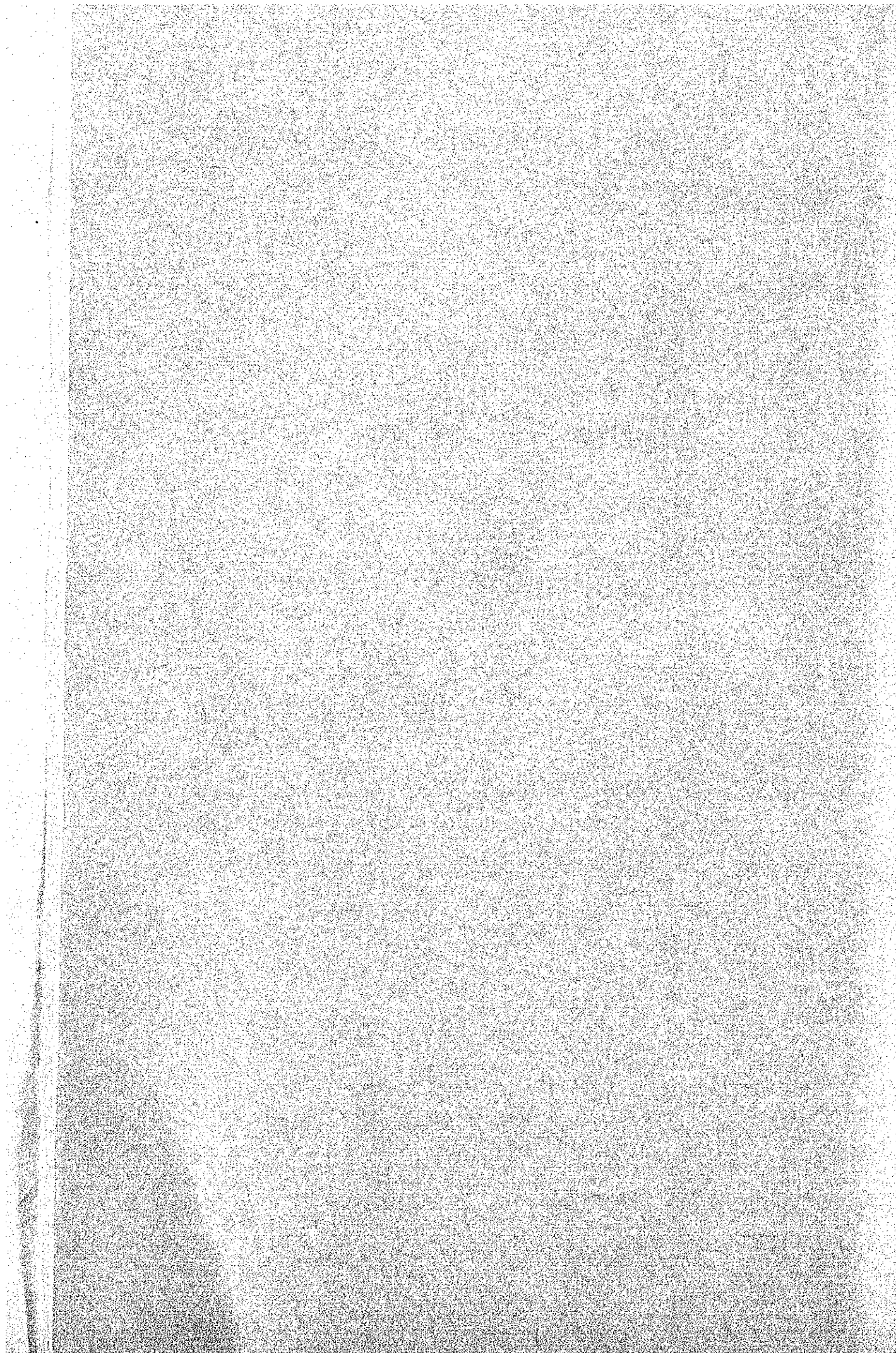


第 5 章

技術調査および解析



第5章 技術調査および解析

5-1 地質解析

5-1-1 プロジェクト地域の地質概要

(1) 地質

北ボルネオは地質的には表5-1、図5-1に示すように、主に第三紀と白亜紀後期の堆積岩によって構成されている。

Table 5-1 Percentage Distribution of Rock Groups in Northern Borneo

Rock Group	Sarawak	Brunei	Sabah	Total
Quaternary	15%	38%	14%	15%
Tertiary & Upper Cretaceous	78	62	74	76
Precretaceous	3	-	-	2
Igneous	4	-	12	7

第三紀と白亜紀後期の岩は粘土あるいは頁岩と互層をなす主に砂岩で構成されている。第四紀の堆積物は沖積土で主に古い時代の堆積岩に由来している。

プロジェクト地域の地質は図5-2に示すように、第四紀の沖積層および頁岩、砂岩、亜炭などの第三紀の堆積岩よりなり、局部的に先白亜紀層（石灰岩）がある。

上記の第三紀の堆積岩は固結が進んでいないための石材には不適當である。一方、沖積層は未固結ではあるが、その中に含まれる礫は石材として利用しうる。

(2) 土質

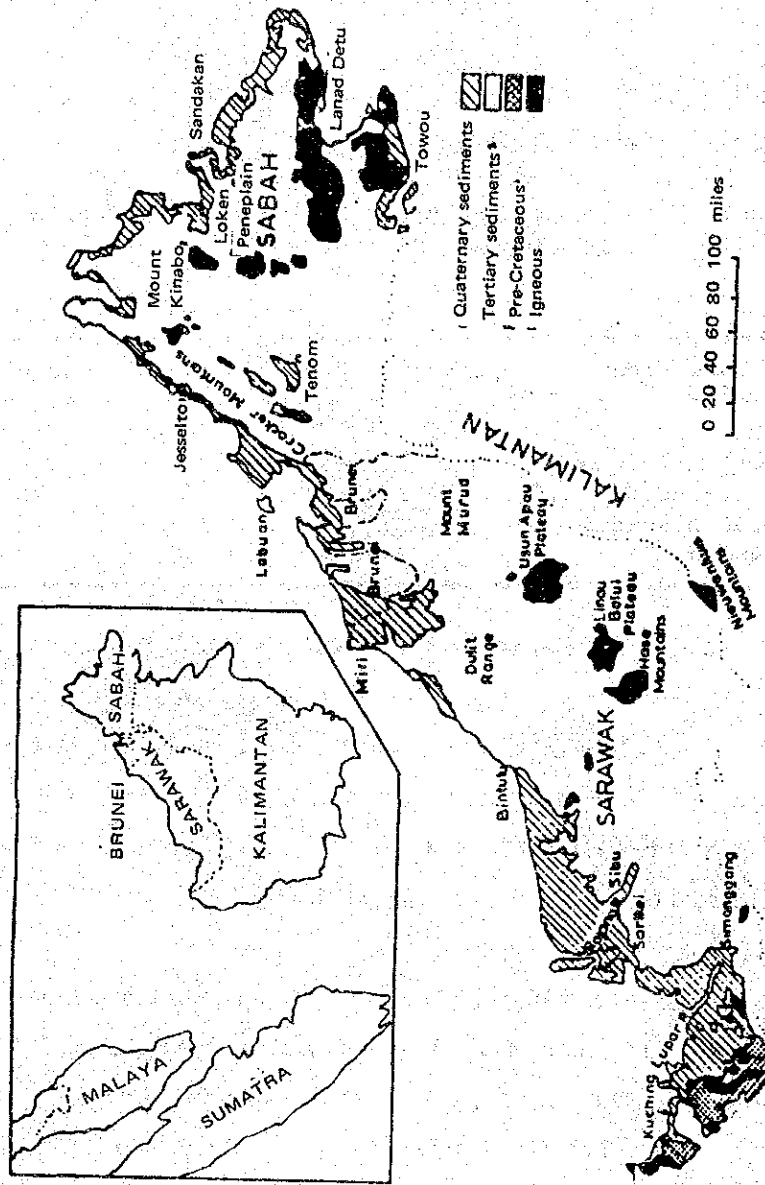
プロジェクト道路の土質現況調査実施時に自動車を利用できた区間はMiri/Bintulu 道路～Sg. Tinjar 間5.47 KmおよびLimbang～Sg. Limbang 間4.14 Kmのみであり、残りの区間14.12 Km (8.8マイル)の調査にはヘリコプターまたは川を利用したロングボートに頼らざるを得なかった。このため限られた現地調査期間内の土質現況の把握は困難を極めたが、幸い Dept. of Agriculture に地表面下1.2 mの深さまでのオーガーボーリングの結果をもとに作成した縮尺1:50,000の土壌図があり、これを参考することができた。

本文中の土質分類は A Classification of Sarawak Soils Dept. of Agriculture, Sarawak, 1966 and Subsequent Amendments にしたがっている。

プロジェクト道路沿いの土質は大部分が Red Yellow Podzolic Soils または Peat Soils であり、残りは河川沿いの Gley Soils と Recent Alluvial が分布している。

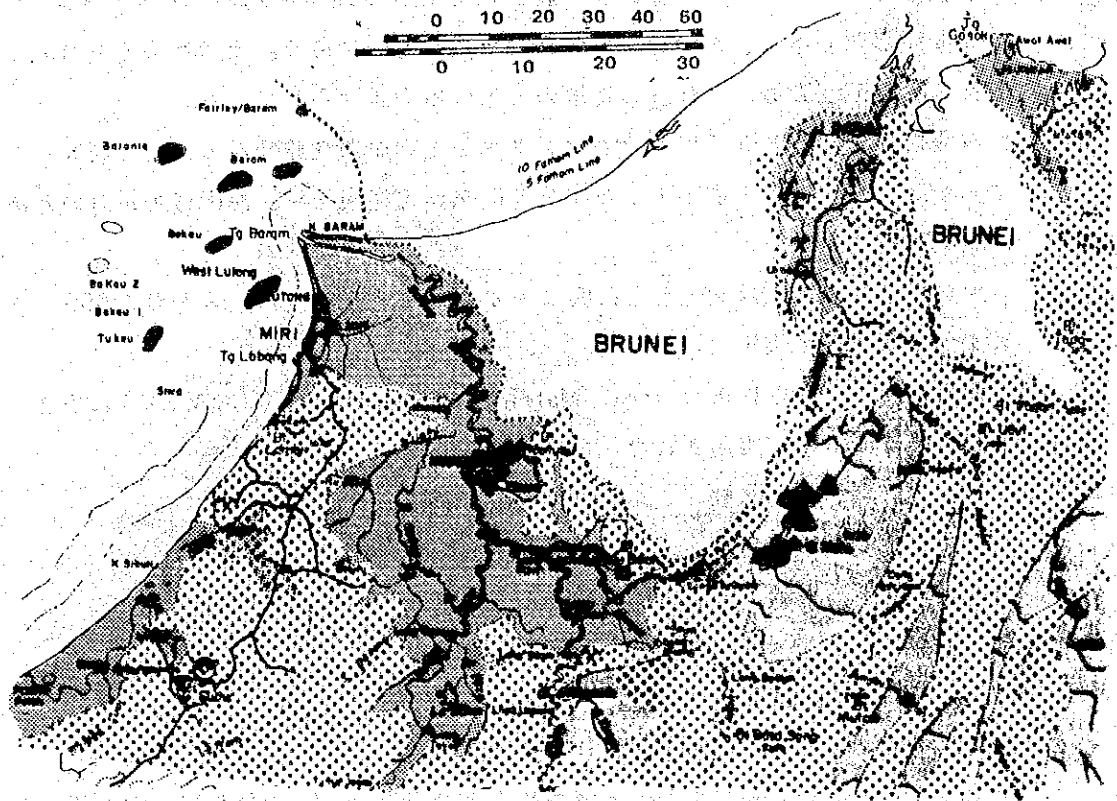
これらの土質の中で道路建設上 Peat Soils がもっとも取扱いおよび処理に困るも

Fig. 5-1 SKETCH MAP SHOWING OF NORTHERN BORNEO






Source: Road Making Materials in Northern Borneo
 R R L Road Research Technical Paper No. 68

Fig. 5-2 MINERAL RESOURCES MAP



GEOLOGY

-  Pleistocene and recent sediment
-  Neogene sedimentary rocks (including some late Palaeogene rocks in North Sarawak)
-  Palaeogene sedimentary rocks (including some early Neogene rocks, and late Cretaceous rocks in West Sarawak)

	FIELD	WELL	SEEPAGE
OIL	in Production	Potential	Abandoned
NATURAL GAS		Significant hydrocarbon indications	Oil and Gas
COAL			Occurrence
PHOSPHATE	Deposit with Proven Reserves	Deposit Worked	Occurrence
GLASS SAND			
DOLOMITE			
SAND AND GRAVEL			
LIMESTONE			
QUARRY	Operating	Abandoned	

Source: Mineral Resources Map of Sarawak, Malaysia, first edition, 1976

のである。Peat Soils は繊維質の高有機質土で一般的に有機質含有量が50%以上、自然含水比が300%以上であり、盛土の沈下およびスベリ破壊が生じるため施工が非常に困難であり、かつ建設費の高騰を招くものである。そのため本プロジェクト道路の路線選定の際、これらの地域の通過は極力避けられている。

有機物含有量が35%以上で層厚が3m以上の軟弱地盤地域の分布を図5-3に示す。またプロジェクト道路の土質状況の把握および盛土材、路床材の検討のため室内試験が実施された。

サンプリングは土議図をもとに図5-4に示すようにフェーズIで8箇所、フェーズIIで3箇所にて実施された。

室内試験はP.W.DのCentral Material Laboratory (C.M.L)に委託され、下記の項目について実施された。

1. 自然含水比試験
2. 粒度試験
3. 突固め試験
4. アッターベルグ試験
5. C.B.R 試験

試験結果は表5-2に示すとおりである。

この結果に基づいて舗装設計に必要な路床土の設計C.B.R値が第7章に述べる表7-14のように決定された。

Table 5-2 Summary of Soil Test Results

Sample Spot	Natural Moisture Content %	Soil Type	Atterberg Limits			Specific Gravity	Compaction			C.B.R.
			Liquid Limit %	Plastic Limit %	Plasticity Index %		Optimum Moisture Content %	Max. Dry Density g/cm ³	lb/ft ³	
1	23.5	CI	38	23	15	2.65	13	1.87	117	3
2	32.0	OI & MI to CI	47	30	17	2.65	14	1.81	113	3
3	28.5	CI	44	22	22	2.63	14	1.82	114	3
4	33.5	CI	43	24	19	2.64	17	1.78	111	7
5	9.0		--- N.P. ---			2.65	-	-	-	-
6	39.0	CI to OI & MI	42	25	17	2.65	18	1.76	110	4
7	35.5	OH & MH to CH	67	34	33	2.64	21	1.63	102	4
8	29.0	CH	56	28	28	2.67	16	1.81	113	2
9	33.0	MI & OI	40	29	11	2.62	19	1.62	101	5
10	19.0	MI & OI	39	28	11	2.66	17	1.65	103	2
11	28.0	ML & OL	31	24	7	2.63	16	1.80	112	16

