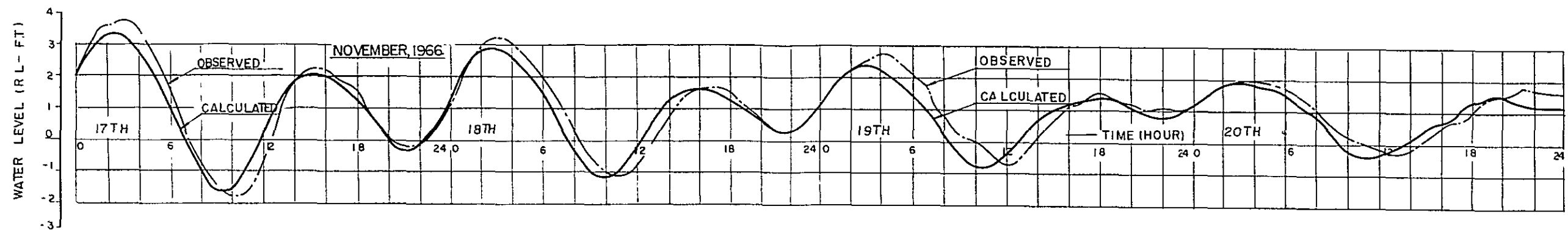
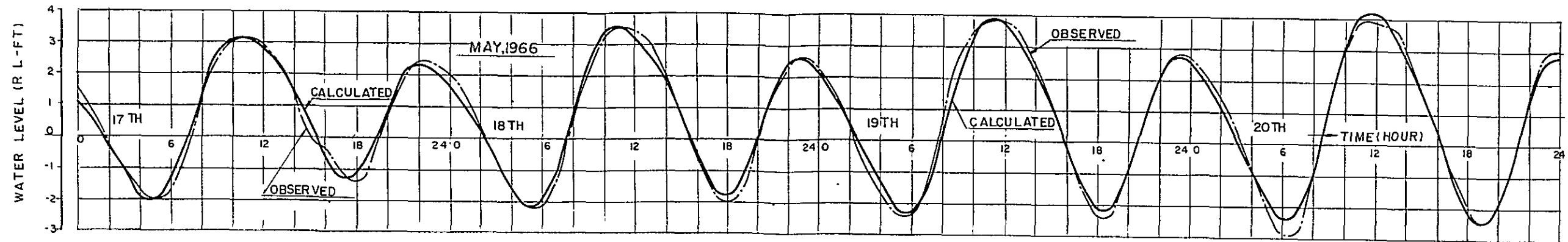
(3) RELATION AMONG SAMPLING POINTS, SAMPLING TIME AND WATER LEVELS (18TH, OCT 1967)

•/••)

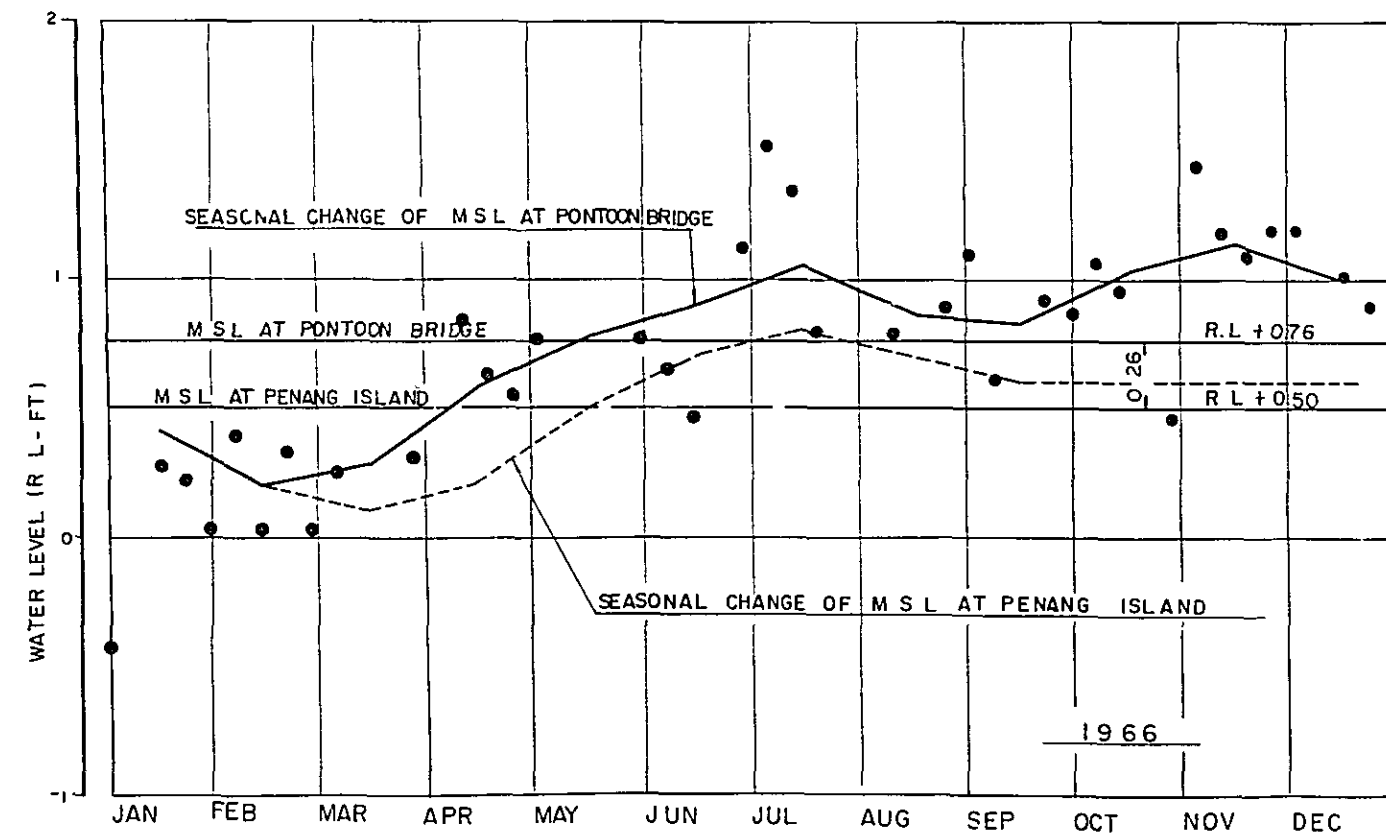


(2) VERTICAL DISTRIBUTION OF NaCl - CONTENT AT PONTOON BRIDGE
 (NO. ----- REFER TO.(1))

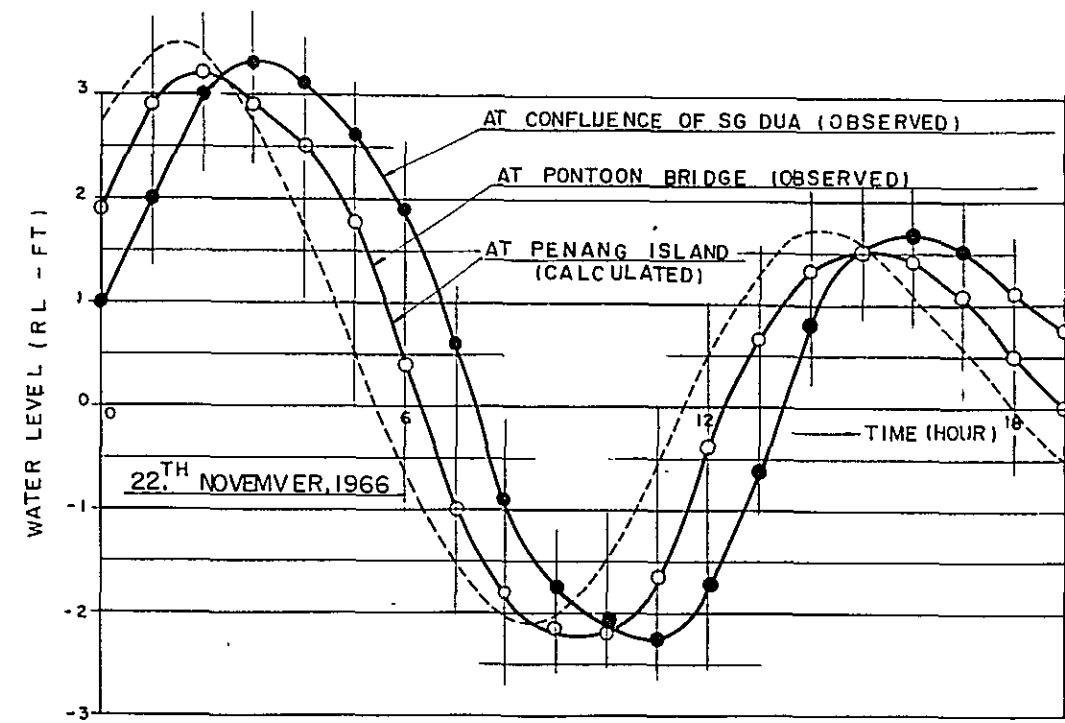
FIG. 4-2-9 ANALYSIS FOR NaCl-CONTENT IN RIVER CHANNEL



(2) TIDAL CURVE AT PONTOON BRIDGE



(3) SEASONAL CHANGE OF M.S.L.



(4) RELATION OF TIDAL LEVELS ALONG SG PRAI

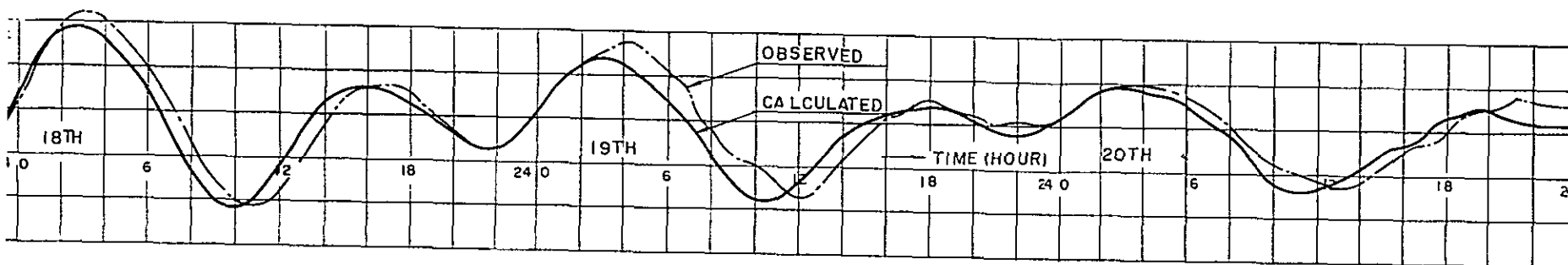
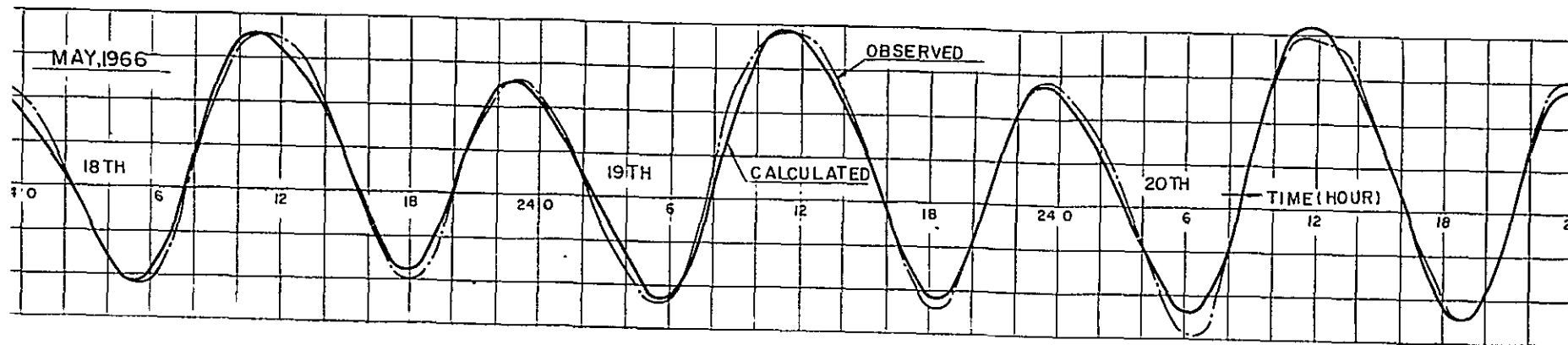
DURATION
30 DAYS
TO

TIDE	SEMI-RANGE H
K ₁	0.55
O ₁	0.04
P ₁	0.18
Q ₁	0.03
M ₂	1.67
S ₂	1.24
K ₂	0.34
N ₂	0.21
L ₂	0.41
V ₂	0.00
U ₂	0.11
M ₄	0.11
MS ₄	0.11
A ₀	

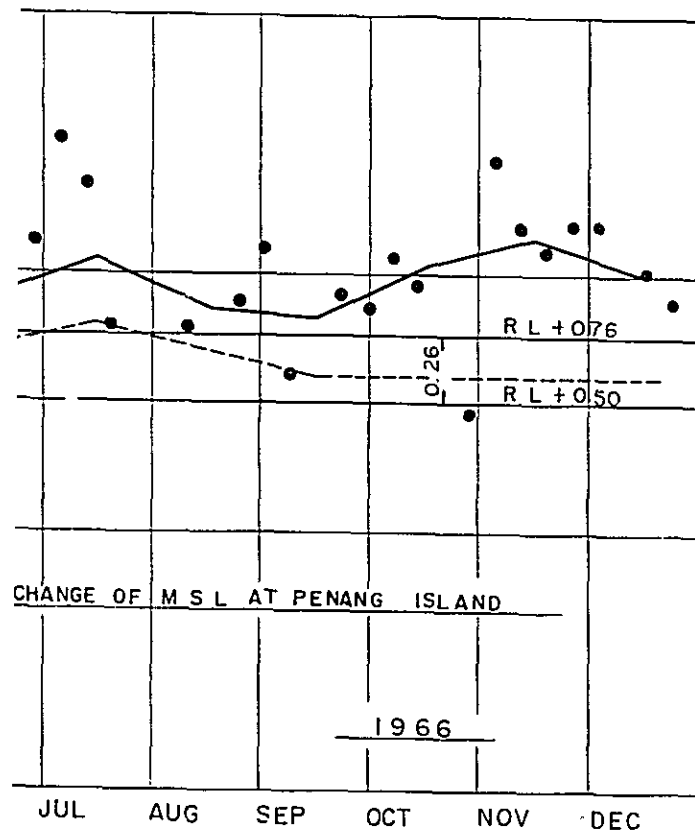
MEAN RANGE OF
2 (H_m + H_s)
MEAN RANGE OF
2 (H_m - H_s)

(1) TIDAL CH

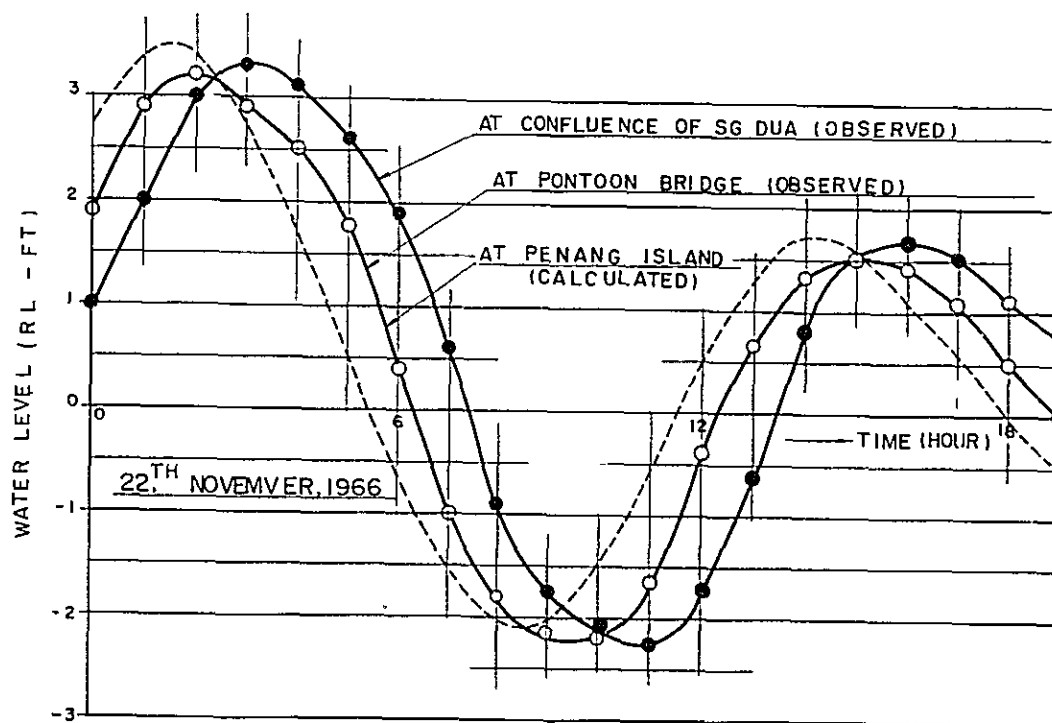
FIG. 4-2
TIDAL CHARACTERISTICS
RIVER C



(2) TIDAL CURVE AT PONTOON BRIDGE



S.L.



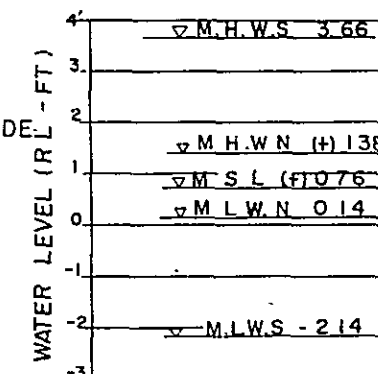
(4) RELATION OF TIDAL LEVELS ALONG SG PRAI

HARMONIC CONSTANTS

DURATION 30 DAYS FROM 1966 5 1 TO 1966 5 30
 DURATION 30 DAYS FROM 1966 11 1 TO 1966 11 30

TIDE	SEMI-RANGE H	LAG K	TIDE	SEMI-RANGE H	LAG K
K ₁	0.55	327.8	K ₁	0.71	338.3
O ₁	0.04	208.3	O ₁	0.14	276.8
P ₁	0.18	327.8	P ₁	0.24	338.3
Q ₁	0.03	147.2	Q ₁	0.05	269.8
M ₂	1.67	352.5	M ₂	1.86	339.2
S ₂	1.26	21.9	S ₂	1.03	11.1
K ₂	0.34	21.9	K ₂	0.28	11.1
N ₂	0.28	348.7	N ₂	0.50	350.7
L ₂	0.40	335.8	L ₂	0.21	17.8
V ₂	0.05	348.7	V ₂	0.10	350.7
U ₂	0.18	47.5	U ₂	0.13	160.9
M ₄	0.10	233.7	M ₄	0.21	193.7
MS ₄	0.18	224.3	MS ₄	0.24	195.5
A ₀	FEET 0.91		A ₀	FEET 0.68	

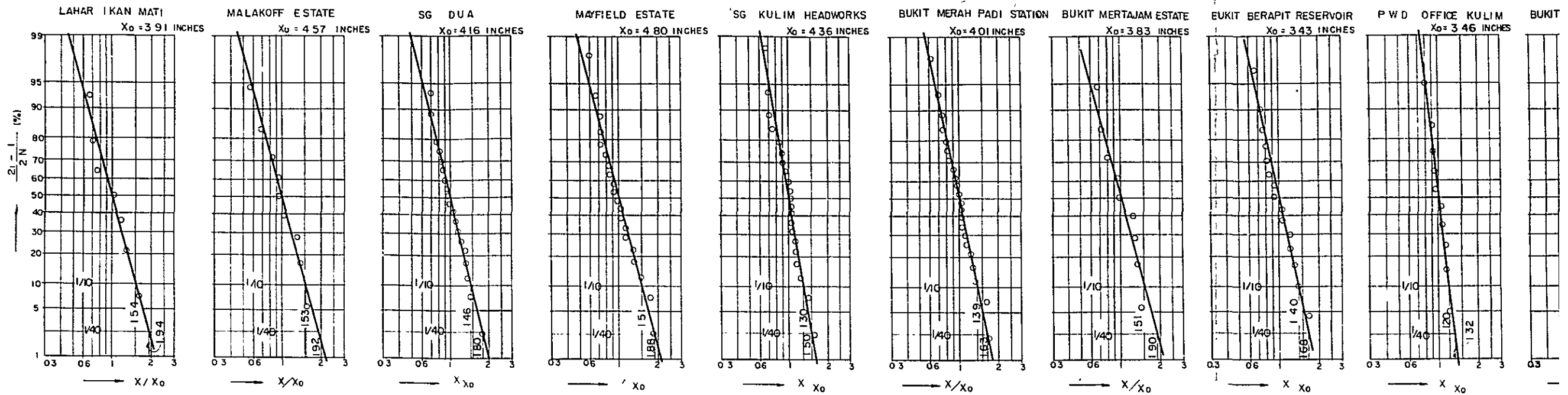
MEAN RANGE OF SPRING TIDE
 $2(H_m + H_s) = 5.80$ FT
 MEAN RANGE OF NEAP TIDE
 $2(H_m - H_s) = 1.24$ FT



(1) TIDAL CHARACTERISTICS AT PONTOON BRIDGE

FIG. 4-2-10
 TIDAL CHARACTERISTICS IN RIVER CHANNEL

FIG. 4-3-1

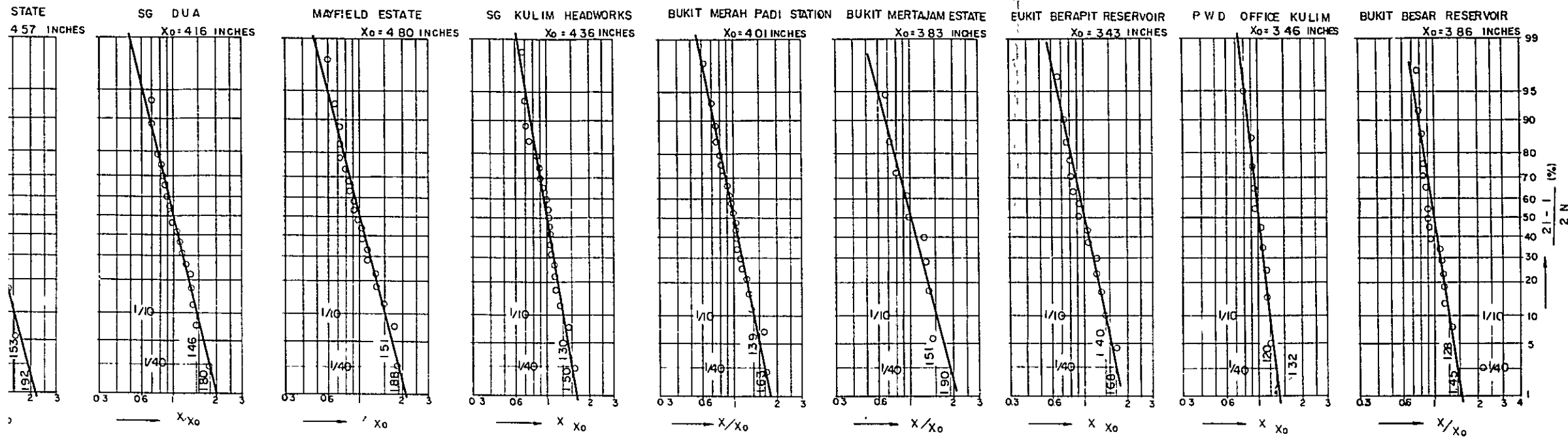


(1) PROBABLE DAILY RAINFALL ESTIMATED BY THE USE OF HAZEN PAPER METHOD

		LAHAR IKAN MATI	MALAKOFF ESTATE	SG DUA	MAYFIELD ESTATE	SG KULIM HEADWORKS	BUKIT MERAH PADI STATION	BUKIT MERTAJAM ESTATE	BUKIT BERAPIT RESERVOIR	P W D OFFICE, KULIM	BUKIT BESAR RESERVOIR
STATISTIC YEARS		7 FROM 1960	9 FROM 1958	21 FROM 1946	20 FROM 1947	21 FROM 1946	22 FROM 1945	9 FROM 1958	15 FROM 1952	10 FROM 1957	19 FROM 1948
HISTORICAL RECORD	1ST RANK	6.40	7.22	7.40	6.84	6.97	6.73	5.46	5.80	4.15	8.45
		1/14, 1964-11-9	1/12, 1958-5-13	1/40, 1947-9	1/36, 1947-9	1/59, 1952-3	1/52, 1952-10	1/8, 1962-10-9	1/40, 1962-10	1/10, 1962-4	1/19, 1950-5
	2ND RANK	5.11	6.40	6.12	8.53	6.20	6.50	5.15	4.80	4.00	5.20
	1/5, 1965-10-31	1/6, 1964-11-9	1/10, 1964-11-9	1/25, 1955-3	1/25, 1964-11-9	1/40, 1946-12	1/6, 1965-12-22	1/10, 1952-10	1/7, 1964-9	1/16, 1963-11-12	
	3RD RANK	4.69	6.09	5.80	7.20	5.31	5.31	4.99	4.50	3.90	4.57
		1/3, 1966-3-25	1/3, 1962-10-20	1/8, 1952-10	1/9, 1950-9	1/6, 1965-11-21	1/8, 1964-11	1/5, 1966-12-10	1/6, 1957-12	1/6, 1965-7	1/5, 1960-11-6
RETURN PERIOD											
HAZEN PAPER METHOD	1/5	5.20	6.00	5.37	6.24	5.19	4.39	4.98	4.29	3.88	4.56
	1/10	6.03	7.00	6.07	7.25	5.67	5.57	5.75	4.81	4.16	4.94
	1/20	6.77	7.87	6.74	8.16	6.10	6.02	6.52	5.22	4.36	5.29
	1/30	7.24	8.42	7.20	8.64	6.37	6.34	6.90	5.50	4.50	5.44
	1/40	7.59	8.79	7.49	9.02	6.54	6.54	7.28	5.76	4.57	5.64
	1/50	7.83	9.05	7.69	9.31	6.63	6.70	7.47	5.84	4.64	5.75
IWA'S METHOD	1/5 (ξ = 0.8416)	5.14	5.89	5.38	6.23	5.24	4.99	4.81	4.31	3.84	4.76
	1/10 (ξ = 1.2815)	6.11	6.68	6.17	7.20	5.79	5.54	5.35	4.90	4.26	5.43
	1/20 (ξ = 1.6449)	7.10	7.48	6.91	8.16	6.29	6.24	5.81	5.46	4.57	6.11
	1/40 (ξ = 1.9600)										
CALCULATION FORMULA		$\text{LOG}_{10}(X-1611)+0.2392 \xi + 0.3464$	$\text{LOG}_{10}(X+2.141)+0.0925 \xi + 0.8267$	$\text{LOG}_{10}(X-0.239)+0.1447 \xi + 0.5763$	$\text{LOG}_{10}(X+1.55)+0.875 \xi + 0.5119$	$\text{LOG}_{10}(X-0.781)+0.137 \xi + 0.526$	$\text{LOG}_{10}(X-1.12)+0.1510 \xi + 0.4609$	$\text{LOG}_{10}(X+3.431)+0.0620 \xi + 0.8639$	$\text{LOG}_{10}(X-1.18)+0.1693 \xi + 0.3532$	$\text{LOG}_{10}(X-2.25)+0.1695 \xi + 0.0864$	$\text{LOG}_{10}(X+2.31)+0.2356 \xi + 0.193$

