

国 際 連 合

メコン河下流域調査調整委員会

ノンカイ・ヴィエンチャン間 架橋計画

(ラオス国及びタイ国)

第二次調査報告書

昭和43年11月

海外技術協力事業団

・ 東 京

持出禁止

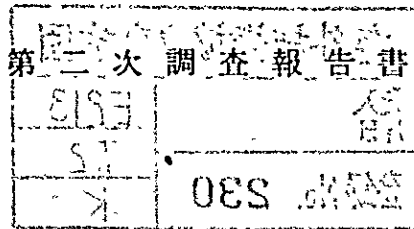
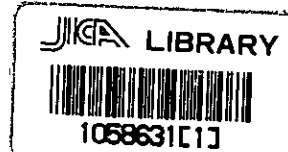
保存用

国際連合

メコン河下流域調査調整委員会

ノンカイ・ヴィエンチャン間 架橋計画

(ラオス国及びタイ国)



昭和43年11月

海外技術協力事業団

東京

Project No. 1000
Project Title
Project Start Date
Project End Date

Project No. 1000
Project Title

海外協力事業団
E213

国際協力事業団	
受入 月日	'84. 5. 16
登録No.	04948
	112 61.5 KE

1968年11月15日東京

外務大臣
佐藤栄作 閣下

閣下

この度 海外技術協力專業団が日本政府より委託されておりましたノカイ・ヴァンチャン間架橋計画に関するホニ次調査報告書が完成しここに提出できることは、誠に光榮と存じます。

御承知の通り、日本政府はラオス国及びタイ国の経済交流の重要性を充分に認識し、昭和42年4月、メコン河下流域調査調整委員会の要請に応じて、この架橋計画の可能性について調査を実施する用意がある旨を申し出ました。

專業団は日本政府の要請に基づき再び昭和43年2月より6月迄の約4ヶ月間に亘り、日本工學株式会社、プロジェクト部長 吉田良三氏を団長とするホニ次調査団を派遣しました。

又、国内においては、東京大学名誉教授、構造計画コンサルタント株式会社社長 福田武雄氏を団長とする三名の顧問団を結成し、ホニ次報告書作成にあたり、プロジェクトの可能性に関して必要が技術的援助にあたりました。

本報告書はホニ次報告書に基づいて三つの候補地の中から決定されたノカイ架橋地帯について道路単独橋、道・鉄併用橋のいずれの橋種がよかを決定するためメコン委員会が必要とするすべての資料を網羅しております。尚本報告書は結論として道鉄併用橋を推奨しております。

又1969年1月に予定されているメコン委員会の会議において橋種の決定がなされるため、可能性報告書草案の編纂も急がれております。

なほ道鉄併用橋が最終的に採用されることになり次第にホニ次報告書において研究をいたしました5つの鉄道ルートのうち、A、B及びD路線は比べより有利な鉄道路線として推奨されたC

U-C-D路線の可否を推す可否可能性報告書に先んじ早急に
決定はなされはなりません。

最近日本政府はC及びU-C-D二つの鉄道路線に関し地形測
量を行なうことを決定しましたので可能性報告書草案の準備はこの
地形測量の結果をみて行なわれる方が良くそれよってその後の可
能性に関する研究がなされるべきが順序でありましょう。

併せて1969年1月初旬可能性報告書草案をメコン委員会
に提出しなされはなりませんので鉄道路線の二者択一は不可
であります。

本調査の現地調査に当り調査団の各位は、この架橋計画
の関係各国に及ぼす影響の重大性を充分認識し、責任を以てす
べての業務を滞りなく終了致しました。

終りに、本調査の実施に当り熱意ある支援と協力を惜しまれ
なかつたラオス国がらびにタイ国政府関係者に対し、現地
に於いて調査に協力された在外公館の方々更には顧問団及び
調査団の派遣に御協力戴った日本政府の関係機関及び民
間の関係コンサルタント会社に対し厚く御礼申し上げます。

海外技術協力事業団
理事長 洪沢信一

伝達状

海外技術協力事業団
理事長 沢田信一殿

今般日本工営株式会社に委託されておりましたノンカイ/ウエンチャン間架橋計画に関する第一次調査報告書がここに提出でございますことを光榮に存じ可す。

ノンカイ/ウエンチャン間架橋計画はメコン河に橋を架けることに依り、タイ国のサラブリからラオス国のウエンチャンに至るアジアハイウェイ12号線が完成すること、もし可能ならば現在タイ国のバンコック・ノンカイ間を走る既存の鉄道をラオス国のウエンチャン迄延長すること、この二つの計画を目的としております。

この計画に関する可能性調査は1967年4月14日にメコン委員会と日本政府との間に行われた「調査運用計画書」の条項に基づいて技術的、経済的且つ地形的観点から研究がなされて来りました。なおこの研究は次に示される如く、四つの段階に分けて行われ可す。

第一段階

三つの架橋候補地(ノンカイ、ウエンチャン及びバハモン)のうちから最有力地点の選定及び道路単独橋か道鉄併用橋かその橋種の選定に関する予備調査及び研究の実施。

(所要期間 6ヶ月)

第二段階

メコン委員会により決定された架橋地点の可能性調査及び研究の実施。

(所要期間 12ヶ月)

第三段階

第一及び第二調査で実施された調査及び研究の結果に基づく可能性

報告書草案の作製
(所要期間 4ヶ月)

カ四段階

カ一、カ二及びカ三次報告書に基づき、
メコン委員会の決定事項に従い、最終の
可能性報告書を作製する。
(所要期間 2ヶ月)

カ一次調査は1967年8月から10月にかけて行われ、1967年
12月にカ一次調査報告書がメコン委員会に提出された。メコン
委員会は直ちに諮問委員会、援助を得てカ一次調査報告書に於て
掲げられた三つの架橋候補地実のうちからノンカイ架橋地実を
選定しました。

架橋地実が決定されるや否や直ちにカ二次調査が開始さ
れました。なお調査は1968年2月から6月にかけて行われ、
これにてカ二次調査報告書は1967年1月に提出される予定でありま
したが、予定より2ヶ月早く1968年11月初旬提出する事ができ
ました。

カ二次調査報告書の主な目的は、(1)道路兼独橋、道鉄併
用橋の二橋種に関する技術的、経済的及び財務的可能性の研究
及びこれらの技術的、経済的及び財務的観実に於ける長所
及び短所、(2)ラオス及びタイの両国にそれぞれ走るアジアハイウェイ
12号線を一貫した道路として連結することに對する技術的、経
済的且つ財務的可能性の研究、さらに(3)タイ国のバンコック
ノンカイ間を走る既存の鉄道をウエンチャン迄延長する計画の
技術的、経済的且つ財務的可能性に関する研究であります。

これらの広範囲が基礎の基にカ二次報告書はメコン委員会が
ノンカイ・ウエンチャン間架橋計画に關して道鉄併用橋を選定す
る事を推奨してあります。

現在私達はカ三段階として可能性報告書草案の作成準備

に専念しておりますが、これに先立ちメコン委員会に次の二つの項目
を決める必要がございます。

- (1) 道路単独橋、道鉄併用橋の二つの橋種のいづれかを最終的に決めること。
- (2) 道鉄併用橋を決定した時はCあるいはC-D路線のうちいづれかの鉄道路線を最終的に選ぶこと。

これらの路線はモニタ報告書に掲げられた他の三つの路線
A、B及びDと比較してより有利な路線であることはすでに本書第
三章3.2節に述べられておりますが、このC及びC-D路線の
うちいづれを推奨するかは非常に正すかい問題であります。

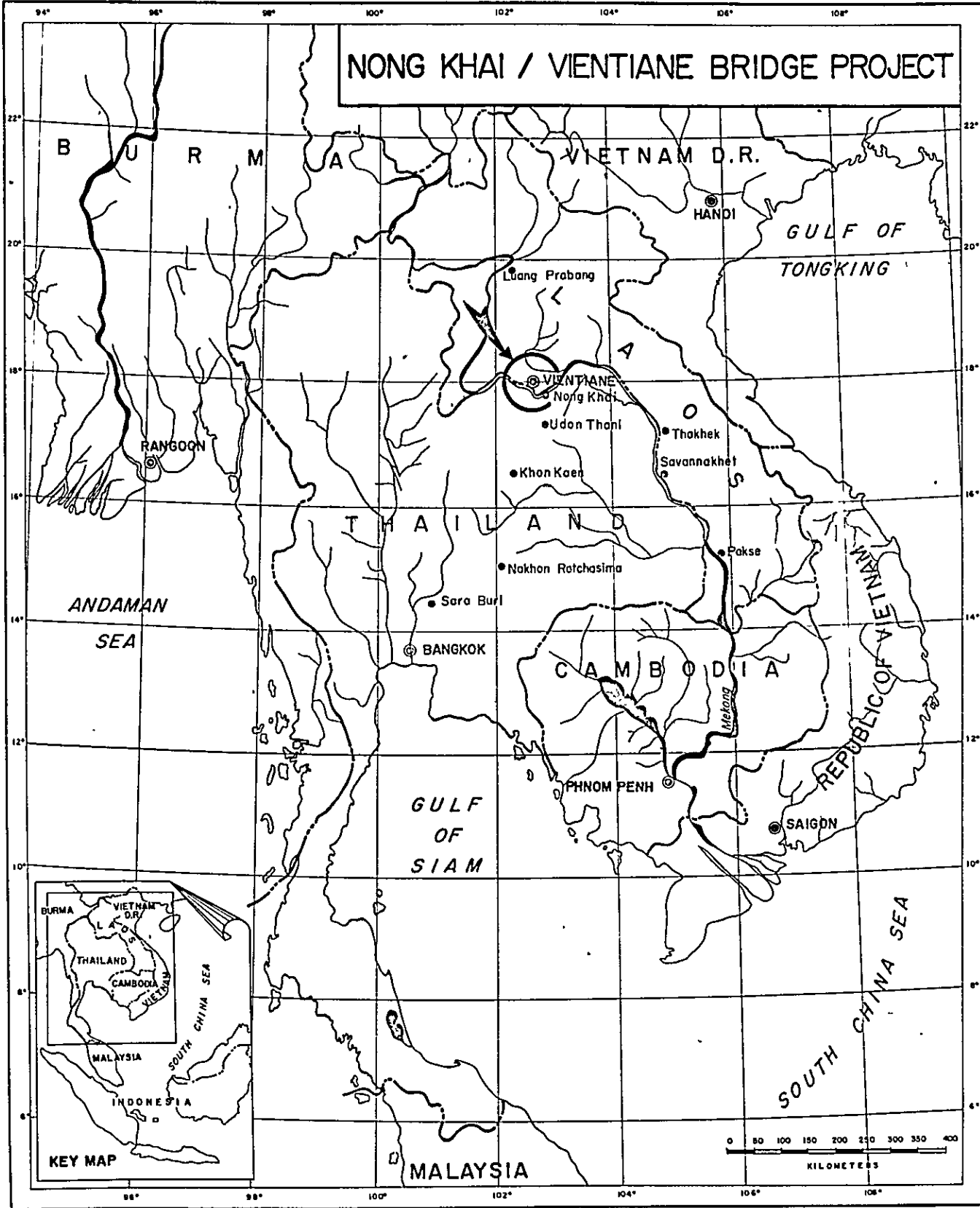
調査運用計画書調印当時は鉄道延長計画に関しては
その程詳しい現地調査の必要性がございませんでしたが併し日
本政府は先頃この鉄道路線の必要性を認識し、その地形測
量の実施を決定しました。

しかしながらこの地形測量の結果は1969年4月中旬に
ならぬとわかりません。1969年1月に予定されております可
能性報告書草案の中にこれらの結果を織り込む事は不可能
であります。もし測量結果を報告書に織り込む事の遅く望ま
れるならば、鉄道延長計画の可能性研究の結果が出た後に可能性
報告書草案を作成しなければなりません。