Fig. 5-3 MAP OF SWAMP AREA

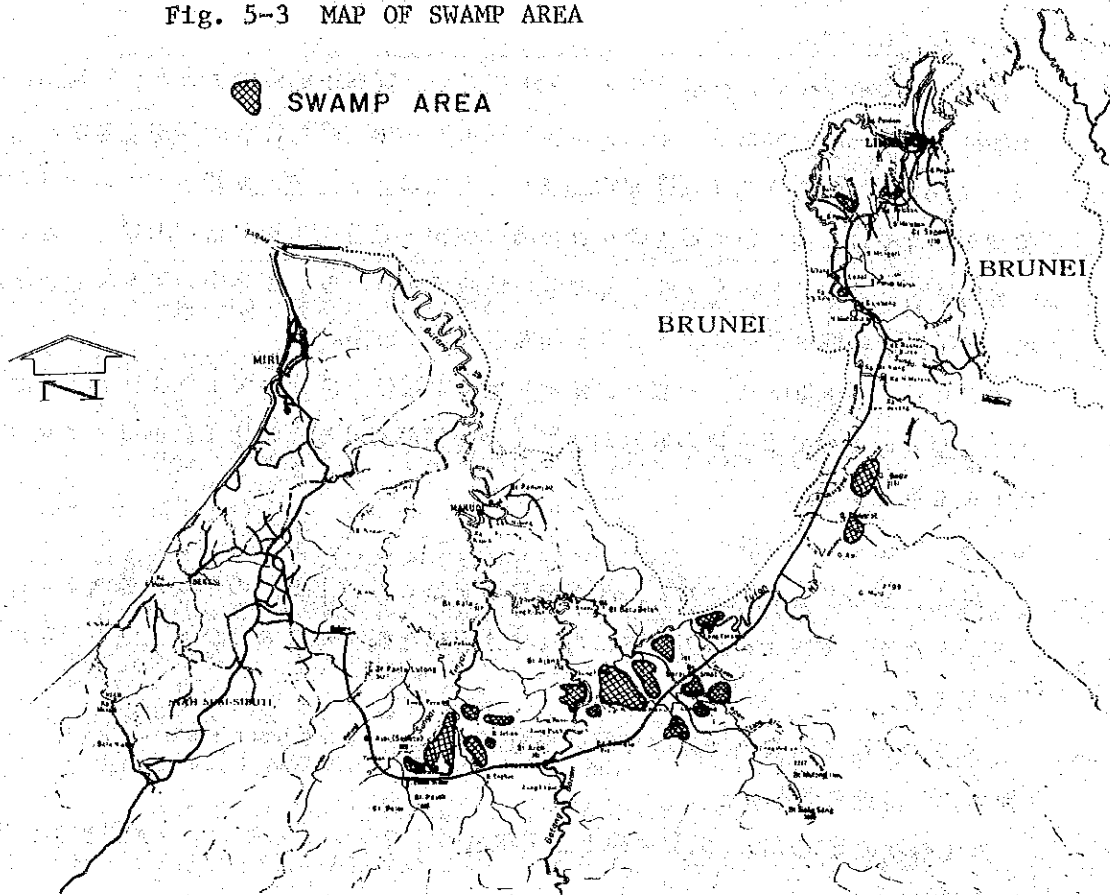
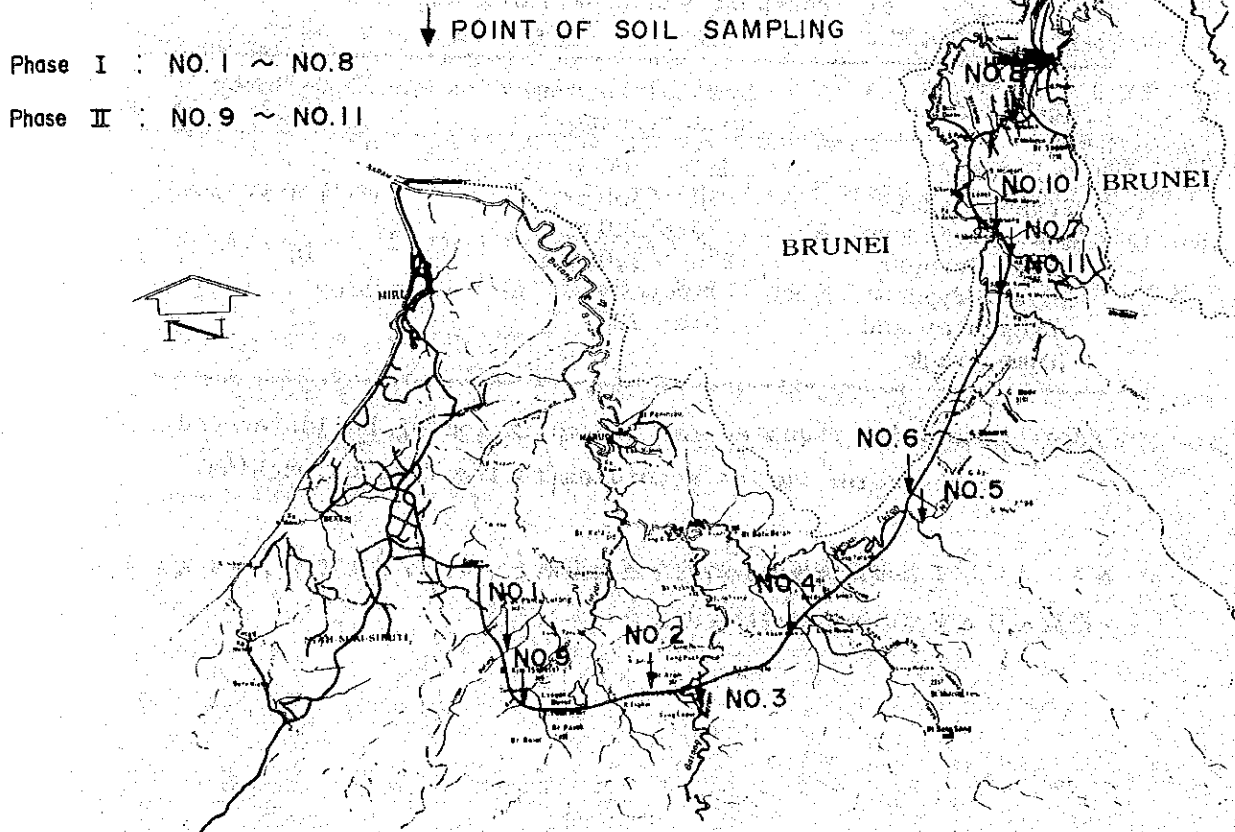


Fig. 5-4 LOCATION OF SOIL SAMPLING



5-1-2 土工計画

表5-2に示されている本プロジェクト道路の土質試験結果によると、土質がSandy loams to Clays であり、最大乾燥密度は 1.6 t/m^3 、自然含水比は最適含水比の2倍近くである。したがって土工事の施工に際しては、トラフィカビリティすなわち機械の走行やけん引に耐える土の支持能力の確保を十分に考慮しなければならない。その他に本プロジェクトエリアは雨量の多い地域であるから、工事中の雨水の速やかな排水は施工機械の稼働率をあげる上にも非常に大切である。

本プロジェクト道路は、一部の軟弱地盤地帯を避け大部分が切土および盛土で通過し、大土工事となるので工事費の低減および工期の短縮を計るため土工計画は大型建設機械施工を基本とする。

(1) 盛土

盛土は水の影響を受け易く、沈下や崩壊を起し易い土独得の不安定要素をもっている。したがって盛土を施工するに当っては適確な盛土材料および施工法の選定が重要である。

本プロジェクト道路地域は年間降雨量が $3,500 \sim 4,000 \text{ mm}$ (140~160インチ)の熱帯性多雨地帯である。

施工機械の選定には、気象条件と施工機械のトラフィカビリティ及び施工条件を考慮した。

Table 5-3 Types of Earthwork Equipment, Suitable Distance of Transport and Cone Index Required

Equipment	Suitable distance of soil transport	Cone index (kg/cm ²) qc
Bulldozer	Under 100 m	2 ~ 7
Scraperdozer	50 ~ 500 m	4 ~ 6
Tractor Scraper	70 ~ 500 m	7
Motor Scraper	200 ~ 2,000 m	10
Shovel-type Excavator and Dump truck	Over 70m	12

Note: Cone index required for the operation of bulldozer and scraperdozer varies according to the type of machine.

表5-3に示す各運搬機械の経済的な運土距離とトラフィカビリティを表わすコーン指数より本工事の運搬機械は次のとおりとした。

運搬距離	運搬機械
短距離土工	ブルドーザー
中距離土工	ブルドーザー+被けん引式スクレーパー
長距離土工	ショベル系掘削機+ダンプトラック

盛土が十分強度を得るためには適切な盛土施工管理が必要である。以下に代表的な施工管理方式を示す。

1) 乾燥密度で規定する方法

この方法は締め固めた土の乾燥密度と室内締め固め試験の最大乾燥密度との比によって規定する。

2) 飽和度あるいは空気間隙率で規定する方法

盛土間隙中の空気間隙および水分の占める割合を規定する方法で粘性土の施工管理に採用される。

3) 強度特性で規定する方法

締め固め盛土の強度、変形特性の貫入抵抗、現場C.B.R、支持力、ブルーフローリングによるたわみなどの値によって規定する方法。

本プロジェクト道路は延長が約240 Kmあり、区間によっては土質が変化していると考えられるので、それらの変化に応じた適切な施工管理方式を採用すべきである。



(2) 切土

切土部とは、現地盤から路床面までの掘削部を云う。本プロジェクト道路の切土区間の土質状況は大部分軟岩であると推定される。すなわち、本プロジェクト道路始点側に位置し、類似した地形での道路工事の月間進捗報告書(MRCU-10のBeluru / Long Teru Roadプロジェクト1975~1978)の記録およびSoil Map of Sarawak Malaysia, Timor 1968年版地質図によった。またフェーズII調査時にMiri - Bintulu Roadにおいて軟岩の弾性波速度の試験を3個所にわたって実施した結果、平均1.000 m/secであった。

これらの結果、本プロジェクト道路の切土部の施工は32 tonブルドーザーによるリッパ工法を採用するものとする。弾性波速度とリッパ作業可能範囲との関係は図5-5のとおりである。

Fig. 5-5 Scope of Application of a 32 ton Bulldozer in Ripper Excavation

Type of rock	Seismic wave velocity (km/sec)				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Granite	Bulldozer applicable in ripper method		Bulldozer applied in other methods		
Basalt	Bulldozer applicable in ripper method		Bulldozer applied in other methods		
Slate	Bulldozer applicable in ripper method		Bulldozer applied in other methods		
Conglomerate	Bulldozer applicable in ripper method		Bulldozer applied in other methods		
Sandstone	Bulldozer applicable in ripper method		Bulldozer applied in other methods		
Shale	Bulldozer applicable in ripper method		Bulldozer applied in other methods		

 --- Bulldozer applicable in ripper method
 --- Bulldozer applied in other methods

source : 道路土工指針 (日本道路協会)

(3) 法面工

法面工は道路を完全に維持し、交通に障害が生じないように切土、盛土の法面とそれにつづく斜面の安定をはかるために行う。

現在、サラワク州の P, W, D では最大法面勾配として次のように規定している。

- 1) 盛土法面勾配 1 : 1.5
- 2) 切土法面勾配 巾 1.2 2 m、高 1.2 2 m 階段法面

この規定をもとに盛土法面については、降雨量の多い特殊な気候条件、盛土材料の良否、盛土高を考慮した法面勾配とする。参考として表 5 - 4 に日本の盛土材料および盛土高に対する法面標準勾配を示す。

Table 5-4 Standard Side Slope Gradient for Various Materials and Depths of Fill

Material of Fill	Depth of Fill	Standard Gradient	Remark
Well graded sand (SW), gravel/mix of sand and gravel (GM) (GC) (GW) (GP)	Under 5m	1:1.5 ~ 1:1.8	° Data apply to cases where the foundation soil is strong and free from the possibility of inundation.
	5 ~ 15m	1:1.8 ~ 1:2.0	
Poorly graded sand (SP)	Under 10m	1:1.8 ~ 1:2.0	° Classifications given in brackets are representative examples.
Rock Debris	Under 10m	1:1.5 ~ 1:1.8	
	10 ~ 20m	1:1.8 ~ 1:2.0	
Sandy Soil (SM) (SC) hard cohesive soil, hard clay (diluvial hard cohesive soil, clay, Kanto-loam, etc.)	Under 5m	1:1.5 ~ 1:1.8	
	5 ~ 10m	1:1.8 ~ 1:2.0	
Soft cohesive soil (VH)	Under 5m	1:1.8 ~ 1:2.0	

切土法面の階段法面は気候的に多雨の地域には適確な工法であるから、そのまま採用する。

1979年3月に実施された現地調査でMiri - Bintulu 道路の法面観測を実施した結果、地形、土質の良否による自然植生のバラツキが大きく、それにとまなう法面の浸食が多少みられた。この対策として、自然植生だけでなく何らかの法面保護を将来において検討されるべきであろう。