(2) PROBABLE DAILY RAINFALL (UNIT INCHES)

FIG. 4-3-1 PROBABLE DAILY RAINFALL ON THE



(1) PROBABLE DAILY RAINFALL ESTIMATED BY THE USE OF HAZEN PAPER METHOD

	MALAKOFF ESTATE	SG DUA	MAYFIELD ESTATE	SG KULIM HEADWORKS	BUKIT MERAH PADI STATION	BUKIT MERTAJAM ESTATE	BUKIT BERAPIT RESERVOIR	P W D OFFICE, KULIM	BUKIT BESAR RESERVOIR
1)	9 FROM 1958	21 FROM 1946	20 FROM 1947	21 FROM 1946	22 FROM 1945	9 FROM 1958	15 FROM 1952	10 FROM 1957	19 FROM 1948
	7.22	7.40	8.84	6.97	6.73	5.46	5.80	4.15	8.45
2)	1/12, 1958-5-13	1/40, 1947-9	1/36, 1947-9	1/59, 1952-3	1/52, 1952-10	1/8, 1962-10-9	1/40, 1962-10	1/10, 1962-4	—, 1950-5
	6.40	6.12	8.53	6.20	6.50	5.15	4.80	4.00	5.20
3)	1/6, 1964-11-9	1/10, 1964-11-9	1/25, 1955-3	1/25, 1964-11-9	1/40, 1946-12	1/6, 1965-12-22	1/10, 1952-10	1/7, 1964-9	1/16, 1963-11-12
	6.09	5.80	7.20	5.31	5.31	4.99	4.50	3.90	4.57
4)	1/3, 1962-10-20	1/8, 1952-10	1/9, 1950-9	1/6, 1965-11-21	1/8, 1964-11	1/5, 1966-12-10	1/6, 1957-12	1/6, 1965-7	1/5, 1960-11-6

600	5.37	6.24	5.19	4.39	4.98	4.29	3.88	4.56
700	6.07	7.25	5.67	5.57	5.75	4.81	4.16	4.94
787	6.74	8.16	6.10	6.02	6.52	5.22	4.36	5.29
842	7.20	8.64	6.37	6.34	6.90	5.50	4.50	5.44
879	7.49	9.02	6.54	6.54	7.28	5.76	4.57	5.64
905	7.69	9.31	6.63	6.70	7.47	5.84	4.64	5.75
589	5.38	6.23	5.24	4.99	4.81	4.31	3.84	4.76
668	6.17	7.20	5.79	5.54	5.35	4.90	4.26	5.43
748	6.91	8.16	6.29	6.24	5.81	5.46	4.57	6.11

464 LOG(X+2.14)+0.09255+0.867 LOG(X-0.39)+0.447 E +0.5763 LOG(X-1.55)+0.875 E +0.5119 LOG(X-0.78)+0.137 E +0.559 LOG(X-1.12)+0.151 E +0.4609 LOG(X+3.43)+0.0620 E +0.8633 LOG(X-1.18)+0.1693 E +0.3532 LOG(X-2.25)+0.1695 E +0.0864 LOG(X-2.31)+0.236 E +0.1903

(2) PROBABLE DAILY RAINFALL (UNIT INCHES)

FIG. 4-3-1 PROBABLE DAILY RAINFALL ON THE SPOT

GAUGING STATION	BLOCK	CATCHMENT AREA								%		
		SG JARAK BASIN		SG KULIM BASIN		SG KEREH BASIN		TOTAL				
		IN. SQ MI	IN. SQ KM	IN. SQ MI	IN. SQ KM	IN. SQ MI	IN. SQ KM	IN. SQ MI	IN. SQ KM			
MALAKOFF ESTATE	A	—	—	—	—	—	—	13.99	36.23	13.99	36.23	10.4
SUB-TOTAL	B	1.53	3.96	—	—	—	—	1.53	3.96	1.53	3.96	
MAYFIELD ESTATE	C	—	—	—	—	—	—	9.40	24.35	9.40	24.35	25.2
SUB-TOTAL	D	26.14	67.70	—	—	—	—	26.14	67.70	26.14	67.70	
SG KULIM HEADWORKS	E	—	—	1.72	4.45	—	—	—	—	1.72	4.45	8.2
SUB-TOTAL	F	26.14	67.70	1.72	4.45	9.40	24.35	37.25	96.50	37.25	96.50	
BUKIT BERAPIT RESERVOIR	G	—	—	—	—	—	—	—	—	3.54	9.17	7.1
SUB-TOTAL	H	3.54	9.17	—	—	—	—	—	—	3.54	9.17	
BUKIT MERTAJAM ESTATE	I	—	—	10.47	27.12	—	—	—	—	10.47	27.12	20.9
SUB-TOTAL	J	25.99	67.31	—	—	—	—	—	—	25.99	67.31	
P.W.D. OFFICE, KULIM	K	—	—	4.49	11.63	—	—	—	—	4.49	11.63	14.8
SUB-TOTAL	L	25.99	67.31	5.07	13.13	—	—	—	—	31.06	80.44	
BUKIT BESAR RESERVOIR	M	—	—	—	—	—	—	—	—	0.33	0.87	13.4
SUB-TOTAL	N	0.33	0.87	—	—	—	—	—	—	0.33	0.87	
GRAND-TOTAL		57.53	149.01	67.50	174.82	23.39	60.58	148.42	384.41	100.0		

(2) AREA OF THIESSEN'S TRIANGLES

BASIN	SG. JARAK					SG KULIM				
BLOCK	I	D	L	B	F	N	M	J	K	H
A _i (SG MI)	25.99	26.14	0.33	1.53	3.54	19.86	21.71	4.49	0.58	10.47
A _i /ΣA _i (%)	45.2	45.5	0.6	2.7	6.0	29.4	32.2	6.7	0.8	15.5
1/5 R ₂₄	4.98	6.24	3.88	6.00	5.19	4.56	3.88	4.98	4.98	4.29
1/10 R ₂₄	2.25	2.83	0.02	0.16	0.31	1.34	1.24	0.33	0.03	0.66
1/20 R ₂₄	5.75	7.25	4.16	7.00	5.67	4.94	4.16	5.75	5.75	4.81
1/30 R ₂₄	2.59	3.29	0.02	0.18	0.34	1.45	1.33	0.38	0.04	0.74
1/40 R ₂₄	6.52	8.16	4.36	7.87	6.10	5.29	4.36	6.52	6.52	5.22
1/50 R ₂₄	2.94	3.71	0.02	0.21	0.36	1.55	1.40	0.43	0.05	0.80
1/60 R ₂₄	6.90	8.64	4.50	8.42	6.37	5.44	4.50	6.90	6.90	5.50
1/70 R ₂₄	3.11	3.93	0.02	0.22	0.38	1.59	1.44	0.46	0.05	0.85
1/80 R ₂₄	7.28	9.02	4.57	8.79	6.54	5.64	4.57	7.28	7.28	5.76
1/90 R ₂₄	3.29	4.10	0.02	0.23	0.39	1.65	1.47	0.48	0.05	0.89

BASIN	SG KULIM		SG KEREH		RIGHT BANK OF	LEFT BANK OF	SWAMP LAND
BLOCK	E	G	C	A	SG PRAI	SG PRAI	ALONG SG PRAI
A _i (SG MI)	1.72	8.67	9.40	13.99	(SG DUA STATION)	(BUKIT MERAH)	(MEAN BETWEEN
A _i /ΣA _i (%)	2.5	12.9	40.0	60.0		PADI STATION)	SG DUA AND BIMPADI)
1/5 R ₂₄	6.24	5.19	6.24	6.00	5.37	4.39	4.88
1/10 R ₂₄	0.15	0.66	4.41	2.49	3.60	6.09	6.07
1/20 R ₂₄	7.25	5.67	7.25	7.00	7.10	6.07	5.57
1/30 R ₂₄	0.18	0.73	4.85	2.90	4.20	7.10	5.82
1/40 R ₂₄	8.16	6.10	8.16	7.87	7.98	6.74	6.02
1/50 R ₂₄	0.20	0.78	5.21	3.26	4.72	7.98	6.38
1/60 R ₂₄	8.64	6.37	8.64	8.42	8.50	7.20	6.34
1/70 R ₂₄	0.21	0.82	5.42	3.45	5.05	8.50	6.77
1/80 R ₂₄	9.02	6.54	9.02	8.79	8.88	7.49	6.54
1/90 R ₂₄	0.22	0.84	5.60	3.61	5.27	8.88	7.02

(3) MEAN PROBABLE DAILY RAINFALL ON BASINS

(UNIT INCHES)

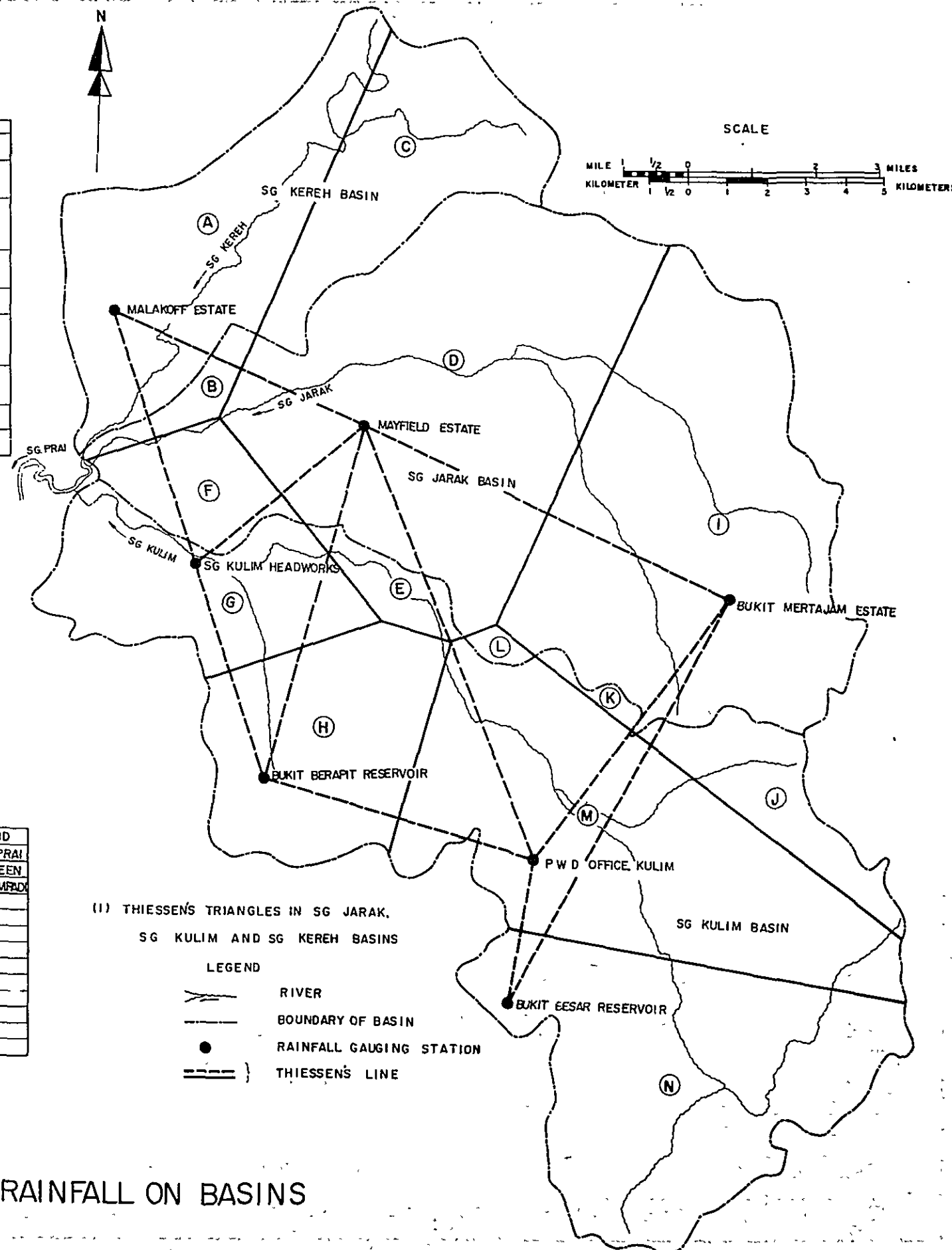


FIG. 4-3-2 MEAN PROBABLE DAILY RAINFALL ON BASINS

FIG. 4-3-3

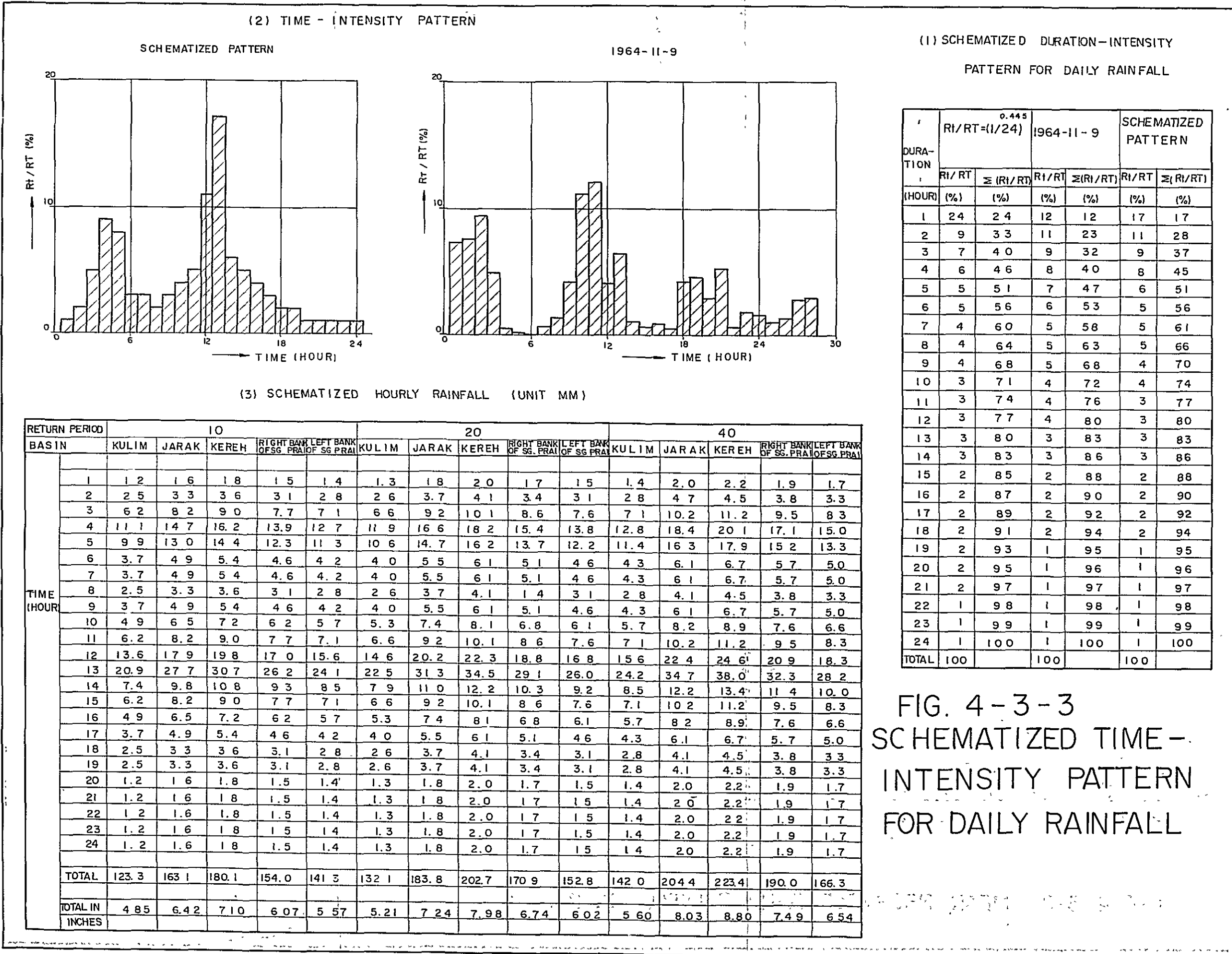
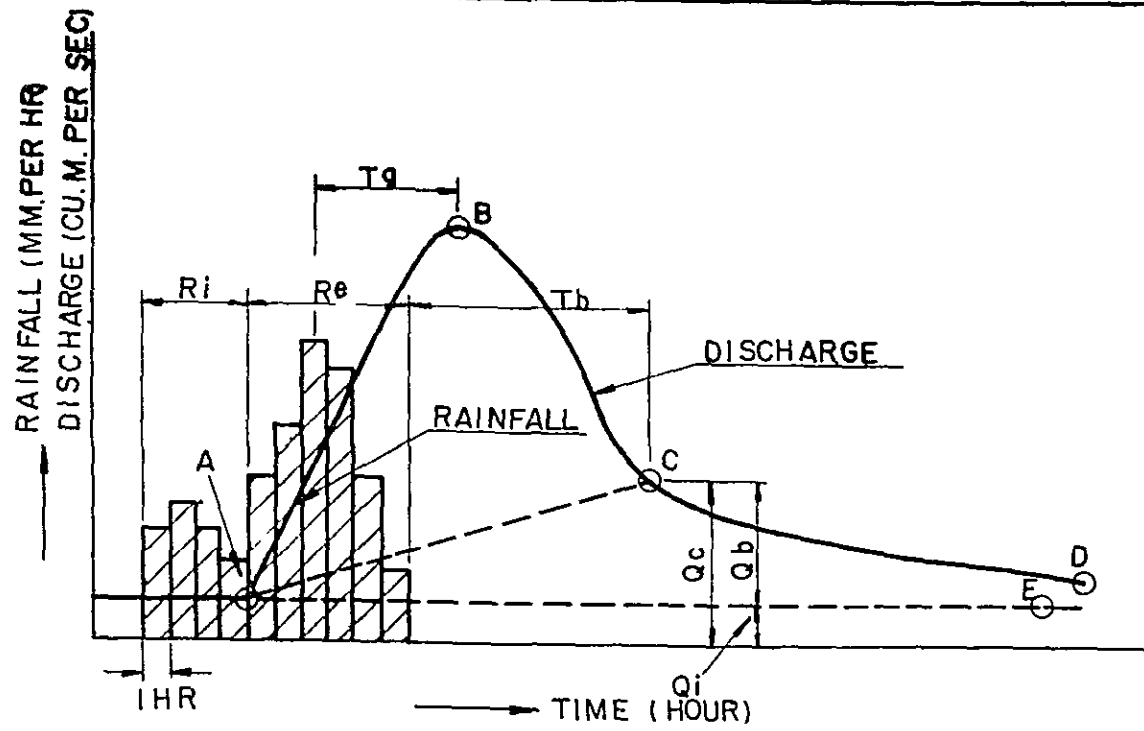
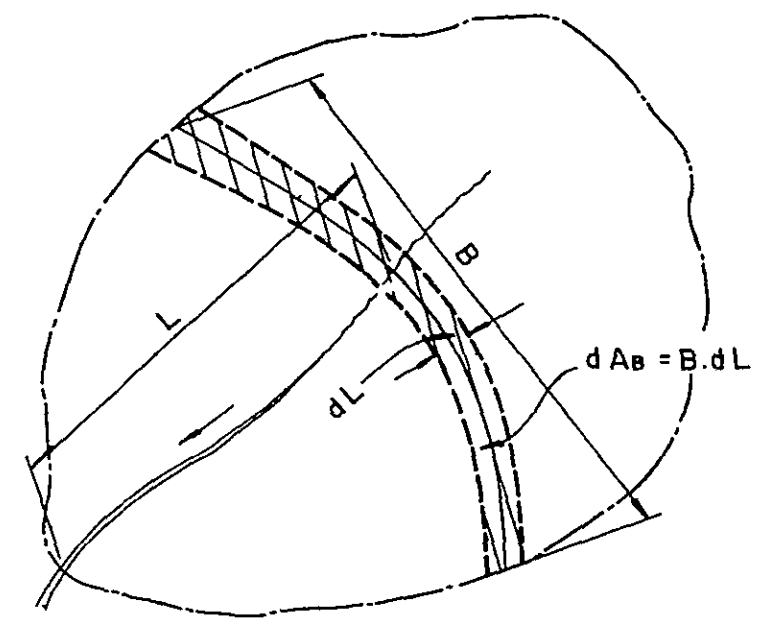