最後に今日の調査に対し暖かい御支援と激励を頂き
ましたメコン委員会、ラオス、タイ両国はじめ近隣諸国及び在
外公館その他関係機関に対し厚く御礼申し上げます。

日本工営株式会社
社長 久保田 豊

NONG KHAI / VIENTIANE BRIDGE PROJECT



BRIDGE SITE

Thai side



Laotian side

VIEW FROM DOWNSTREAM

Downstream



Upstream

VIEW FROM LAOTIAN SIDE

フンカイパイエンチャン間架橋計画

才二次報告書

目次

	<u>摘要及び進言</u>	i-v
S.1	可能性	i
S.2	建設	ii
S.3	便益	vi
S.4	必要性	vii
S.5	可能性調査	viii
S.6	結論及び進言	x
才一章	<u>緒論</u>	/
1.1	プロジェクトの必要性	/
1.2	プロジェクトの経緯	3
1.3	可能性調査の目的と範囲	4
1.4	調査団の構成	7
1.5	調査日程	9
才二章	<u>現地調査</u>	11
2.1	地形測量	11
2.2	工賃調査	17
2.3	材料調査	26
2.3.1	一般	26
2.3.2	コンクリート骨材	27
2.3.3	盛土材料	32
2.4	踏線踏査	36
2.5	一般技術資料蒐集	39
2.6	経済調査	47

第三章 道 鉄 併 用 橋

3.1.	橋の技術的可能性	59
3.1.1.	一般	59
3.1.2.	架橋地質の選定	61
3.1.3.	予備設計	61
3.1.3.1.	上部構造	61
3.1.3.2.	下部構造	73
3.1.4.	河岸浸蝕	76
3.1.5.	河床洗掘	78
3.2.	鉄道の技術的可能性	79
3.2.1.	一般	79
3.2.2.	踏線選定	80
3.2.3.	予備設計	82
3.3.	取付道路の技術的可能性	89
3.3.1.	一般	89
3.3.2.	踏線選定	89
3.3.3.	予備設計	92
3.3.3.1.	取付道路	92
3.3.3.2.	管理設備	96
3.4.	工事計画	100
3.5.	建設費	105
3.6.	経済的妥当性	110
3.6.1.	一般	110
3.6.2.	拵来交通量	111
3.6.3.	直接便益	124
3.6.4.	年間便益	130
3.6.5.	年経費	135
3.6.6.	便益費用比率と超過便益	139
3.6.7.	内部収益率	146
3.6.8.	間接便益	142
3.6.9.	橋とフェリーの比較	152
3.7.	財務的可能性	162
3.7.1.	償還状況	162
3.7.2.	償還可能な借款の擧げ	169

第四章 道路単独橋

4.1	橋の技術的可能性	172
4.2	取付道路の技術的可能性	174
4.3	工事計画	176
4.4	建設費	176
4.5	経済的妥当性	178
4.5.1	一般	178
4.5.2	待車交通量	178
4.5.3	直接便益	186
4.5.4	年間便益	190
4.5.5	年経費	193
4.5.6	便益費用比率と超過便益	196
4.5.7	内部収益率	196
4.5.8	間接便益	198
4.5.9	橋とフェリーの比較	199
4.6	財務的可能性	200
4.6.1	償還状況	200
4.6.2	償還可能な借款の種類	206

第五章 結論と進言

5.1	プロジェク外の可能性	208
5.2	道・鉄併用橋と道路単独橋の比較	211
5.3	プロジェクトの各種問題点	212
5.4	今後の調査	217

付表の目次

番号	摘要及び道言	頁
	<u>摘要及び道言</u>	
0.1	プロパットの諸元	iii
0.2	将来交通量, 便益及び経費	xi
	<u>第二章 現地調査</u>	
2.1.	測量作業の範囲と内容	12
2.2	乱石のふるい工質試験資料	19
2.3	N値の圧縮係数	20
2.4	土質試験結果のまとめ	25
2.5	コンクリート骨材試験	31
2.6.	土質試験結果のまとめ	35
2.7	気象・水文資料の特性値	40
2.8.	O.D調査の調査と結果	49
2.9	地域間自動車交通量 (1967)	55
2.10.	地域間旅客人員 (1967)	56
2.11.	地域間貨物輸送量-1 (1967)	57
2.12.	地域間貨物輸送量-2 (1967)	58
	<u>第三章 道・鉄路用橋</u>	
3.1.	断面形状に同じ建設費の比較検討	68
3.2.	鉄道延長路線に同じ建設費の比較	81
3.3.	設計基準から検討する主な条項	82
3.4.	取付道路の3つの候補路線の長所と短所	90
3.5	舗装及び路床に必要な係数 CBR値	94
3.6	交通量	97
3.7	2車線地方道路に適用される幾何設計基準	100
3.8.	建設費	107
3.9.	将来交通量の推定(橋の料金と現行在り料金と同額としCの場合)	116
3.10.	毎年の将来交通量の推定(橋の料金と現行在り料金と同額としCの場合)	117

4.5.	交通量の变化係数	182
4.6.	将来交通量の推定(無料橋の場合)	183
4.7.	単位交通量当りの便益	187
4.8.	日便益(橋の料金と現行フェリー料金と同額に仮場合)	188
4.9.	年間便益(" ")	189
4.10.	橋の最道料金	191
4.11.	平均年間便益と資本化便益	192
4.12.	年経費と資本化経費	193
4.13.	年経費	194
4.14.	運転・維持、修理費	195
4.15.	便益・費用比率と超過便益	196
4.16.	橋とフェリーの年経費の比較	199
4.17.	橋の最道料金と徴収した場合の償還状況(Ⅰ)	202
4.18.	" " (Ⅱ)	203
4.19.	" " (Ⅲ)	204
4.20.	現行フェリー料金と同額徴収した場合の償還状況	205

第五章 結論及び道言

5.1	橋とフェリーの比較	210
5.2.	道・鉄併用橋と道踏車独橋の比較	221

付 冊 目 次

番号

頁

第一章 緒 論

1.1	第二次調査の調査団日程	10
-----	-------------	----

第二章 調査内容

2.1	測量作業の位置と内容	16
2.2	試錐孔の位置	22
2.3	地質縦断面図	23
2.4	架橋地質の推定岩盤等高線図	24
2.5	採集すべき骨材採取箇所	30
2.6	道路盛土工材料の採取位置	34
2.7	路盤の踏査	38
2.8	工事用電源	45
2.9	流水に与る河床洗掘	46
2.10	O.D.調査の測定箇所	54

第三章 道・鉄併用橋

3.1	橋上に於ける建築限界	69
3.2	橋の道路部及び鉄道部に働く活荷重	70
3.3	最も経済的なる橋脚間隔	71
3.4	道・鉄併用橋に關する橋の各種断面形状	72
3.5	護 岸	77
3.6	鉄道、建築限界	87
3.7	ノカイ及びバツノ駅平面図	88
3.8	滑走路の離陸角度と取付道路の建築限界との関係	99
3.9	取付道路の建築限界	101
3.10	右側及び左側通行の転換	102
3.11	ノカイ・ウヰニヤン両架橋計画の工事日程表	108
3.12	工事仮設備	109
3.13	O_{ij}/O_{if} と C_{ij}/C_{if} の関係	122
3.14	将来交通量	123

3.15	内部収益率	147
3.16	左小設備の増設計画	160
3.17	増設左小設備の概要図	161
3.18	利率と償還年限との関係	171

第四章 道路単独橋

4.1	Q_{ij}/Q_{if} と C_{ij}/C_{if} との関係	184
4.2	将来交通量	185
4.3	内部収益率	197
4.4	利率と償還年限との関係	207

プレート目次

プレート番号

1	一般図	
2	計画概要図	
3	道・鉄併用橋	・平面図, 縦断面図, 標準断面図
4	"	・地質縦断面図
5	"	・下部構造図
6	"	・剛接(ラッチ)構造 (1)
7	"	・" (2)
8	"	・ホーロースラブ構造
9	道路単独橋	・平面図, 縦断面図, 標準断面図
10	"	・下部構造図
11	鉄道	・標準断面及び縦断面図 (1)
12	"	・縦断面図 (2)
13	"	・" (3)
14	"	・" (4)
15	"	・非漁橋
16	"	・暗渠及びその他構造図
17	"	・駄
18	道路	・標準断面及び縦断面図 (1)
19	"	・縦断面図 (2)
20	"	・" (3)
21	"	・跨線橋
22	"	・管理設備 (1)
23	"	・" (2)

別冊

本報告書の補充資料として邦文附属書を
別冊として取ります

摘要及前置言

5.1 可能性

カンガ・ヴェンヤン間架橋計画は十分にその可能性を有する。架橋が道・鉄併用橋或は道路単独橋で行われようとする技術的にかなり困難な問題はなく、且つラオス・タイ両国に対して多くの利益をもたらすことは疑いのないところである。

1968年2月より6月までの約4ヶ月間に巨リメコン河河床部のボーリング調査が行われたがその結果頁岩の互層を含む珪酸の礫がかったシルト岩の上に比較的薄い沖積層が覆っていることがわかった。このシルト岩は橋の基礎として充分な地耐力を持っていることも明らかになった。この沖積層を通して基盤上に橋脚を築くことはそれほど難かしい工事ではない。

橋の架設工事は入念にその慎重に行われなければならないことは言うまでもないが建設途上において特に注意すべき問題が生ずることは少ないと見られる。

建設費は道鉄併用橋の場合と別れがなされるモデル、道路単独橋の場合と約1/2のモデルと推定される。

建設が無償融資あるいは低金利借款で行われるならば、このプロジェクトは建設後年間9百万米ドルの便益をもたらすことができる。10%金利の借款でこの年間1.174百万米ドルおまけはそれ以上の便益をもたらすことができる。

便益・費用比率は無償融資あるいは低金利借款の場合約1.10%金利の借款では約1.2である。内部収益率は最悪の状態でも12%は確保できると推定される。

このプロジェクトはまた輸送費の節約、店鋪や工場に於ける在

庫品の節約、地価の騰貴、農業開発の迅速、牧畜業、鉱業、林業等
等の開発というような間接便益も大に大らう。道鉄併用橋の場合、
ウエンチン郊外に建設と予定されているウエンチン駅の周辺の発達
が都市化が期待できると共に、また地価の急騰も当然起るであろう。
この結果土地所有者の1973年から1976年迄の期間に得ること
のできる収益は1973年1月1日の価値にならうと約1億300万ポンドに
相当にあたる。

財務的観点から見て、もし低金利借款を適用するならばこのプロジェクト
の外に橋の料金をバス、タクシー、小型トラック、鉄道貨物に関し
ては現行フェリー料金 $\frac{1}{2}$ 、そして大型トラックに $\frac{1}{4}$ の低額に
しても償還できる。利率が高くなると各種鉄道貨物及び旅客等の橋
の料金を大高くなる。利率が10%の借款の場合、橋の料金は現行
フェリー料金と同じ同額である。

以上の事から判る通り、ノカイウエンチン間架橋計画は長期的
経済的且つ財務的見地から十分可能であり、しかし高償還率ある
いは低金利借款によるならば非常に大なる便益をもたらす。

5.2 建設

現段階において、道鉄併用橋と道路単独橋の二種類の橋が考
えられており、道鉄併用橋は橋の上と単線の鉄道と二車線の道路が
別々に設けられ、歩道及び軌道監査層が設けられる。
鉄道は既存のタイ国国有鉄道東北幹線とノカイ市から分岐して橋を
渡りラオス国の首都ウエンチン迄延長する計画である。またメコン河に
よって現在は分断されているハイワンノク線は橋の建設によって連結さ
れる。道路単独橋の場合は車線の両側に歩道を設けた二車線道路が
橋を渡り両国を走るハイワンに接続される。