5-1-3 橋梁基礎地盤調査

橋梁基礎地盤の調査は次の項目について実施された。

Field work

Standard Mackintosh Probe Test

Machine Boring

Standard Penetration Test with Split-Barrel Sampling

Laboratory testing

Specific gravity test

In-situ moisture content test

Grain-size analysis

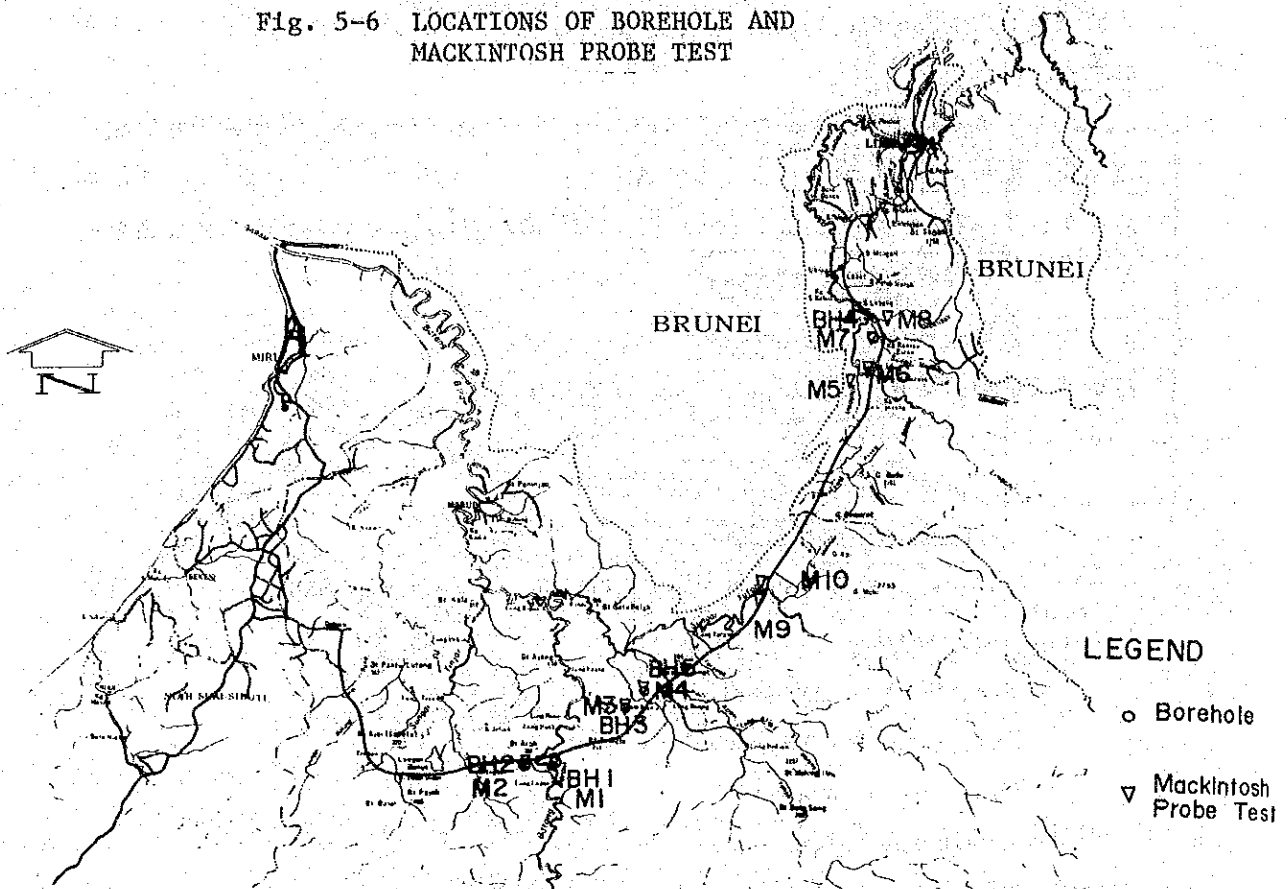
Atterbergs limit

実施箇所は図5-6および表5-5のとおりである。

Table 5-5 Locations of Subsurface Exploration for Bridge Foundations

Location	Number	
	Standard Mackintosh Probe Test	Machine Boring and SPT
Batang Baram	2	2
Sungai Apoh	2	2
Sungai Tutoh	2	-
Sungai Medamit	2	1
Sungai Limbang	2	-
Total	10	5

Fig. 5-6 LOCATIONS OF BOREHOLE AND MACKINTOSH PROBE TEST



この結査結果は Report on the soils survey and laboratory investigation に
詳述されている。

マレーシアにおいては Sounding として Standard Mackintosh Probe Test が一般的に
行われているがこの結果は必ずしも信頼がおけるものではないようである。

例えば Batang Baram では Mackintosh probe test , Machin Boring および Stan-
dard Penetration test が行われたが、Mackintosh probe test の結果深さ約 6 m で
打撃回数が 100 以上、許容支持力が 43.7 t/m^2 となり、支持層としては充分と見な
されるのに対し、ボーリング結果では深さ 6 m では Very soft grey sandy clayey
SILT であり N 値 2 の軟弱層である。また、支持層とみなされ得る Very stiff dark
grey clayey sandy SILT は深さ約 2.9 m である。

したがって、基礎工の選定にはボーリング結果および標準貫入試験結果を用いるもの
とする。

これらの試験結果は図 5-7 のとおりである。

また、N 値 50 以上が 5 m 以上連続する地層を支持層とした場合の各試験点での深さ
を表 5-6 に示す。

Fig. 5-7 SOIL PROFIL

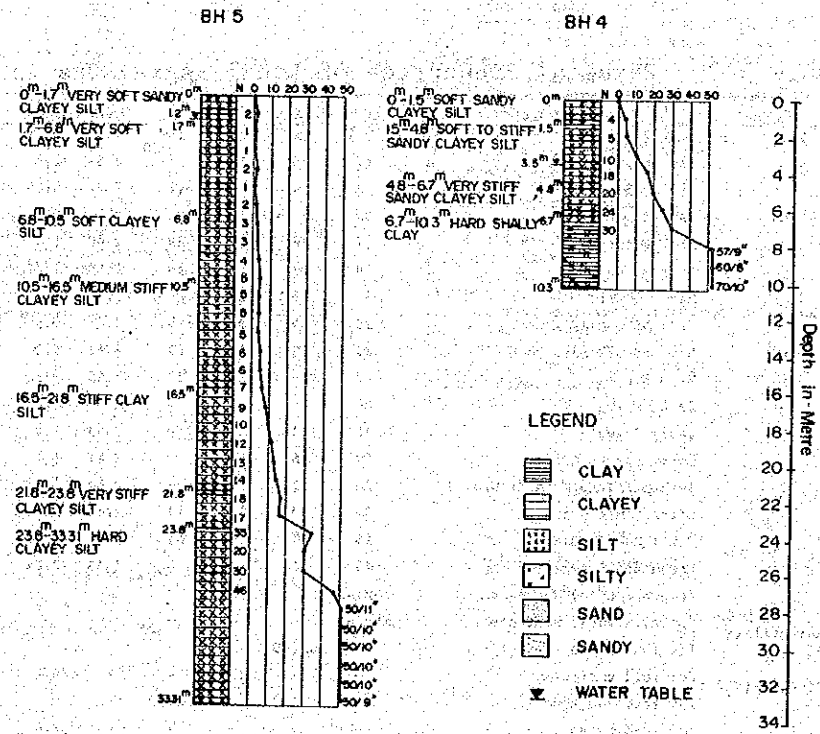
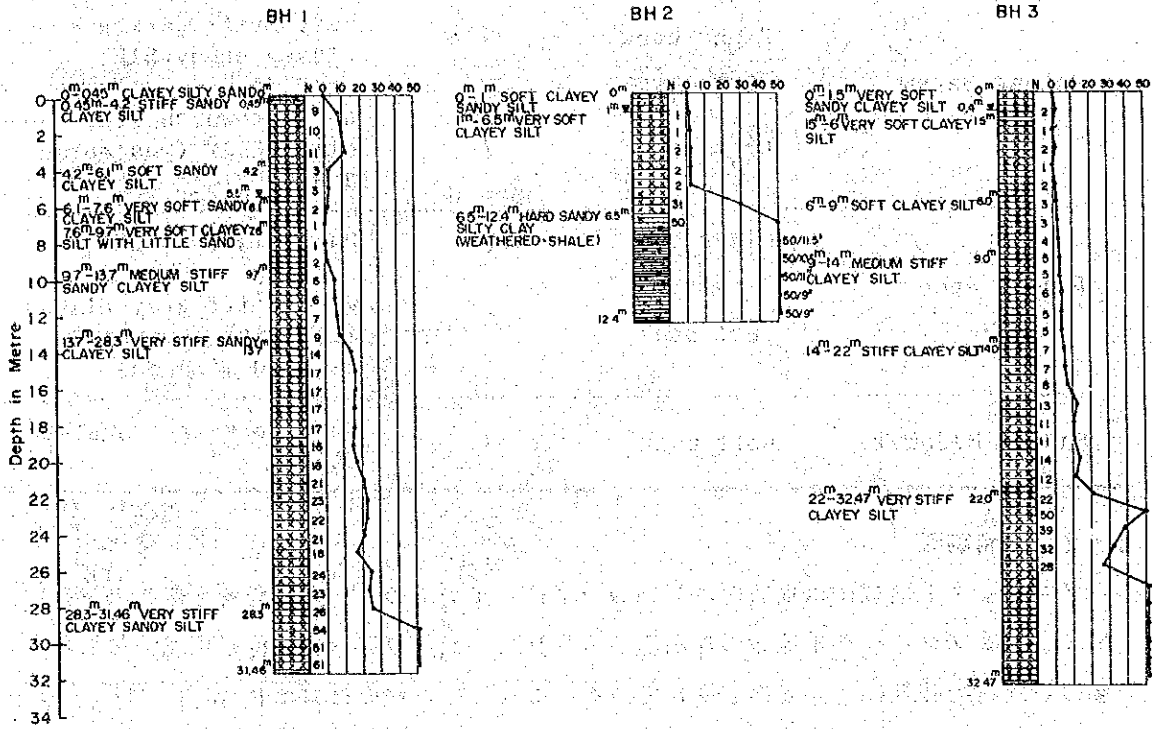


Table 5-6 Depth of Bearing Stratum

Location		Depth (m)	Description
Batang Baram	Right bank	29	Very stiff dark grey clayey sandy SILT
	Left bank	7	Hard brownish grey sandy silty CLAY (weathered shale)
Sungai Apoh	Right bank	28	Hard clayey SILT
	Left bank	27	Very stiff grey clayey SILT with laminated decayed material
Sungai Medamit	Left bank	8	Hard dark gray shaley CLAY

5-2 材料調査

プロジェクト地域には地質的に若い層が堆積しているため、良質骨材を得るのが難しい。図5-8にプロジェクト地域の採石場が示されている。既存および将来可能性がある採石場は石灰石や砂利によって構成されている。これらの石材の材質はP.W.Dが行った表5-7のBSによる試験結果によると充分道路表層材に使える石材であることが明らかとなっている。

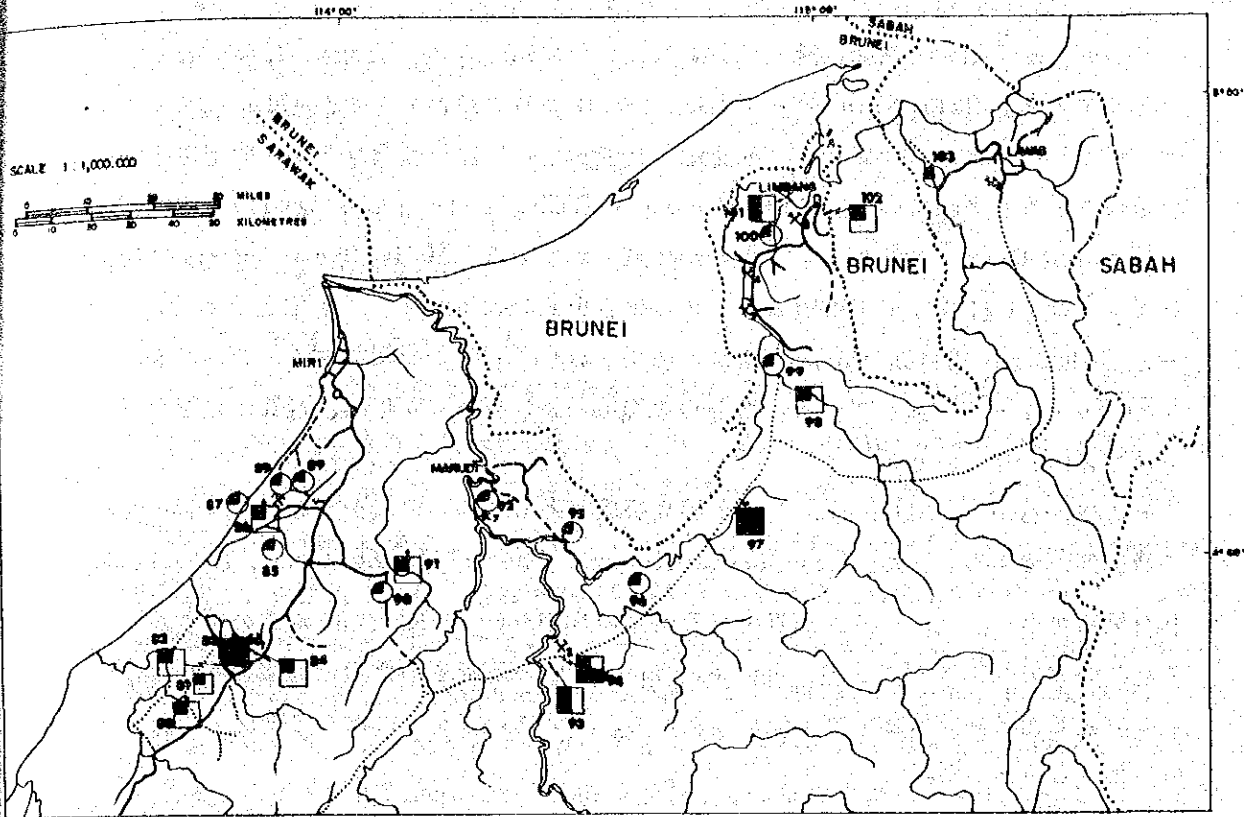
Table 5-7 Physical Properties of Local Aggregates in Sarawak

Division	Quarry Site	A.I.V.	Mod. A.I.V.	A.C.V.	L.A. Abrasion	S.G.	Water Absorption	Government or Private
1st	Stabar Quarry	23%	24%	22%	18%	2.50	1.9%	Government
"	Sinibong Quarry	17	18	19	-	2.65	2.8	Government
"	M38 Kuching/Serian	12	14	16	14	2.72	0.48	Government
2nd	Sebuan Quarry	30	-	27	35	2.70	0.4	Government
"	Abok Quarry	17	26	19	20	2.68	1.6	Government
"	Lachau Quarry	18	19	19	18	2.66	1.25	Government
"	Marup Quarry	25	29	22	24	2.68	1.0	Government
"	Kalambi Quarry	25	29	22	24	2.68	0.5	Government
4th	M22 Bintulu/Miri Road	21	25	18	18	2.67	1.2	Government
"	Batu Niah	27	29	26	29	2.65	2.31	Government
"	Batu Gading	24	-	25	-	2.68	0.6	Private
5th	Ukong Gravel	31	33	30	-	2.43	1.4	Government
"	Lubai Tengah Gravel	43	46	40	-	2.62	1.7	Government
"	Berawan/Nanga Medamit Gravel	30	32	28	-	2.64	1.23	Government
"	Lawas/Damit Gravel	32	33	27	49	2.65	2.34	Government
"	Bukit Kubang Gravel	48	50	39	83	2.54	1.8	Government
"	Pandaruan Gravel	36	42	-	-	2.65	2.04	Government
	for concreting aggregate	max.45	-	-	-	-	-	
	for structural concrete	max.30	-	-	-	-	-	
Suitability	for road stone	-	max.40	-	-	-	-	
Construction	for road surfacing	-	-	max.35	-	-	max.2	
	for road construction	-	-	-	max.50	-	-	
	for road bases	-	-	-	-	-	max.4	

Note: 1) A.I.V. - Aggregate Impact Value
 2) Mod. A.I.V. - Modified Aggregate Impact Value
 3) A.C.V. - Aggregate Crushing Value
 4) S.G. - Specific Gravity

5) L.A. Abrasion - Los Angeles Abrasion

Fig. 5-8 QUARRY SITES OF THE PROJECT AREA



Rock Type	Quality	Quantity
		Million Cubic Yards
Limestone	Average	■ >10
Gravel & Limestone	Poor	■ 5 - 10
		■ 1 - 5
		■ ● <1

Average - means rock may be suitable for use in road base, course and surfacing, and as concrete aggregates and blockstones for load bearing structural uses in minor engineering works.