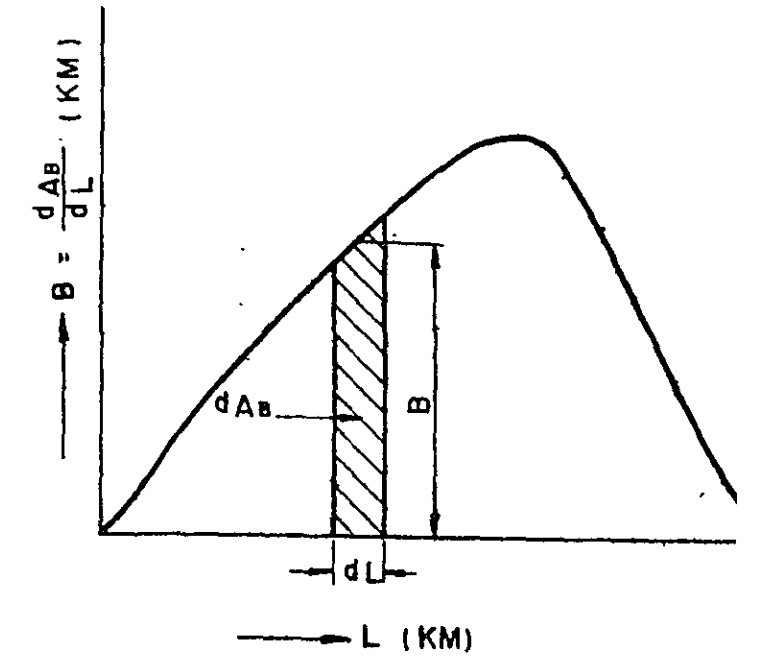
FIG. 4-3-3
SCHEMATIZED TIME-INTENSITY PATTERN FOR DAILY RAINFALL



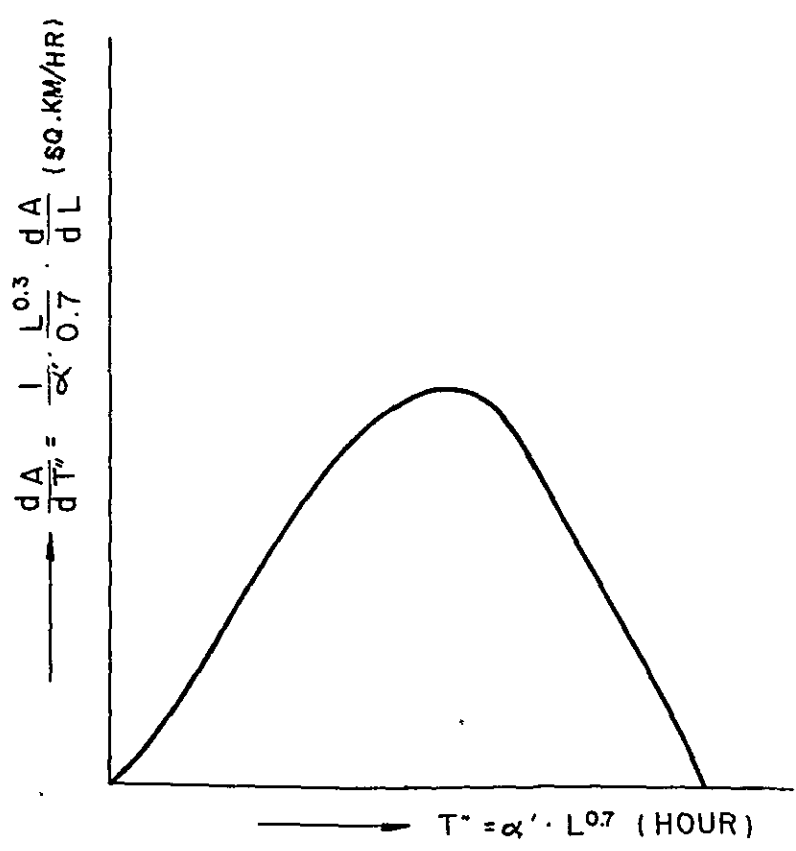
①



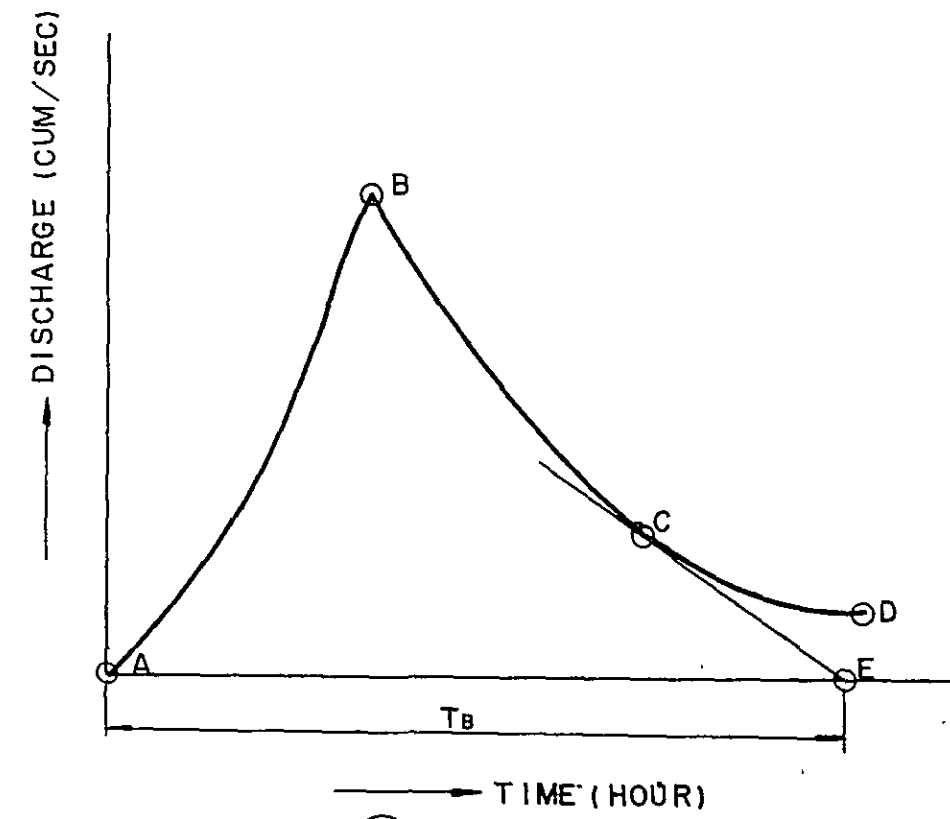
②



③



④



⑤

FIG. 4-3-4

DIAGRAM FOR TATEGAMI'S HYDROGRAPH METHOD

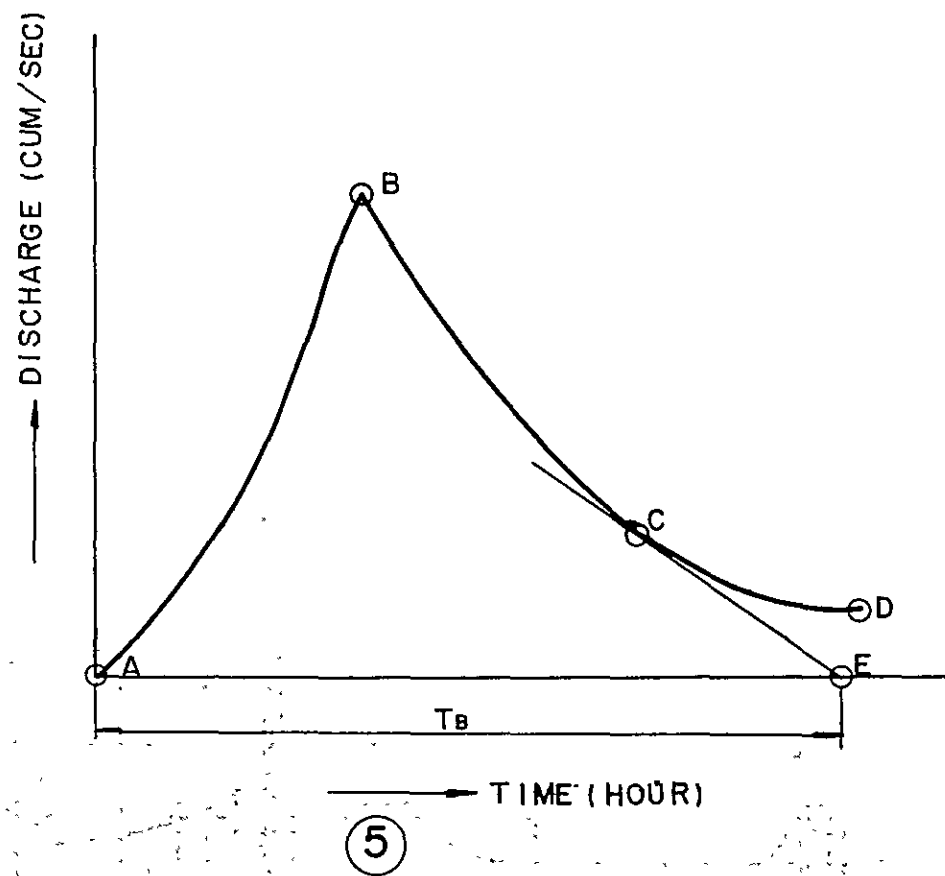
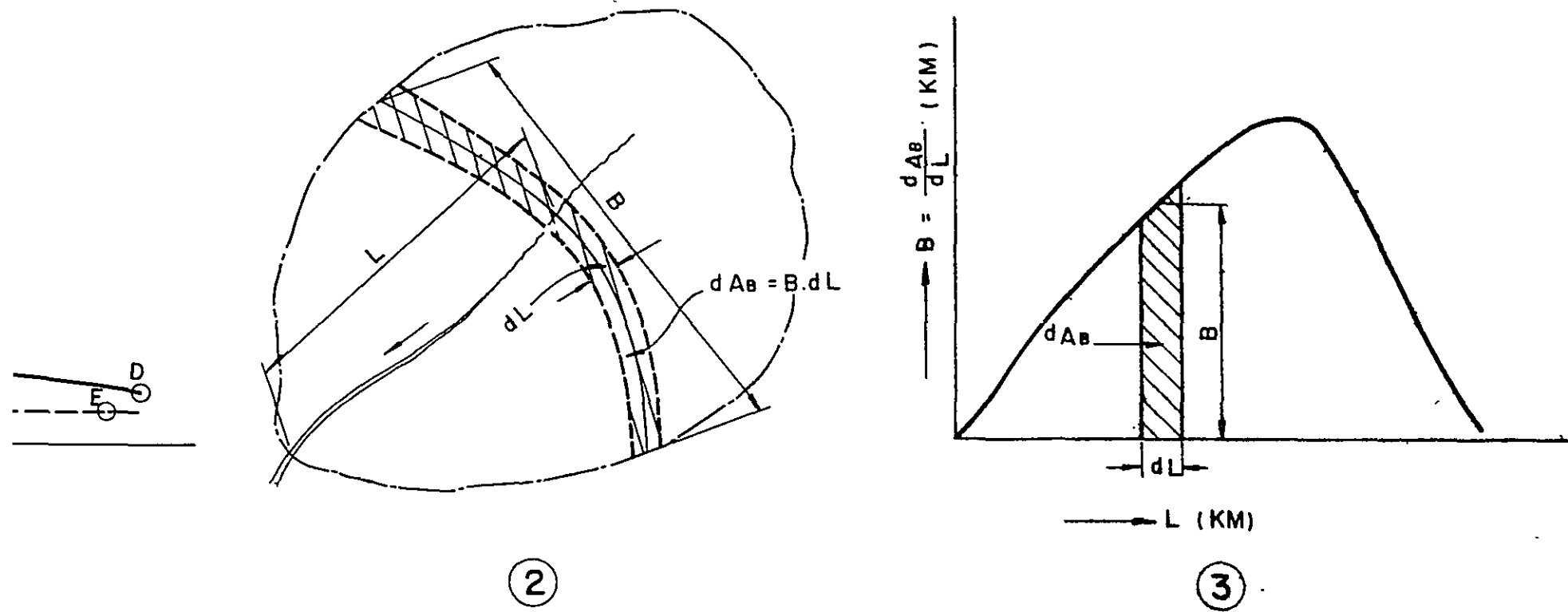
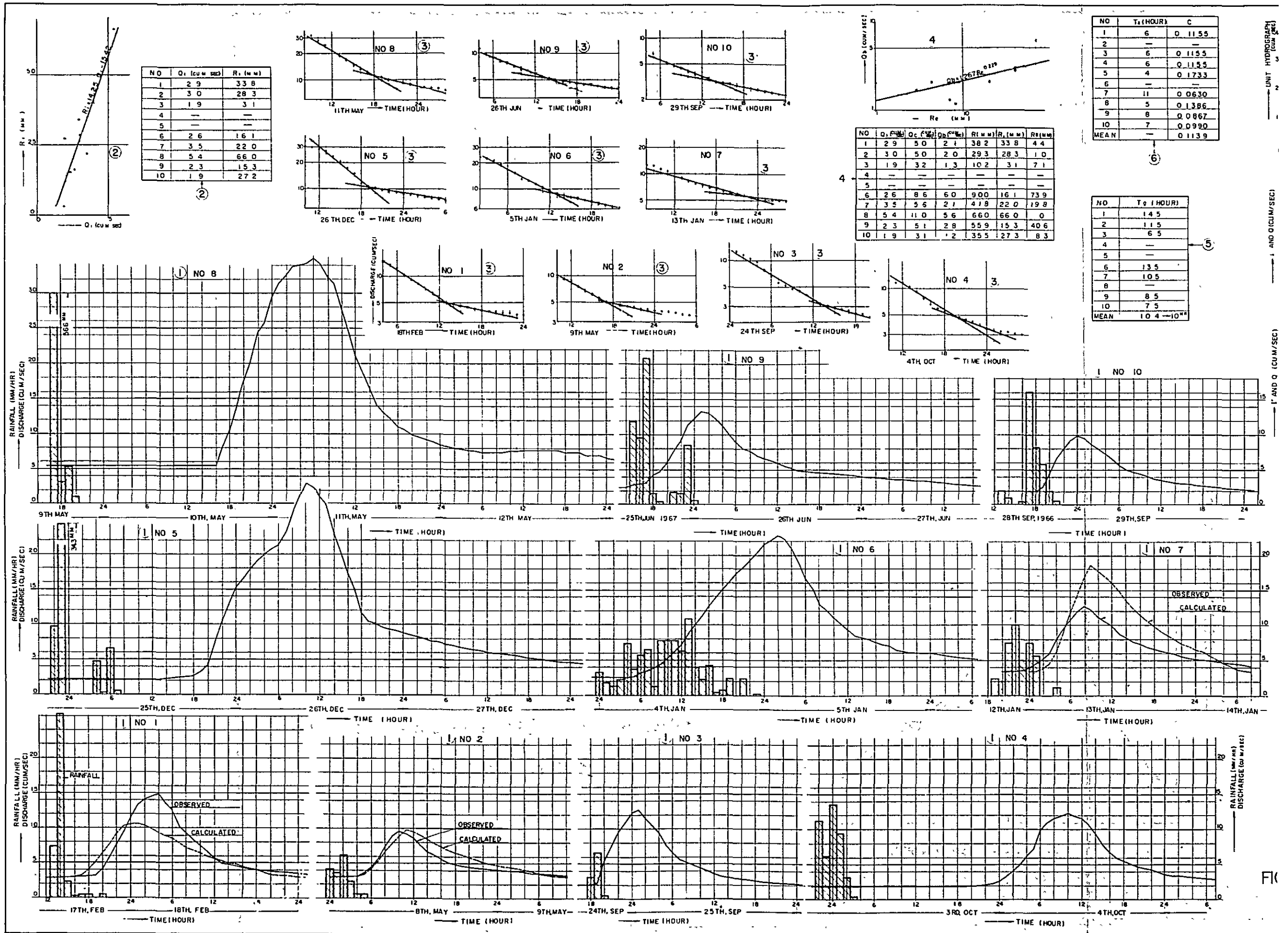


FIG. 4-3-4

DIAGRAM FOR TATEGAMI'S UNIT
HYDROGRAPH METHOD

FIG. 4-3-5



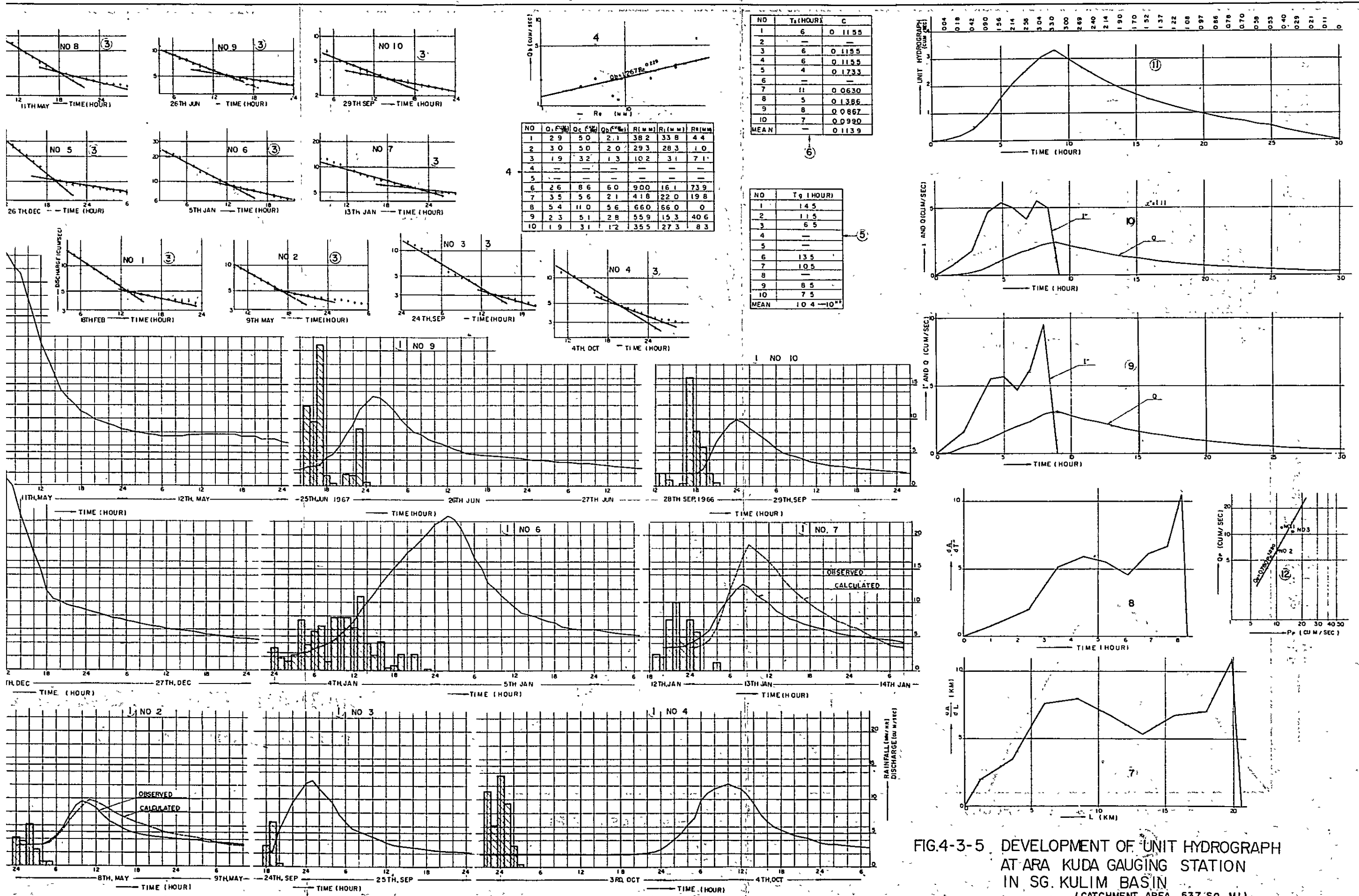


FIG.4-3-5 DEVELOPMENT OF UNIT HYDROGRAPH AT ARA KUDA GAUGING STATION IN SG. KULIM BASIN (CATCHMENT AREA, 537 SQ. MI.)

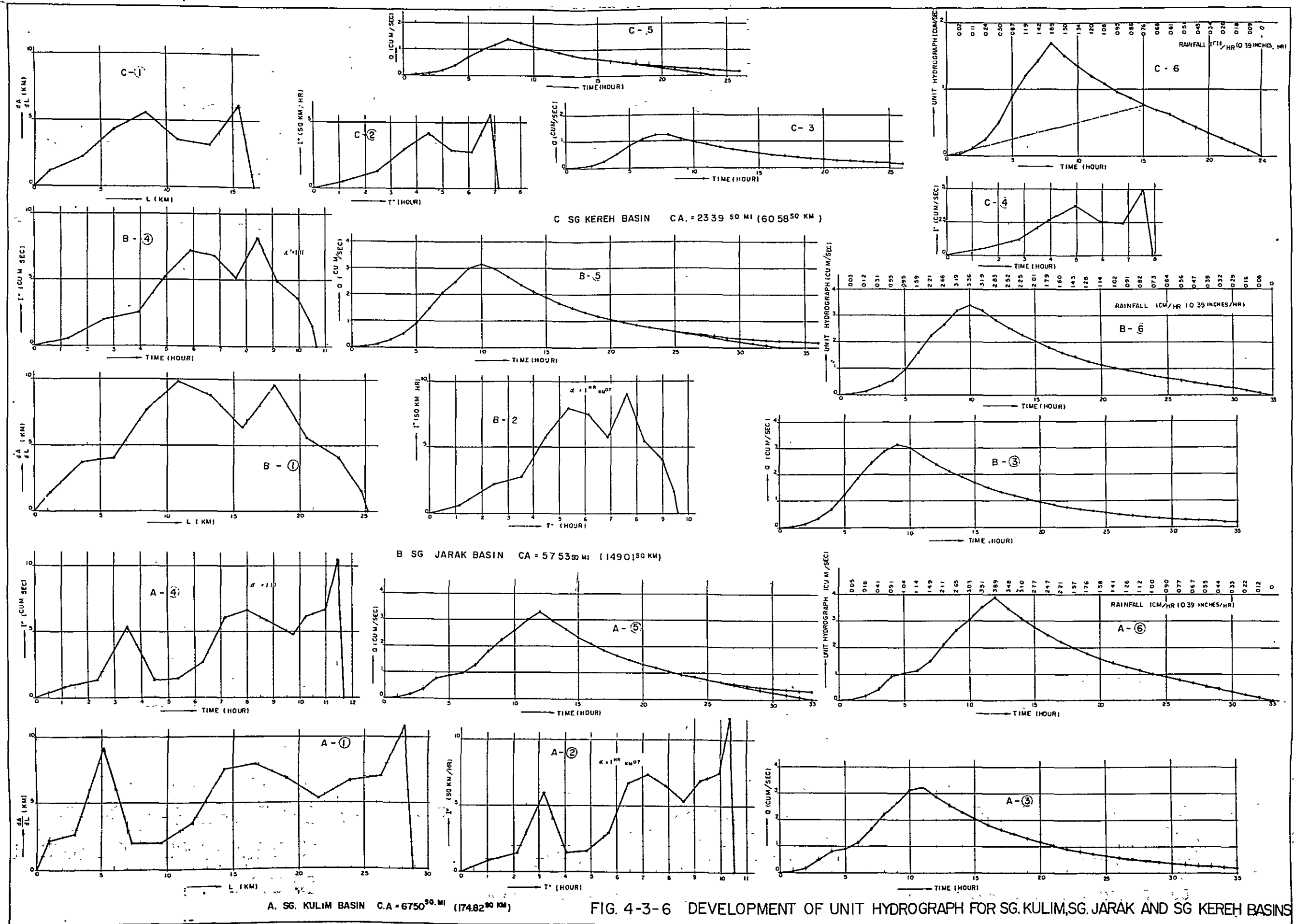
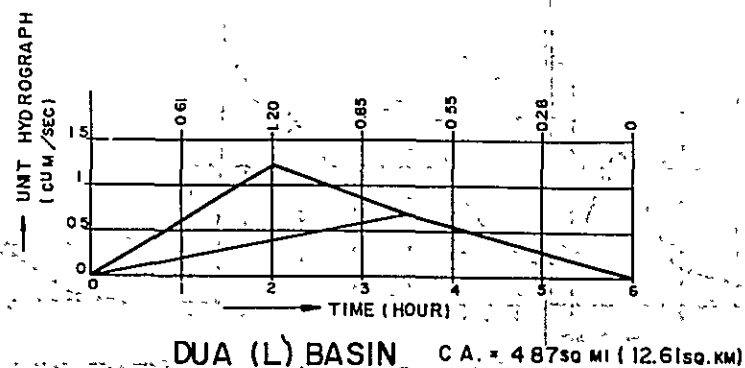
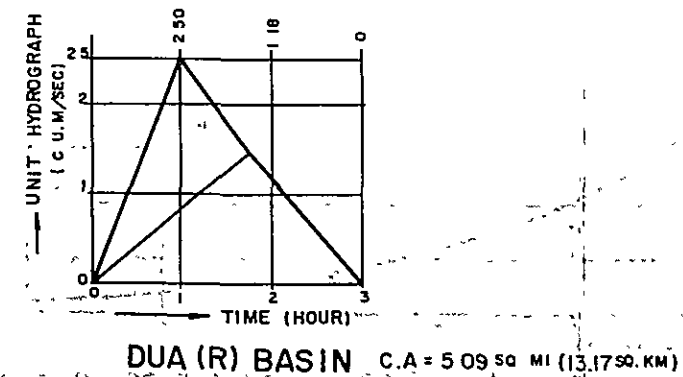
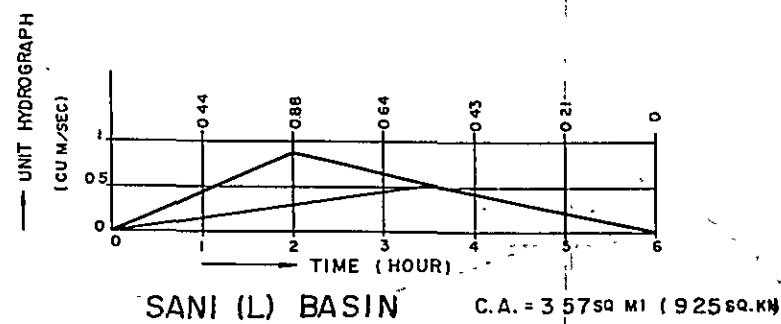
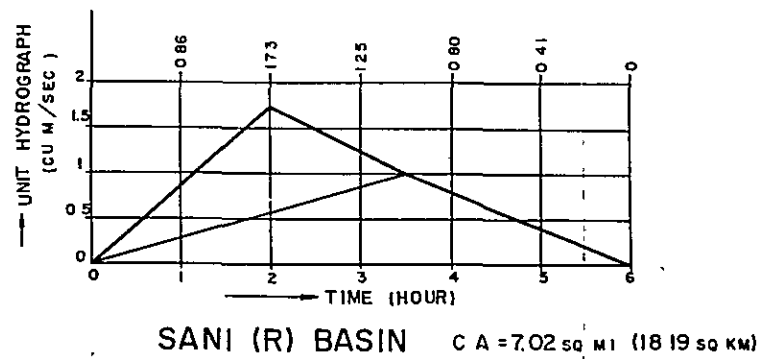
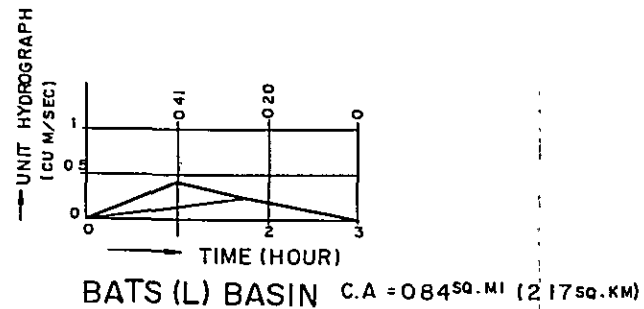
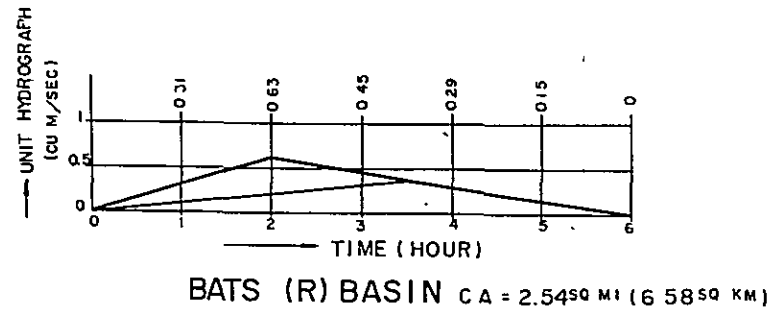
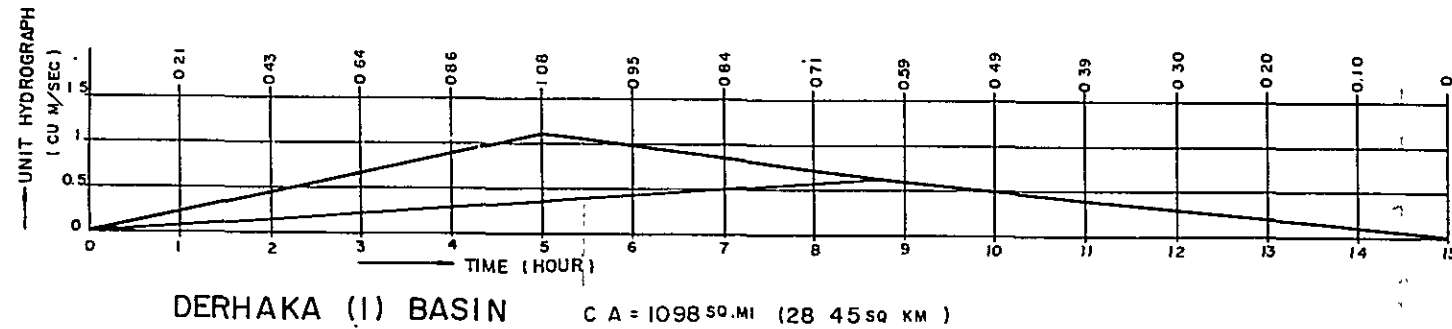
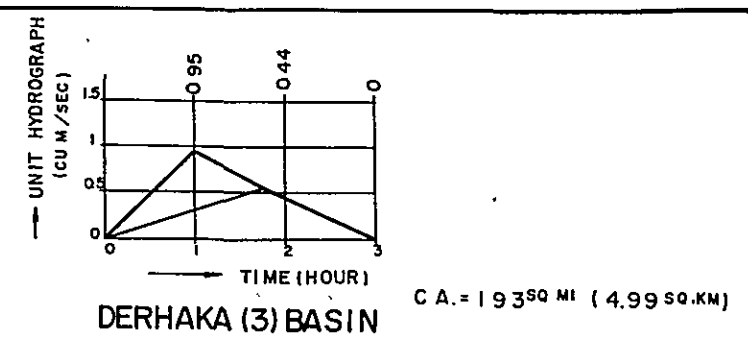
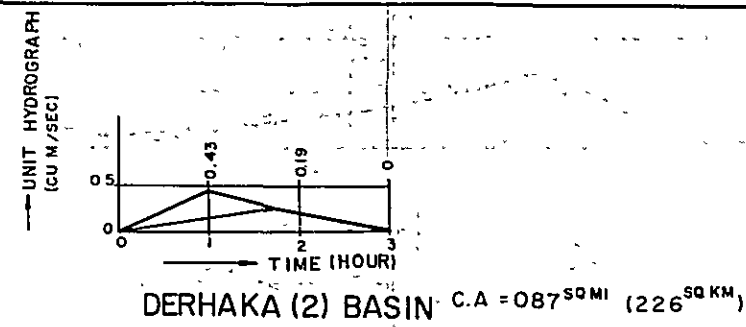
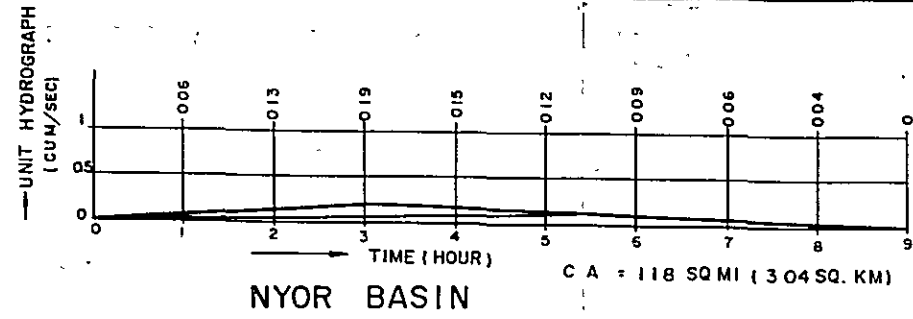