プロジェクトの諸元は次の通りである。

表 8.1. プロジェクト外の諸元

項目	単位	諸元	
		道・鉄併用橋	道路単独橋
<u>I プロジェクト外</u>			
1 位置:		バンコク北東 600km, ナイニヤン, 南西 20km, ナカイエ湖 3km の 地帯	同左
2 目的		取付道路, 取付鉄道, ナイニヤン, 取付道路, 出入国管理事務所への延長鉄道, 出入国管理所, 税関その他の建設を含む 管理事務所, 税関その他の建設を含む 河梁橋建設	
3. 建設費	US\$	20,000,000	12,000,000
<u>II 橋</u>			
1 河幅	m	640	同左
2 舟運に必要は余裕			
i) 桁下高	m	10	"
ii) 水平余裕	m	78	"
3. 設計高水位	m	EL.167	"
4. タイプ			
i) メインブリッジ		三径河連続 スチールワレン トラス橋	鋼床版三径河連続箱桁 橋
ii) その他の部分			
鉄道部分		プレートガタニ橋 鉄筋コンクリート 三径河連続剛性橋	
道路部分		合成桁橋, 鉄筋コンクリート 三径河連続ホーラスラブ橋	
5. 橋の幅員			
i) 鉄道部分	m	4.0	
ii) 道路部分	m	8.0	8.0
iii) 歩道	m	1.5	各 1.5
iv) 監査路	m	1.5	
v) 総幅員	m	17.3	11.6

項目	単位	諸元	
		道鉄併用橋	道路単独橋
6 橋長			
i) メインブリッジ	m	720	710
ii) その他部分			
プレート橋	m	60	
合成桁橋	m	60	
剛接橋	m	341.7	
ホロスラブ橋	m	270	
7 橋台及び橋脚数	No.	11	13
8 径間			
i) メインブリッジ	m	$(70 \cdot 70 \cdot 70) \times 3 + 90$	$(50 \cdot 60 \cdot 50) \times 3 +$ $(70 \cdot 90 \cdot 70)$
ii) その他部分			
プレート橋	m	$30 + 30$	
合成桁橋	m	$30 + 30$	
剛接橋			
ラヌ側	m	$(8 \cdot 15 \cdot 8) + (6 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10)$ $\times 3 + (6 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 6.7)$	
タイ側	m	$(10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10) + (6 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10) \times 4$	
ホロスラブ橋	m	$(15 \cdot 15 \cdot 15) \times 6$	
9 橋の最頂部	m	EL. 179.270	EL. 182.560
10 縦断勾配			
i) メインブリッジ	%	1.2	4.0 (ラヌ側) 2.8 (タイ側)
ii) その他部分			
プレート橋	%	1.2	
合成桁橋	%	1.2	
剛接橋	%	1.2	
ホロスラブ橋	%	4.0	

項 目	單位	諸 元	
		道・鉄 併用橋	道路 单独橋
<u>III 道 路</u>			
1 取付道路			
i) 延長			
ラ不側	km	0.1	同左
7イ側	km	4.7	5.3
ii) 幅員			
車道(=軌線)	m	7	同左
路肩(両側共)	m	2.5	?
iii) 曲半半径	m	500 及 110	500 及 200
2 管理設備			
ラ不側	m ²	125,000	65,000
7イ側	m ²	60,000	60,000
<u>IV 鉄 道</u>			
1 延長			
i) ラ不側 (C-Dルート)	km	19.2	
ii) 7イ側 (取付鉄道)	km	0.9	
2 軌道中心間隔	m	1,000	
3 曲半半径	m	600 及 400	
4 駅			
i) 大江一ヶ駅 (管理設備を含む)	m ²	107,900	
ii) ニカキ駅 (管理設備を含む)	m ²	32,200	

較した走行時間及び走行費用の節約と現行フェリー料金との和として求められた。

表5.2に示される年間便益の値は各車種、鉄道貨物及び鉄道旅客の最適料金と関連して償還年限内に得られる最大の便益である。借款に関しては経済的妥協性から次のような三種類の借款が考へられた。(1) 3% 利率で40年償還 (2) 7% 利率で25年償還、そして (3) 10% 利率で20年償還。これらプロジェクトが寛大な無償融資と採用する場合の年間便益も推定されている。

年経費は均等年間償還額と構造物の運転、維持及び修理費とから構成されている。均等年間償還額は各構造物の耐用年数を考慮した建設費を基として推定された。最適料金はその償還年限内に完全に償還できるような借款を与えるとともにこの最適料金の下で推定される将来交通量を基にして償還年限内に最大の年間便益をあげられるように決められた。

プロジェクトの財務的可能性について同じ時刻において研究された。財務的な問題は橋の料金に大きく影響される。より橋の料金が現行フェリー料金と同じように高ければ償還することは非常に簡単ではあるが交通の伸びは低くなる。また橋の料金が安くなれば将来交通量はより著しい伸びを示すであろう。したがってこのプロジェクトにおける利率は各種の財務的問題をうまく解決する際には10% 或いはこれ以下の限定されるべきであろう。

5.4 必要性

以上に述べたようにプロジェクトが完成すれば便益の何分の1かに相当する経費がラオス及びタイ国の人々に莫大な便益をもたらすことが分かる。また次に述べるようにプロジェクトの完成を強く要望するようないくつかの理由がある。

ラオス国はタイ、ビルマ、中華人民共和国、北ベトナム、南ベトナム

及びカンボジアの諸外国と接する内陸国であり、外国との貿易は海に直接接していないので、小舟での長期間バンコック港からタイ国を渡断してウエンチャンに至るルートを経て行われてきた。

第二次世界大戦以前、ラオスはベトナム、カンボジアと共に仏領インドシナを形成していた。従ってラオスからの交通機関はすべてベトナム、カンボジアと連絡されていた。

ラオスの主要都市とハノイ、ハイフォン、ユエ、タナンを結ぶ長距離道路網が建設されており、ラオス内のメコン河沿いにはウエンチャンとクワク、クバナケット、パクビとを結ぶ幹線道路があり、そこからカンボジアとの国境を越えてアムペン、サイゴンに向かっていた。

1945年以前のラオスの通商貿易は、その殆んどがカンボジアあるいはベトナム経由で行われ、タイ経由のものはごく僅かであった。

しかし大戦後の地域情勢の変化によって、現在ではタイ国経由の輸出入が最大のルートとなっている。

昨今バンコックはラオスにとって主要な港となり、バンコック港に陸揚されたラオス向け物資はタイ国内を鉄道または道路経由でメコン河沿岸にあるノカイへ輸送され、そこでフェリーを利用してメコン河を渡りウエンチャン迄トラックにより運搬されている。

従って、このようなフェリーによるメコン河渡河がラオス貿易にとって一つのネックとなっていることは明白である。現在タイに現行フェリーは交通量増大に対応して、多くは北東部ノカイ側ではトラックが渡河の為に長蛇の列をなしている。

タイはもとよりラオスの人々にとって近代的な橋がメコン河を横断し、ラオス国とタイ国を一つに結ぶことは両国の永年の願望である。

5.5. 可能性調査

このため必要性に迫られてメコン委員会は1967年2月以降の可能性研究の実現を目指して友好国の援助を求めた。

日本政府は1967年4月のメコン委員会第32回会議において可能

性調査の実施を希望申し入れた。ラオス、タイ両国共、この要請を承諾し、1967年4月14日メコン委員会と日本政府との間に「調査運用計画書」が調印された。

外務省は海外技術協力事業団にその調査の実施を委託し、事業団は日本工業株式会社に協力を要請した。

調査運用計画書によれば、可能性調査は四つの段階に分かれているが、その第一段階は1967年8月から10月にかけて計画地域の調査を完了し、第一次報告書が1968年1月中旬にバンコクに於て開催された第34回メコン委員会会議に間に合わせようべく、1967年12月下旬メコン委員会に提出された。

第一次及び第二次調査に於ては地形測量、土質調査、コンクリート骨材及び盛土材料に関する材料調査、鉄道及び道路の各路線に関する踏査、各分野の一般技術資料の蒐集ならびに経済調査といった各種類の調査が行われた。可能性調査は現段階で殆んど完了してはいるが、非一くつかの行なわれなければならない可能性調査が残されている。その建設前には更に詳細な調査及び設計を行なわれなければならない。

次に今後行なわれなければならないと思われる調査及び設計項目を以下の如く

- (1) ナカイからウエンチャンに延長する鉄道路線の測量
- (2) 河床沈堀と河岸浸蝕に関する現場調査
- (3) コンクリート骨材、舗装用骨材、盛土材料、バラスト、ラテライト及び石材等の詳細な調査

(4) 詳細地形測量

(5) 計画構造物の詳細設計

(6) 入札書類の準備

5.6 結論及び進言

しかしながら、あるが実施もなければならぬ、可能性調査がまだ残
りてはいるが、トンカウ・ウインチャン間架橋計画は確固たる満足を得
るような可能性の大きいプロジェクトであり、プロジェクトの実現を保証
できるプロジェクトである事は疑う余地がない。プロジェクトの早期実現の為
であるだけ早い時期において好ましい借款を採択することを勧めた。
しかも、これより以前に道鉄併用橋、あるいは道路単独橋のいずれかを選
定し、また適切な橋種に関して可能性報告書を相成らなければならない。

橋種の決定に関しては第五章で述べられている如く最終的には道
鉄併用橋に決まらなければならない。

道路単独橋は表 5.2 に示す如く道鉄併用橋に対してより多い起算便益と
より高い便益費用比率を（たゞことは保証できるが）各種の間接便益
を考慮すると表 5.2 に示す如く此の結果から総合的に判断して道鉄併用
橋は道路単独橋より有利であることが判る。

オ二次報告書提出後、メコン委員会が道鉄併用橋が選ばれれば引続
き A, B, C, D 及び C-D ルートの五つの候補路線の中からオス別々に敷
かれる鉄道路線を決定しなければならない。

オ二次報告書では C 及び C-D ルートと他の三つのルートに比べてより有利
な路線として推してあります。この C-D ルートのうちどちらを選ぶか
はオ二次と同じ日本の調査隊によってまがく行なわれることになっている。
鉄道延長路線の隣横断測量の結果を待たなければならない。

この測量の結果は 1969 年 4 月中旬に予定である。

Table S.2. Future traffic, benefit and cost

Item	Unit	Rail/highway bridge		Highway bridge	
		Toll	Non-toll	Toll	Non-toll
I. FUTURE TRAFFIC					
1. Estimated future traffic					
(i) Vehicles					
A.D. 1973	vehicles/day	747	1,273	1,084	1,640
1990	"	4,647	8,317	6,377	10,140
2000	"	6,941	12,459	9,490	15,146
(ii) Railway freight					
A.D. 1973	tons/day	591	609		
1990	"	2,586	2,664		
2000	"	3,760	3,873		
(iii) Railway passengers					
A.D. 1973	persons/day	337	361		
1990	"	1,796	1,922		
2000	"	2,654	2,840		
II. DIRECT BENEFIT					
1. Annual benefit					
(i) Loan I, (3%, 40 years)	US\$	8,784,000		8,546,000	
(ii) Loan II, (7%, 25 ")	"	5,923,000		5,902,000	
(iii) Loan III, (10%, 20 ")	"	3,929,000		4,632,000	
(iv) Grant	"		9,281,000		8,994,000
2. Capitalized benefit					
(i) Loan I	(US\$)	174,846,000		170,002,000	
(ii) Loan II	"	55,404,000		55,152,000	
(iii) Loan III	"	27,612,000		32,160,000	
(iv) Grant	"		289,644,000		280,161,000
III. COST					
1. Annual cost					
(i) Loan I	US\$	1,198,600		699,200	
(ii) Loan II	"	1,825,700		1,087,500	
(iii) Loan III	"	2,364,800		1,419,400	
(iv) Grant	"		1,177,600		665,700
2. Capitalized cost					
(i) Loan I	US\$	27,145,000		16,598,000	
(ii) Loan II	"	24,121,000		14,652,000	
(iii) Loan III	"	23,023,000		13,945,000	
(iv) Grant	"		26,659,000		15,823,000
IV. BENEFIT-COST RATIO					
(i) Loan I		7.3		12.2	
(ii) Loan II		3.2		5.4	
(iii) Loan III		1.7		3.3	
(iv) Grant			7.9		13.5
V. CAPITALIZED NET BENEFIT					
(i) Loan I	US\$	147,701,000		153,404,000	