Poor - means rock may be suitable for use as road fill, in road sub-base course and possibly base course.

Existing Quarry Sites

Government Quarries

(4th Div.)

- * 7 Marudi Quarry
- * 1 Niah Quarry (M.65 M/B Rd.)

(5th Div.)

- * 6 Lawas/Damit Rd. (M.5-1/2) River Gravel
- * 3 Lubai Tengah
- * 4 Ukong Quarry
- * 5 M.15 Berawan/Nanga Medamit Rd.

Private Quarries

(4th Div.)

- * 2 Holly Stone Quarry
- 84 Kong Thai Sawmill

Potential Quarry Sites

- 80. Sungai Kurong, Niah
- 81. Sungai Lemhong, Suai Area
- 82. Sungai Semilau, Yong Choon Jin Quarry Niah
- 83. Gunung Subis (National Park)
- 84. Kong Thai Sawmill (Miri) Sdn. Bhd.
- 85. Bulak Setap, Sibuti
- 86. Trusan Limestone, Miri
- 87. Tanjong Batu, Miri
- 88. Seraya Limestone, Miri
- 89. Kedulit Sandstone, Miri
- 90. Beluru Sandstone
- 91. Beluru Limestone
- 92. Lubok Nibong, Marudi
- 93. Bukit Betok, Marudi
- 94. Bukit Besungai, Marudi
- 95. Tutoh Valley
- 96. Temasok, Limbang
- 97. Melinau Limestone, Limbang
- 98. Selidong and Keramat Limestone, Limbang
- 99. Middle Limbang Valley
- 100. Tempas Hill, Limbang
- 101. Bukit Gadong Laul, Limbang
- 102. Panduran, Limbang
- 103. Trusan River, Limbang

Note: * Existing Quarry
 + Abandoned Quarry
 * Indicates Possible Use of Rock

5-2-1 採石場

プロジェクト地域で活発に採石が行われているのは、Batu Niah と Batu Gading の 2 箇所である。Batu Niah の石灰石は P.W.D 直轄で最大 75 mm (3")。クラッシュランが 10,000 ~ 16,000 ton / 月生産されており、生産量は向う 20 年間現在生産量を確保できるとされている。Batu Gading は民間の Hally Stone Quarry と Sharikat Betoh Quarry 会社によって砕石が生産されている。Hally Stone Quarry は最大径 300 mm (12") で 11 種類のサイズの砕石を 120,000 ton / 年生産している。一方、Sharikat Betoh Quarry は最大径 25 mm (1") で 3 種類のサイズの砕石を 30,000 ton / 年生産している。どちらの Quarry も今後 20 年間、現在生産量を確保できるといわれている。

その他砕石山として Gunong Mulu 国立公園があるが、この石灰岩は自然保護のための採掘禁止である。また、Selidong & Keramit, Bukit Gadong Laul, Parduran にも石灰岩があり、フェーズ II 調査時にその中の Selidong & Keramit 地域の踏査が実施されたが十分な調査ができず、Sg. Selidong ぞいの石灰岩の露頭の確認のみに終わった。したがって埋蔵量の確認ができなかったため、本プロジェクトにはこの地区の骨材は期待しないものとした。

5-2-2 砂利

砂利は段丘堆積物あるいは河床堆積物として分布している。

(1) 段丘堆積物

段丘堆積物は第四紀層に堆積したもので図 5-8 に示す位置に分布している。現在稼働中の砂利採取場は Limbang 側には Lubai Tengah, Ukong Quarry および M15 Barawaninary Medamit Rd の 3 箇所がある。

フェーズ II 調査において上記 Ukong の採取場はほとんど採掘しつくされていることが判明したが、P.W.D Limbang の調査によると Ukong 付近には有望な Quarry が存在し、地元住民との間で補償の問題が解決されれば採掘可能といわれている。踏査の結果、これをプロジェクト用骨材として計画した。これらの砂利は路盤材料にはいづれも使用できる。表層材料として Lubai Tengah の砂利が使えない以外使用できる。これらの砂利はフルイ分けをしないでそのままでも路盤材料として利用できる。

その他プロジェクトに利用の可能性がある段丘堆積物としての砂利は Temasok および Middle Limbang Valley にあるとされており、今後の調査に期待する。

(2) 河床堆積物

プロジェクト地域内の河川は緩流のものが多く、したがって砂利が堆積している河川は比較的山地に近い Sg. Tutoh, Sg. Melinau, Sg. Medalam および Sg. Limbang などである。フェーズ II 調査時に Sg. Tutoh, Sg. Limbang の砂利がプロジ

プロジェクトに利用できるかどうか品質試験が行われた。その結果、品質および堆積量とも
に充分であるので、本プロジェクトに利用することを計画している。推定堆積物量は
次のとおりである。

	堆積量 (1000m ³)
Sg. Tutoh	900
Sg. Limbang	200

5-2-3 骨材調達と施工方法

本プロジェクトに必要な骨材料は路盤、表層、コンクリート用を含めて約100万m³
である。これらの骨材の大部分はBatu Niah, Batu Gading および Ukong 付近の3個
所より供給されるが、第4 Division と第5 Division 境界付近の工区用骨材は、Sg.
Tutohの川砂利を利用する。これは、これらの工区がUkong付近およびBatu Gading
砕石場より遠距離にあり、地形および気候的条件より運搬路の確保が難かしく、骨材の
大量の供給がスムーズにできないことを考慮したためである。その他、Limbang 側工区
の骨材の供給方法としてKuching市より運搬する方法が考えられる。Kuching市におけ
る骨材価格は6~11M\$/m³と安価であるが、骨材の運搬方法としては海上運送のみ
である。運搬距離はKuching~Limbang間が700km以上あり、コスト的に、また供給
量の上からも、本プロジェクト骨材供給方法として適当でないと考えられる。表5-8
に第4、第5 Division の境界における砕石生産地別骨材価格を示す。各砕石場の埋蔵
量および品質を図5-8および表5-7に示した。Sg. TutohおよびSg. Limbang産の
砂利の品質はP.W.D. Central Material Laboratoryの試験の結果、表5-9に示す
ように、道路用およびコンクリート用骨材に適するとの結果を得ている。

Table 5-8 Price of Aggregates by Source (per 1m³)

Source	Distance * transported (km)	Net Unit Price (M\$)	Transport Cost (M\$)	Aggregate Price (M\$)
Batu Gading	60	22.1	12.0	34.1
Kuching	780	8.5	48.6	57.1
Sg. Tutoh	16	13.0	3.2	16.2

表5-10は各砕石場の供給受持ち工区と用途を示している。Batu Niah 産の骨材
は表層用、コンクリート構造物として不適當であるので、Miri Bintulu Road~Be-
luru-Sg. Tinjar工区は表層およびコンクリート用骨材としてBatu Gadingのものを
用いる。

砕石場の骨材生産設備は150ton/時のクラッシャープラントで行い、砕石は常時
生産し仮置き後にトラックおよび船により建設現場に搬入する。

Table 5-9 Aggregate Tests on River Gravel

Items	Sg. Tutoh	Sg. Limbang	Suitability for Construction		
			Concrete Structure	Surface Course	Base Course
Los Angeles abrasion value (%)	24	28	-	Max. 50	Max. 50
Water absorption (%)	1.3	1.5	-	Max. 2.0	Max. 4.0
Aggregate impact value (%)	19	24	Max. 30	Max. 40	Max. 40

Table 5-10 Supply, Allocation and Use of Aggregate

Quarry	Construction Section Supplied		Use	Estimated Quantity Required (1,000m ³)
Batu Niah	1, 2	Miri-Bintulu Road ~ Beluru ~ Sg. Tinjar	Base Course	201
Batu Gading	3, 4	Sg. Tinjar ~ B. Baram ~ Sg. Apoh ~ Sg. Tutoh	Base course Surface course Concrete structure	236
Sg. Tutoh	5, 6	Sg. Tutoh ~ Sg. Medalam	Base course Surface course Concrete structure	280
Near Ukong and Sg. Limbang	7, 8	Sg. Medalam ~ Ng. Medamit ~ Ukong ~ Limbang	Base course Surface course Concrete structure	282

* Note: "Distance Transported" indicates the distance between the source of aggregate and the construction site at the border of the 4th and 5th Divisions.

Sg. Tutoh および Sg. Limbang の砂利採取方法は以下の3つが考えられる。

- 1) ドラックラインによる採取方法
- 2) ブルドーザーによる採取方法
- 3) ドレッジャーによる採取方法

これらの方法で、1)、2)による方法は機械の搬入が容易で機械価格が安価である長所があるが、1日当りの骨材採取量が小さく、大量の供給に不向きである。3)の方法は1)、2)に比べて機械価格が高いこと、および機械の搬入に運搬手段が多く必要となる等の欠点があるが、骨材の採取が連続運転可能であり、大量の骨材生産に適している。

以上の理由により、Sg. Tutoh および Sg. Limbang の砂利採取方法としては、ドレッジャーによる方法を採用する。

5-3 河川、水文解析

5-3-1 流域の概況

(1) 降雨の概況

東マレーシアでは一般に雨期は10月～1月、4月～6月、乾期は2月～3月、7月～9月とされているが、プロジェクト地域では雨期と乾期の区別ができないほど毎月の降雨量が多い。

プロジェクト地域における降雨量を Sarawak の Hydrological Year Book (1975年版) からピックアップすると、1975年の等雨量線図は図5-9に、主降雨観測所の月別降雨波形は図5-1.0に示すとおりであり、新設道路区間の年間雨量は、3,500～4,000mm (140～160インチ) となっている。

(2) 主要河川の現況

プロジェクト対象地域には図5-11に示すように Batang Baramとその支流、Sg.