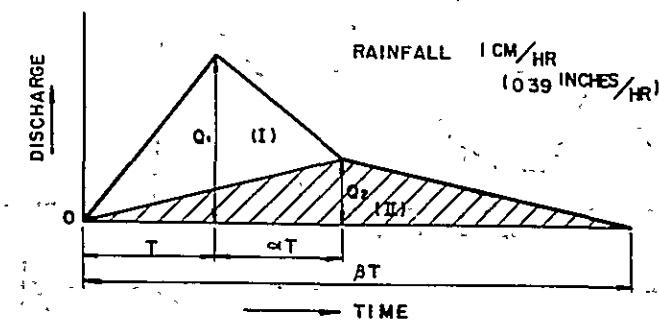
FIG. 4-3-6 DEVELOPMENT OF UNIT HYDROGRAPH FOR SG. KULIM, SG. JARAK AND SG. KEREH BASINS

FIG. 4-3-7



BASIN	A (SQ KM)	V (M/SEC/HR)	L (KM)	T (HR)	Q ₁ (CU M/SEC)	Q ₂ (CU M/SEC)	BASE FLOW (CU M/SEC)
DUA (R)	13.17	3.66	2.83	1	2.50	1.46	0.32
DUA (L)	12.61	3.50	3.46	2	1.20	0.70	0.30
SANI (R)	18.19	5.05	4.66	2	1.73	1.01	0.44
SANI (L)	9.25	2.57	3.14	2	0.88	0.52	0.22
BATS (R)	6.58	1.83	4.60	2	0.63	0.37	0.16
BATS (L)	2.17	0.60	1.89	1	0.41	0.24	0.05
NYOR	3.04	0.85	6.83	3	0.19	0.11	0.07
DERHAKA (1)	2845	7.90	11.03	5	1.08	0.63	0.68
DERHAKA (2)	2.26	0.63	1.52	1	0.43	0.25	0.05
DERHAKA (3)	4.99	1.39	2.83	1	0.95	0.55	0.12

② DIMENSIONS OF UNIT HYDROGRAPH FOR SMALL BASINS



① GENERAL LAYOUT OF UNIT HYDROGRAPH

FIG. 4-3-7 DEVELOPMENT OF UNIT HYDROGRAPH FOR SMALL BASINS

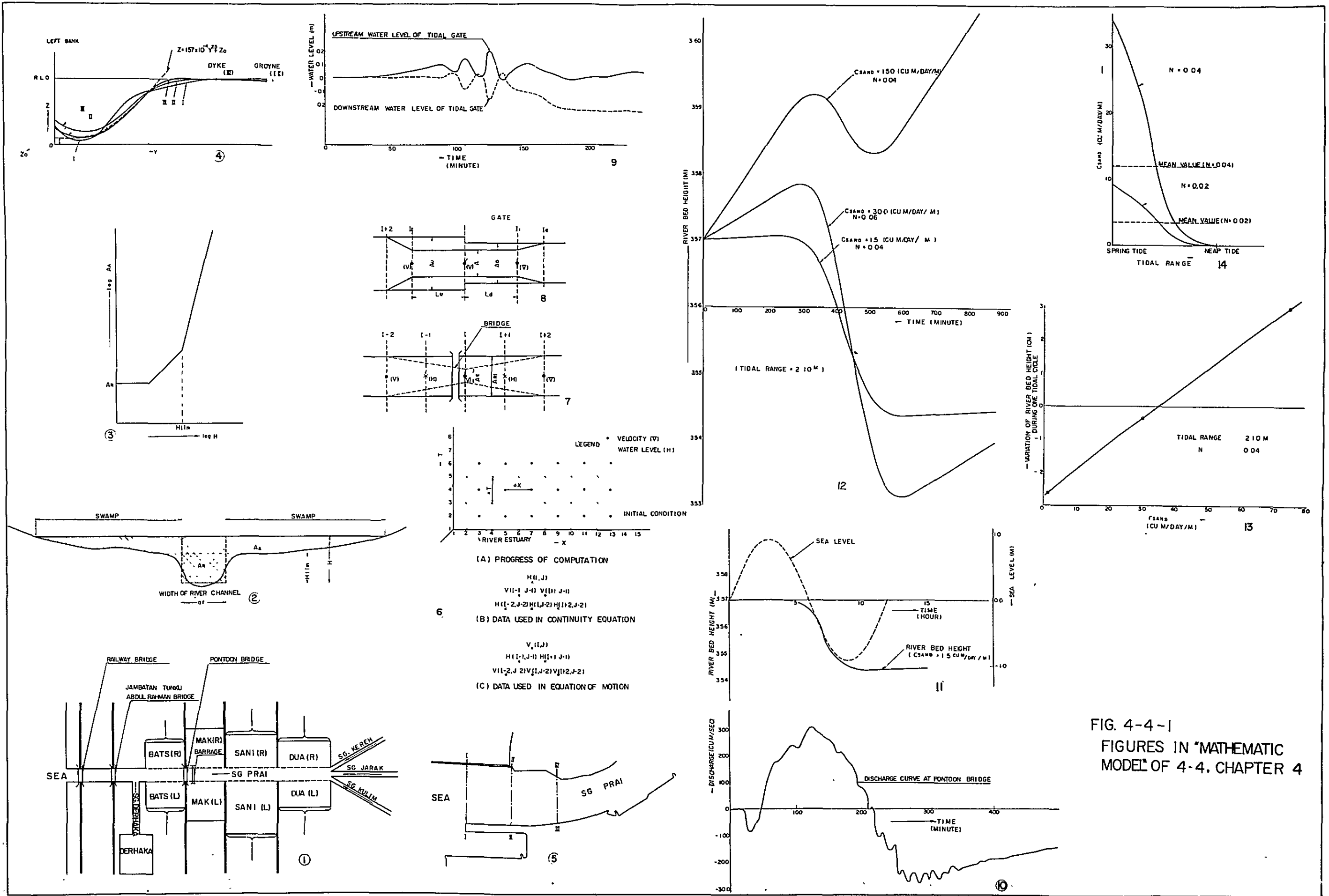
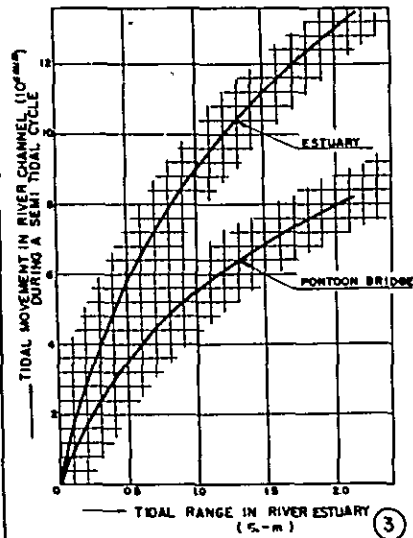
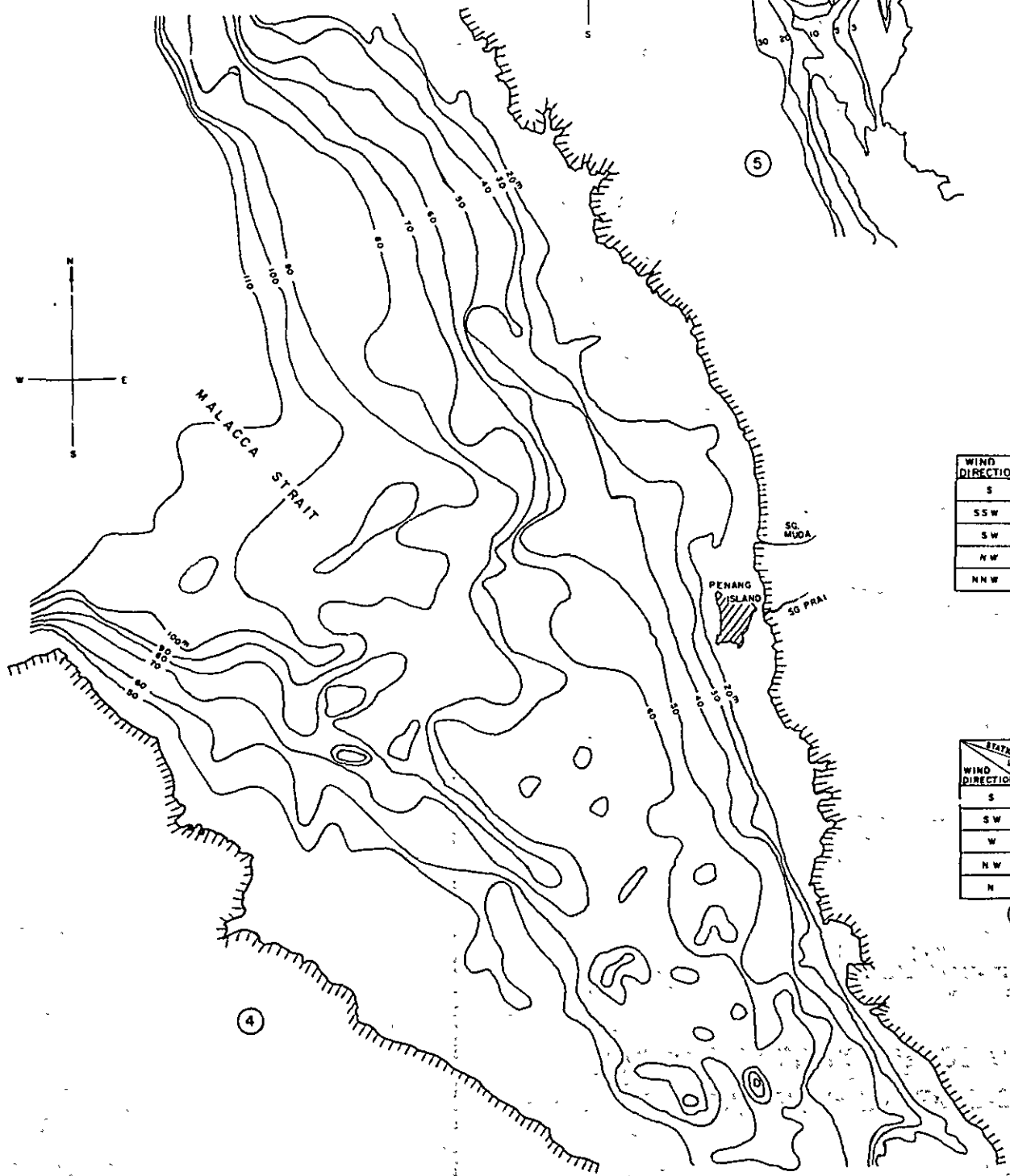
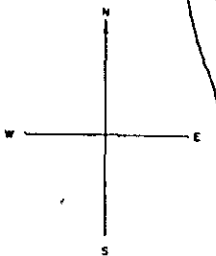
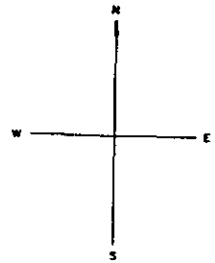
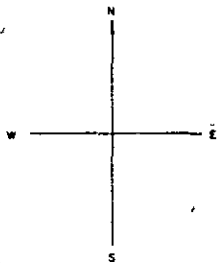


FIG. 4-4-1
 FIGURES IN "MATHEMATIC MODEL" OF 4-4, CHAPTER 4



WIND DIRECTION	15 m/sec		5 m/sec		10 m/sec	
	Ho (m)	To (sec)	Ho (m)	To (sec)	Ho (m)	To (sec)
S	0.07	2	0.72	5	1.8	6
SSW	0.07	2	0.44	3	1.8	6
SW	0.07	2	0.44	3	1.8	6
NW	0.07	2	0.72	4	1.8	6
NNW	0.07	2	0.33	4	1.3	6

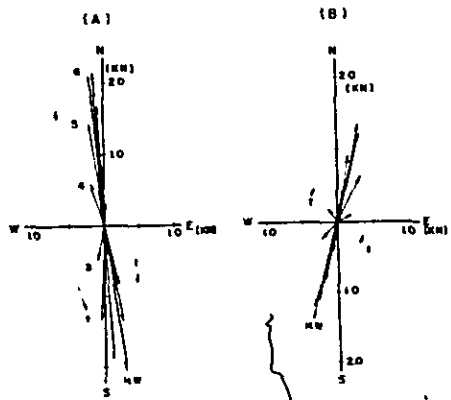
⑥ OFFSHORE WAVE IN WATER DEPTH 10-30 m
Ho - SIGNIFICANT WAVE HEIGHT
To - SIGNIFICANT WAVE PERIOD



⑤

⑧

⑩



② DIRECTION AND RATE OF TIDAL CURRENT (SPRING TIDE)

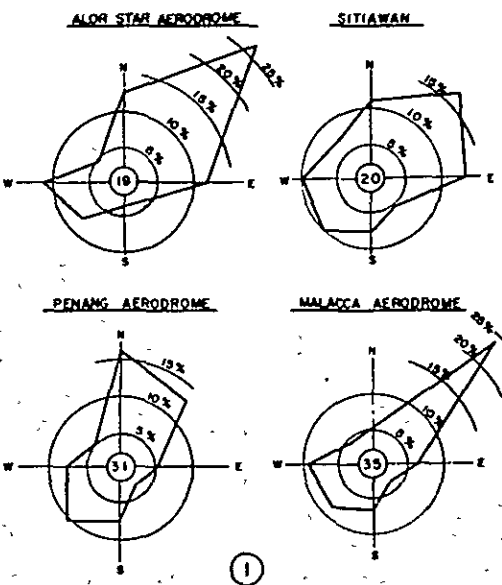
WIND DIRECTION	Ho (m)	To (sec)	Hs (m)	Ts (sec)	Ho'	To'	DRIFT SAND (cu m/area)
S	0.72	5	0.26	5	0.24	5	110
SSW	0.44	5	0.22	5	0.19	5	80
SW	0.44	5	0.17	5	0.15	5	85
NW	0.72	6	0.26	6	0.21	6	260
NNW	0.33	4	0.08	4	0.08	4	40

⑬ DRIFT SAND BY WAVE ACTION

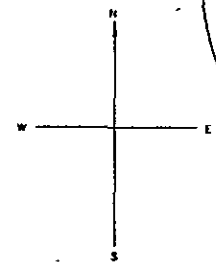
STATION	ALOR STAR		PENANG		SITIAMAN		MALACCA	
	5	10	5	10	5	10	5	10
S	80	1	290	9	200	5	190	26
SW	130	1	400	12	290	8	280	35
W	210	2	290	9	290	8	290	40
NW	80	1	180	6	200	5	130	18
N	220	3	580	18	310	8	180	22

⑦ DURATION IN HOUR OF WIND VELOCITY AND WIND DIRECTION PER ANNUM

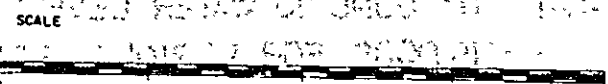
- 1) V = 5 m/sec V VARIES FROM 16 m/sec
to 54 m/sec
- 2) V = 10 m/sec V VARIES FROM 55 m/sec
to 107 m/sec

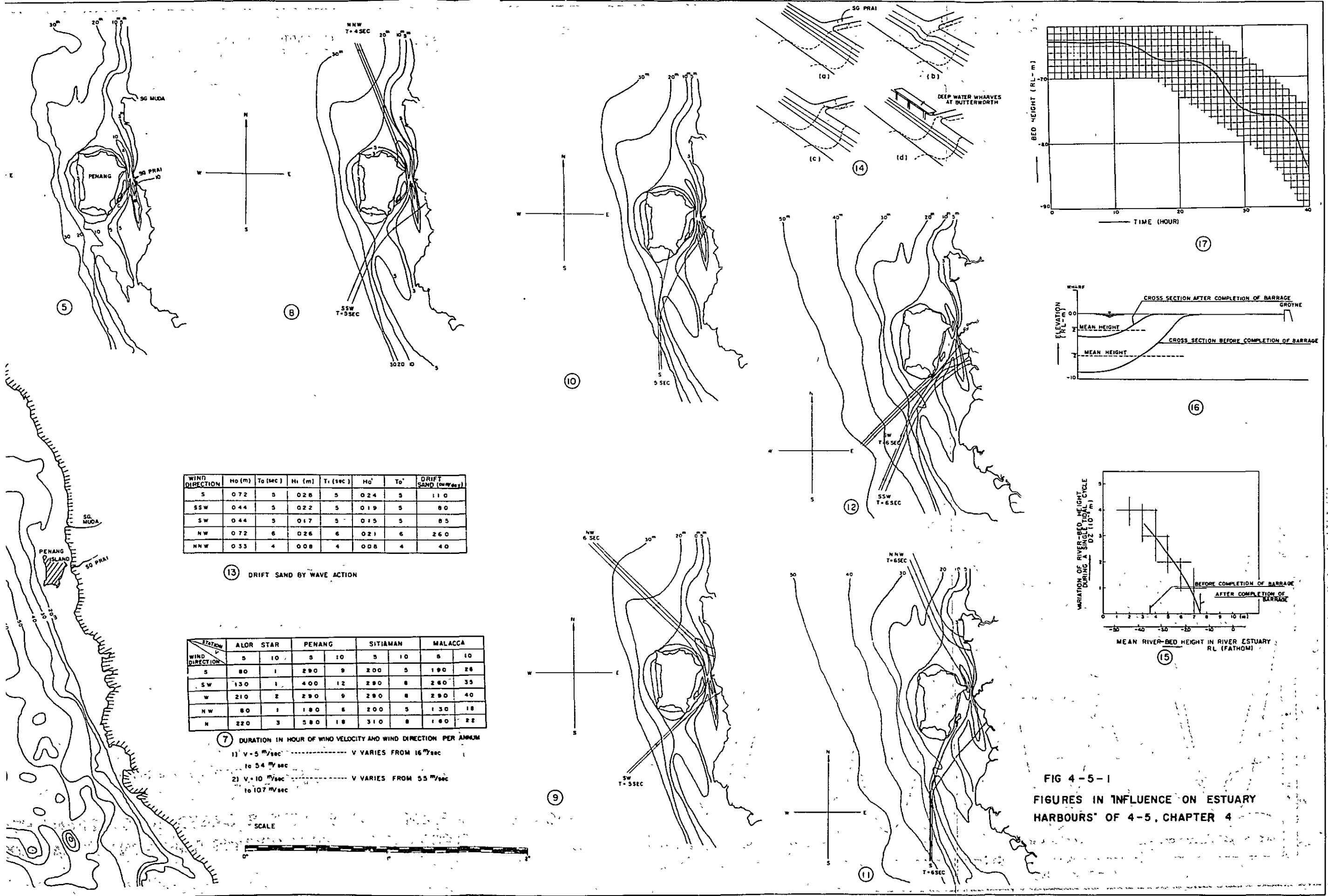


①



⑨





13 DRIFT SAND BY WAVE ACTION

WIND DIRECTION	H ₀ (m)	T ₀ (SEC)	H ₁ (m)	T ₁ (SEC)	H ₂ (m)	T ₂ (SEC)	DRIFT SAND (cu m/yr)
S	0.72	5	0.28	5	0.24	5	110
SSW	0.44	5	0.22	5	0.19	5	80
SW	0.44	5	0.17	5	0.15	5	85
NW	0.72	6	0.26	6	0.21	6	260
NNW	0.33	4	0.08	4	0.08	4	40

7 DURATION IN HOUR OF WIND VELOCITY AND WIND DIRECTION PER ANNUM

STATION	ALOR STAR		PENANG		SITIAMAN		MALACCA	
	5	10	5	10	5	10	5	10
S	80	1	290	9	200	5	190	28
SW	130	1	400	12	290	8	260	35
W	210	2	290	9	290	8	290	40
NW	80	1	180	6	200	5	130	18
N	220	3	580	18	310	8	160	22

- 1) V = 5 m/sec V VARIES FROM 16 m/sec to 54 m/sec
 2) V = 10 m/sec V VARIES FROM 55 m/sec to 107 m/sec