continued

Item	Unit	Rail/highway bridge		Highway bridge	
		Toll	Non-toll	Toll	Non-toll
(ii) Loan II	US\$	31,283,000		40,500,000	
(iii) Loan III	"	4,589,000		18,215,000	
(iv) Grant	"		262,985,000		264,338,000
VI. OPTIMAL TOLL					
1. Loan I					
(i) Buses	Bahts/vehicle	5		5	(Current ferry charge) (57)
(ii) Personal cars	"	5		5	(40)
(iii) Taxis	"	5		5	(40)
(iv) Heavy trucks	"	30		10	(110)
(v) Light trucks	"	5		5	(57)
(vi) Motorcycles	"	5		5	(5)
(vii) Railway freight	Bahts/ton	5			(40)
(viii) Railway passengers	Bahts/person	5			(5)
2. Loan II					
(i) Buses	Bahts/vehicle	25		5	
(ii) Personal cars	"	5		5	
(iii) Taxis	"	5		5	
(iv) Heavy trucks	"	100		50	
(v) Light trucks	"	25		5	
(vi) Motorcycles	"	5		5	
(vii) Railway freight	Bahts/ton	25			
(viii) Railway passengers	Bahts/person	5			
3. Loan III					
(i) Buses	Bahts/vehicle	55		10	
(ii) Personal cars	"	35		5	
(iii) Taxis	"	35		5	
(iv) Heavy trucks	"	110		85	
(v) Light trucks	"	40		5	
(vi) Motorcycles	"	5		5	
(vii) Railway freight	Bahts/ton	40			
(viii) Railway passengers	Bahts/person	5			
VII. INTERNAL RATE OF RETURN					
	%	12.4	16.1	16.0	18.7
VIII. INDIRECT BENEFIT					
1. Transportation-cost saving between Bangkok and Vientiane					
	US\$	19,635	528,652	19,635	528,652
2. Stock saving					
	"	342	342	342	342
3. Income of landowners due to the increase of land price (Total present worth of those from 1973 to 1990)					
	"	13,140,000	13,140,000	0	0
4. Agricultural development					
		Expedited		Expedited	
5. Livestock industry					
		Self-sustaining expedited		Self-sustaining expedited	
6. Mining					
		Much expedited		Somewhat expedited	
7. Lumber industry					
		Much expedited		Somewhat expedited	
8. Urbanization					
		Rapid urbanization of the vicinity of the Vientiane Station expected		No urbanization expected	

第一章

総論

1.1 プロジェクトの必要性

ラオス王国はタイ、カンボジア、南ベトナム、北ベトナム、中華人民共和国を
間にビルマに依って囲まれた全く海に面しない内陸国である。

外国との貿易にはこの地形条件が大きく影響し、ラオスの輸出入は
近隣諸国の内陸を経る行なわなければならない。

第二次世界大戦前、ラオスはベトナム、カンボジアと共に仏領インド
シナを形成していた。したがって当然のことラオスにおけるすべての交通機
関はベトナム、カンボジアに連絡されていた。またラオスの主要都市とハイ
フォン、ユエ、タナンとを結ぶ長い道路網が建設されており、ラオス内
のメコン河沿いにはウエンチャンとタク、サバナケット、バクセとを結ぶ幹
線道路がありそこからカンボジアとの国境を越えてフロンベン、サイゴン
と迄向かっている。

当時ラオスの通商貿易のほとんどはハノイ、ハイフォンが北、フロンベン
と通るルートが利用されておりタイの首都バンコクを通る経路は殆
んど使われていなかった。

しかし大戦後の情勢の急変と共に、今日ラオスの貿易はバンコク
経由のルートに大きく依存するに至った。ラオスが最も短いルートを選ん
だことは当然のことであり、事実ハノイやフロンベン経由のルートはベトナム戦争
の勃発以来完全に遮断されている。

<1> 輸送経路の長さは次に示すごとくである。

- (1) ハノイ、ウエンチャン間 : 500km (道路)
- (2) サイゴンあるいはフロンベンとウエンチャン間 : 1,200km (道路)
- (3) バンコク、ウエンチャン間 : 600km (道路又は鉄道)

メコン河の舟運もまた輸送経路の一貫として考えられるがメコン河に接している国々によって将来解決しなわれない大きな問題を含んでいる。

河口からウエンチャンに至る途上には、カホー、コー、ケマラート等の多くの滝があり、メコン河下流のすべての舟運を可能にするにはこれらの地形条件を克服するために多額の経費と時間をかけねばならず、又これはメコン委員会、最終の目的である。

このような事情から目下のところ複雑に利用されているバンコク、經由のルートがより実用的であり、また現実的である。ラオス向の物資はバンコク港からノカ位置のアジアハイウェイ2号線をトラックで運ぶか又は国有鉄道で運ばれる。どちらかにもよっては円滑にしかも迅速に輸送できるがノカイからはメコン河を渡るためにフェリーを利用しなわれない。渡河後はノカイ側の対岸にあるラオスの地方村タレンからウエンチャン迄約20kmの路程をアジアハイウェイによって運ばれる。

メコン河を渡るにはフェリーを利用しなわれないがラオスと出入り可能な交通ネットワークになっていることは明白である。

現行フェリーは交通量、伸びに對してはノカイ側では運日の如く渡河の待たすトラックが長蛇の列を成している。この通路の改善はラオスの経済を支えている外国貿易の促進を考慮すべきことである。またタイ東北部の地域開発にも大きな影響を及ぼすことになろう。

夕臣は、ラオスの人々にとって例えは橋のような近代的な建造物によってタイ国とラオス国が一つに結ばれることを永い間の願望としていた。

ウエンチャンから河口迄のメコン河本流の延長は約600kmである。

1.2 プロジェクトの経緯

1956年にノンカイ、ウエイチン地区のメコン河支流河に関する計画が採択されたことにより、架橋地帯を選定するための予備調査がタイのU.S.O.M.によってまず最初着手された。その後タイの国鉄も予備調査を行った。

この計画は1965年になってメコン委員会がメコン河下流域総合開発10年計画の最も重要な計画の一つとして取り上げて以来一躍脚光を浴びた。

日本政府は1967年4月に行なわれたメコン委員会による第32回国会議の席上においてこのプロジェクトの可能性調査を実施することと申し入れた。この申し入れは間もなくオース、タイ両国によって承認された。メコン委員会と日本政府との間に調査運用計画書が取り交わされるに至った。日本の外務省は海外技術協力事業団にこの調査の遂行を依頼し、日本工営株式会社がこの協力を担当することになった。

調査運用計画書によれば可能性調査は四つの段階に分かれており、その第一段階として、可能性調査が1967年5月から10月までに行われ、実施された。この第一調査報告書が1968年1月中旬に予定されているバンコックにおける第34回国会議に間に合わせるべく1967年12月下旬メコン委員会に提出された。

メコン委員会は第一調査報告書の中で述べた結論と進言及び第34回国議のあと引き継ぎ開かれたボードミーティングにおいて提出された諮問機関の助言を考慮してその中で候補に上がったノンカイ、ウエイチン、そしてパモンカエツの地帯の中からノンカイリットを架橋地帯に選んだ。

第二調査は架橋地帯が決定されてすぐ実施された。1968年2月中旬、15名のスペシャリスト及びエキスパートからなる日本調査団が1968年6月中旬架橋地帯の調査完了を目標に派遣された。

調査の結果及び可能性研究の結果を網羅したこの第二次調査報告書は1968年11月中旬迄に提出される予定である。
この可能性報告書草案もまたメコン委員会からの要望に応じて1968年
末迄に第二次調査報告書として提出される予定である。

13. 可能性調査の目的と範囲

ノンカイヴエーション間架橋計画の可能性調査の主たる目的は調査運用計画書の中に述べられているが次の通りである。

- (1) 架橋地帯を選定するために必要データをメコン委員会に提供する報告書を作成すること。
 - ①
- (2) 二種の橋桁所及び橋脚を技術的・且・経済的に研究すること。
- (3) アップハイウェイ12号線延長計画及びメコン河上橋を架けることによつてノンカイからヴエーション迄延長される鉄道に関する技術的及び経済的可能性の追求。
- (4) 既橋的設置が現実に受け入れられるような形で可能性報告書を作成すること。

以上四つの目的があり、その第一は第一次報告書においてすでに完了している。第二番目の目的は第一次調査報告書においてすでに研究されているが、第二次調査報告書の準備期間中に二層の研究が成りうるであろう。第三次調査は第三番目に掲げられている目的を達成することであり、また可能性報告書の作成に関する第四番目の目的は第三次及び第四次の作業において実施される。

- ① 本報告書の中に出でる「橋の種類」とは橋を(使用目的)によつて分類する場合に呼ぶのであり、例之は道路橋とか道鉄併用橋のこととを意味する。又「橋の型式」とは構造上から分類されるもので例之は桁橋、合桁橋、上弦橋、連続橋等をいふ。

次に調査運用計画書より抜粋した第三条 "SCOPE OF WORK TO BE CARRIED OUT BY THE GOVERNMENT OF JAPAN" の内容を示す。

第三条 日本政府による実施に於ける作業範囲

本計画書に基づいて行われるべき調査の範囲は下記の個条項目に網羅される。

第一次 パイロタム候補地奥下流よりノカイ・外ア間迄の地域の踏査であり下記の事項を含む。

- (1) 既存の地形図を検討し架橋地帯の大規模詳細地図作成
- (2) 水位変動、最大流出量を含む候補地帯の水文資料の蒐集及び検討。
- (3) 本計画に於ける行方にある測量の再検討を含む比較地帯の工費予備調査。
- (4) 計画立案に於ける経済関係その他関連資料の蒐集。
- (5) 本委員会が調査委員会の協力を得て選定する凡の架橋地帯比較の代表道路単独橋と道路併用橋との世帯比較を記載した第一次調査報告書の作成。

第一次の作業期間(1ヶ月間)を要するものと見られる。

第二次 本委員会より選定される架橋地帯及び橋梁型式について便益の評価と工費積算を行なう。これ以下記の事項を含む。

- (1) 取付道路部分を含む架橋地帯の補足水準測量及び大規模地形測量。

- (2) 架橋候補地帯の詳細地質調査。
- (3) 架橋地帯の詳細な水文及び水陸資料の蒐集。
- (4) 計画立案に必要な詳細な経済資料及びその他関連資料の蒐集。
- (5) 架橋地帯近傍に入字する工事材料の調査及び試験。
- (6) 橋梁(基礎、上部工、取付道路を含む)の予備設計。
- (7) 用地調査
- (8) 工事単価の分析
- (9) この計画の経済的・社会的便益(直接及び間接、金銭評価できない及びできないものを含む)の算定。

(10) 計画成本の算定

- (11) 第一次調査報告書(英文30部)の作成、諮問委員会、協力を得てXコン委員会に検討する。

第一次調査に約10ヶ月を要するものと思われる。

第二次 Xコン委員会の提案を取り入れて可能性報告書草案(英文30部)を作成する。この報告書は第一次及び第二次の調査検討の結果を要約すること。また投資借款申請として金融機関に受け入れる形式で作成すること。

第二次作業は約4ヶ月を要するものと思われる。

第三次 第一次、第二次及び第三次報告書に基づいてXコン委員会の選定を考慮に入れ、最終報告書を作成する。英文100部、

仏文100部(但し仏文翻訳作業は含まない)を提出すること

初四次作業は約3ヶ月かかる予定

1、2、3、4の作業に要する期間は第一次から第三次報告書までをX1委員会が検討する期間を除いて約2年を要するであろう。

第一次調査報告書は上記四次の作業のうち第一次に規定された作業に従って下アに作成されている。

1.4 構成

第一次調査実施のため15名の調査団が組織され、堺橋地帯は選定されて間もなく1955年2月中旬派遣された。調査期間は約4ヶ月を要した。他に3名の顧問団が組織されたが第一次調査には派遣されなかった。しかし日本国内において報告書が作成されるまでの間調査団に対し常に顧問団の助言が与えられた。