Fig. 5-9 ISOHYETAL MAP OF SARAWAK 1975

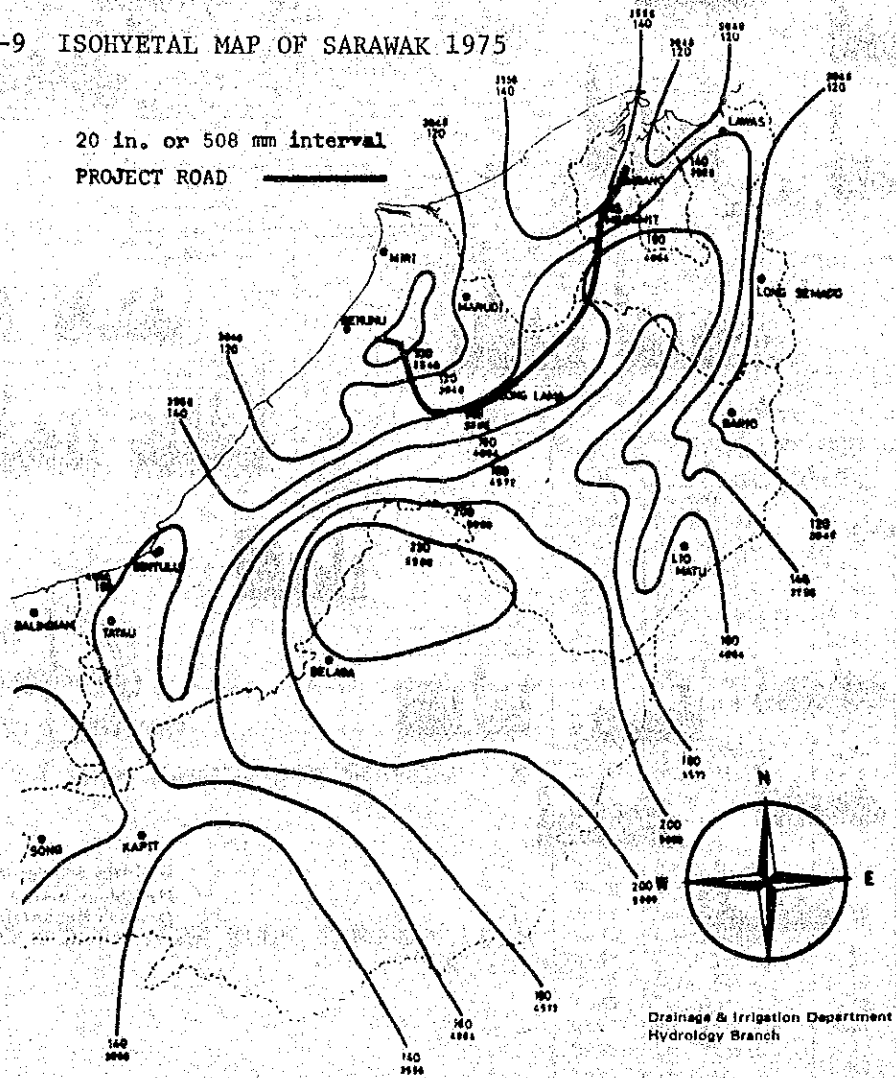


Fig. 5-10 MONTHLY RAINFALL AT MAJOR RAINFALL STATIONS

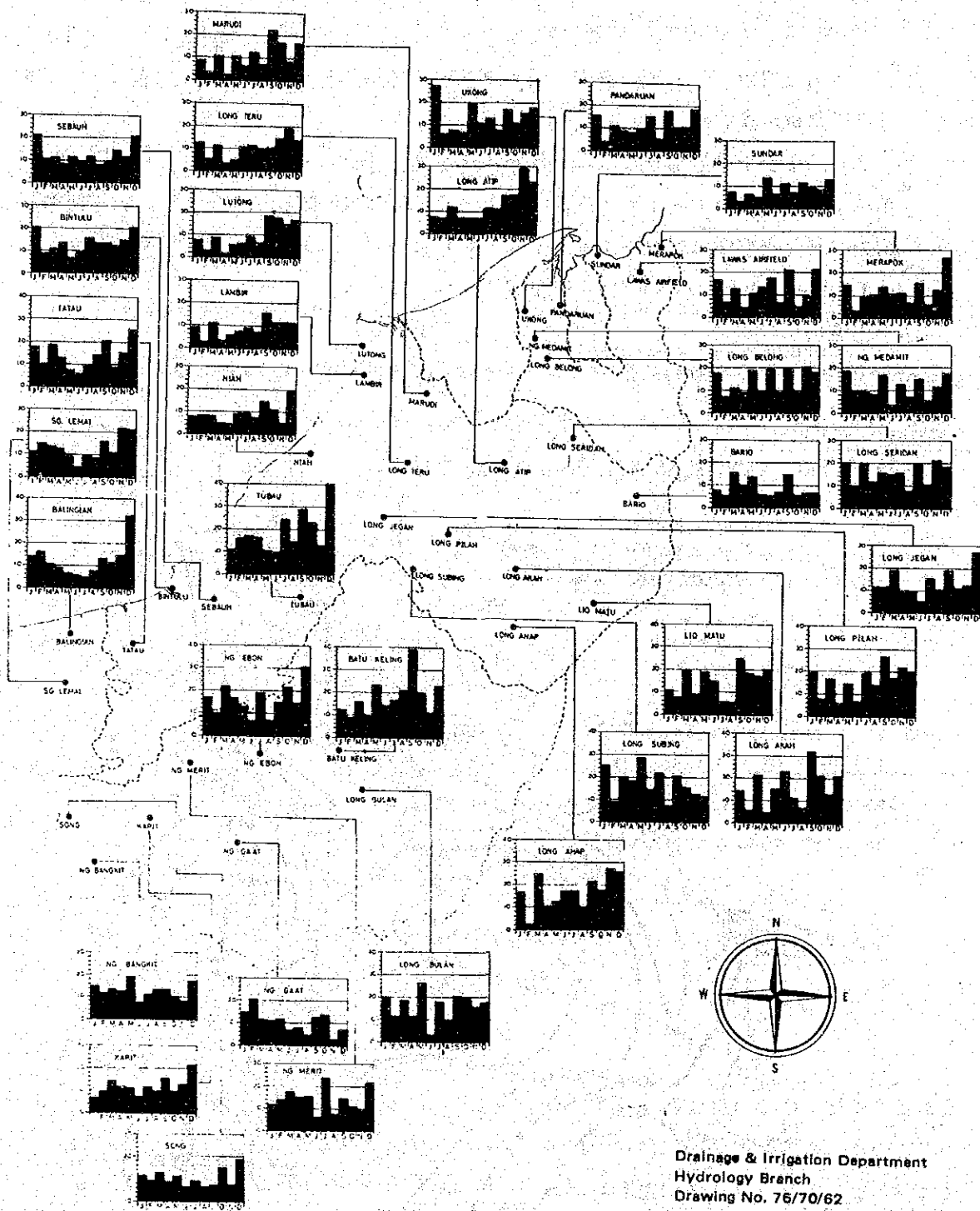
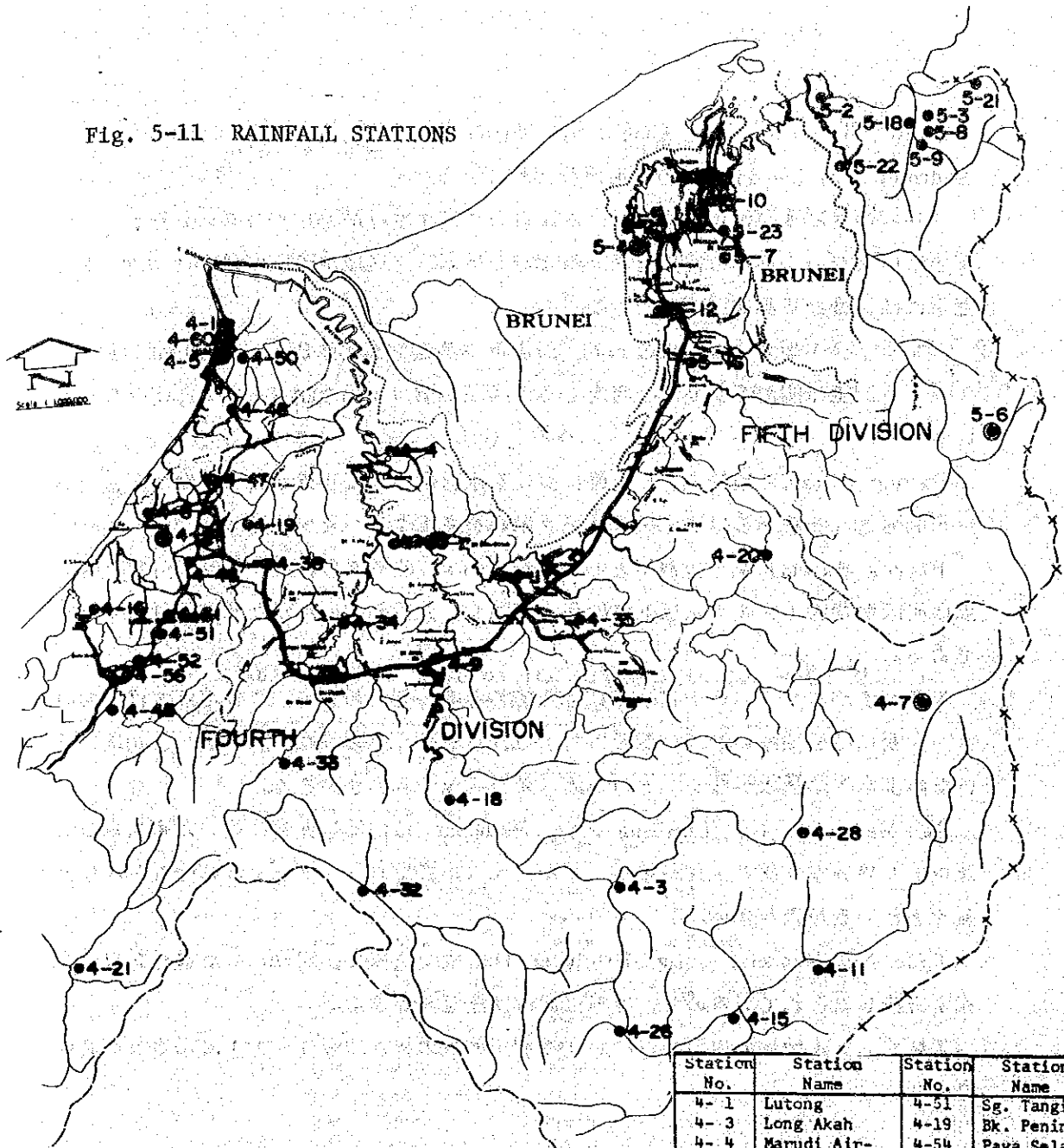


Fig. 5-11 RAINFALL STATIONS



LEGEND

- PROJECT ROAD ————
- RAINFALL STATION ———— ●
- RAINFALL WITH EVAPORATION STATION ———— ●

Source : HYDROLOGICAL YEAR BOOK, SARAWAK 1975

Station No.	Station Name	Station No.	Station Name
4-1	Lutong	4-51	Sg. Tangit
4-3	Long Akah	4-19	Bk. Peninjau
4-4	Marudi Air-field	4-54	Paya Selanyau
4-5	Miri Airport	4-56	Subis
4-6	Bekenu Sibuti	4-58	Sg. Seblew
4-7	Bario	4-59	Benawa
4-9	Long Lama	4-60	D.I.D. Barrack
4-11	Lio Matu	4-61	Cattle Area
4-15	Long Mch	5-2	Sundar
4-16	Niah	5-3	Lawas Estate
4-17	Long Panai	5-4	Ukong
4-18	Long Pilah	5-6	Long Semadoh
4-20	Long Seridan	5-7	Kubong
4-21	Tubau	5-8	Lawas Reservoir
4-23	Sebauh	5-9	Lawas Air-field
4-26	Long Anap	5-10	Limbang P/House
4-28	Long Leliang	5-12	Ng. Medamit
4-32	Long Subing	5-16	Long Belong
4-33	Long Jegan	5-18	Lawas Depot
4-34	Long Teru	5-21	Merapok
4-35	Long Atip	5-22	Trusan
4-36	Beluru	5-23	Pandaruan
4-45	Sg. Niah	5-25	Lubai Tengah
4-46	Sg. Sibuti		
4-47	Sarawak Oil Palm		
4-48	Lambir		
4-50	Kpg. Wireless		
4-52	Landang III		

Tinjar , Sg . Tru , Sg . Apoh , Sg . Tutoh および Sg . Limbang とその支流 Sg . Medamit , Sg . Medalam の大河川が流れている。

これらの流域は勾配が極めて緩やかなため河道は蛇行が激しく必ずしも安定しているとはいえない。多くの河川流域は洪水時のはんらん区域が各所にわたり、ルートの設定には充分なる調査が必要である。

プロジェクト地域ほぼ中央の Long Lama の西側を流れる Batang Baram は河巾 150 m、上流測約 300 Km の河道とその流域面積 9,500 Km² をもの大河川となっている。

Batang Baram の架橋点より上流における木材搬出は現在行われていないが、当然将来開発される事を予想して橋梁スパン割等を考慮するべきである。

Batang Baram に次ぐ大河川として Sg . Tutoh があげられる。この河川の架橋地点は河床堆積物（径 20 cm 以下の砂利）が多く、大船舶、いかだなどの航行は不可能である。

現在わずかロングボートだけが航行可能である。したがって、この地点では橋梁のスパン割には船舶やいかだの航行に対する注意を払う必要がない。しかし、山地に近いため洪水時の流木が多く、その対策は充分考慮するべきである。

Sg . Medamit , Sg . Limbang , Sg . Medalam は山地に非常に近いため洪水の到達が早く急激な水位の上昇が起る。また、流木が多くロングボートの航行もかなり困難をきわめる場所が多い。

また、Sg . Medamit , Sg . Limbang は上流で伐採し、定尺にした木材を単体で流す方法もとられているので、橋脚位置には注意を要する。

プロジェクト地域の渡河地点における河川流域の特性は表 5-11 に示される通りである。

Table 5-11 Characteristics of River Basins at Bridge Sites ,

No.	River Name	Station	Catchment area A(km ²)	River Length L(km)	Head H(m)	River Slope S
1	Tinjar	*1) STA 0	2,725	150.0	1,379	1/109
2	Tru	13 + 100	484	49.0	526	1/93
3	Baran	26 + 100	12,694	311.0	1,900	1/164
4	Tenasla	35 + 500	249	32.0	287	1/111
5	Apoh	51 + 500	1,006	56.0	708	1/78
6	Terawan	63 + 900	118	22.0	1,137	1/19
7	Tutoh	81 + 600	3,043	130.0	1,283	1/101
8	Mentawai	104 + 200	40	5.0	155	1/32
9	Medalam	114 + 100	255	25.0	1,866	1/13
10	Limbang	127 + 600	2,076	115.0	2,088	1/55
11	Medamit	136 + 100	351	59.0	1,845	1/32
12	Saliban	139 + 600	22	11.0	392	1/28
13	Lubang	*2) STA 1 + 900	7	2.6	294	1/9
14	Poiub Merah	7 + 00	11	6.8	416	1/16
15	Mengari	12 + 600	10	2.5	20	1/125
16	Palas	19 + 300	10	5.4	293	1/18
17	Berleras	22 + 300	3	1.9	294	1/6
18	Lubai	23 + 700	175	32.0	480	1/67
19	Melsaban	25 + 600	29	10.0	141	1/71
20	Bakol	28 + 200	5	1.8	112	1/16
21	Brangas	29 + 200	3	1.0	112	1/9
22	Barawan	31 + 100	30	11.0	141	1/78
23	China	35 + 200	6	2.3	21	1/110
24	Poyan	39 + 00	5	3.8	21	1/181

*1) Sg Tinjar ~ Ng. Medamit

*2) Ng. Medamit ~ Limbang

5-3-2 降雨解析

(1) 雨量資料

本プロジェクト地域には図5-11に示されているような観測所がある。これら観測所の年等雨量曲線および月別雨量の前掲の図5-9および図5-10に示すとおりである。

これらの観測所より雨量資料の有無、プロジェクト地域との距離特性等を考慮して代表降雨観測所を表5-12のように選定した。この代表観測所における年最大日雨量を整理すると表5-13のとおりである。

(2) 確率日雨量

確率雨量の計算は、一般にGumbal式、岩井式、Thomas式、Hajen式等により算出される。

Table 5-12 A List of the Representative Rainfall Observation Station

No.	Station		River Basin	Type of Recorder
	Number	Name		
1	4-1	Lutong	Lutong	Std. G. & G.K(DAILY)
2	4-3	Lutong Akah	Baram	Std. G.
3	4-4	Marudi Airfield	Baram	Std. G. & G.K(DAILY)
4	4-5	Miri Airport	Miri	Std. G. & G.K(DAILY)
5	4-6	Bekenu Sibuti	Sibuti	Std. G.
6	4-7	Bario	Baram	Std. G. & G.K(DAILY)
7	4-9	Long Lama	Baram	G.K(WEEKLY)
8	4-11	Lio Matu	Baram	Std. G.
9	4-15	Long Moh	Baram	Std. G.
10	4-16	Niah	Niah	Std. G.
11	4-17	Long Panai	Baram	Std. G.
12	4-18	Long Piah	Baram	Std. G.
13	4-20	Long Seridan	Baram	Std. G.
14	4-21	Tubau	Kemena	Std. G.
15	4-23	Sebauh	Kemena	Std. G.
16	4-26	Long Anap	Baram	Std. G.
17	4-28	Long Leliang	Baram	Std. G.
18	4-32	Long Subing	Baram	Std. G.
19	4-33	Long Jegan	Baram	Std. G.
20	4-35	Long Atip	Baram	Std. G.
21	4-45	Sg Niah	Niah	Std. G.
22	5-1	Limbang PWD	Limbang	G.K (DAILY)
23	5-4	Ukong	Limbang	Std. G. & G.K(DAILY)
24	5-7	Kubong	Pandaruan	Std. G. & G.K(DAILY)
25	5-10	Limbang	Limbang	Std. G.
26	5-12	Nanga Medamit	Limbang	Std. G. & G.K(DAILY)
27	5-16	Long Belong	Limbang	Std. G.