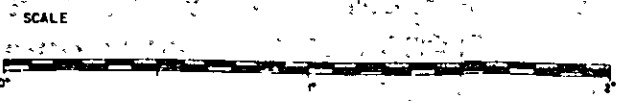


FIG 4-5-1
 FIGURES IN INFLUENCE ON ESTUARY HARBOURS OF 4-5, CHAPTER 4

FIG. 4-6-1

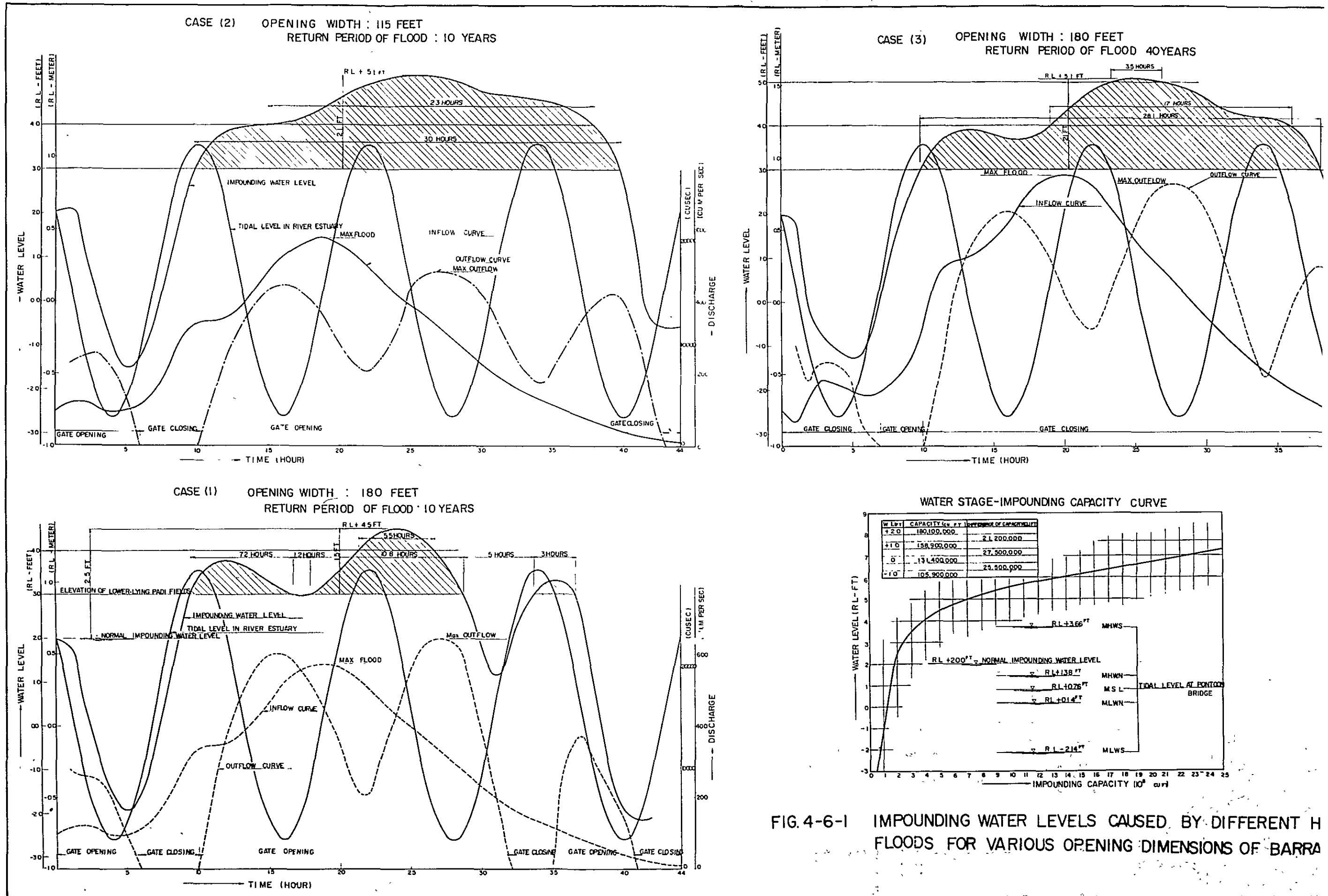


FIG. 4-6-1 IMPOUNDING WATER LEVELS CAUSED BY DIFFERENT H FLOODS FOR VARIOUS OPENING DIMENSIONS OF BARRA

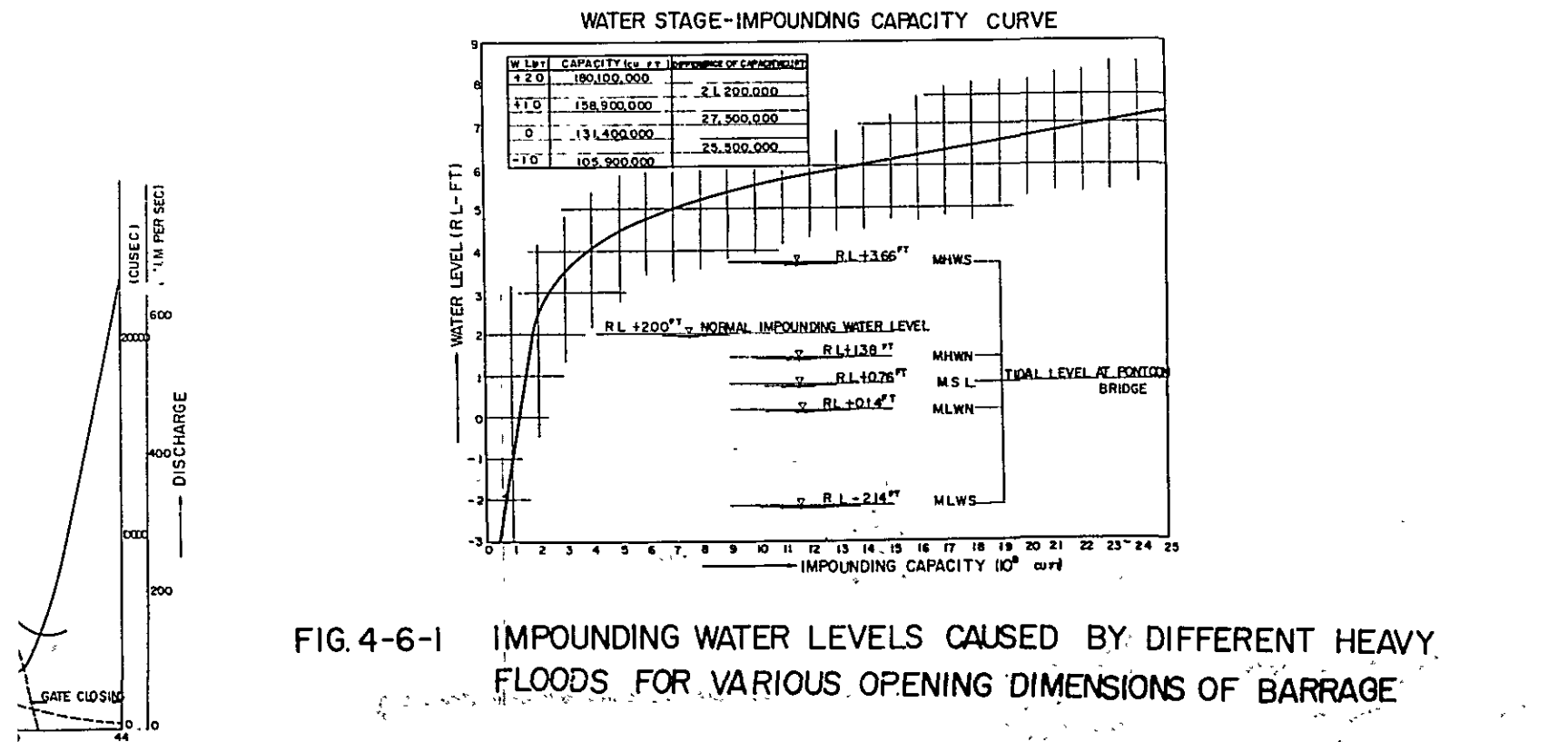
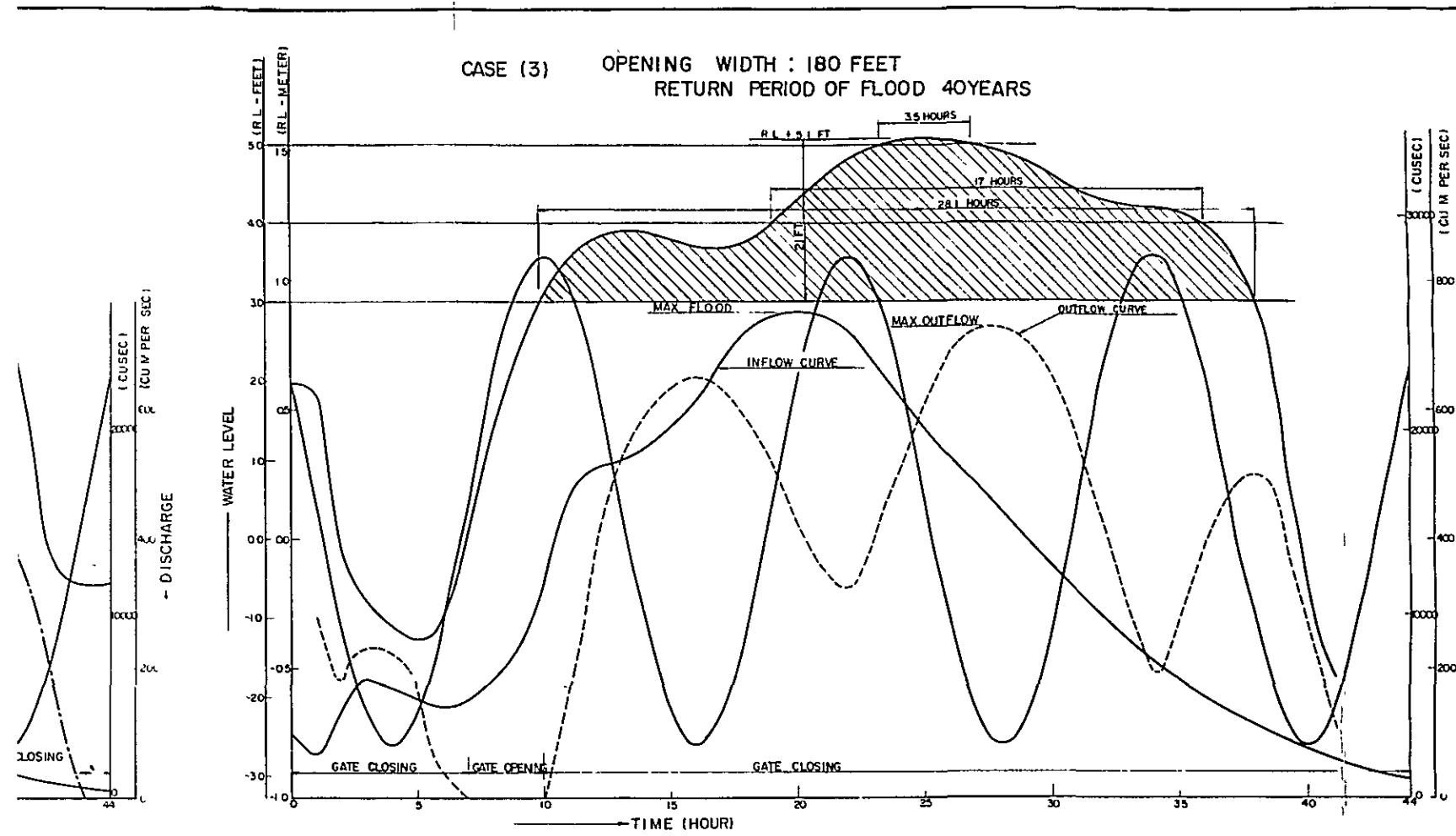
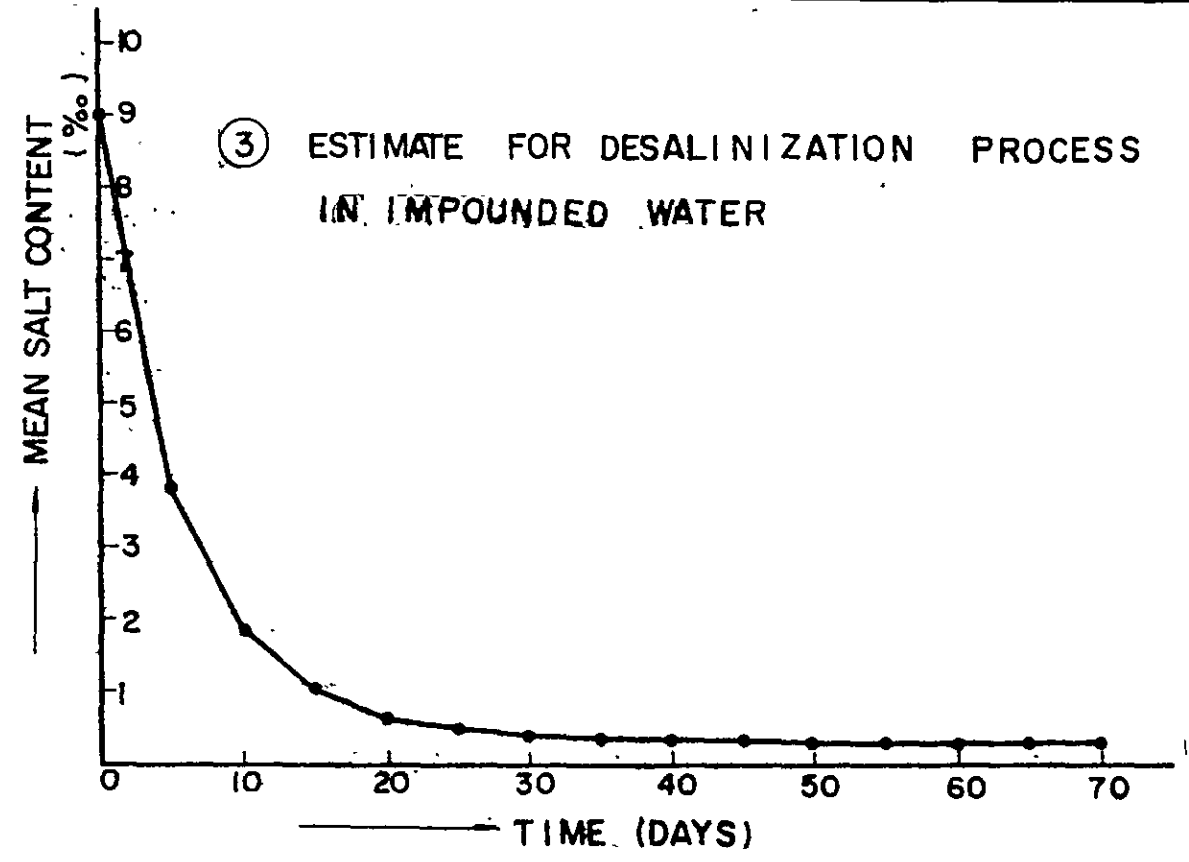
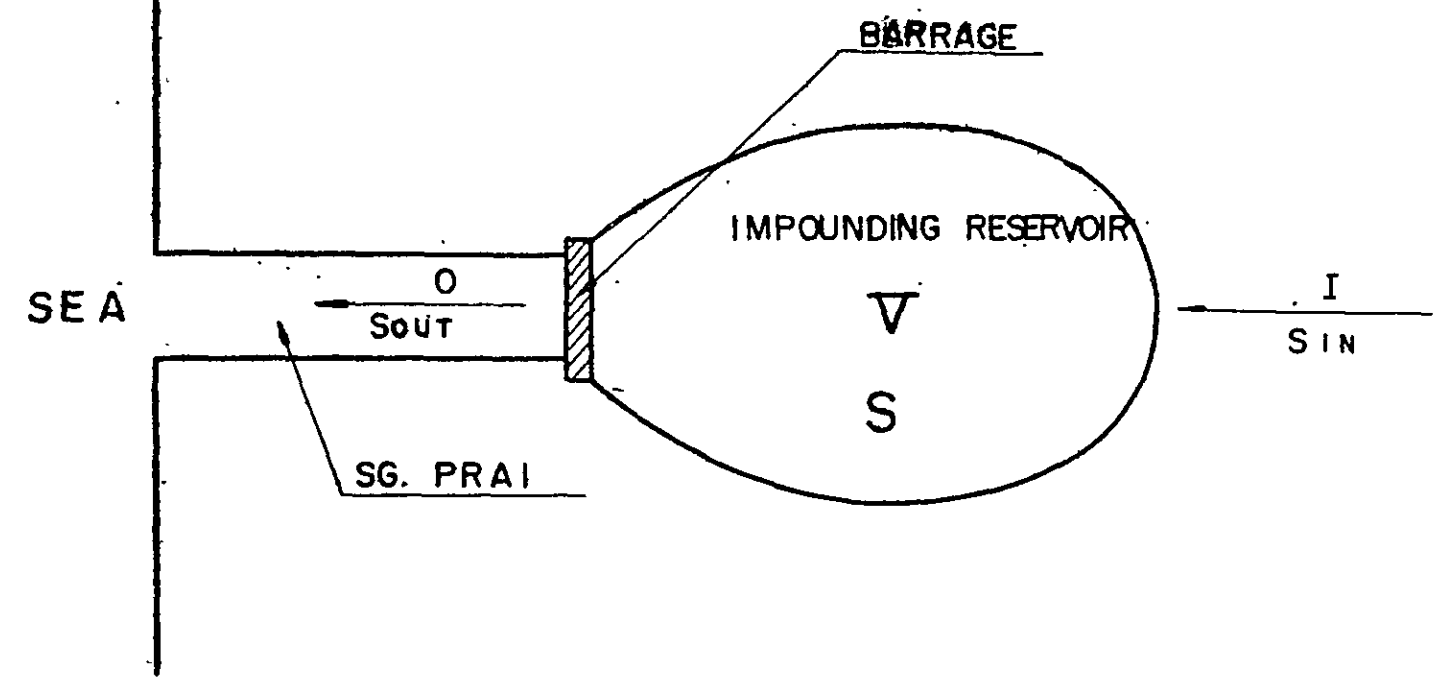


FIG. 4-6-1 IMPOUNDING WATER LEVELS CAUSED BY DIFFERENT HEAVY FLOODS FOR VARIOUS OPENING DIMENSIONS OF BARRAGE

① DIAGRAM OF SG. PRAI BASIN FOR DESALINIZATION MECHANISM.



② DIAGRAM FOR SALT INFLOW FROM SWAMP LAND INTO IMPOUNDING RESERVOIR

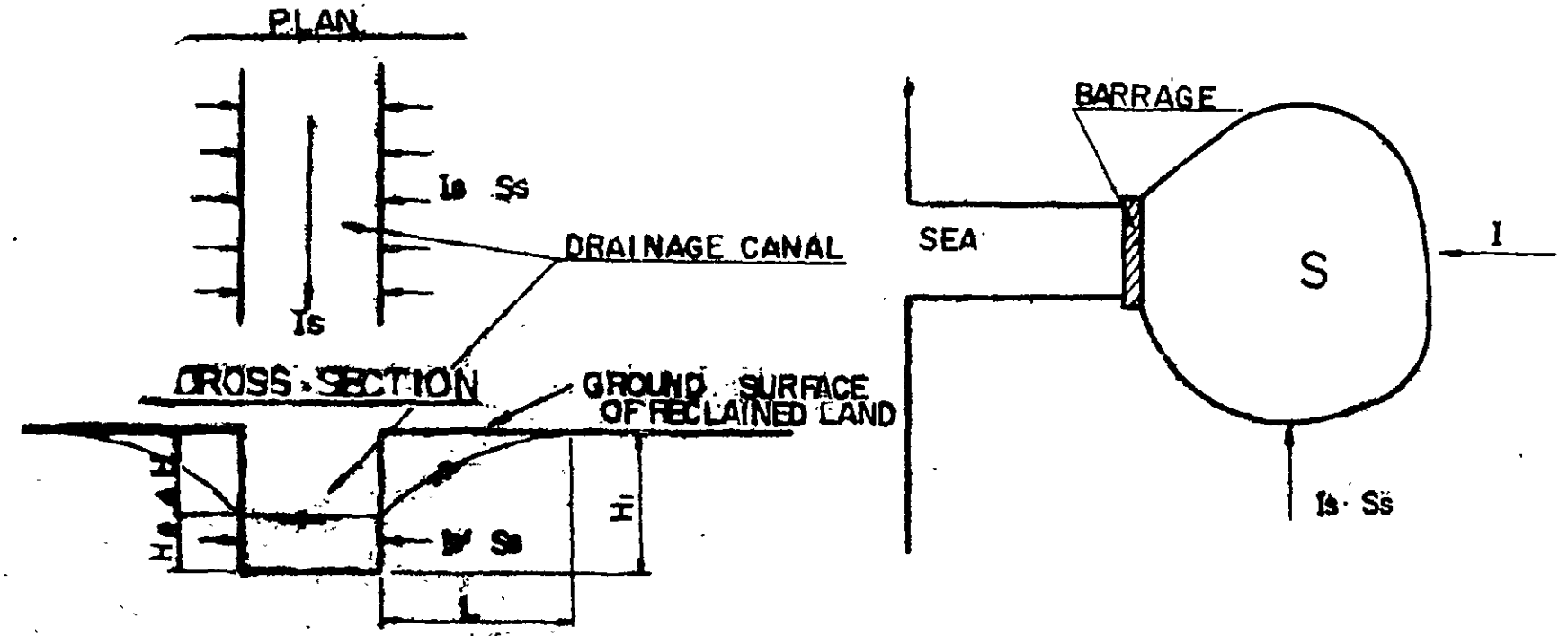


FIG. 4-6-2

ESTIMATE FOR DESALINIZATION PROCESS IN IMPOUNDED WATER

Tab. 5-1-1 Gross Acreage to be Improved on Drainage Conditions in Relation to Barrage

(Unit : Acres)

<u>Land - Category</u>	<u>R. L+3ft - R. L+4ft</u>	<u>R. L+4ft - R. L+5ft</u>	<u>R. L+5ft - R. L+6ft</u>	<u>Total</u>
<u>Swamp</u>	1,850	-	-	1,850 (18.6%)
<u>Paddy Field</u>	70	1,740	3,410	5,220 (52.4%)
<u>Coconut Field</u>	680	1,320	580	2,580 (25.9%)
<u>Rubber Field</u>	50	220	30	300 (3.1%)
<u>Total</u>	<u>2,650</u>	<u>3,280</u>	<u>4,020</u>	<u>9,950</u> (100.0%)

Note: (1) The acreage is measured along the contour lines in the 1/25,000 map by the planimeter.

(2) The acreage includes those of roads, canals, temporary building land, etc. in the vicinity of the above land - categories.