顧問団及び調査団は次に掲げようするバーによって構成された。

A 顧問団

	氏名	専門	現職
1.	福田 武雄	橋梁構造	工学博士 東京大学名誉教授 構造計画研究所(株) 社長
2.	佐藤 寛政	道路一般	工学博士 三井物産建設工務(株) 副社長 前日本道路公団副総裁
3.	村上 永一	道路橋梁	工学博士 日本道路公団理事

B

調査団

	氏名	専門	現職
1	吉田 良三	団長	技術士 日本工営(株) 土木部長
2	境田 正幸	地質	技術士 日本工営(株) 取締役 地質部長
3	野口 豊	道路計画	技術士 日本工営(株) 顧問
4	中島 藤一	鉄道計画	技術士 日本交通技術(株) 巻附部長兼設計部長
5	徳永 勇蔵	道路測量	技術士 日本工営(株) 測量部長
6	伊東 徹	橋梁土木	日本工営(株) 測量部長
7	佐々木 恒一	経済	財計量計画研究所 専任理事
8	小林 八一	経済	財計量計画研究所 研究員
9	小川 哲夫	経済	財計量計画研究所 研究員
10	木村 博	渉外会計	海外技術協働事業団 開発調査部
11	大山 展善	渉外会計	海外技術協働事業団 開発調査部
12	谷口 伊生	測量	日本工営(株) 土木部
13	池田 博	測量	日本工営(株) 土木部
14	白山 喜久郎	試錐	日本工営(株) 地質部
15	屋上 喬	試錐	日本工営(株) 地質部

24 日本工営(株)の提携団体である。

15

調査団の日程

調査団のオーストラリア班はオーストラリア調査を行なうべく、1968年2月13日東京を出発した。オーストラリア班は2月14日東京をたけ数日バンコクに滞在し、ここでメコン委員会及び関係官庁と共に計画に関する意見が交わされ、作業に必要なる資料蒐集が行なわれた。その後、ラオス、ウエンチャンに向った。

調査団長は調査が開始されてから約2ヶ月後に現場に向かい、地形測量、試掘作業の成果及び蒐集された技術資料の研究結果等に対し適切な指導及び助言を与えた。

メンバーの詳細日程は図11に示されている通りである。

第二章

現地調査

2.1. 地形測量

1967年8月に二次調査が行なわれる迄は計画地域周辺の地図は $1/20,000$ だけであった。従って満足な可能性研究と行なうには不十分であった。従って次に述べられるような地形測量が必要となり二段階に分けてその作業が実施された。

二次調査は、ンカイ、ウレンヤン、パモンの三つの架橋候補地帯の中から技術的且つ経済的に最も有利と思われる架橋地帯を捜し出すことが目的であり次のような三つの作業が行なわれた。

(1)ウレンヤンから三つの候補地帯迄の水準測量、(2)各架橋候補地帯に設置された水準点を使ったメコン河の深淺測量(3)各候補地帯においてメコン河の河幅を測定するための簡単な三角測量。

次に三候補地帯の中からメコン委員会は最終的にンカイ地帯を架橋地帯に選定し、選定された架橋地帯における橋種の選定(道路単独橋あるいは道鉄併用橋)を行うべく二次調査が実施された。この目的を達成するために次のような四つの作業が行なわれた。

(1)河床部の深淺測量を含むンカイ架橋地帯の平板測量
(2)取付道路及び取付鉄道の路線縦横断測量(3)タイ、ラオス両国の標高を統一するための水準測量、(4)架橋地帯の正確な河幅を知るための三角測量。

上記の測量作業及び作業量については表2.1に示す。

表 2.1 測量作業

測量	単位	作業量	仕様
I 一次調査			
1. 水準測量	Km	4.3	往復水準測量 許容誤差: 1kmの距離につき 1.5cm以下
2. 深淺測量	Km ²	1.2	器械の精度 1/100 測深 25m以上
3. 三角測量	個所	3	
II 二次調査			
1. 平板測量	Km ²	8	縮尺 1/2,000 等高線間隔 1m
2. 縦横断測量	Km	1	横断測量; 100m 置きに 1横断と探リセン ターラインより両側に各50m幅
3. 水準測量	1cm	1	往復測定
4. 三角測量	個所	1	

測量作業は、満足なる正確さをもって行われ、その成果が二次調査報告書の付属書に編集されている。
上記測量作業以外に、二次調査完了後、新たに、もう二つの作業を実施する必要が生じた。これらは、近い将来、必ず実施しなければならない重要な調査である。

その一つは、リンカイからウレンギン迄延長される約 70kmの鉄道に関する路線測量である。

二次調査においては、取付道路、取付鉄道に関する約 8kmの路線

測量が行われただのみであり、現段階においてこの鉄道延長路線
についての検討は、又方分の一の地図と、現在迄二度に渡って行
われた路線踏査のみを基にしたペーパープランクに留まっている。
これは初め、経費をできるだけ節約するために可能性調査は、
段階的に実施した方がよいという考慮から、運用計画書に上述の
20kmの路線測量が含まれていなかったためである。しかし道路
単独橋のみならず、道鉄併用橋が有望に存続した現在において
は、上述の路線測量の実施は、このプロジェクトの可能性研究を完成す
るためには決して欠くことのできないものである。

もう一つの作業は建設に使用する計画地域の両国の水準点
を同一の基準点標高で統一することである。日本の調査団が一次、
二次の調査を通じて作成した地形図は平均海面上、EL 170.105m
に設けられた水準点 V 636¹²を基準点として作られた。なお零標高
はタイの KO LAKにある験潮所の平均海面が使用されている。

二次調査においてタイ側の測量作業を行う際、水準線と
ラオス側からタイ側に渡り、一次調査で河岸に設置された水準点に連絡
しなければならなかった。

11 MTC委員会は日本政府に対し、この作業の資金調達を早急に
行うよう強く要望している。

12 この水準点はMTC委員会によって承認されたもので、ブイエンケン
の外務省の建物の壁に打ち込まれている犬釘である。

この際、この水準線は、ムカイのバ仕ログラフ・ワークスの構内にある水準点にも連絡された。測量の成果によれば、この水準点の標高は、E.L. 165.861mであり、91の関係図がKOLAKから測定した平均海水面より E.L. 166.044mとの標高差は0.183mであった。

現在、計画地域内、特に91側には多くの水準点がある。¹² "Report on Ground Control Survey November 1959-June 1960" によれば、これらの水準点は、KOLAKの海水面に基づいていると解釈される。しかし、これらが同一のベンダーによるものであると仮定すると、この計画地域内にある水準点が今述べたように二つの違った標高を持っているという事は重大な問題である。

プロジェクトの遂行に際しては、これらすべての水準点標高をウレンソンのV-636の基準点に基づいて一つに統一することが強く要望される。なお、この作業は着工以前に完了しておくべきであろう。

12. ムコン河を渡る水準測量は約400mというかなりの長い距離を見通すなければならぬが、往復測定によってその誤差を軽減することかできる。この水準測量による誤差は18mmと推定された。なお、建設の段階においてはもっと正確な測定方法によってこの種の誤差をさらに小さくする必要がある。

この場合、よく交互水準測量という方法が用いられる。これは前視・後視の距離を等しくとれるような場合に、二方向の標高差を決めるのに非常に便利な方法である。なお、一次調査に於て基準点V-636と架橋地頭に設置された水準点との間、約20kmにわたって行われた水準測量の誤差は4mmであった。したがって、合計誤差は上述の18mmと4mmを加えた22mmが全ルートにおける誤差である。

12. 1960年12月に Hunting Survey Corporation Limited. により作成された報告書。

もつは両者の読みの差 0.183m によってもたらされる問題である。

橋の桁下高 10m と決める基準となる計画高水位¹¹ は、バンガイにあるハイドログラフィックオフィスと R, I, D¹² 測水所の測水記録から求められた。ハイドログラフィックオフィスで使用されている量水標は前に述べた水準点と基準にして建てられている。従って 0.183m の標高差は桁下高に影響を及ぼしているのである。

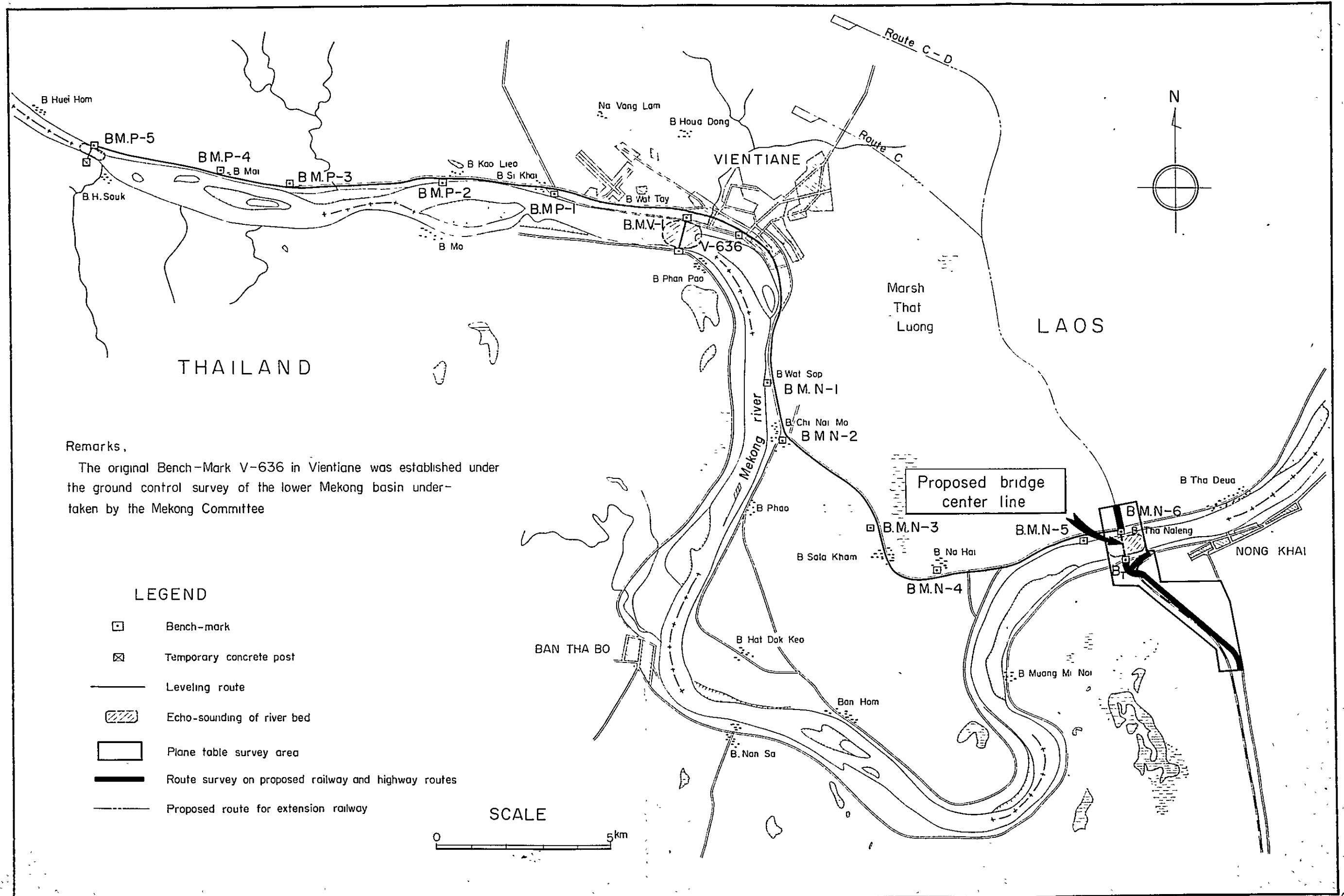
しかし、タイ国が併用している標高は今回の調査団が測った標高よりも高いので、計画高水位の算出の基礎となっている 5 年確率高水位は、実際には推定より 0.183m 低い水位で起ることになる。これは、実際の桁下高が 10m より高くなることを意味する。