Table 5-13 Maximum Annual Daily Rainfall

Year	Station	4-1	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-9	4-11	4-15	4-16	4-17	4-18	4-20	4-21	4-23	4-26	4-28	4-32	4-33	4-35	4-45	5-1	5-4	5-7	5-10	5-12	5-16	
1950			5.38	4.12	3.10																								
1951			6.30	2.53	7.70																								
1952			4.53	5.10	3.96	5.95																							
1953			5.82	6.54	3.20	4.10																							
1954			4.65	4.90	3.05	6.10																							
1955			4.95	6.59	3.28																								
1956			5.36	5.53	3.64	7.42		2.65																					
1957			5.45	6.78	3.04	5.76																							
1958			5.10	5.00		6.30		8.45																					
1959			6.10	6.93	5.56	9.15		4.28	3.33																				
1960			4.33	6.62	4.45	3.32																							
1961			7.91	4.35	4.58	7.41		4.59																					
1962			7.43	7.08	4.12	4.48																		4.75		8.40			
1963			13.80		27.06	11.97	10.65	2.17	5.47	1.65	4.00	12.60	7.40	5.12	3.85	3.62	3.50	4.76	3.87				5.92	3.84		5.50	4.42		
1964			3.02	7.00	6.04	3.09	3.63	1.47	4.21	3.69	3.74	3.95	4.91	30.41	3.14	3.62	5.89	4.18	2.78				4.24	5.11		4.96	4.85	10.1	
1965			5.30	3.44	4.02	7.69	5.15	2.60	4.95	2.86	3.16	5.30	4.82	3.90	4.45	3.23	2.93	3.16	4.56	3.46	2.84		4.91	6.14		5.74	4.15	2.92	
1966			6.01	4.43	4.25	4.62	10.55	2.40	9.00	3.20	4.50	3.00	7.92	4.65	3.60	3.75	3.62	3.60	3.54	3.30	5.50		4.15	7.50	3.24	4.85	5.22		
1967			6.23	5.80	4.80	6.52	5.77	3.83	5.98	2.98	4.46	2.11		4.45	8.05		3.96	4.65					4.88	6.20	6.45	6.39	5.30		
1968			3.74		4.23	4.37	6.82	6.74	4.80	5.35	8.05	17.90					4.90			3.96			7.90	7.89	5.43	8.68	6.70		
1969			7.78			6.41		3.00		3.35	5.74	4.02											3.21	4.02	3.56	4.90	3.80		
1970			7.37		3.20	5.10	5.10		4.12			4.46	4.68		10.03				4.17	11.05				5.16	6.33	5.79	4.50		
1971			6.53			5.26	11.00		3.31		7.49		5.36	4.79	17.61				12.25		5.09		3.00	5.20	4.73	3.84	4.15	4.03	
1972			3.63	4.06	4.20	4.81	6.50	4.25	3.42	4.70	4.01	3.36	5.40	4.15	3.92		3.40		10.15	6.00	6.70		4.21	6.82	4.90	6.00	4.95		
1973			6.30	5.30	7.30	5.67	5.00	3.50	4.66		5.61		6.13	5.10	5.23					3.90	5.01		3.46	3.28	3.80	6.44	6.25	6.09	
1974			7.98	5.66	3.15	4.10	3.43	2.25	4.75	3.00		6.13	5.05	4.16	3.98		4.90		7.39		6.12			5.47	4.40	4.93	5.40	7.25	
1975			4.01	5.89	4.30	3.98		2.70	5.17		4.14		5.30	4.25	5.75	3.37	4.80		6.04	5.52	8.43			4.61	3.12	3.12	3.50	5.05	
1976				4.22	5.00			3.75	4.80	5.15			5.43	4.57							4.65			3.52	8.22	5.52	4.92	5.20	
1977				4.14	6.00			2.70	4.60	5.10		5.28	4.37	3.65			3.77		3.84		4.02		4.55	5.50	5.43		4.69	5.17	

本解析では、マレーシアで比較的用いられている Thomas 法により確率雨量を算出するものである。

Thomas 法による超過確率は次式より求められる。

$$E = \frac{i}{N + 1}$$

ここに E ; 超過確率

i ; 上位よりの順位

N ; 資料数

実測の資料と超過確率を Appendix Table A - 5 - 1 ~ A - 5 - 27 に示す。この結果、各観測所の確率日雨量は表 5 - 14 のようになる。これより計画の確率年は以下に述べる地域の重要性および雨量等を考慮して 30 年とする。

Table 5-14 Probable Daily Rainfall

Number	Station Name	Return Period (years)		
		10	30	50
4-1	Lutong	209	250	264
4-3	Long Akah	182	206	210
4-4	Marudi Airfield	176	210	228
4-5	Hiri Airport	215	260	279
4-6	Bekenu Sibuti	316	420	470
4-7	Bario	132	168	182
4-9	Long Lima	170	194	206
4-11	Lio Maru	132	152	160
4-15	Long Moh	180	220	240
4-16	Niah	230	305	342
4-17	Long Panai	234	290	316
4-18	Long Pliah	160	172	180
4-20	Long Seridan	136	148	152
4-21	Tubau	148	168	176
4-23	Sebauh	100	106	109
4-26	Long Anap	130	142	150
4-28	Long Lellang	124	139	145
4-32	Long Subing	360	500	580
4-33	Long Jegan	190	230	250
4-35	Long Atip	225	270	295
4-45	Sg Niah	128	170	191
5-1	Limbang PWD	174	208	224
5-4	Ukong	202	236	256
5-7	Kubong	196	240	260
5-10	Limbang	209	246	261
5-12	Nanga Medamit	168	175	182
5-16	Long Belong	254	325	370

5 - 3 - 3 計画高水流量

(1) 計算式

渡河地点の計画高水流量は次の示す Rational 式により求められる。

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot I_r \cdot A$$

ここで Q ; 高水流量 (m^3/sec)

C ; 流出係数

I_r ; 洪水の到達時間内降雨強度 (mm/時)

A ; 流域面積 (Km²)

(2) 流域特性

a) 洪水到達時間

洪水の到達時間は降雨のピークと検案地点のピーク流出量の時間差である。

この時間差は実績による観測が望ましいが、資料が充分でない当地域では経験的に Kraven 式を用いることとした。

Kraven 式は次のとおりである。

$$T_1 = \frac{L}{W}$$

ここで T_1 ; 洪水の流達時間 (時)

L ; 常時河谷をなす最遠点よりの検案地点までの水平距離 (Km)

H ; 上記の落差 (Km)

W ; 表 5-14 より求められる洪水の伝播速度 (m/sec)

Table 5-15 Propagation of Flood Wave

H/L	Over 1/100	1/100 - 1/200	Under 1/200
W (m/sec)	3.5	3.0	2.1

各渡河地点の洪水の到達時間は次式で求められ、その結果は表 5-16 のとおりである。

$$T = T_1 + T_{II}$$

ここで T ; 洪水の到達時間

T_1 ; 河道における洪水の流下時間

T_{II} ; 流域最遠地点における河道への流入時間 (30分とする)

Table 5-16 Concentration Time

No.	River Name	L(Km)	S	W(m/sec)	T _I (min)	T _{II} (min)	T(min)
1	Tinjar	150.0	1/109	3.0	833	30	863
2	Tru	49.0	1/93	3.5	233	"	263
3	Baram	311.0	1/164	3.0	1,728	"	1,758
4	Temala	32.0	1/111	3.0	178	"	208
5	Apoh	56.0	1/79	3.5	267	"	297
6	Terawon	22.0	1/19	3.5	104	"	134
7	Tuton	130.0	1/101	3.0	722	"	752
8	Mentawai	5.0	1/32	3.5	24	"	54
9	Medalam	25.0	1/13	3.5	119	"	149
10	Limbang	115.0	1/55	3.5	548	"	578
11	Medamit	59.0	1/32	3.5	281	"	311
12	Saliban	11.0	1/28	3.5	52	"	82
13	Lubang	2.6	1/9	3.5	12	"	42
14	Polub Merah	6.8	1/16	3.5	32	"	62
15	Mengari	2.5	1/125	3.0	14	"	44
16	Palas	5.4	1/18	3.5	26	"	56
17	Berleras	1.9	1/6	3.5	9	"	39
18	Lubai	32.0	1/67	3.5	152	"	182
19	Melaban	10.0	1/71	3.5	48	"	78
20	Bakol	1.8	1/16	3.5	9	"	39
21	Brangas	1.0	1/9	3.5	5	"	35
22	Berawan	11.0	1/78	3.5	52	"	82
23	China	2.3	1/110	3.0	13	"	43
24	Poyan	3.8	1/180	3.0	21	"	51

where, L: River length

S: River slope

W: Flow velocity

$$S = H/L$$

T_I: Flow time

T_{II}: Inflow time

T: Concentration time

(3) 流出係数

流域よりの流出は降雨の損失、すなわち流域の土地利用状況、地被の状態によって異なる。

流出係数としては日本道路公団で使用されている表 5-17 に示す一般的な値を用いるものとする。

Table 5-17 Run-off Coefficient: C

Land Surface Condition	c.	Land Surface Condition	c.
Road surface and side slopes	0.9	Built urban area	0.7
Precipitous Mountainous area	0.8	Woods	0.3
Rolling mountainous area	0.7	Mountain area basin	0.8
Undulating hilly and forest areas	0.6	Flat stream basin	0.7
Flat fields	0.5	Large river basin with half of the area flat	0.6
Foundered paddy fields	0.8		

対象としている河川流域は主として山地あるいは丘陵地に属した熱帯ジャングルであり、将来においても流域の開発テンポは急激なものとは思われない。

また、サラワク D I D の Bridge Srte Investigation Report 等の資料にも流出係数 $C = 0.3$ を用いているので、当流域には流出係数として次の値を推定した。

大河川 …… 0.3 (流出係数)

中小河川 …… 0.6 (")

(4) 洪水到達時間内雨量強度

洪水到達時間内の雨量強度は短時間降雨資料より作成される降雨強度式を用いるのが適切であるが、資料の不備により日雨量資料のみが収録された。

したがって、洪水到達時間内の雨量強度は物部博士の提示している次式により求めるものとする。

$$I_r = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{3/4}$$

ここで I_r : 洪水到達時間内の雨量強度 (mm/時)

R_{24} : 日雨量 (mm/日)

T_c : 洪水の到達時間 (時)

計算結果は表 5-18 のとおりとなる。

Table 5-18 Rainfall Intensity During Time of Concentration

No.	Name of River	R24 (mm/day)	Tc (hour)	Ir (mm/hour)	Rainfall Station
1	Tinjar	365	14.383	21.4	4-33, 4-32
2	Tru	201	4.383	26.0	4-18, 4-33
3	Baram	174	29.300	6.3	4-7, 4-11, 4-28, 4-9 4-15, 4-26, 4-3, 4-18
4	Temala	221	3.033	36.6	4-18, 4-35
5	Apoh	270	4.950	32.2	4-35
6	Terawan	270	2.233	54.8	4-35
7	Tutoh	158	12.533	10.2	4-20, 4-7
8	Mentawai	148	0.900	55.0	4-20
9	Medalam	205	2.483	38.8	5-16
10	Limbang	205	9.633	15.7	5-16
11	Medamit	205	5.183	23.7	5-16
12	Saliban	175	1.367	49.3	5-12
13	Lubang	175	0.700	76.9	5-12
14	Polub Merah	175	1.033	59.4	5-12
15	Mengari	175	0.733	74.6	5-12
16	Palas	175	0.933	63.5	5-12
17	Berleras	240	0.650	110.9	5-7
18	Lubai	207	3.033	34.2	5-7, 5-12
19	Melaban	240	1.300	69.9	5-7
20	Bakol	240	0.650	110.9	5-7
21	Brangas	240	0.583	119.2	5-7
22	Berawan	240	1.367	67.6	5-7
23	China	243	0.717	105.2	5-7, 5-10
24	Poyan	243	0.850	93.9	5-7, 5-10

where, R24: Daily Rainfall

Tc : Time of Concentration

Ir : Rainfall Intensity During Time of Concentration

(5) 高水流量の算出

高水流出は先に述べた Rational 式に流域特性を用いて算出する。

計画高水流量は確率年 30 年程度の洪水を目途とするもので、この確率規模はサラワク州の地域とも整合性のとれる規模である。確率年の決定は次の理由によった

- ① 一般に D I D では、橋梁計画に対する計画流量はほとんどが超過確率を 30 年として用いている。又、P.W.D サラワクより入手資料においても同じであった。
- ② 一般に市街地と山地部では、計画規模を変えているので、本計画路線の地域性より降雨規模は超過確率年 30 年で良いと思われる。
- ③ Appendix A-5-1 ~ A-5-2.7 の日雨量超過確率図より、既往洪水の比較的大きいものは、超過確率 30 年で 9.5% 以上が計画上カバーされている。
- ④ 対象河川で比較的大きいものに対して余裕高を 1.2 m ~ 1.5 m 取っている。

各渡河地点の計画高水流量は表 5-19 に示す値となる。

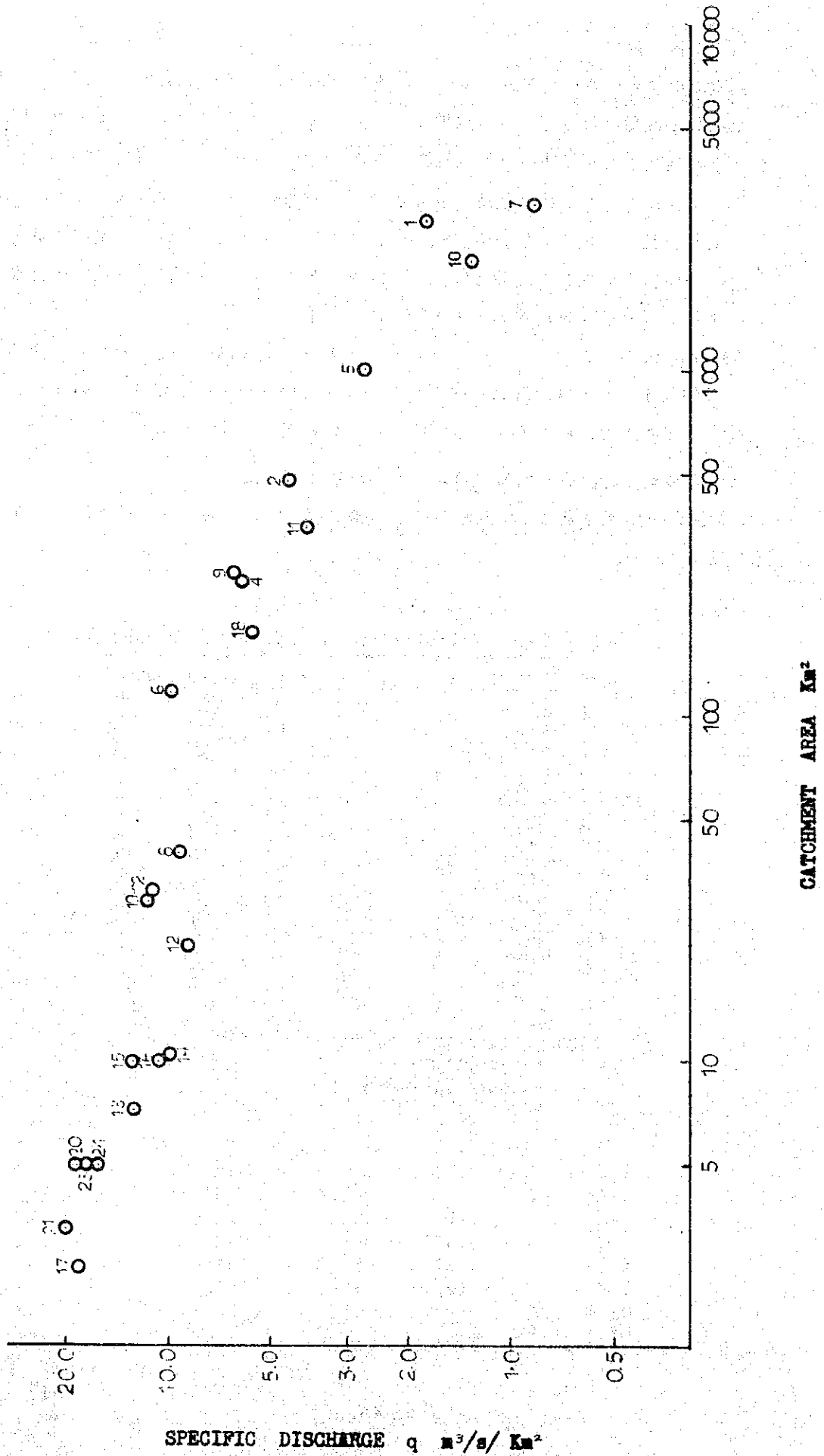
この流量を比流量換算して流域面積との関係を示すと、図 5-12 に示すような特性が見出される。