Table 5-1-2 Acreage per Each Crop by the Malaya States in 1964

Unit: Acres

States	Rubber		Coconut		Padi		Oil palms		Miscellaneous crops		Total	
	Acreage	%	Acreage	%	Acreage	%	Acreage	%	Acreage	%	Acreage	%
Johore	1,250,700	81.6	134,370	8.8	10,480	0.7 (1.3)	73,770	4.8	63,310	4.1	1,532,630	100.0 (25.4)
Kedah	405,400	54.3	29,970	4.0	284,160	38.1 (35.2)	-	-	26,610	3.6	746,140	100.0 (12.4)
Kelantan	151,400	42.7	41,200	11.6	131,150	37.0 (16.3)	800	0.2	30,310	8.5	354,860	100.0 (5.9)
Malaacca	230,800	84.4	11,700	4.3	19,350	7.1 (2.4)	-	-	11,480	4.2	273,330	100.0 (4.5)
Negri Sembilan	481,200	91.9	15,300	1.0	24,260	4.7 (3.0)	3,340	0.6	9,650	1.8	523,750	100.0 (8.7)
Pahang	343,000	79.5	15,700	3.6	37,970	8.8 (4.2)	5,320	1.3	29,200	6.8	431,190	100.0 (7.1)
Penang & P. Wallasley	58,400	39.1 (1.4)	42,100	28.2 (8.3)	36,110	24.2 (4.5)	1,900	1.3 (1.0)	10,760	7.2 (3.1)	149,350	100.0 (2.5)
Perak	643,700	65.6	99,100	10.1	111,250	11.3 (13.8)	41,810	4.3	84,570	8.7	981,240	100.0 (16.3)
Perlis	8,900	13.1	3,200	4.7	48,030	70.6 (6.0)	-	-	7,900	11.6	68,030	100.0 (1.1)
Selangor	514,000	66.5	105,830	13.7	49,190	6.4 (6.1)	59,740	7.7	44,670	5.7	773,530	100.0 (12.8)
Trengganu	98,800	50.3	18,860	9.6	54,400	27.7 (6.7)	-	-	24,300	12.4	196,360	100.0 (3.3)
Total	4,186,400	69.4 (100.0)	508,220	8.4 (100.0)	806,350	13.4 (100.0)	186,680	3.1 (100.0)	342,760	5.7 (100.0)	6,030,410	100.0 (100.0)

Note: Source: Statistical Digest, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Jan. 1966

Tab. 5-1-3 Acreage Planted with Paqi by Malaya States 1957 - 1966

(Unit : Acres)

° Main Season Crop

State	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Johore	6,930	7,090	5,500	7,320	8,220	4,760	7,360	8,660	9,370	8,500
Kedah	274,350	274,600	274,050	274,180	275,120	275,920	277,010	277,690	278,900	278,800
Kelantan	96,010	104,890	107,390	107,970	112,650	110,580	114,210	114,740	115,660	116,800
Malacca	16,110	16,150	16,950	17,210	17,430	15,430	16,970	17,000	19,350	20,900
Negri Sembilan	23,040	22,780	22,080	22,760	24,190	22,470	23,010	21,000	24,150	24,900
Pahang	29,960	29,240	29,580	32,000	31,930	32,560	31,260	23,000	33,350	32,800
Penang & P. Wellesley	<u>35,740</u> (1.00)	<u>35,810</u> (1.00)	<u>35,960</u> (1.01)	<u>36,040</u> (1.01)	<u>36,010</u> (1.01)	<u>36,040</u> (1.01)	<u>36,060</u> (1.01)	<u>36,130</u> (1.01)	<u>36,110</u> (1.01)	<u>36,100</u> (1.01)
Perak	94,730	96,920	97,860	97,730	100,320	102,430	103,870	106,000	106,340	106,000
Perlis	42,070	42,070	47,090	47,010	47,010	47,010	47,010	46,860	47,010	47,100
Selangor	43,190	48,290	48,110	48,740	49,530	49,580	50,000	50,290	49,190	47,300
Trengganu	31,680	33,700	36,710	38,890	38,320	37,390	40,840	43,070	43,730	43,900
<u>Total</u>	<u>639,810</u> (1.00)	<u>711,600</u> (1.11)	<u>721,280</u> (1.13)	<u>729,850</u> (1.14)	<u>740,730</u> (1.16)	<u>734,170</u> (1.15)	<u>747,600</u> (1.17)	<u>744,440</u> (1.16)	<u>763,160</u> (1.19)	<u>763,100</u> (1.19)

° Off-season Crop

Johore	-	-	-	-	-	260	620	-	300	1,130
Kedah	620	480	420	730	310	820	2,245	3,840	6,690	8,390
Kelantan	-	-	-	460	1,775	3,285	5,665	6,670	6,680	9,460
Malacca	50	-	-	-	-	360	590	120	460	900
Negri Sembilan	-	-	-	-	-	-	-	-	200	1,100
Pahang	10	10	10	-	10	10	260	350	-	80
Penang & P. Wellesley	<u>7,640</u> (1.00)	<u>5,870</u> (0.77)	<u>6,765</u> (0.89)	<u>9,190</u> (1.20)	<u>16,895</u> (2.21)	<u>24,280</u> (3.18)	<u>26,810</u> (3.51)	<u>28,810</u> (3.77)	<u>29,660</u> (3.88)	<u>30,410</u> (3.98)
Perak	65	255	65	110	850	4,030	3,290	1,890	2,510	2,500
Perlis	-	-	-	-	-	360	3,140	210	250	1,420
Selangor	-	-	-	-	-	1,090	1,760	4,540	10,060	32,540
Trengganu	-	-	-	80	355	970	2,140	2,680	1,610	1,910
<u>Total</u>	<u>8,385</u> (1.00)	<u>6,615</u> (0.87)	<u>7,260</u> (0.95)	<u>10,570</u> (1.38)	<u>20,195</u> (2.64)	<u>35,465</u> (4.64)	<u>46,520</u> (6.09)	<u>49,110</u> (6.43)	<u>58,420</u> (7.65)	<u>89,840</u> (11.76)

Note :

(1) Source : Statistical Digest, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 1967.

Table 5-1-4 Propagation of Off-season Padi by Malaya States (1957-66)
(Unit %)

State	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Johore	-	-	-	-	-	5.5	8.4	-	3.2	13.3
Kedah	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.8	1.4	2.4	3.0
Kelantan	-	-	-	0.4	1.6	3.0	5.0	5.8	5.8	8.1
Malacca	0.3	-	-	-	-	2.3	3.5	0.7	2.4	4.3
Negri Sembilan	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	4.4
Pahang	-	-	-	-	-	-	0.8	1.5	-	0.2
Penang & P. Wellesley	21.4	16.4	18.8	25.5	46.9	67.4	74.3	79.7	82.1	84.2
Perak	0.1	0.3	0.1	0.1	0.8	3.9	3.2	1.8	2.4	2.4
Perlis	-	-	-	-	-	0.8	6.7	0.4	0.4	1.3
Selangor	-	-	-	-	-	2.2	3.5	9.0	20.5	68.8
Trengganu	-	-	-	0.2	0.9	2.6	5.2	6.2	3.7	4.4
Total	1.3	0.9	1.0	1.4	2.7	4.8	6.2	6.6	7.7	11.8

Table 5-1-5 Yield per Acre of Wet Padi by Malaya States
(Unit Gantangs)

State	Main Season Crop				Off-Season Crop					
	1960-61	1961-62	1962-63	1963-64	1964-65	1960	1961	1962	1963	1964
Johore	340	295	303	247	270	-	320	193	-	67
Kedah	505	443	471	367	521	424	475	451	390	354
Kelantan	288	324	375	336	293	481	436	474	431	386
Malacca	430	386	433	362	348	-	404	357	317	190
Negri Sembilan	458	436	467	377	480	-	-	-	-	205
Pahang	220	243	237	219	244	-	-	300	100	-
Penang & P. Wellesley	414	402	436	442	523	445	383	436	470	458
Perak	422	367	358	386	331	405	318	267	269	277
Perlis	450	443	493	417	480	-	450	425	424	420
Selangor	565	548	497	548	439	-	310	359	433	495
Trengganu	248	252	298	291	269	304	286	274	327	335
<u>Total</u>	<u>427</u>	<u>399</u>	<u>420</u>	<u>373</u>	<u>417</u>	<u>443</u>	<u>378</u>	<u>414</u>	<u>438</u>	<u>429</u>

Source: Rice Statistics, Department of Statistic, 1965

Tab. 5-2-1 Period of Padi Cultivation

<u>Works</u>	<u>Main Season</u>	<u>Off Season</u>
Irrigation Begins	Beginning of November	Beginning of April
Sowing Begins	Beginning of November	Beginning of April
Transplanting Begins	October	May
Drainage Off Ends	End of December	Beginning of August
Harvesting Begins	Beginning of January	Beginning of August

Tab. 5-2-2 Rice Varieties used by Farmers

<u>Item</u>	<u>Name of Variety</u>	<u>Period from seeding to harvesting</u>	<u>Percent of spread</u>	<u>First Year of Spread to Farmer</u>
Off-season	Mahsuri	135 days	70 %	1965
	Malinja	135	20	1964
	I. R. 8	125		1966
Main-season	Mahsuri	135	70	1965

Tab. 5-2-3 Number of Farm Households in Relation to their Cultivated Area
(Rural Farms in the Central and North Districts of Province Wellesley)

<u>Size of Farms in Acre</u>	<u>Number of Households</u>	
	<u>Number</u>	<u>%</u>
Below 1	1,020	10.2
1 - 1 3/4	2,868	28.7
2 - 2 3/4	2,502	25.1
3 - 3 3/4	1,246	12.5
4 - 4 3/4	1,184	11.9
5 - 5 3/4	564	5.7
6 - 6 3/4	364	3.7
7 & over	224	2.2
<u>Total</u>	<u>9,972</u>	<u>100.0</u>

Source ; 1960 Census

Table 5-2-4. Padi Yield in Sg. Muda Irrigation Area (16,000 acres)
(Unit:Gantangs per acre)

Mukim(Northern District of Province Wellesley)	1961		1962		1963		1964		1965		Mean	
	Off-season	Main season	Off-season	Main season	Off-season	Main season	Off-season	Main season	Off-season	Main season	Off-season	Main season
1	383	420	450	396	484	413	473	267(1)	480	298(1)	454	359 (410)
2				480	480	513	485	508	500	453	460	475
4				483	466	506	480	534	500	302(1)	456	449 (486)
5	383	420	450	560	628	517	400	539	500	312(1)	472	470 (509)
7				479	460	416	450	387	480	420	445	424
8				476	480	445	478	480	490	400	456	444
9(2)				438	460	480	465	340	450	396	442	415
10(2)				408	480	480	480	512	480	400	455	444
11(2)				398	480	450	450	510	480	420	449	440
Mean(1 to 11) Off-season	383	-	450	-	491	-	462	-	484	-	454	-
Main season	-	420	-	458	-	469	-	453 (476)	-	378 (415)	-	435 (447)
Mean (9, 10 and 11) Off-season	383	-	450	-	473	-	465	-	470	-	448	-
Main season	-	420	-	411	-	470	-	454	-	405	-	432
Mean (1 to 8) Off-season	383	-	450	-	500	-	461	-	492	-	457	-
Main season	-	420	-	479	-	468	-	453 (490)	-	364 (424)	-	437 (456)

Notes: (1) Source: Re-classification of Bendang Land in Muda River Irrigation Area by D. I. D
(2) (1) --- Badly affected by padi blast
(3) (2) ---- including the proposed project area in relation to Barrage

Tab. 5-2-5 Padi Yield in Sg. Kulim Irrigation Area (9,025 acres)

(Unit: Gantangs per acre)

Mukim (Central District of Province Wellesley)	1961		1962		1963		1964		1965		Mean	
	Off- season	Main- season	Off- season	Main- season	Off- season	Main- season	Off- season	Main- season	Off- season	Main- season	Off- season	Main- season
1	290	390	305	318	320	333	425	365	437	400	355	361
2 (1)	400	430	450	439	463	437	533	436	500	480	469	444
3 (1)	378	400	410	390	360	435	522	408	490	300	432	387
4 (1)	420	440	445	456	466	460	520	484	500	480	470	464
5	360	400	413	410	432	435	364	439	408	437	395	424
6	400	430	430	456	447	459	452	468	512	433	448	449
7	420	445	460	460	468	440	500	465	430	412	456	444
8	380	400	350	419	426	429	460	439	350	471	393	432
20	340	340	340	360	353	380	470	419	402	400	389	380
21 (1)	377	400	400	382	421	447	516	429	506	494	444	430
<u>Mean (1 to 21)</u>												
<u>Off-season</u>	377	-	400	-	416	-	476	-	454	-	425'	-
<u>Main season</u>	-	408	-	409	-	426	-	435	-	431	-	<u>422'</u>
<u>Mean (2, 3, 4 and 21)</u>												
<u>Off-season</u>	394	-	426	-	429	-	223	-	499	-	454	-
<u>Main season</u>	-	418	-	417	-	415	-	439	-	439	-	431'

Note: (1) Source : Re-classification of Bendang Land in Kulim River Irrigation Area by D. I. D.

" (2) (1) — including the proposed project area in relation to Barrage.

Tab. 5-4-1 Increment Expected in Paddy Production

(Unit : Gantangs)

<u>Item</u>	<u>Existing Land Category</u>	<u>Cropping Acreage (acres)</u>	<u>Increment in Per Acre Per Season</u>	<u>Times of Cropping</u>	<u>Increment in Paddy Production</u>
Reclamation	Swamp	1,670	500	Double cropping	1,670,000
Drainage improvement	Padi Field	4,700	60	Double cropping	564,000
	Coconut Field	1,290	500	Double cropping	1,290,000
	Sub-Total	5,990			1,854,000
<u>Total</u>		7,660			<u>3,524,000</u>

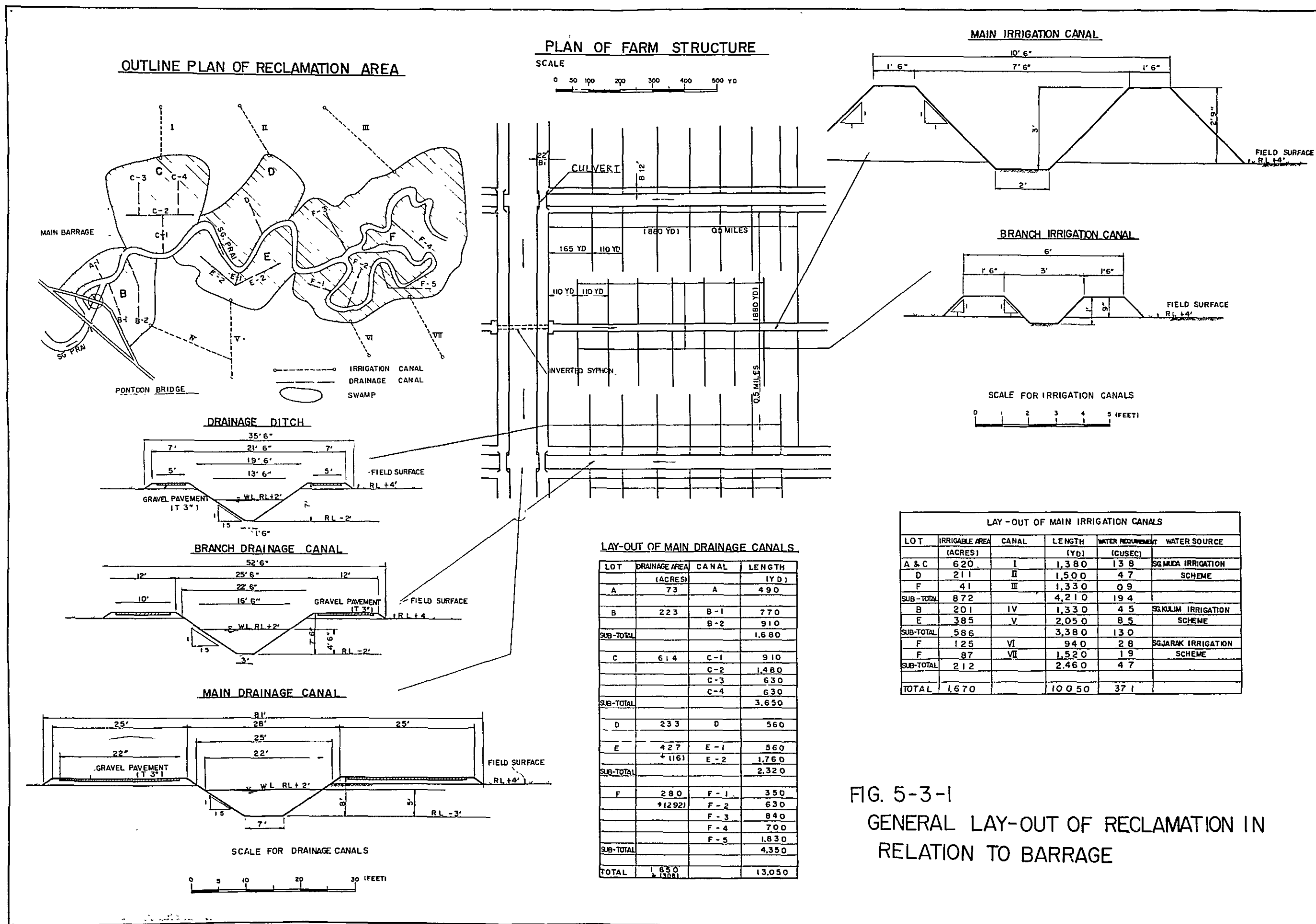
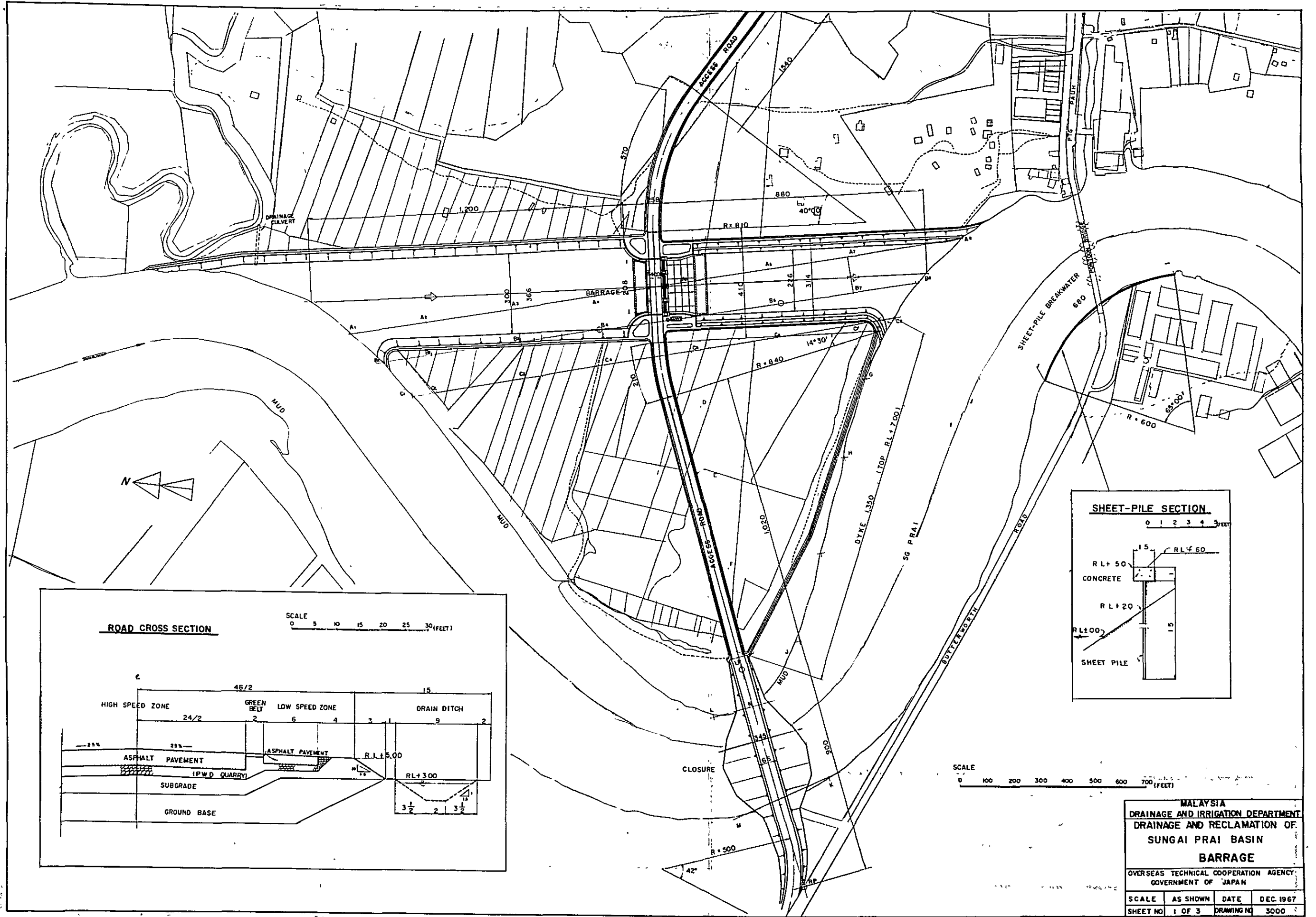
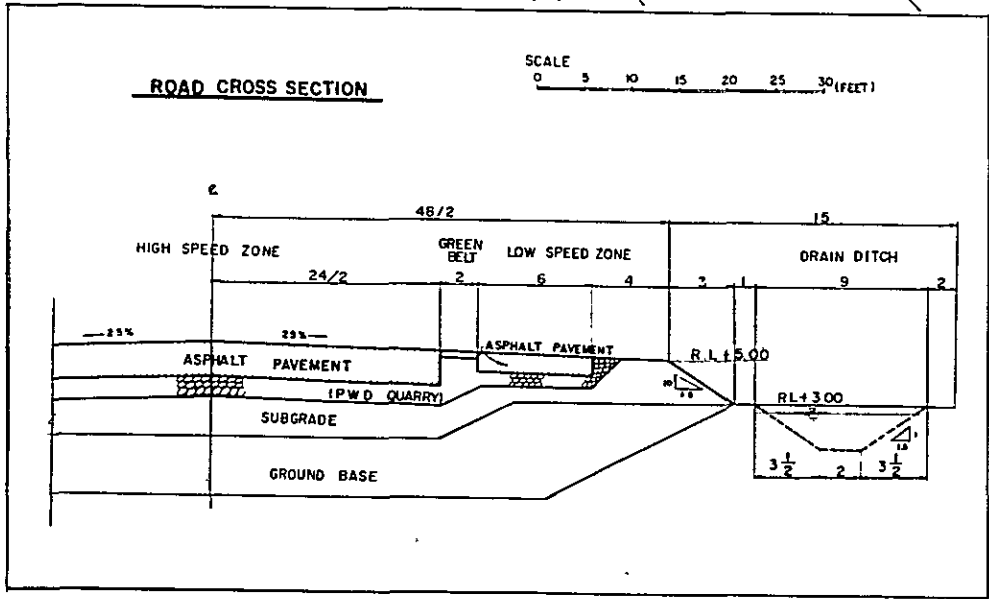
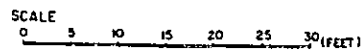


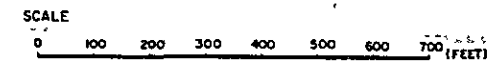
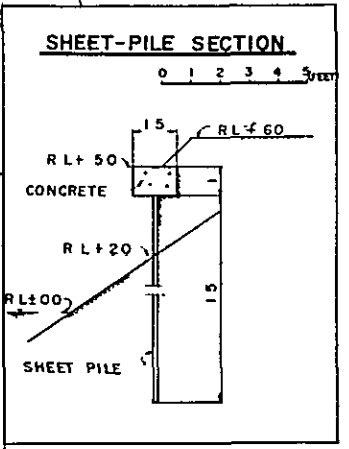
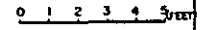
FIG. 5-3-1
GENERAL LAY-OUT OF RECLAMATION IN
RELATION TO BARRAGE