この問題は、桁下高に対して安全側になるのでそれほど重大な問題ではないが、一応ここに記述される。

11 この水位は付属書の APPENDIX IV, 7.3 節の中で推定されている。

12 Royal Irrigation Department in Thailand の略

Fig. 2. I SURVEY OPERATIONS

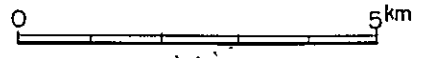


Remarks,
 The original Bench-Mark V-636 in Vientiane was established under the ground control survey of the lower Mekong basin undertaken by the Mekong Committee

LEGEND

- Bench-mark
- ⊠ Temporary concrete post
- Leveling route
- ▨ Echo-sounding of river bed
- ▭ Plane table survey area
- Route survey on proposed railway and highway routes
- - - Proposed route for extension railway

SCALE



2.2 土質調査

この架橋計画の可能性を研究するに当って、橋脚の基礎となるメコン河の基礎岩盤などの位置、深い所にあるか、又道路及び鉄道の原地盤の地質条件を知ることは特に重要な課題である。

前者に関してはメコン河の河床及び河岸付近に試錐作業を行なった。又後者については道路及び鉄道のルートに沿って踏査を行ない、各所に於て試掘孔を掘った。更に鉄道がウエンタン迄延長される場合の路線の一つであるルートが通るタットルオン沼の北端にも試錐を行なった。

第一次報告書の進言と諮向機関の助言に従い、架橋地帯として1968年1月にインカイ地帯がメコン委員会において最終的に選定されたので、土質調査は、このインカイ地帯にしばられて行なわれた。

日本政府は最終決定の通告を受けると向もなく乾期を利用して土質調査を行なった。乾期を利用したのは河床部の試錐作業に最も良い季節だからである。試錐作業は1968年2月中旬に開始され、1968年6月迄の4ヶ月間続けられた。メコン河の水位が高くなり、流速の増してくる雨期の前迄には作業の殆んどが完了していた。

作業は、まず左岸の第一次調査報告書で決められた架橋中心線の上に第一号孔が掘られた。この一号孔は河床部の試錐を行なう前に、予めこの地域の大概な地質状態を知っておくために最初に着手された。インカイ地帯は他の二つの候補地帯と比較して、すでに決定されたのは、これが架橋中心線の正確な位置はまだ決められていなかった。このため、調査団はこのため、最初に中心線を決めるために踏査を行ない、その結果、バドクワラフックオブスとその約400m上流のタイ側に、ある支流との間を除いては、適当な場所はない、という結論に達し、第一次報告書で決められた架橋中心線が最適な位置として証明された。

※ 適当な場所がないという理由は、第三章に述べられている。

18
架橋地帯及びその付近におけるメコン河河床部の総合的地質条件と正確に知ることは重要なことである。従って試錐作業は、一次調査報告書の架橋中心線のみならず、その上下流にもこの中心線に平行に三本の線を設けてこの線上に於ても行なわれた。

図 2.2. に示される如く 8 個の試錐孔が中心線上に掘られ中心線から約 100m 上流に 3 箇所、更に 100m 上流に 5 箇所、又下流 100m の所に 3 箇所と合計 19 箇所を試錐が行なわれその掘進延長は 290m に達した。

メコン兩岸付近にも タイ、ラオス両側に各 3 箇所合計 6 箇所程、試錐孔が上述の中心線上に掘られた。又タイ側に建設される取付道路が現在の鉄道と交叉する地帯にも 2 箇所を試錐孔が掘られた。この交叉地帯は道路単独橋の場合のみ跨線橋となる。更に、もう一つの試錐孔がウエンヤン途延長される鉄道のためにアットルオン沼の北端に掘られた。陸上部は合計 91 箇所を試錐孔が掘られ、その全長は 2442m であった。

河床部 陸上部の総試錐延長は 5042m に達し孔数は 28 個に及ぶ。試錐の結果は付属書の柱状図に一つ一つ示されている。

地質縦断面図は図 2.3 に示されているが、この縦断面図は一次報告書で推薦された架橋中心線に沿ってメコン河河床部及びその付近の地質条件を表わしたものである。地形測量の結果この中心線が河の流れに対して直角でないことが判明した。従って一次調査報告書において架橋中心線は河に直角な方向に修正された。

図 2.4 から判断すればどちらの中心線にしてもその地質条件はそれほど大きな変化は見られない。

△ 道鉄併用橋の場合、取付道路は鉄道と平面交叉とする計画である。その理由は、第三章に於て述べられている。

次に架橋地帯の地質条件について概説される。

メコン河の兩岸の地質状態は表土、ローム、砂、砂利、凡化シルト岩、新鮮なシルト岩の順に構成されている。この新鮮なシルト岩はラオス側においては地表より約15m乃至20mの処に在り標高にして平均海水面よりEL. 149m. ~ EL. 153mに。またタイ側は約20m. 標高にしてEL. 144mに存在する。

河床部においては新鮮な岩の上に凡化シルトが存在し、ラオス側においては約3 ~ 5mの沖積土にまたタイ側では7m ~ 13mの沖積土に覆われている。この新鮮な岩は平向に薄い頁岩層とほみ、赤みがかったジュラ紀のシルト岩でありラオス、タイ兩國の広大な地域に分布している。橋脚は河床部洗掘に対して安全性を考慮して硬質なシルト岩の表面から2m掘り下せられて硬い岩盤に固定される。圧縮応力テストの結果が付属書に載せられているがこれによるとこの硬質岩盤の応力は 170 kg/cm^2 と推定される。

前述の沖積層に試錐が行なわれたが同時にこの沖積土の支持力とパイルの打込み抵抗を調べるために各孔に対し夫々深度1mの標準貫入試験が行なわれた。

この際、各孔において二本ずつの干攪乱試料が採取された。しかし、河床はシルト、砂、礫、砂利であるので試料の採取ができなかった。兩岸付近においては下に掲げた如くその殆んどが回収され土質試験を行うべく日本に持ち帰られた。

次は干攪乱試料のリストである。

表 2.2 干攪乱試料

試錐孔 (No.)	試料番号	採取深度 (m)
21	1	5.7 - 6.3
	2	2.4 - 2.8

	3	1.03—1.25
22	4	0.7—1.35
	5	3.0—3.4
24	6	6.2—6.93
	7	9.6—10.35
25	8	6.5—7.25
	9	7.3—8.2
26	10	8.0—8.75
	11	9.0—9.95
27	12	1.0—1.7

これら 12個の試料により 物理試験、粒度試験、コンシステンシーテスト、三軸試験、それに圧縮試験が行われた。その結果は付属書及び表 2.4 に明示されている。

粒度試験及びコンシステンシーテストの結果から区分された工学的分類によれば、これらの試料は全てローム、あるいは粘土の部類に属する。No. 21、No. 22、No. 24、及び No. 27 から採取された試料は、橋のよりの特殊な構造物と交するにほあまり良い基礎とはならないことが判った。No. 25 及び No. 26 から採られた資料は、震動に対して圧縮強度と減退させるという好ましからざる性質を持っている。これらの事実は標準貫入試験の打撃回数によるN値から推定された圧縮強度と一軸圧縮試験から得られた圧縮強度の比較によって明らかにされる。

この比較は下表に明示されている。

表 2.3 N値と圧縮強度

試錐孔(No.)	資料(No.)	N値	q_u'	q_u
21	1	12	1-2	1.2
	2	11	1-2	0.88
	3	13	1-2	1.05
22	4	6	0.5-1	0.51

	5	6	0.5-1	0.47
24	6	11	1-2	0.86
	7	12	1-2	3.96
25	8	17	2-4	0.43
	9	17	2-4	0.29
26	10	11	1-2	0.50
	11	14	1-2	0.56
27	12	1-2	0.25以下	0.66

- 注 (1) q_u' は N 値から推定した圧縮強度である。(単位 kg/cm^2)
 (2) q_u は一軸圧縮試験から得られる圧縮強度

上表の如く、No. 21, 22, 24 及び 27 の試料の q_u 値は推定値 q_u' の低い方の値と良く一致している。これら 9 個の試料はすべて鋭敏比が小さく、従って試料を採取した層は比較的安定した基礎である。一方、No. 25, 26 の試料の q_u 値は q_u' に較べかなり低く鋭敏比は高い。試料の圧縮強度は、従って震動あるいはねじ返しに対して低下し易いものである。

更に、圧縮試験の結果が示すところによれば、初期間隙比は、かなり小さいものであり、先行圧縮荷重はその試料の土被り圧よりもかなり大きい。依って圧密による地盤変形は起りにくいと考えられる。

以上の結果から、橋の基礎として設計されるパイルは、ローム状の粘土層の下に在る砂あるいは砂利層に打ち込まれるべきである。この作業には、おそらくロームあるいは粘土層の圧密による、かなり困難が予測される。

Fig. 2.2. LOCATION OF THE TEST DRILLING HOLES

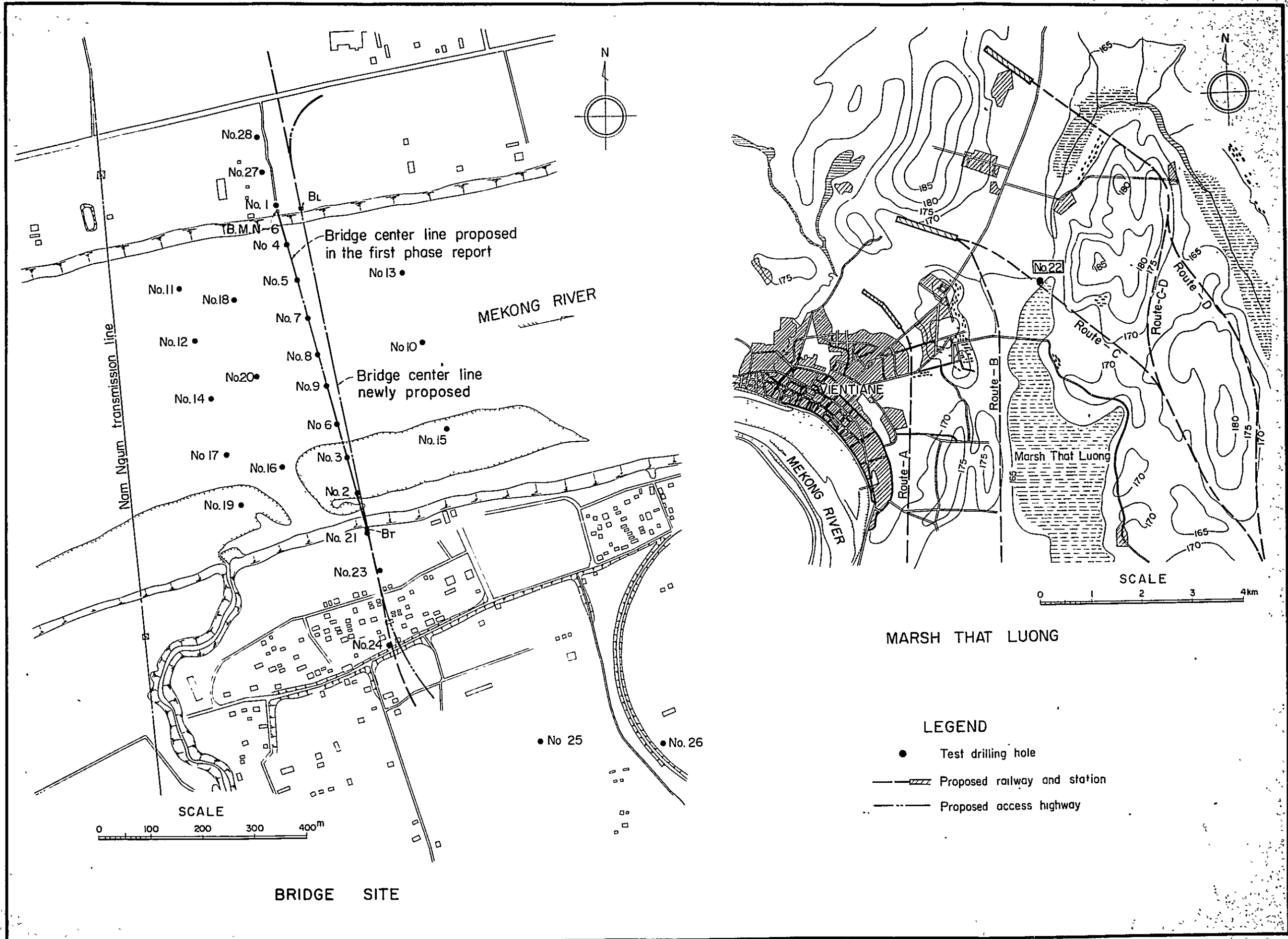
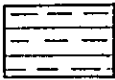
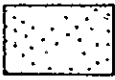
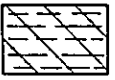
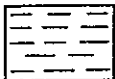
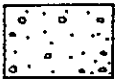