Table 5-19 Calculation of Rain Water Discharge

No.	River Name	C	A(km ²)	Ir (mm/hour)	Q (m ³ /sec)	q (m ³ /s/km ²)
1	Tinjar	0.3	2,725	21.4	4,600	1.78
2	Tru	0.6	484	26.0	2,100	4.33
3	Baram	0.3	12,694	6.3	6,660	0.53
4	Temala	0.6	249	36.6	1,520	6.10
5	Apoh	0.3	1,005	32.2	2,700	2.68
6	Terawan	0.6	118	54.8	1,070	9.13
7	Tutoh	0.3	3,043	10.7	2,590	0.85
8	Mentawai	0.6	40	55.0	370	9.18
9	Medalam	"	255	38.8	1,650	6.47
10	Limbang	0.3	2,076	15.7	2,720	1.31
11	Medamit	0.6	351	23.7	1,380	3.95
12	Saliben	"	22	49.3	180	8.21
13	Lubang	"	7	76.9	90	12.78
14	Polub Merah	"	11	59.4	100	9.90
15	Mengari	"	10	74.6	120	12.00
16	Palas	"	10	63.5	110	10.60
17	Berleras	"	3	110.9	50	18.40
18	Lubai	"	175	34.2	1,000	5.70
19	Kelaban	"	29	69.9	340	11.67
20	Bakol	"	5	110.9	100	18.52
21	Brangas	"	3	119.2	70	20.00
22	Berawan	"	30	67.6	340	11.28
23	China	"	6	105.2	110	17.50
24	Poyan	"	5	93.9	80	16.00

where, C : Run-off coefficient
A : Catchment area
Ir : Rainfall intensity
Q : Design water discharge
q : Specific discharge

Fig. 5-12 SPECIFIC DISCHARGE - CATCHMENT AREA



5-3-4 計画断面

架橋地点における計画断面は計画高水流量を安全に流下せしめる断面をもって決定される。

断面決定には一般に次のManning式により算出される。

$$Q = A \cdot v$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

ここで Q ; 流 量 (m^3 / s)
A ; 流 積 (m^2)
v ; 平均流速 (m / s)
R ; 径 深 (= A / P) (m)
P ; 潤 辺 (m)
n ; 粗度係数
I ; 水面勾配

前記式における縦断勾配、断面特性等は一般に現地測量により見出されるが、今回の検討においてはまだ測量成果がない。

よって計画の流速を現地状況あるいはサラワク D. I. D の Bridge Site Investigation Report 等により $3.0 m / sec$ とした。

したがって計画の流積は次式

$$A = Q / v$$

により求めることができる。

計画流積は各河川により表 5-20 のようになり、計画流量と河幅の関係も経験的に決定すると表 5-21 のようになる。表 5-20 において桁下空間の値は表 5-22 より求めた。

Table 5-20 Required Discharge Area

No.	River Name	Discharge Q (m ³ /sec)	Velocity V (m/sec)	Discharge Area A (m ²)
1	Tinjar	4,860	3.0	1,620
2	Tru	2,100	"	700
3	Baram	6,660	"	2,220
4	Temala	1,520	"	510
5	Apoh	2,700	"	900
6	Terawan	1,070	"	360
7	Tutoh	2,590	"	860
8	Mentawai	370	"	120
9	Medalam	1,650	"	550
10	Limbang	2,720	"	910
11	Medamit	1,380	"	460
12	Saliban	180	"	60
13	Lubang	90	"	30
14	Polub Merah	100	"	30
15	Mengari	120	"	40
16	Palas	110	"	40
17	Berleras	50	"	20
18	Lubai	1,000	"	330
19	Melaban	340	"	110
20	Bakol	100	"	30
21	Brangas	70	"	20
22	Berawan	340	"	110
23	China	110	"	40
24	Poyan	80	"	30

Table 5-21 Design Cross Section

No.	River Name	Discharge Area A (m ²)	Depth H (m)	Width B (m)	Clearance (m)
1	Tinjar	1,620	9.0	180	1.2
2	Tru	700	7.0	100	1.2
3	Baram	2,220	9.5	240	1.5
4	Temala	510	6.0	85	1.0
5	Apoh	900	7.5	120	1.2
6	Terawan	360	5.0	72	1.0
7	Tutoh	860	6.7	130	1.2
8	Mentawai	120	5.0	24	0.8
9	Medalam	550	6.0	92	1.0
10	Limbang	910	7.0	130	1.2
11	Medamit	460	6.0	77	1.0
12	Saliban	60	3.0	20	0.6
13	Lubang	30	2.0	15	0.6
14	Polub Merah	30	2.0	15	0.6
15	Mengari	40	2.0	20	0.6
16	Palas	40	2.0	20	0.6
17	Berleras	20	2.0	10	0.6
18	Lubai	330	5.0	66	1.0
19	Melaban	110	3.0	37	0.8
20	Bakol	30	2.0	15	0.6
21	Brangas	20	2.0	10	0.6
22	Berawan	110	3.0	37	0.8
23	China	40	2.0	20	0.6
24	Poyan	30	2.0	15	0.6

Table 5-22 Bridge Soffit Clearance Required

Design discharge (m ³ /sec)	Clearance (m)
0 ~ 200	0.6
200 ~ 500	0.8
500 ~ 2,000	1.0
2,000 ~ 5,000	1.2
5,000 ~ 10,000	1.5
10,000 ~	2.0

5-3-5 架橋地点の現況調査

フェーズ1の現地調査で得られた主要河川の架橋地点の現況調査結果は表5-23に示すとおりである。

Table 5-23 Main River Survey Data

No.	Name of River	Station	Nearest Village	Width of River	Width of Flood	Description of Site	
						Stream	Existing Structure
1.	Sg. Salu	*1) STA 1+100	R. Peng Barat	9.0m	-	Muddy small stream	Wooden Br. $q = 12m$ $b = 3.7$
2.	Sg. Teman	24+100	R. Kodis	11.8m	50m	Muddy stream	Temporary Timber Bridge New Bridge under construction
3.	Sg. Bakong	36+800	R. Jampi	23.6m	-	Muddy stream Gravel on bed Driftwood	Temporary Timber Bridge New Bridge under construction
4.	Sg. Ketulit	45+400	-	11.8m	-	Muddy stream	Temporary Timber Bridge New Bridge being planned
5.	Sg. Bok	46+400	R. Pagan	26.0m	-	Muddy stream	Temporary New Bridge being planned
6.	Sg. Tinjar	54+700	Long Tuhangan	93.0m	200m	Muddy stream	New Bridge being planned by Australasian Colombo Plan
7.	Sg. Tiu (Teru)	*2) STA 13+100	R. Ingkot	15.0m	45m	Muddy stream Meandering flow	-
8.	Batang Baram	26+100	Long Lama	150m	250m	Muddy stream	-
9.	Sg. Apoh	51+500	R. Akan Ajang	25.0m	75m	Muddy stream	-
10.	Sg. Tutoh	81+600	-	50.0m	-	Clear stream Gravel on bed	-
11.	Sg. Medalam	114+100	-	20.0m	-	Muddy stream Driftwood	-
12.	Sg. Limbang	127+600	R. Pakatom	70.0m	-	Muddy stream	-
13.	Sg. Medamit	136+100	R. Nanga Awang	15.0m	45m	Clear stream Gravel on bed	-
14.	Sg. Lubang	*3) STA 1+900	Ng. Medamit	6.0m	400m	Muddy small stream	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 7.2$ $b = 3.7$
15.	Sg. Polub Merah	7+100	Kpg. Lubok Lasas	6.0m	-	Gravel on bed Muddy stream	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 7.2$ $b = 3.7$
16.	Sg. Mengail	12+600	Kpg. Tanjong Liman	6.0m	-	Muddy stream	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 7.2$ $b = 3.7$
17.	Sg. Palas	19+300	-	3.5m	-	Gravel on bed small stream	Wooden Bridge $q = 3.9$ $b = 3.8$
18.	Sg. Berleras	22+300	-	2.5m	-	Muddy very small stream	Wooden Bridge $q = 3.0m$ $b = 3.7$
19.	Sg. Lubal	23+700	-	33.0m	-	Muddy stream	Steel Girder Br. (3 spans) Wooden Floor $q = 35.2$ $b = 3.7$
20.	Sg. Melaban	25+600	-	15.0m	-	Muddy stream	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 15.8$ $b = 3.7$
21.	Sg. Bakol	28+200	Kpg. Bakol	10.0m	-	Bed Rock Gravel on bed	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 12.7$ $b = 3.8$
22.	Sg. Brangas	29+200	Kpg. Bakol	9.0m	-	Muddy stream	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 9.9$ $b = 3.7$
23.	Sg. Berawan	31+100	Kpg. Berawan	15.0m	-	Muddy stream	Steel Girder Br. Wooden Floor $q = 17.3$ $b = 3.7$
24.	Sg. China	35+200	Limbang	6.0m	-	Muddy small stream	Wooden Br. $q = 9.0$
25.	Sg. Poyan	39+00	Limbang	12.0m	-	Muddy stream	Temporary Bridge New Bridge under construction

*1) : Miri-Bintulu Rd. ~ Sg. Tinjar

*2) : Sg. Tinjar ~ Ng. Medamit

*3) : Ng. Medamit ~ Limbang

5-4 現地施工業者の実施体制

5-4-1 現地施工業者

Sarawak P.W.D に登録されている現地施工業者の業種別数は表5-24に示すとおりである。

Table 5-24 Number of Registered Local Contractors
by Classification

Class	Head I	Head I	Head I	Contract price
A	5 (18)	12 (31)	2 (13)	100,000 -
B	2 (8)	4 (8)	1 (3)	100,000 - 2,000,000
BX	4 (6)	9 (20)	1 (2)	100,000 - 1,000,000
C	10 (19)	9 (24)	4 (10)	50,000 - 500,000
D	4 (21)	8 (35)	1 (10)	25,001 - 250,000
E	10 (19)	22 (42)	13 (20)	25,001 - 150,000
EX	20 (56)	50 (248)	17 (30)	25,000 - 50,000
F	26 (62)	85 (66)	23 (44)	- 25,000

Where; Head I (Engineering Contractors)

For work in reinforced concrete, steel, masonry and timber bridges and culverts, framed buildings, wharves, jetties, sea and river walls, retaining walls, water supplies, service reservoirs, sewage works.

Head II (Building Contractors)

For work on framed and unframed buildings, building repairs, painting, sanitary and plumbing installation, domestic drainage, carpentry and joinery, water services, concrete drains works, including light timber and concrete piling, steel fencing and demolitions.

Head III (Road, Quarry and Earthwork Contractors)

For general earthwork, site clearing, levelling and drainage, road construction, river clearing and jungle felling, quarry operation.

- Note: 1. West Malaysia & Overseas Contractors are involved.
2. (): Inclusive of Contractors registered on Limit-time basis.
3. Class depends on the Contract Price.

Source: Public Works Department List of Registered Contractors Head I, II & III Feb. 1975.

本プロジェクトの実施可能な地元施工業者は Head III に登録されているものに限られるが、受注金額が 10 万 M\$ 以上の class A はわずか 2 社にすぎない。有効期限付き施工業者を含めると 13 社になるが、この大部分は西マレーシアまたは海外施工業者である。

class A、B および BX に登録された現地施工業者数は Engineering work には多いが、Road construction には少ない。このことは P.W.D の建設において構造物は現地施工業者が、土工および舗装は直轄で施工されるのと同じである。サラワク州の現地施工業者は建設機械の保有台数が少ないので、P.W.D からメカニック付きでリースすることがある。

5-4-2 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトのように大規模かつ大土工事で大型機械を使用する工事においては、建設機械の充分なる保有と正しい施工方法が要求される。

前節で述べたように、サラワク州に登録されている施工業者のみでの施工は非常に困難である。

以上の点を考慮すると、本プロジェクトの実施体制としては次の 3 案が考えられる。

i) 第 1 案 … P.W.D 直轄工事

従来通り土工および舗装については P.W.D 直轄で、構造物は現地施工業者が施工するものとする。

ii) 第 2 案 … 海外施工業者

発注者が入札により経験の豊富な海外施工業者を選択するものである。

iii) 第 3 案 … 海外施工業者と現地施工業者との共同企業体

経験豊富な海外施工業者と現地施工業者との共同企業体を結成し工事を進めるものである。

第 8 章、表 8-3 に示すとおりサラワク州政府保有の建設機械の台数に余裕がなく、かつ州政府直轄プロジェクトがあるため、本プロジェクトに対応する建設機械および技術者が不足する。また、構造物の中には大スパンの橋梁が含まれており、現地施工業者による施工は技術的に困難と予想される。したがって、本プロジェクトの全体を第 1 案で施工するのは適当でない。

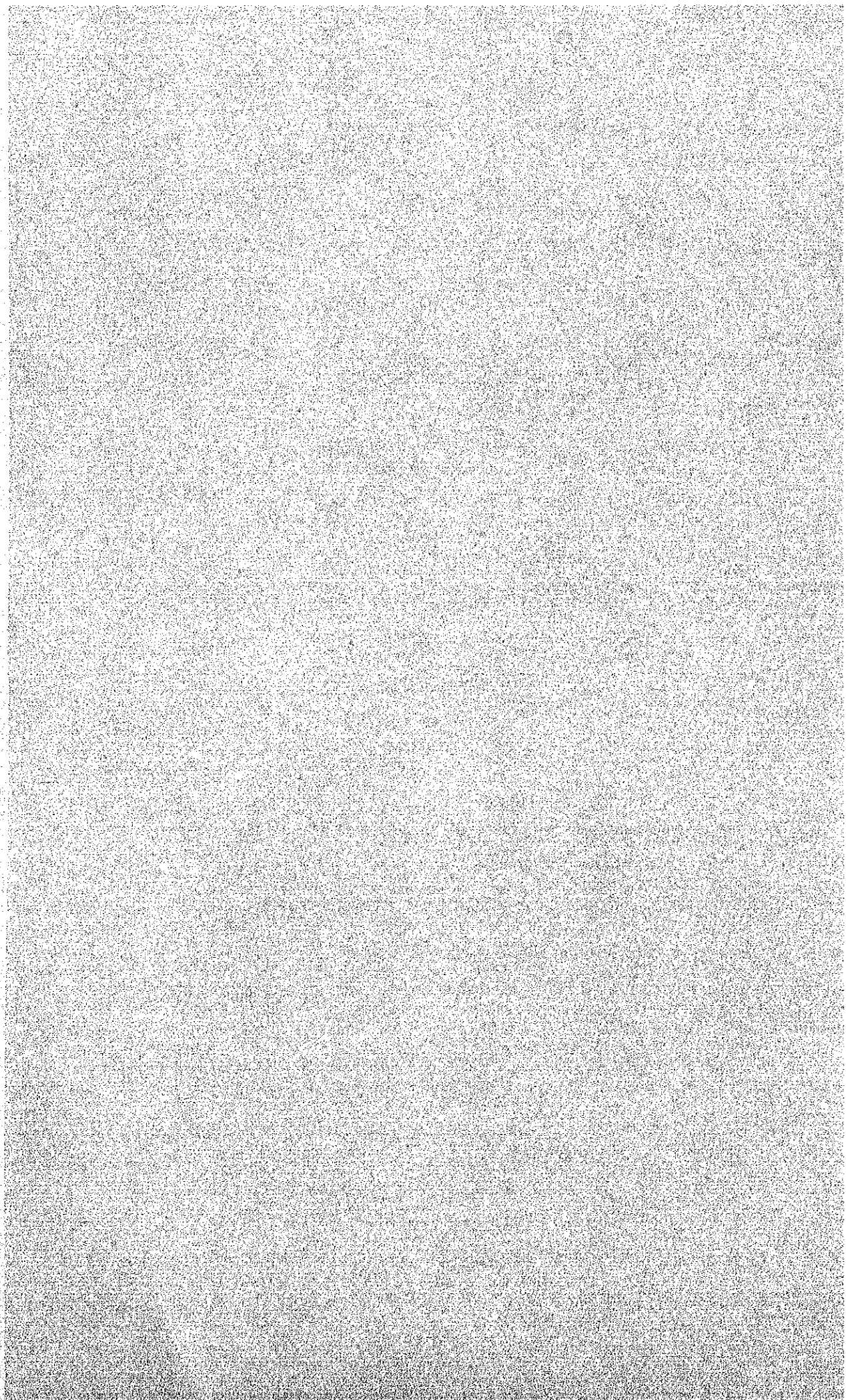
第 2 案での施工はサラワク州の土木工事技術の向上のための技術移転が行われ難い。