ROAD CROSS SECTION



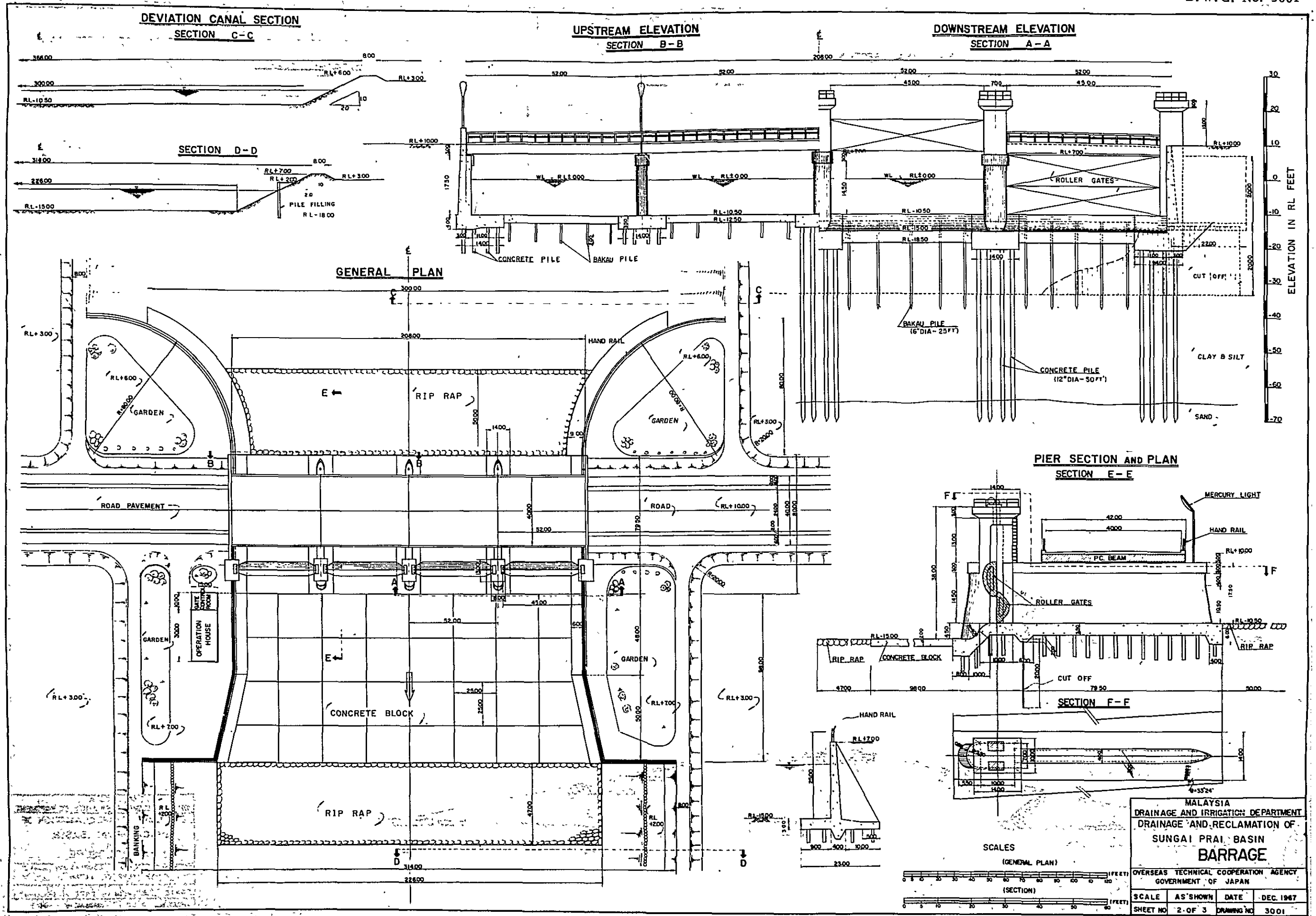
SHEET-PILE SECTION



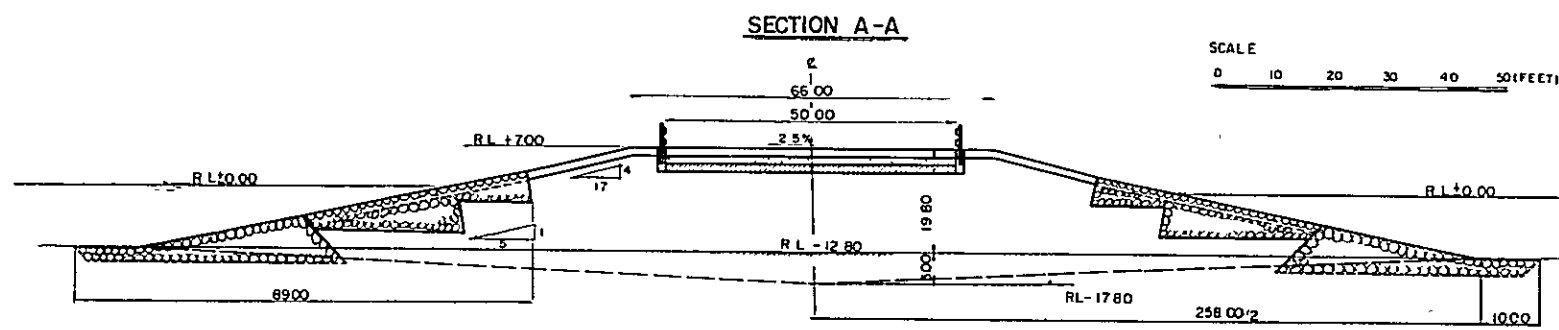
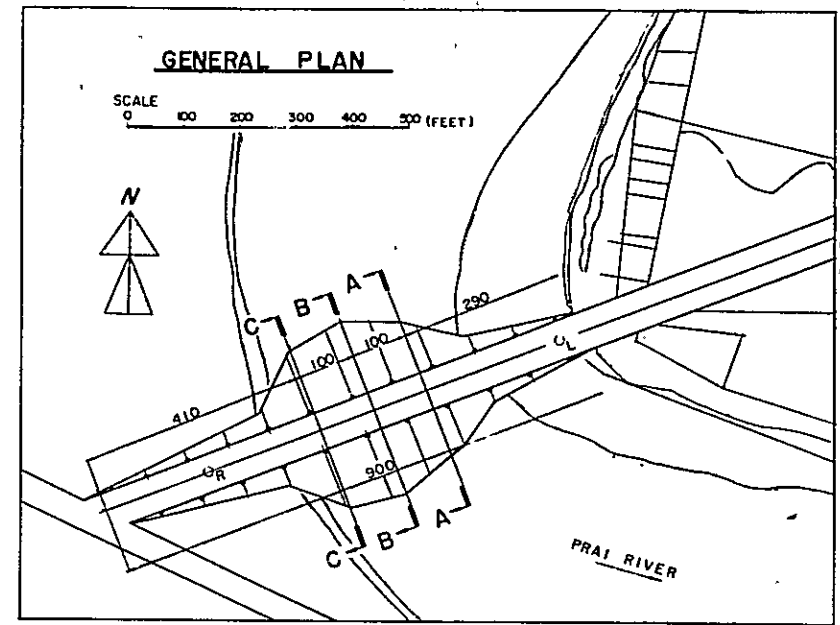
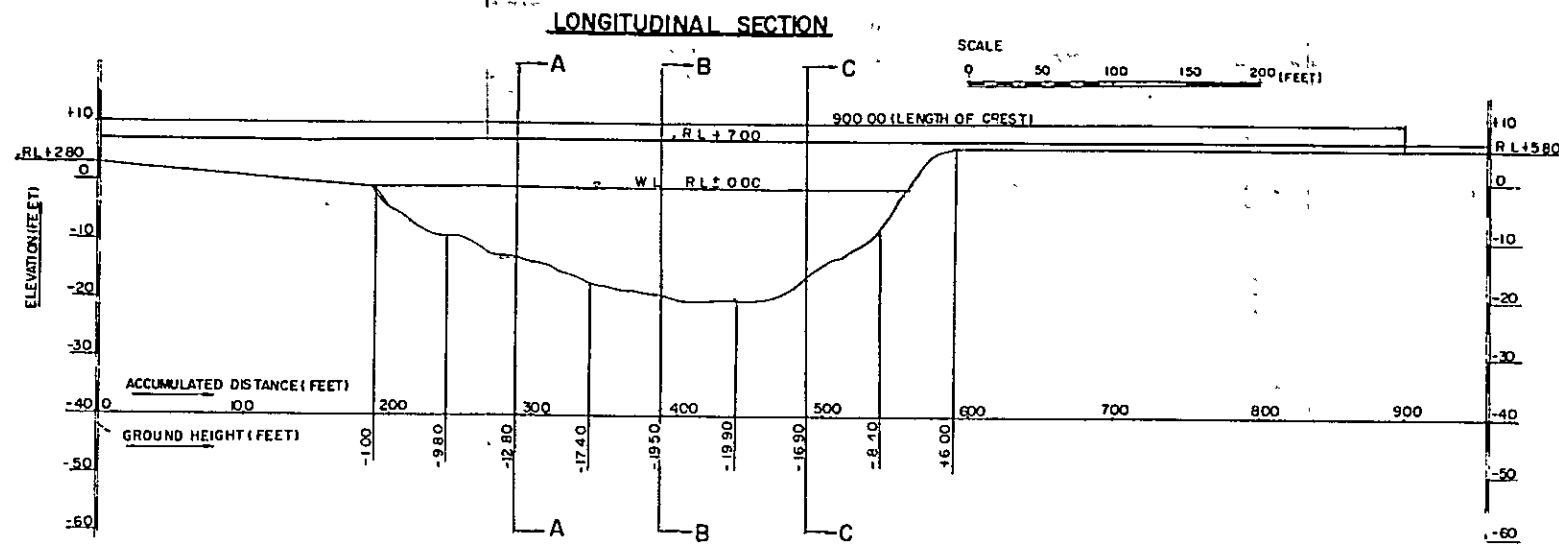
MALAYSIA
 DRAINAGE AND IRRIGATION DEPARTMENT
 DRAINAGE AND RECLAMATION OF
 SUNGAI PRAI BASIN
BARRAGE

OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
 GOVERNMENT OF JAPAN

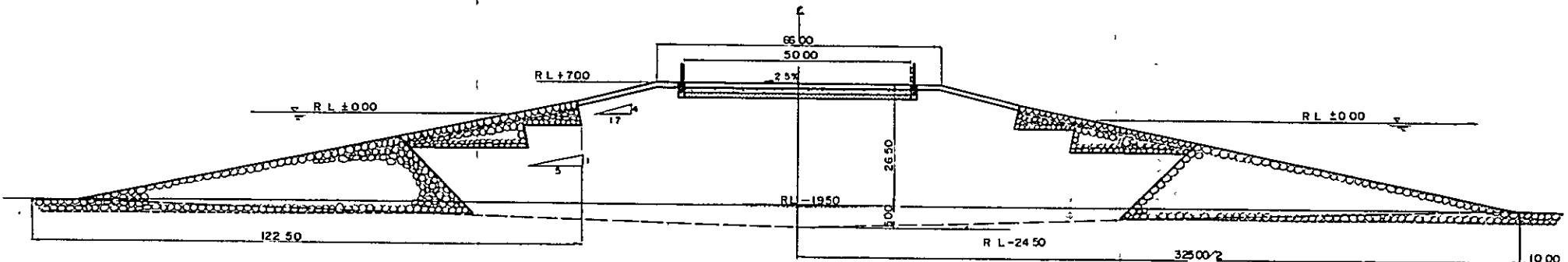
SCALE	AS SHOWN	DATE	DEC. 1967
SHEET NO.	1 OF 3	DRAWING NO.	3000



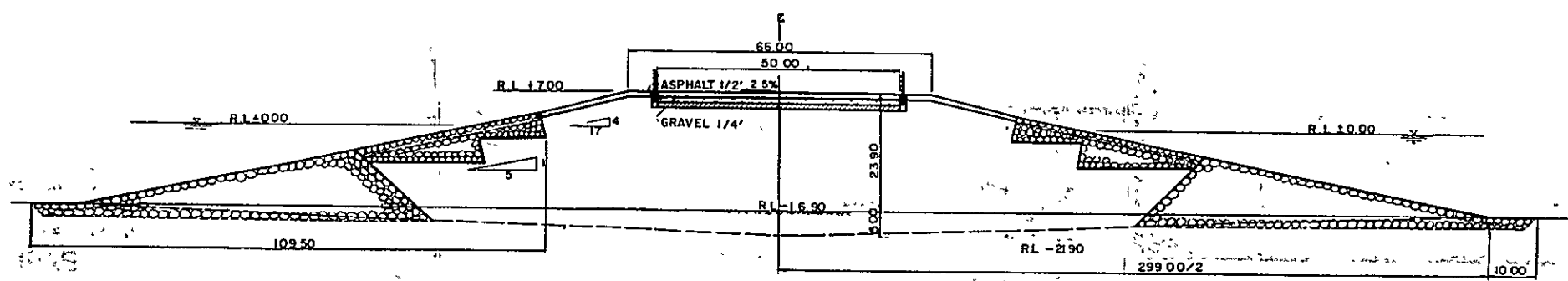
MALAYSIA
 DRAINAGE AND IRRIGATION DEPARTMENT
 DRAINAGE AND RECLAMATION OF
 SUNGAI PRAI BASIN
BARRAGE
 OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
 GOVERNMENT OF JAPAN
 SCALE AS SHOWN DATE DEC. 1967
 SHEET NO. 2 OF 3 DRAWING NO. 3001



SECTION A-A



SECTION B-B



SECTION C-C

MALAYSIA DRAINAGE AND IRRIGATION DEPARTMENT DRAINAGE AND RECLAMATION OF SUNGAI PRAI BASIN CLOSURE			
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY GOVERNMENT OF JAPAN			
SCALE	AS SHOWN	DATE	DEC 1967
SHEET NO	3 OF 3	DRAWING NO	3002

Tab. 7-1-1 Unit Prices (Works and Materials)

(Monetary Unit: M\$)

<u>NO.</u>	<u>Classification</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>
1	Bulk excavation by the dragline (shovel type excavation)	cu-yd	1
2	Final excavation by man (under the ground water)	cu-yd	4 or 5
3	Sheet pile driving 18" wide by 20 ft length	pile	170
4	Concrete pile driving 12" dia by 50 ft length	pile	250
5	Bakau pile driving 5" or 6" dia by 25 ft length	pile	5.5
6	Rip rap (using boulder or cobble) 9" thick and 12" wide	sq-yd (cu-yd)	7 15)
7	Banking by cut earth (not include placing under water)	cu-yd	1.2
8	Banking by borrowed earth or back filling (imported earth filling)	cu-yd	2
9	Stone pitching (using quarry) 9" thick and 12" wide	sq-yd	9
10	Road Subgrade	mile	300,000
11	Slope compaction (by rammer)	sq-yd	0.50
12	Turfing (a) Carpet turfing	sq-yd	1
	(b) Spot turfing (6" centres)	sq-yd	0.50
	(c) Striping turfing	sq-yd	0.35
13	Back filling		
14	Concrete (including form-work and bar work)		
	(a) Concrete (A) 1:2:4 (28 = 200 kg/cm ²)	cu-yd	97.3
	(b) Concrete (B) 1:3:6 (28 = 150 kg/cm ²)	cu-yd	78.0
	(c) Concrete (C) 1:5:8 (28 = 80 kg/cm ²)	cu-yd	65.0
15	Concrete (including form-work)		
	(a) Concrete (A) 1:2:4 (28 = 200 kg/cm ²)	cu-yd	80.85
	(b) Concrete (B) 1:3:6 (28 = 150 kg/cm ²)	cu-yd	70.00
	Concrete pavement	sq-yd	98.40

	(Unit)	(Unit cost)
16 Trench excavation (by man)	cu-yd	4
17 Concrete sheet pile driving (1.5' wide by 15" length)	pile	80
18 Installation of bridge beam	beam	680
19 Neader pipe	ft	3. ⁵⁰
20 Riser pipe	set	32
21 Pump setting for well point	set	450
22 Well point operation cost	set/day	13
23 Unwatering	day	10
24 Slope and basic grading	sq-yd	0. ³⁰
25 Road face area	sq-yd	0. ⁵⁰
26 Asphalt facing	sq-yd	10
27 Level raising	cu-yd	10
28 Cutting and uprooting	acre	300
29 First plowing	acre	100
30 Drainage ditch and branch irrigation canal (including all irrigation and drainage of branch canal works one syphone work and culvert works of 8 set)	acre	486
31 Main drainage canal and road (including main drainage canal work and one bridge ward)	yd	44
32 Main irrigation canal for reclamation	yd	9
33 Main irrigation canal for drainage improvement	acre	50
34 Branch irrigation canal for drainage improvement	acre	26
35 Drainage ditch (including branch drainage canales of 7 set)	acre	242

Compensation and Land Appropriation

	<u>Unit</u>	<u>Unit cost</u>
1. Removal of house	house	5,000
2. Compensation for coconut tree	pile	20
3. Land appropriation coconut field	acre	2,000
4. Land appropriation swamp	acre	800

Materials

<u>No.</u>		<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>
1	Iron Materials	ton	380
2	Stone Aggregates	cu-yd	12
	P. W. D. Quarry (Aggregates of mixe sizes)	cu-yd	2.50
3	Electric rate (in excluding 50,000 KWH per month)	KWH (KWH)	0.08 (0.053)
4	Hand rail	yd	80
5	Guard rail	yd	50
6	Street light	set	300
 <u>Overhead for 3 years</u>			
1	Land Rover		10,000
2	Site Office		5,000
3	Salary of one engineer M\$ 800x36		28,000
4	Salary of one technician M\$ 250x36		9,000
5	Transport and Travelling M\$ 750x36		27,000
6	Survey and setting out M\$ 600x36		21,600
7	Laboratory and testing (item)		8,000
8	Quarters for Gate Operators 2 units		10,000
9	Stationary (item)		2,000
10	Fuel M\$ 100x36		3,600
11	One Clerk M\$ 180x36		6,480
	Total		132,000

Tab. 7-1-2 Cost Estimate of Barrage
(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Cost</u>	<u>Remarks</u>
1-1 Land Acquisition and Compensation		145,000	
1-2 Barrage	Barrage	1,289,000	Tab. 7-1-3
	Gate	617,000	Tab. 7-1-4
	New Canal	862,000	
	Control House	25,000	
1-3 Closure		651,000	Tab. 7-1-5
1-4 New Road		266,000	Tab. 7-1-4
	<u>Sub Total</u>	<u>3,855,000</u>	
1-5 Contingencies		385,000	(10%)
	<u>Total</u>	<u>4,240,000</u>	
1-6 Overhead	by Japanese Consultant	289,000	
	by State D. I. D.	132,000	
	<u>Sub Total</u>	<u>430,000</u>	
	<u>Total</u>	<u>4,670,000</u>	

Tab. 7-1-3 Land Acquisition and Compensation Cost Estimate of Barrage Body

(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
1-1 Land Acquisition and Compensation					
(1) Land Acquisition					
	(a) Barrage and New Deviation				
	(Upstream side)				
	Coconut Field	2.8	acres	2,000	5,600
	Swamp Land	11.3	acres	800	9,040
	(Downstream side)				
	Coconut Field	7.9	acres	2,000	15,800
	(b) New Road Deviation (1-0.88 miles=1,584.8 ^{yd})				
	Swamp Land	11.4	acres	800	9,120
	Coconut Field	3.2	acres	2,000	6,400
	<u>Sub Total</u>				<u>45,960</u>
(2) Compensation					
	(a) Removal of House	19	houses	5,000	95,000
	(b) Compensation for Coconut Tree	80	piles	20	1,600
	(c) Damage of Present Installation				
	(Old Water Gate)	2	set	800	1,600
	(d) Other Compensation				840
	<u>Sub Total</u>				<u>99,040</u>
	<u>Total</u>				<u>145,000</u>

Tab. 7-1-4 Construction Cost Estimate of Barrage in Body

(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
<u>1-2 Barrage</u>					
<u>1-2-1 Barrage</u>					
(1) Barrage	Bulk Excavation by the Dragline	40,200	cu-yd	1.00	40,200
	Final Excavation by Manpower	10,000	cu-yd	4.00	40,400
	Concrete (A) 1:2:4	5,000	cu-yd	97.3	486,500
	Concrete (B) 1:3:6	1,800	cu-yd	78.0	140,400
	Concrete (C) 1:5:8 (Dental Concrete)	600	cu-yd	65.00	39,000
	Rip rap 9" thick and 12" wide	2,300	sq-yd	7.00	16,100
	Concrete Pile Driving (Length = 56 ^{ft})	696	pile	250.00	174,000
	Bakau Pile 5" or 6" Dia (Length = 56 ^{ft})	254	pile	5.50	1,397
	Sheet Pile Driving (8" Wide by 20" Length)	185	pile	170.00	31,450
	Back Filling (Including Compaction)	6,900	cu-yd	2.00	13,800
	Banking by Cut Earth	2,000	cu-yd	1.20	2,400
	Banking by Borrowed Earth	2,000	cu-yd	2.00	4,000
	Turfing (Carpet Turfing)	1,600	sq-yd	1.00	1,600
	Aggregates 3/4"	50	cu-yd	2.50	125
	Landscape	1	L. S.		1,000
	Appurtenant Facilities	1	L. S.		628
	<u>Sub Total</u>				<u>993,000</u>
(2) Bridge Floor	Installation of Bridge Beam	100	beam	680	68,000
	Concrete (A) (1:2:4)	550	cu-yd	80.85	44,468
	Hand Rails	172	yd	80.00	13,760
	Concrete Pavement	933	sq-yd	98.40	91,807
	Street Lights	10	set	300	3,000
	Appurtenant Facilities	1	L. S.		1,965
	<u>Sub Total</u>				<u>223,000</u>
(3) Retaining Wall of Canal	Concrete (1:3:6)	14	cu-yd	70.00	980
	Concrete Sheet Piles (1.5' x 15')	167	pile	80.00	13,360
	Banking by Borrowed Earth	105	cu-yd	2.00	210
	Other Works				50
	<u>Sub Total</u>				<u>14,600</u>

TAB. 7-1-4
Sheet 2 of 3

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>	<u>Remarks</u>	
(4)	Unwatering	Well Point					
		Nearer Pipes	1,200	ft	3.50 ^{M\$}	4,270 ^{M\$}	
		Riser Pipes	422	set	32	13,504	
		Pump Setting	7	set	450	3,150	
		Operation Cost	900	set/day	13	11,700	
		Setting	1	ls		876	
		Unwatering	300	day	10		
			<u>Sub Total</u>				<u>36,500</u>
(5)	Temporary Road	Banking by Borrowed Earth	5,000	cu-yd	2	10,000	
		Pavement by Gravel	1,000	cu-yd	12	12,000	
		<u>Sub Total</u>				<u>22,000</u>	
	<u>Total</u>				<u>1,289,100</u>		
1-2-2	Gate	Overflow Type Double Stage Roller Gate					
		Gates	4	set	73,000	292,000	40 ^t x4=160 ^t
		Steel Rails	4	"	12,000	48,000	
		Hoisting Equipments	4	"	32,000	128,000	
		Electric Wires				18,000	
		Painting				12,000	
		Packing	1	ls		20,000	
		Transportation in Japan	200	t	40	8,000	
		Shipping Charges	200	t	270	54,000	
			<u>Sub Total</u>			<u>580,000</u>	
		Setting	172	t	150	25,800 ^{M\$}	
		Guide Charges	1	ls		2,600	
		Electric Facilities				8,600	
	<u>Sub Total</u>			<u>37,000</u>			
	<u>Total</u>			<u>617,000^{M\$}</u>			

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
1-2-3	(1) New Canal Deviation				
	Bulk Excavation by the Dragline	376,400	cu-yd	1.00 M\$	376,400 M\$
	Final Excavation by Man	62,200	cu-yd	5.00	311,000
	Banking by Cut Earth	4,000	cu-yd	1.20	4,800
	Slope and Basic Grading	113,200	sq-yd	0.30	33,960
	Road Face Areas	4,900	sq-yd	0.50	2,450
	Turfing (Striping Turfing)	8,400	sq-yd	0.35	2,940
	Slope Compaction	21,100	sq-yd	0.50	10,550
	Bakau Pile Driving	18,700	pile	5.50	102,850
	Other Works				250
					<u>845,200</u>
(2) Revetment Wall		1	L.S.		16,800
					<u>16,800</u>
					<u>862,000</u>
1-2-4	Control House				
					25,000
		1	L.S.		<u>25,000</u>

TAB. 7-1-5

TAB. 7-1-6

Table 7-1-5 Construction Cost Estimate of Closure

(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
1-3 Closure					
Closure	Banking by Cut Earth	96,000	cu-yd	1.20	115,200
	Banking by Borrowed Earth	770	cu-yd	2.00	1,540
	Asphalt Facing	4,600	sq-yd	10.00	46,000
	Rip Rap	22,500	cu-yd	15.00	337,500
	Stone Pitching	7,700	sq-yd	9	69,300
	Street Lights	10	set	300	3,000
	Aggregate of Road Base	667	cu-yd	12	8,004
	Guard Rail	280	yd	50.00	14,000
	Level Raising	5,600	cu-yd	10	56,000
	Other Works				456
	<u>Total</u>				<u>651,000</u>

Table 7-1-6 Construction Cost Estimate of New Road Deviation in Barrage

(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
1-4 New Road					
New Road Deviation	New Road	0.88	mile	300,000	264,000
	Drain Ditch	400	yd	4.00	16,000
	Other Works				400
	<u>Total</u>				<u>266,000</u>

Tab. 7-1-7 Separable Cost Estimate of Traffic in Barrage
(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>	<u>Remarks</u>
Barrage						
	Concrete (A) 1 : 2 : 4	411	cu-yd	97.3	39,990	
	Concrete (B) 1 : 3 : 6	320	cu-yd	78.0	24,960	
	Concrete (C) 1 : 5 : 8	122	cu-yd	65.0	7,930	
	Concrete Pile Driving	108	pile	250.0	27,000	
	Bakau Pile Driving	40	pile	5.5	220	
	Bridge				167,625	Cost of Bridge floor x 3/4
	Unwatering				12,275	
	Closure					
	Banking by Cut Earth	34,500	cu-yd	1.20	41,400	
	Banking by Borrowed Earth	330	cu-yd	2.00	660	
	Asphalt Facing	2,200	sq-yd	10.00	22,000	
	Street Lights	5	set	300.00	1,500	
	Aggregate of Road Base	667	cu-yd	12.00	8,004	
	Guard Rails	280	yd	50.00	14,000	
	New Road	266,000 x 3/4			199,500	
	<u>Sub Total</u>				<u>567,064</u>	
	Contingencies				56,706	(10 per cent)
	Overhead				46,230	(7 per cent)
	<u>Total</u>				<u>670,000</u>	

Tab. 7-1-8 Cost Estimate of Reclamation and Drainage Improvement
(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
1. Reclamation					
	Cutting and Uprooting	1,670	acre	300 M\$	501,000 M\$
	First Plowing	1,670	"	100	167,000 M\$
	Drainage ditches and Branch Irrigation Canals	1,670	"	486	811,620
	Main Drainage Canals and Roads	13,100	yd	44	576,400
	Main Irrigation Canals	10,000	"	9	90,000
	Other Works				980
	<u>Sub Total</u>				<u>2,147,000</u>
2. Drainage Improvement					
(1) Paddy Field converted from Coconut Field	Main Irrigation Canals	1,290	acre	50	64,500
	Branch Irrigation Canals	1,290	"	26	33,540
	Drainage Ditches	1,290	"	242	312,180
	Other Works				
	<u>Sub Total</u>				<u>411,000</u>
(2) Existing Paddy Field	Drainage Ditches	4,700	acre	242	1,137,400
	Other Works				4,600
	<u>Sub Total</u>				<u>1,142,000</u>
	<u>Total</u>				<u>3,700,000</u>

TAB. 7-1-9
TAB. 7-1-10

Tab. 7-1-9 Cost Estimate for the Project as a Whole

(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>Cost</u>
Land Acquisition and Compensation	145,000
Barrage	2,793,000
Closure	651,000
New Road	266,000
Contingencies	385,000
Overhead	430,000
<u>Sub Total</u>	<u>4,670,000</u>
Reclamation and Drainage Improvement	3,700,000
<u>Total</u>	<u>8,370,000</u>

Tab. 7-1-10 Yen Loan Estimate

(Monetary Unit : Japanese Yen)

<u>Item</u>	<u>Classification</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
(1) Material	Deformed Reinforcement Bars	170	t	42,000	7,140,000
	Sheet Piles	185	pile	16,600	3,071,000
	Gates				70,000,000
	<u>Sub Total</u>				<u>80,211,000</u>
(2) Construction					
Cost by Yen Loan				4,095,000 x 25% x 120	125,307,000
(3) Overhead by					
Yen Loan				4,095,000 x 7% x 60% x 120	20,632,000
(4) Suction Dredger					64,850,000
	<u>Total</u>				291,000,000 ÷ 2,430,000 M\$

Tab. 7-1-11 Annual Operation and Maintenance Cost Estimate of Barrage
(Monetary unit : MS)

(1) Assessment for Barrage

<u>Item</u>	<u>Cost</u>
Operation Cost	$250^{\$} \times 12^{\text{months}} \times 3^{\text{heads}} = 9,000$
Office Sundry Expense	$200 \times 12 = 2,400$
<u>Sub Total</u>	<u>11,400</u>
Gate Painting	$1,600^{\text{ft}^2} \times 4 \times 5^{\$} \div 5^{\text{years}} = 6,400$
Gate Repair	2,000
Electric Fee	$(5.5^{\text{Kw}} \times 4 \times 1^{\text{H}} \times 30^{\text{days}} \times 60\% = 396^{\text{KWH}})$ $396 \times 12 \times 0.08 = 380$
Body, Apron	720
<u>Sub Total</u>	<u>9,500</u>
Closure	$900^{\text{ft}} \times 10^{\$} = 9,000$
Canal	$2,080^{\text{ft}} \times 4 = 8,320$
Other	1,780
<u>Total</u>	<u>40,000</u>

(2) Assessment for Road

<u>Item</u>	<u>Cost</u>
Surface	$0.88^{\text{mile}} \times 5,000^{\$} = 4,400$
Guard Rail	$0.88^{\text{mile}} \times 500 = 400$
Side Ditch	540
Maintenance	$0.88^{\text{mile}} \times 1,500 = 1,320$
<u>Total</u>	<u>6,700</u>

Tab. 7-1-12 Actual Operation and Maintenance Cost in Adjacent Irrigation Areas

(Monetary Unit : M\$)

	<u>Acreage</u> (acres)	Single or <u>Double</u>	<u>1965</u>	<u>1964</u>	<u>1963</u>	<u>65-63</u> (mean)	<u>1962</u>	<u>1961</u>
North, District, P. W. Nude Rives Grrri, Area	16,100	Double	16.22	13.96	18.50	16.22	32.70	36.24
Central District, P. W. Sungai Dulion Nu Area	9,052	Double	13.42	12.38	16.02	13.94	25.76	24.86

Note : The State Government is to collect irrigation water charge according to paddy land class as a put of actual operation and maintenance cost.