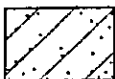


Fig. 2.3. GEOLOGICAL PROFILE

L E G E N D

- | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|-----------------|---|---------------------|
|  | Loam, clay or silt and clay |  | Sand |  | Weathered siltstone |
|  | Silt |  | Sand and gravel |  | Siltstone or shale |
|  | Mud and sand | | | | |

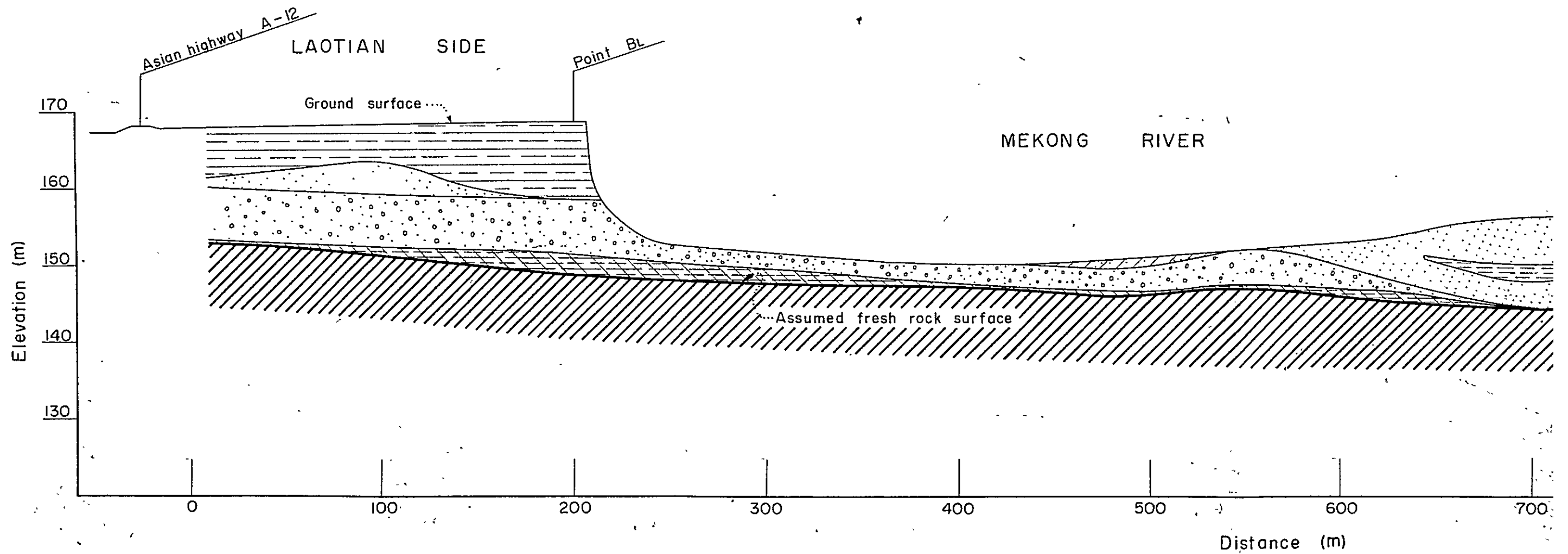


Fig. 2.3. GEOLOGICAL PROFILE

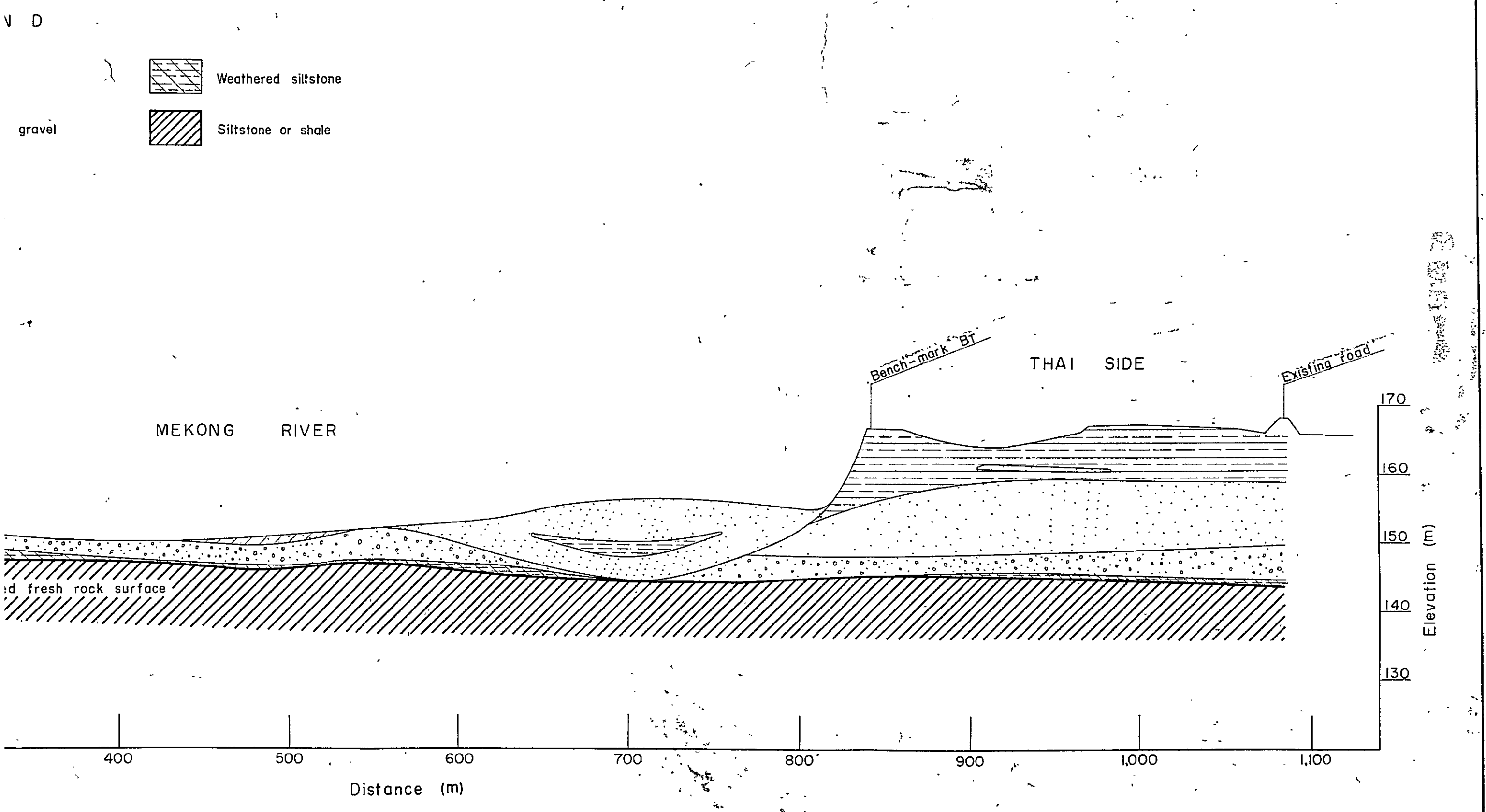
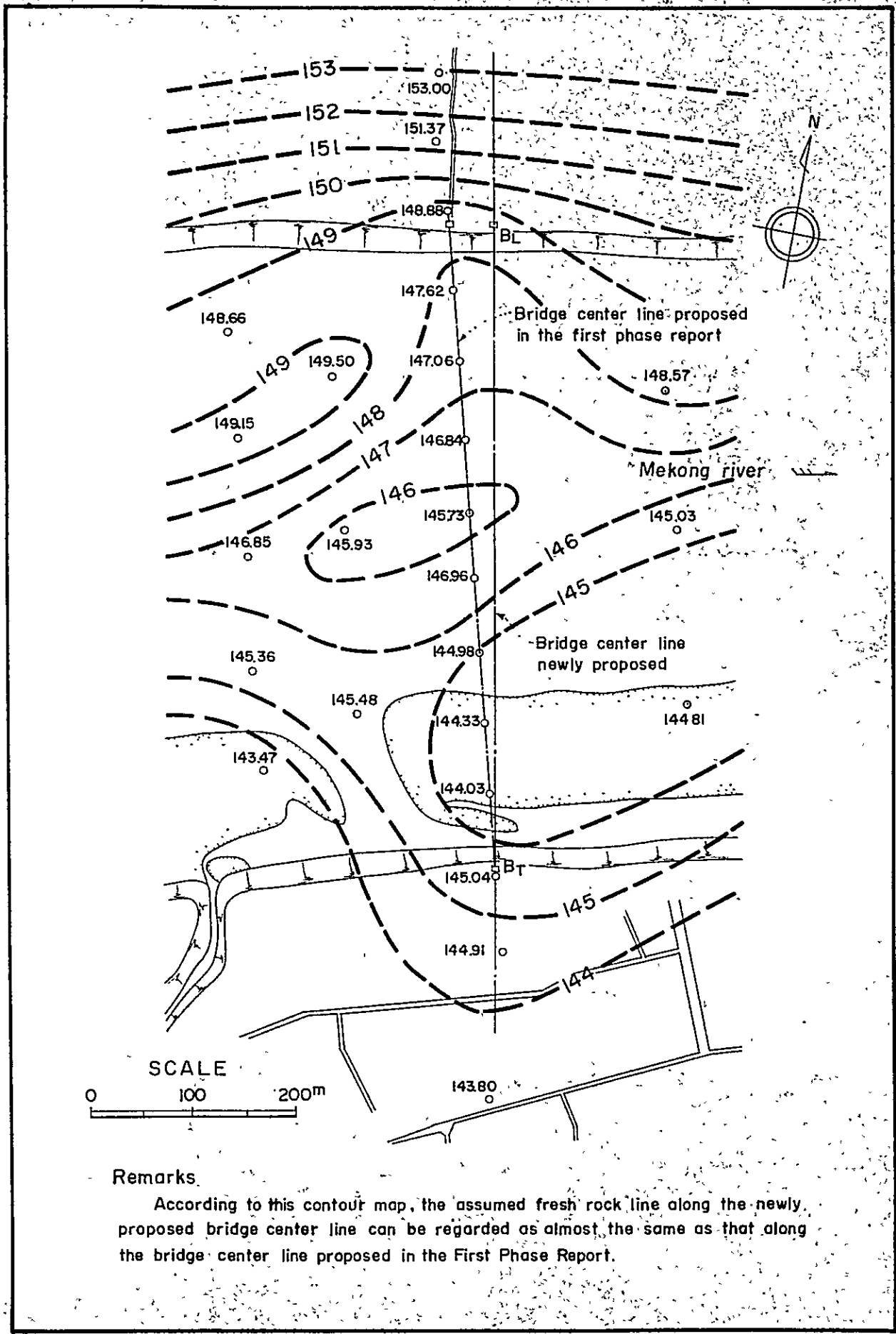


Fig 2.4 CONTOUR MAP OF ASSUMED FRESH ROCK SURFACE AT THE BRIDGE SITE



Remarks

According to this contour map, the assumed fresh rock line along the newly proposed bridge center line can be regarded as almost the same as that along the bridge center line proposed in the First Phase Report.