第 3 案は現地施工業者に対して工事の運営、管理および施工技術が移転され、将来工事量の増大が予想されるサラワク州の公共事業の実施体制が養われる。

以上の結果、本プロジェクトの実施体制としては第 3 案がもっとも望ましいものである。

第 6 章

設計基準と比較代替案



第6章 設計基準と比較代替案

6-1 概 論

道路の構造は、その道路が建設される地域の地形、地質、気象等および予測される交通状況を考慮し、安全なしかも円滑な交通を確保することができるものでなければならない。

設計基準はこれらを満足する道路の設計に当り、遵守しなければならない道路構造に関する一般的、技術的基準を定めたものである。

現在、Sarawak P.W.D.においては設計基準として幹線道路およびフィーダー道路に対し、それぞれTrunk road Standard およびFeeder road Standardがあるが、地形的区分による諸元の設定が欠けている等必ずしも充分でないため、本プロジェクトの実施にあたり新たに設計基準を設定した。

また、本プロジェクトの技術的および経済的妥当性の追求のために、フィジビリティ調査として有効な比較代替案を立案し、多面的な比較検討を行った。

6-2 幹線道路設計基準

6-2-1 一般事項

本プロジェクトの実施に当りJICA調査団より新たに幹線設計基準が提案され、採用された。この採用に先だち、同調査団は要請により次の3案について比較検討を行った。

- I) Criteria recommended by the JICA Survey Team
- II) "Trunk Road Standard" of Sarawak P.W.D.
- III) "Minimum Geometric Design Criteria for New Roads in Rural Area, Group 04" of Peninsular Malaysia P.W.D.

また、比較検討は次の方法で行われた。

- I) 確立された理論により求めた基準値と各案との採用値との比較
- II) 各規準による建設費の比較

この比較検討の結果、Recommend案が下記の理由により採用された。この比較検討はAppendix Table A-6-1、Geometric Design Criteria検討報告書に詳述されている。

- 1) Sarawak案は諸元の設定は必ずしも充分でなく、特に地形的区分による諸元の設定が欠けている。一般的なStandardはcost面および自然環境保全より地形的区分を行っており、今後の山岳部における道路建設を考えるとSarawak案にこの区分等の補充が必要と考えられる。
- 2) Peninsular案によるTotal CostとRecommend案によるものとは大差がない。したがって、Service面で劣るPeninsular案を採用した他のSarawakにおける

Trunk Road との調和を欠くものではない。

前記 3 案、AASHO および道路構造令（日本）の各基準を表 6 - 1 に示す。

6 - 2 - 2 幾何構造基準

前記のように新幾何構造基準では平坦地、丘陵地および山地に地形的区分を行い、これに対応する設計速度、路盤幅、路肩幅、最急勾配、制限長、視距、最小半径、緩和曲線、縦断曲線および合成勾配について数値を設定した。以下、これらのうち主なものについての概要を述べる。

(1) 設計速度

サラワグ州幹線道路規格によれば、いかなる地形においても設計速度は 80 Km/hr (50 mph) を採用することになっているが、本基準ではより低い建設費で、かつ十分なサービスを提供できるよう前記のように平坦地、丘陵地および山地の地形的区分を行い、設計速度をそれぞれ 80 Km/hr (50 mph)、 64 Km/hr (40 mph) および 48 Km/hr (30 mph) と定めた。

(2) 横断幅員構成

車線の幅員は対向車とのすれ違いあるいは追越しに対して十分な余裕をもつものでなければならない。

AASHTO ではあらゆる道路を通じて車線幅員は 12 ft (3.66 m) が理想的であるとしており、サラワグ州幹線道路規格においてもこの値が採用されている。本基準ではこれらの基準と同様に 2 車線の幅員として 7.32 m (24 ft) を採用する。

路肩の幅員としては建設費およびサービス面を考慮し、平坦地および丘陵地においてはサラワグ州幹線道路規格と同様、 3.05 m (10 ft) とし、山地においては 1.22 m (4 ft) とした。その他の諸寸法は同規格に準じた。

(3) 最小曲線半径

平面線形は地形状況に合わせて出来る限り大きな曲線半径を用いることが望ましい。最小曲線半径の望ましい値を定めるに当たって、次の事項

- a) 快適性を充分保証するものであること。
- b) 利用しやすい値であること。すなわちそれほど無理をしなくても路線全体にわたって使用できる値であること。

を考慮し、平坦地では幹線道路規格と同様 305 m (1000 ft) とし、丘陵地では 229 m (750 ft)、山地では 153 m (500 ft) とした。

(4) 道路用地の幅員

本基準では幹線道路規格と同様、 $61 \sim 46 \text{ m}$ ($200 \text{ ft} \sim 150 \text{ ft}$) を採用したが、設計では平坦地および丘陵地において最小 61 m (200 ft) を、また山地においては最小 46 m (150 ft) を標準とした。

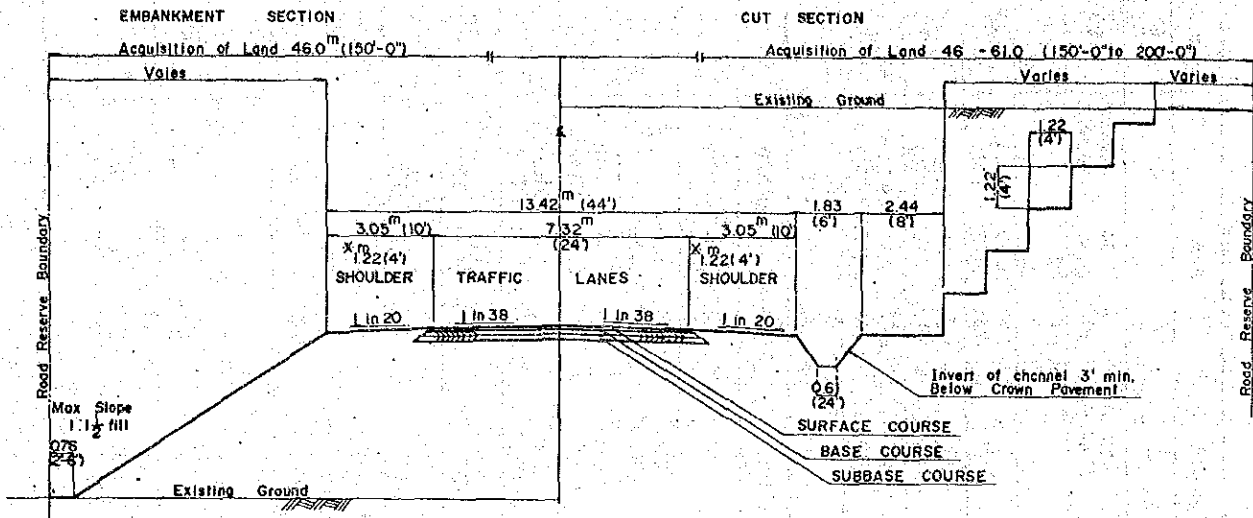
Table 6-1 Comparison of Design Criteria

	Recommended Criteria			Sarawak Standard			Peninsular Standard			AASHO			Design Standard in Japan		
	F	R	M	F	R	M	F	R	M	F	R	M	F	R	M
1. Terrain	2/														
2. Design Speed	80 (50)	64 (40)	48km/H (30MPH)	64 (40)	48-40km/H (30-25mph)		80 (50)	64 (40)	48km/H (30MPH)	80 (50)	64 (40)	48km/H (30MPH)	80 (50)	60	50km/H
3. Pavement Type															
4. Surface width (Pavement Width)	7.32m	(24)		7.427m	(14)		6.71m		(22)	7.32 (24)	6.70 (22)	6.10m (20)	7.00	6.50	6.00m
5. Usable Shoulder	3.05 (10)	3.05 (10)	1.22m (4)	2.44 (8)	2.44 (8)	2.91 (3)	2.44 (8)	2.44 (8)	1.22m (4)	3.66 (12)	3.05 (10)	1.83m (6)	1.75	1.25	1.25m
6. Formation Width	13.42 (44)	13.42 (44)	9.76m (32)	9.15 (30)	9.15 (30)	8.53 (28)	9.15 (30)	12.81 (42)	10.37m (34)	14.64 (48)	12.81 (42)	9.76m (32)	10.5	9.0	8.5m
7. Central Reservation															
8. Reserve Width	61/46m	(200/150)		40/30m	(132/99)		40/30m		(132/100)	37/30m		(120/100)			
9. Maximum Gradient Normal Absolute	3 4	5 6	6 8%	5 8	8 10%		4 6	6 9%		4 6	6 9%		4 7	5 8	6 9%
10. Critical Grade Length Against Absolute	336 (1,000)	183 (600)	122m (400)	183 (600)	122m (400)		336 (1,100)	183 (600)	122m (400)	336 (1,100)	183m (600)		400	300	300m
11. Stopping Sight Dist. - Min.	107 (350)	84 (275)	61m (200)	84 (275)	61m (200)		107 (350)	84 (275)	61m (200)	107 (350)	84 (275)	61m (200)	110	75	55m
12. Passing Sight Dist. - Min.	549 (1,800)	458 (1,500)	336m (1,100)	458 (1,500)	336m (1,100)		549 (1,800)	458 (1,500)	336m (1,100)	549 (1,800)	458 (1,500)	336m (1,100)	550	350	250m
13. Minimum Radius	305 (1,000)	220 (750)	153m (500)	214 (700)	153 (500)	100m (330)	214 (700)	131 (430)	70m (230)	214 (700)	131 (430)	70m (230)	280	150	100m
14. Transition Curves Min. L	73 (240)	64 (210)	55m (180)	64 (210)	55 (180)	55m (180)	73 (240)	64 (210)	55m (180)	46 (150)	38 (175)	31m (100)	70	50	40m
15. Widening	-	0.9 (3)	1.4m (4.5)	Accor (2)	0.6 (3)	1.5m (5)	-	0.9 (3)	1.4m (4.5)	-	-	-	-	-	0.5m
16. Superlevation Max./Min.	1:10			1:12 (8.3%)	1:10 (2.6%)		1:10			0.50	0.58	0.66	7/2	6/2	5/2%
17. Camber Cross Fall	1:38			1:38 (1:30		1:40				2%			2%	
18. Vert Curves Crest Min. K	26 (85)	17 (55)	9m (28)	17 (55)	9 (28)	9m (28)	26 (85)	17 (55)	9m (28)	26 (85)	17 (55)	9m (28)	R=3,000	1,400	800m
Sag Min. K	23 (75)	17 (55)	11m (35)	17 (55)	11 (35)	9m (30)	23 (75)	17 (55)	11m (35)	23 (75)	17 (55)	11m (35)	R=2,000	1,000	700m
19. Oblique Grade	10	10.5	11.5%	10.5	11.5	11.5%	10.5						10.5	10.5	11.5%

Note: Figures in parenthesis are in feet

標準断面は図 6 - 1 に示す。

Fig. 6-1 TYPICAL CROSS SECTION OF TRUNK ROAD



(5) 交通容量

交通容量は幾何構造基準には含まれてはならず、また、予想交通量は第 4 章で記述したごとく、最大約 500 台/日ではあるが、一応、本道路の交通容量を“道路構造令(日本)”および AASHTO の算定方法に準じて算定すると表 6 - 2 のとおりである。

(6) 最大勾配及び制限長

車道の最大勾配は、当該道路の設計速度に応じて許容速度で示される車の登坂性能から決定される。許容速度は登坂中の車の登坂性能に起因する速度低下が、他の車の走行を妨げない値として規定される。それらは、載荷トラックにおいては設計速度の約 1/2、又乗用車においては設計速度と同等の速度に対応する。最大勾配は、次に示されるように一般値と特例値の 2 つのケースで規定される。

○ 一般値

一般値は乗用車が設計速度で、載荷トラックが許容速度で継続的に登坂出来る最大勾配であり、このケースでは制限長の拘束は無い。

○ 特例値

特例値は制限長の拘束のある最大勾配であり、制限長は車が坂の入口で、設計速度で進入してから乗用車においては設計速度で、載荷トラックにおいては許容速度に低下した時の特定の長さである。

Table 6-2 Traffic Capacity

1. Terrain	F	R	M
2. Design Speed (km/hr)	80	64	48
3. Lane Width (m)	3.66	3.66	3.66
4. Lateral Clearance			
Left (m)	3.05	3.05	1.22
Right (m)	-	-	-
5. Heavy Vehicle			
Proportion of Heavy Vehicle (%)	20	22	36
Passenger Car Equivalent	2.9	3.9	4.0
6. Coefficient of Adjustment			
Lane Width	1.00	1.00	1.00
Lateral Clearance	1.00	1.00	0.96
Heavy Vehicle	0.72	0.61	0.48
Roadside Condition	1.00	1.00	1.00
Product of Coefficient	0.72	0.61	0.48
7. Basic Capacity (Veh/hr)	2,000	2,000	2,000
8. Possible Capacity (Veh/hr)	1,440	1,220	920
9. Adjustment of Design Level (%)	0.75	0.75	0.75
10. Design Capacity (Veh/hr)	1,030	915	690
11. Rate of Peak Hour (K)	9	9	9
12. Average Daily Traffic (ADT) (Veh/day)	12,000	10,167	7,667

Note: F: Flat
R: Rolling
M: Mountainous