See Chapter 5.

Tab. 7-1-13 Annual Operation and Maintenance Cost Estimate for Reclamation and Estimate for Reclamation and Drainage Improvement

(Monetary Unit : M\$)

(1) Reclamation

<u>Item</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
Main Drainage Canal	13,100	yd	0.45 \$	5,895
Connecting Road	13,100	yd	0.43	5,633
Main Irrigation Canal	10,000	yd	0.18	1,800
<u>Total</u>				<u>13,328</u>

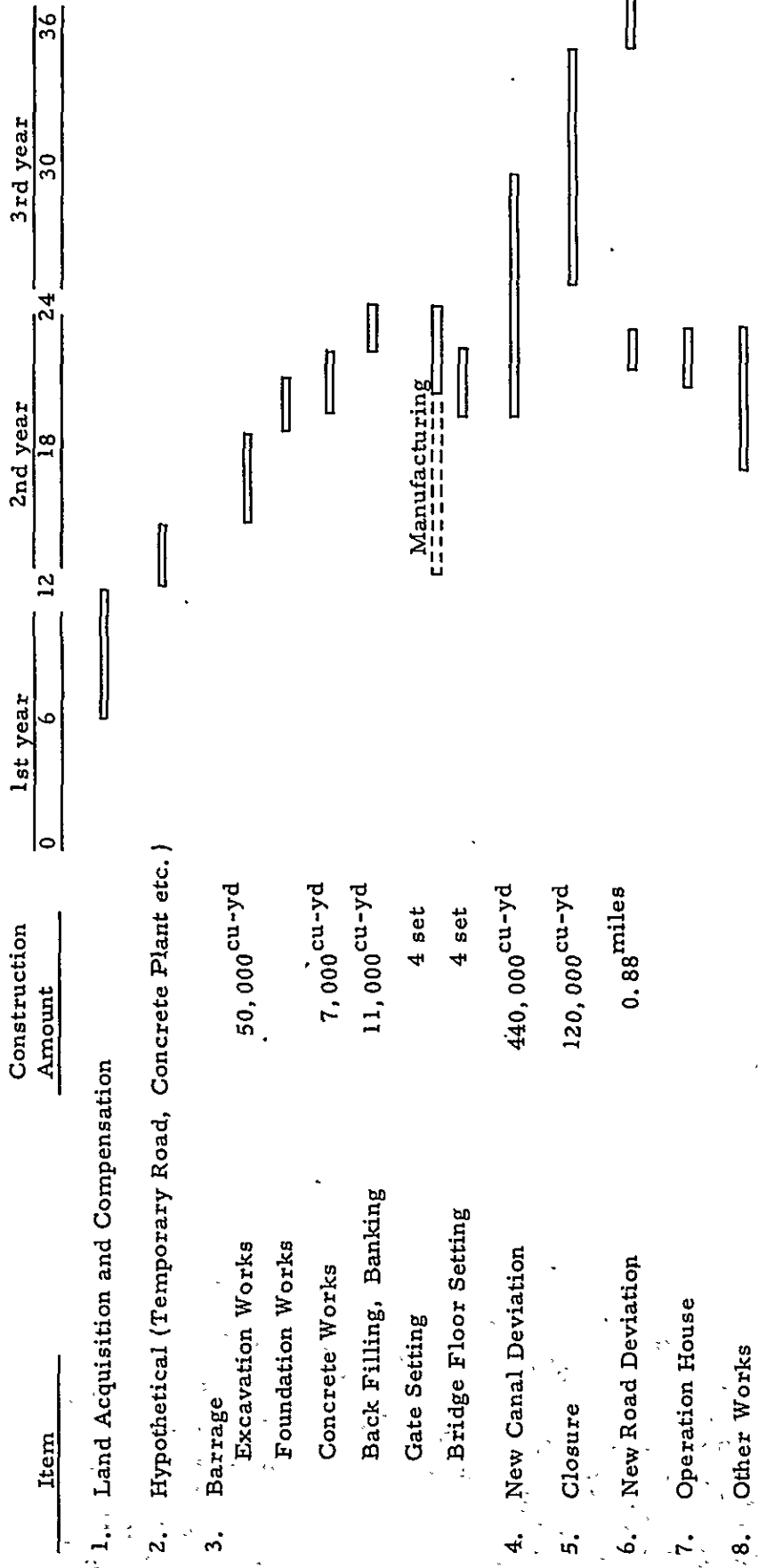
(2) Drainage Improvement

<u>Item</u>	<u>Amount</u>	<u>Unit</u>	<u>Unit Cost</u>	<u>Cost</u>
Main Drainage Canal	1,290	acre	1	1,290
<u>Total</u>				<u>1,290</u>

Tab. 7-2-1 Time Schedule of Investment for the Project as a Whole
(Monetary Unit : M\$)

<u>Item</u>	<u>1st year</u>	<u>2nd year</u>	<u>3rd year</u>	<u>4th year</u>	<u>5th year</u>	<u>6th year</u>
1. Barrage						
Land Acquisition and Compensation	145,000	-	-	-	-	-
Barrage	-	1,289,000	-	-	-	-
Gates	-	617,000	-	-	-	-
New Canal Deviation	-	287,000	575,000	-	-	-
Operation Houses	-	25,000	-	-	-	-
Closure	-	-	651,000	-	-	-
New Road Deviation	-	133,000	133,000	-	-	-
<u>Sub Total</u>	<u>145,000</u>	<u>2,351,000</u>	<u>1,359,000</u>	-	-	-
Contingencies	14,000	235,000	136,000	-	-	-
Overhead	44,000	225,000	161,000	-	-	-
<u>Total</u>	<u>203,000</u>	<u>2,811,000</u>	<u>1,656,000</u>	-	-	-
2. Reclamation and Drainage Improvement						
Reclamation	-	-	-	644,000	644,000	859,000
Drainage Improvement						
(1) Paddy Field converted from Coconut Field	-	-	-	-	411,000	-
(2) Existing Paddy Field	-	-	-	571,000	571,000	-
<u>Total</u>	-	-	-	<u>1,215,000</u>	<u>1,626,000</u>	<u>859,000</u>
<u>Grand Total</u>	<u>203,000</u>	<u>2,811,000</u>	<u>1,656,000</u>	<u>1,215,000</u>	<u>1,626,000</u>	<u>859,000</u>

Fig. 7-2-1 Construction Schedule for Barrage

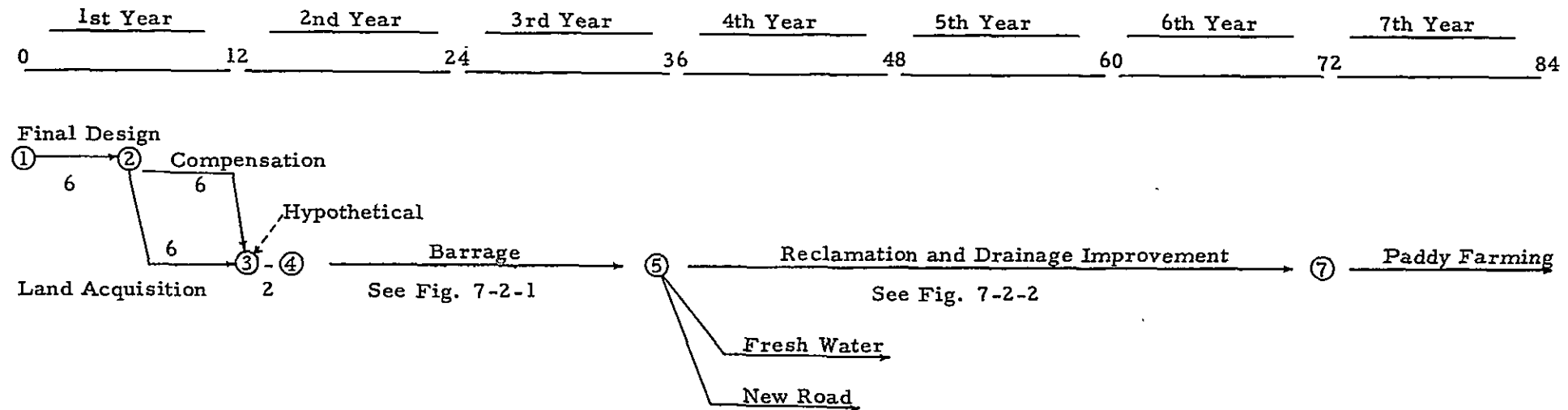


Manufacturing

Fig. 7-2-2 Construction Schedule for Reclamation and Drainage Improvement

Item	Construction Amount	4th Year		5th Year		6th Year		
		36	42	48	54	60	66	72
1. Reclamation								
Cutting and Uprooting	1,670 ^{acres}	=====						
Main Drainage Canals and Roads	13,100 ^{yd}	=====						
Main Irrigation Canals	10,000 ^{yd}	=====						
First Plowing	1,670 ^{acres}	=====						
Drainage Ditches and Branch Irrigation Canals		=====						
2. Paddy Field Converted from Coconut Field								
Irrigation Canals	1,290 ^{acres}	=====						
Drainage Ditches		=====						
3. Drainage Improvement								
	4,700 ^{acres}	=====						

Fig. 7-2-3 Net Works for the Project as a Whole



Tab. 8-3-1 Computation of Cost Allocation in Barrage (Monetary Unit: MS)

No.	Item	Agriculture	Industrial Water Supply	Traffic	Total
1	Benefits	9,360,855	14,393,030	2,139,603	25,893,488
2	Alternate Costs Installation O & M	8,619,564 7,661,325 958,239	9,542,820 6,667,500 2,875,320	1,232,560 1,050,000 182,560	- - -
3	Benefits Limited by alternate costs (lesser of 1 or 2)	8,619,564	9,542,820	1,232,560	-
4	Specific Costs Installation O & M	3,689,324 3,461,325 227,999	4,612,580 2,467,500 2,145,080	- - -	8,301,904 5,928,825 2,373,079
5	Separable Costs Installation O & M	- - -	- - -	825,815 703,500 122,315	825,815 703,500 122,315
6	Remaining Benefits (3-4-5) Percentage	4,930,240 48.02	4,930,240 48.02	406,745 3.96	10,267,225 100.00
7	Allocated Joint Costs Installation O & M	2,367,501 2,016,840 350,661	2,367,501 2,016,840 350,661	195,238 166,320 28,918	4,930,240 4,200,000 730,240

Notes: Capitalized at the end of year when the Barrage is intended to be completed.

Tab. 8-3-2 Computation of Cost Allocation in Agriculture (Monetary Unit: M\$)

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Reclamation</u>	<u>Drainage improvement</u>	<u>Total</u>
1	Benefits	3,908,183	6,433,752	10,341,935
2	Alternate Costs Installation O & M	4,748,907 4,266,607 482,300	4,586,998 4,132,202 454,796	9,335,905 8,398,809 937,096
3	Benefits limited by alternate costs (lesser of 1 or 2)	3,908,183	4,586,998	-
4	Specific Costs Installation O & M	2,153,479 2,001,696 151,783	1,975,133 1,867,291 107,842	4,128,612 3,868,987 259,625
5	Separable Costs Installation O & M	- - -	- - -	- - -
6	Remaining Benefits (3-4-5) Percentage	1,754,704 40.19	2,611,865 59.81	4,366,569 100.00
7	Allocated Joint Costs Installation O & M	1,049,709 910,268 139,441	1,562,156 1,354,643 207,513	2,611,865 2,264,911 346,954

Notes: Capitalized at the year end of two years later the completion of the barrage.

Tab. 8-6-1 Construction Cost to be Borne by Each Purpose

(Monetary Unit : M\$)

Purpose	Barrage			Associated Works			Total		
	Local Currency	Yen Loan	Total	Local Currency	Yen Loan	Total	Local Currency	Yen Loan	Total
<u>Agriculture</u>									
Reclamation	446,160 (0.165)	325,810 (0.165)	771,970 (0.165)	1,921,628 (441.028)	0	1,921,628 (441.028)	2,367,788 (887.188)	325,810	2,693,598 (887.188)
Drainage Improvement	663,966 (0.246)	484,864 (0.246)	1,148,830 (0.246)	1,978,372 (289.872)	0	1,778,372 (289.872)	2,442,338 (953.838)	484,864	2,927,202 (953.838)
<u>Sub-Total</u>	1,110,126 (0.411)	810,674 (0.411)	1,920,800 (0.411)	3,700,000 (730.900)	0	3,700,000 (730.900)	4,810,126 (1,841.026)	810,674	5,620,800 (1,841.026)
<u>Industrial Water Supply</u>	1,110,126 (0.411)	810,674 (0.411)	1,920,800 (0.411)	2,350,000	0	2,350,000	3,460,126	810,674	4,270,800
<u>Traffic</u>	478,748 (0.178)	349,652 (0.178)	828,400 (0.178)	0	0	0	478,748	349,652	828,400
<u>Total</u>	2,699,000 (1.000)	1,971,000 (1.000)	4,670,000 (1.000)	6,050,000	0	6,050,000	8,749,000	1,971,000	10,720,000

- Notes: (1) The construction cost to be required for the construction of barrage is allocated among the purposes served with the ratio of cost allocation.
- (2) The construction cost of associated works for the industrial water supply is indicated in (1) of Paragraph (8-4-2).
- (3) The values in the parenthesis of the column "Associated works" are the construction costs in the governmental budget by D.I.D., which consist of those of the main canals for drainage and irrigation, and the road. The residuals other than the above are financed by the agricultural beneficiaries.

Tab. 8-6-2 Repayment Table for Yen Loan

(Monetary Unit : M\$)

Project Year	Loan		Total	Repayment		Total	Agriculture (D.I.D.)			Industrial		
	Construction of Barrage	Other Project		Construction of Barrage	Other Projects		Loan	Budget	Farmers	Total	Loan	Local Loan Co We
1	1,200,000	459,000	1,659,000	27,000	10,328	37,328	493,561	11,105	-	11,105	493,561	11,105
2	771,000	-	771,000	71,348	20,655	92,003	317,113	29,345	-	29,345	317,113	29,345
3	-	-	-	88,695	20,655	109,350	-	36,480	-	36,480	-	-
4	-	-	-	88,695	20,655	109,350	-	36,480	-	36,480	-	-
5	-	-	-	88,695	20,655	109,350	-	14,661	21,819	36,480	-	-
6	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
7	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
8	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
9	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
10	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
11	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
12	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
13	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
14	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
15	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
16	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
17	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
18	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
19	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
20	-	-	-	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-
Total	1,971,000	459,000	2,430,000	3,003,983	707,648	3,711,631	810,674	128,071	1,107,474	1,235,545	810,674	40,450

Notes: The repayment during 5 years of grace period is the interest excluding the amortization.

8-6-2 Repayment Table for Yen Loan

(Monetary Unit : M\$)

	Repayment			Agriculture (D.I.D.)				Industrial Water Supply (P. W. D.)				Traffic (P. W. D)	
	Construction of Barrage	Other Projects	Total	Loan	Repayment			Loan	Repayment			Loan	Repayment
					Budget	Farmers	Total		Local Loan	Collection of Water Rute	Total		Budget
000	27,000	10,328	37,328	493,561	11,105	-	11,105	493,561	11,105	-	11,105	212,878	4,790
000	71,348	20,655	92,003	317,113	29,345	-	29,345	317,113	29,345	-	29,345	136,774	12,658
	88,695	20,655	109,350	-	36,480	-	36,480	-	-	36,480	36,480	-	15,735
	88,695	20,655	109,350	-	36,480	-	36,480	-	-	36,480	36,480	-	15,735
	88,695	20,655	109,350	-	14,661	21,819	36,480	-	-	36,480	36,480	-	15,735
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
	175,970	40,980	216,950	-	-	72,377	72,377	-	-	72,377	72,377	-	31,216
<u>000</u>	<u>3,003,983</u>	<u>707,648</u>	<u>3,711,631</u>	<u>810,674</u>	128,071	1,107,474	1,235,545	810,674	40,450	1,195,095	1,235,545	<u>349,652</u>	532,893

ing 5 years of grace period is the interest excluding the amortization.

Fig. 8-3-1 Time Streams of Inputs and Outputs

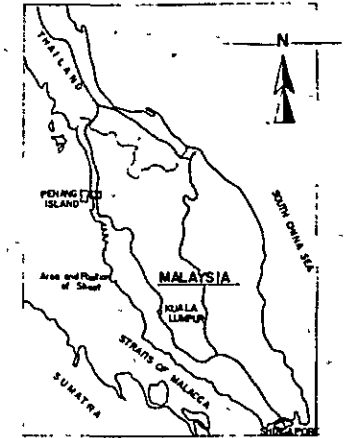
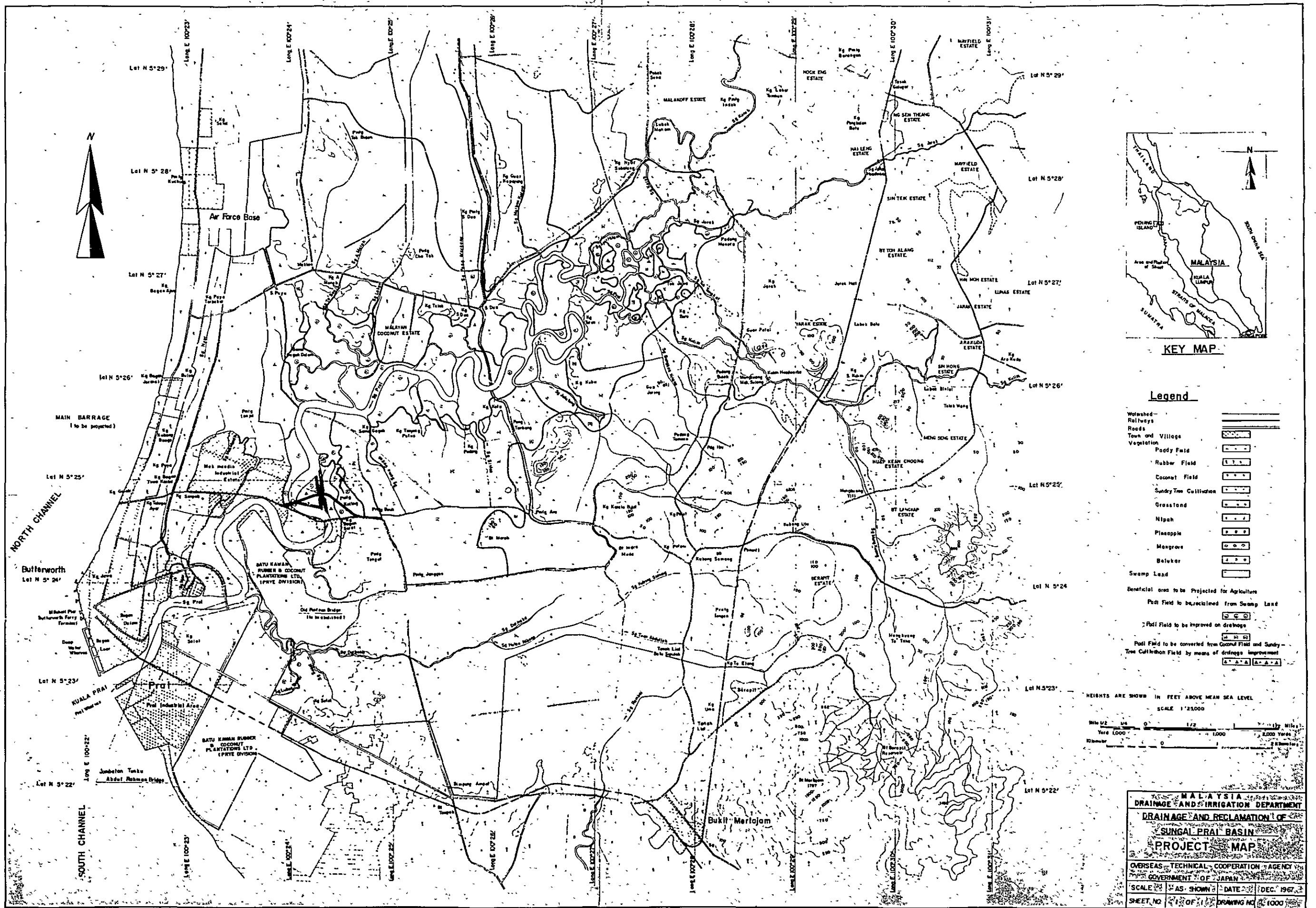
Item	Description	Time Streams (Year)									
		-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	-----	50
<u>Barrage</u>	Input (Joint cost)	Construction Cost of M\$4,000,000 and annual O & M cost of M\$40,000									
<u>Reclamation</u>	Input (Specific cost)	Construction Cost of M\$2,147,000 and annual O & M cost of M\$68,821									
	Output	Constant annual benefits of M\$227,120									
<u>Drainage improvement</u>	Input (Specific cost)	Construction Cost of M\$1,553,000 and annual O & M cost of M\$5,797									
	Output	Constant annual benefits of M\$356,184									
<u>Industrial water supply</u>	Input (Specific cost)	Construction Cost of M\$2,350,000 and annual O & M cost of M\$117,500									
	Output	Constant annual supply amount of 2,190 M gallons									
<u>Traffic</u>	Input (Separable cost)	Construction Cost of M\$670,000 and annual O & M cost of M\$6,700									
		Constant annual traffic volume of 1,680,000									

Notes:

(1) Marks in the column of "Input" are as follows:

_____ Construction time
 - - - - - Maintenance and Operation time

(2) The construction Costs do not include the interest during construction time.



KEY MAP

Legend

- Watershed
- Railways
- Roads
- Town and Village
- Vegetation
 - Paddy Field
 - Rubber Field
 - Coconut Field
 - Sundry Tree Cultivation
 - Grassland
 - Nipah
 - Pineapple
 - Mangrove
 - Belukar
 - Swamp Land
- Beneficial area to be projected for Agriculture
- Paddy Field to be reclaimed from Swamp Land
- Paddy Field to be improved on drainage
- Paddy Field to be converted from Coconut Field and Sundry Tree Cultivation Field by means of drainage improvement

HEIGHTS ARE SHOWN IN FEET ABOVE MEAN SEA LEVEL
 SCALE 1:25,000
 Mile 1/2 0 1/2 Miles
 Yard 1000 2000 Yards
 Kilometer 0 1 2 Kilometers

MALAYSIA
 DRAINAGE AND IRRIGATION DEPARTMENT
 DRAINAGE AND RECLAMATION OF
 SUNGAI PRAI BASIN
 PROJECT MAP
 OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
 GOVERNMENT OF JAPAN
 SCALE AS SHOWN DATE DEC 1967
 SHEET NO. 1 OF 1 DRAWING NO. 1000