Table 2.4. Summary of soil test

Location: <u>Nong Khai</u>													
Items	Unit	Characteristics											
Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bore Hole No.		21	21	21	22	22	24	24	25	25	26	26	27
Sampling Depth	m	5.70-6.30	7.40-7.80	10.30-11.25	0.70-1.35	3.00-3.40	6.20-6.93	9.60-10.35	6.50-7.25	7.30-8.20	8.00-8.75	9.00-7.75	1.00-1.70
I. Observation													
		Reddish brown	Reddish brown	Reddish brown	Grey brown	Reddish brown	Reddish brown	Reddish brown	Reddish brown	Reddish brown	Reddish brown	Reddish brown	Yellow brown
II. Properties													
(1) Natural water content, w	%	20.11	21.23	24.04	26.25	36.70	22.04	28.42	25.41	25.75	25.72	25.40	16.45
(2) Specific gravity of soil, G		2.68	2.65	2.70	2.68	2.70	2.75	2.67	2.73	2.69	2.70	2.65	2.76
(3) Wet density, r_t	g/cm ³	1.875	1.940	1.893	2.044	1.789	2.009	1.792	1.899	1.891	1.948	1.992	2.067
(4) Dry density, r_d	g/cm ³	1.561	1.600	1.526	1.619	1.308	1.646	1.395	1.514	1.503	1.549	1.588	1.775
(5) Void ratio, e		0.717	0.656	0.769	0.655	1.064	0.671	0.914	0.803	0.790	0.743	0.669	0.555
(6) Degree of saturation, S	%	75.17	85.76	84.41	100	93.13	90.33	83.02	86.39	87.68	93.46	100	81.81
III. Grain Size													
(1) Constitution													
i) Gravel part	%	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
ii) Sand part	%	3.5	3.0	5.0	16.5	13.5	2.0	1.5	19.5	51.0	33.0	31.0	25.5
iii) Silt part	%	75.0	74.0	78.5	34.5	45.0	62.0	68.5	63.5	38.0	54.0	54.0	51.0
iv) Clay part	%	21.5	23.0	16.5	48.0	41.5	36.0	30.0	17.0	11.0	13.0	15.0	23.5
(2) Max. diameter	mm	0.105	0.105	0.105	4.8	2.0	0.105	0.105	0.42	0.84	0.42	0.42	2.0
(3) 60 ϕ diameter, D ₆₀	mm	0.035	0.033	0.0403	0.016	0.013	0.017	0.018	0.06	0.13	0.07	0.063	0.06
(4) 10 ϕ diameter, D ₁₀	mm	-	-	0.0018	-	0.0017	-	-	0.0018	0.004	0.0028	0.002	-
(5) Uniformity coefficient		-	-	22.4	-	7.65	-	-	33.3	32.5	25.0	31.5	-
(6) Grain size classification		Silty clay loam	Silty clay loam	Silty loam	Clay	Clay	Silty clay	Silty clay	Silty loam	Silty loam	Silty loam	Silty loam	Silty clay loam
(7) Unified classification		CL	CL	CL	CL or CH	CL or CH	CL	CL or CH	ML or CL	SC	ML or OL	CL	CL
IV. Consistency													
(1) Liquid limit, L.L.		33.25	39.80	35.20	49.80	52.00	37.10	53.10	28.20	24.10	26.40	26.85	36.50
(2) Plastic Limit, P.L.		20.45	21.70	22.05	17.37	20.47	20.64	21.33	22.15	18.66	22.49	18.43	11.68
(3) Plasticity index, I.P.		12.80	18.10	13.15	32.43	31.53	16.46	28.77	6.05	5.46	3.91	8.42	24.82
(4) Flow index, F.I.		6.30	8.48	8.25	10.10	10.10	10.00	12.80	5.10	5.95	5.10	5.05	15.70
V. Shearing Strength													
(1) Unconfined compression													
i) Compression strength	kg/cm ²	1.195	0.883	1.051	0.505	0.471	0.861	3.920	0.426	0.290	0.498	0.556	0.664
ii) Sensitivity ratio		2.36	1.56	4.08	1.18	1.64	1.38	5.16	N.G. /1	4.08	N.G. /1	N.G. /1	1.06
(2) Direct compression													
i) Cohesion, c	kg/cm ²	-	-	-	-	-	0.60	-	0.30	-	0.70	0.28	0.60
ii) Internal friction angle, ϕ		-	-	-	-	-	40°02'	-	37°36'	-	15°39'	22°47'	30°58'
(3) Triaxial compression													
i) Cohesion, c	kg/cm ²	0.50	0.80	0.45	0.925	0.20	0.82	1.15	0.21	0.10	0.35	0.24	0.50
ii) Internal friction angle, ϕ		12°25'	19°18'	10°46'	5°43'	8°32'	11°52'	13°30'	15°39'	16°42'	6°17'	8°32'	15°07'
VI. Consolidation													
(1) Initial void ratio, e ₀		0.610	0.672	0.670	0.642	1.360	0.689	0.876	0.769	0.657	0.616	0.680	0.682
(2) Preconsolidation load, P ₀	kg/cm ²	3.50	4.50	3.20	1.22	1.17	3.00	4.90	3.00	2.63	3.90	2.48	0.56
(3) Compression index, C _c		0.198	0.186	0.147	0.161	0.361	0.235	0.308	0.251	0.201	0.137	0.146	0.158
(4) Coef. of consolidation, C _v	cm ² /sec	2.8x10 ⁻²	1.66x10 ⁻²	2.1x10 ⁻³	8.2x10 ⁻³	8.1x10 ⁻³	1.22x10 ⁻²	2.0x10 ⁻²	2.22x10 ⁻²	3.1x10 ⁻²	1.29x10 ⁻²	1.15x10 ⁻²	1.7x10 ⁻²
(5) Coef. of volume compressibility, μ_v	cm ² /p	1.3x10 ⁻⁵	7.0x10 ⁻⁶	8.1x10 ⁻⁶	1.95x10 ⁻⁷	1.7x10 ⁻⁵	1.21x10 ⁻⁵	8.6x10 ⁻⁶	1.38x10 ⁻⁵	1.28x10 ⁻⁵	6.3x10 ⁻⁶	1.03x10 ⁻⁵	5.4x10 ⁻⁵
(6) Coef. of permeability, k	cm ² /sec	3.6x10 ⁻⁷	1.18x10 ⁻⁷	1.74x10 ⁻⁸	1.6x10 ⁻⁷	3.8x10 ⁻⁷	1.5x10 ⁻⁷	1.75x10 ⁻⁷	3.04x10 ⁻⁷	4.0x10 ⁻⁷	8.1x10 ⁻⁸	1.2x10 ⁻⁷	9.2x10 ⁻⁷

Remarks: /1 The remoulding was impossible for testing.

2.3 材料調査

2.3.1 一般

ラオス・タイ両国には数多くの建設材料がある。例えば、セメント、木材、煉瓦、ラテライト、石材、バラスト、コンクリート骨材、盛土材等である。

木材、煉瓦、ラテライト等の普通の建設材料は計画地域周辺のいたる所で得られるが、バラストやセメントはノンカイ、ワエンヤンあるいはその周辺には得られない。このプロジェクトで使用されるセメントはバンゴックの工場から輸送され、バラストはバンゴックの北方約100kmのサラブリの近くに適当な供給源がある。タイ国有鉄道の情報によれば、ナユラックヤンマの東方約100kmのポリラムマ、ソウレン、サラブリア、ボアヤイ間に在るコアタンボン、それにウドンタニの西130kmのロエイ等に良質のバラストが存在するといわれている。

これらは二次調査においては調査されなかった。したがって次の段階において推薦すべき適切な原石山を選定する必要がある。

㊦ 団長及び他の二人の調査団員はバンゴック、ノンカイ間を走るラジエハイウェイの視察を行い、途中しばらくこれらの採取箇所を視察する機会を得た。

㊧ 本報告書においてこのプロジェクトの建設費推定に当ってはバラストはサラブリアから運ばれるものと仮定した。

2.3.2. コンクリート骨材

架橋地桌からそんなに遠くない距離の範囲内で、メコン河の河砂利及び河砂踏査が行われ、適当と思われる三つの砂、砂利の採取地を見つけた。なお位置は図 2.5 に示されている。サイト A は架橋地桌より下流 10.8 km のタイ側に、サイト B は下流 6.2 km のラオス側、及びサイト C は上流 6.5 km のタイ側に位置する。

試料は図 2.5 に示される如く 11 箇所において採られ、これら三つのサイトの砂、砂利がコンクリートの粗骨材及び細骨材として利用できるかどうかを調べた。篩分試験、比重試験、含水比試験、単位重量試験、洗い試験、有機不純物試験、コンクリートの圧縮強度試験等、二種類の骨材試験が日本工業規格 (JIS) の規定に従って、ラオス国公共事業省のコンクリート実験室において行われた。試験の結果は付属書及び表 2.5 に要約されている。

試験の結果、これらの試料は単位重量、比重、含水比、洗い試験 (No. 200 の篩と通過する砂の割合を調べる試験) 及び有機不純物等に対し、十分許容の範囲内にあることが分った。なお、洗い試験の結果は 3% 以下であり、有機不純物は殆んど含まれておらず、向題ではない。

これらの試料は No. 200 の篩と通過した細骨材の量がわずかにあったにもかかわらず、粗粒率が比較的良かった。これは 0.6 mm から 0.15 mm の間のもものが多く、0.6 mm 以上のものが少ないためである。

① 細砂試料は、これらの場所とは違った架橋地桌の二箇所から採取された。

② 摩耗試験は残念ながら試験中機械が故障したために行われなかった。

③ この数字は JIS に規定されたものである。

なかには、 0.6mm から 0.15mm に止まるものが80%もあった。
従って、少くとも粗粒率を2.6造上げるためには、砂の粒度分布を
変えることが望ましい。しかしNo.5及びNo.11の試料の場合には好ましい
粗粒率を示している。

粗骨材の最大粒径は、サイトAのものが約 60mm 、サイトBは 20mm 、
サイトCのものが 45mm であった。サイトBの粗骨材はあまり小さくて普
通のコンクリート構造物には使用できず、他の二箇所のもを使用するこ
が望ましい。

篩分け試験の結果、サイトA、サイトCの試料はJIS等に規定されて
いる限界内に入っており骨材としてふさわしく、逆にサイトBの砂利はこの限
界から外れているので不適当であろう。従ってNo.10及びNo.11の試料
をのぞいてはすべてこの限界から外れていることになる。本架橋計画のコン
クリート構造物の予備設計の結果、砂、砂利のコンクリート及び舗装用骨材
として使われる総量は約 $85,000\text{m}^3$ であり、タイ側から $55,000\text{m}^3$ 、ラオス
から約 $30,000\text{m}^3$ の砂、砂利を供給する必要がある。

タイ側の $55,000\text{m}^3$ に関しては三つの採取地帯を較べてみるとその殆
んどは、サイトCから採取するのが望ましい。またラオス側の $30,000\text{m}^3$ の
細骨材は、サイトBよりむしろタレンの下流約 15km に位置するハツ
トコエイトンの砂州^①から採取するのが望ましい。

更に、鉄道及び取付道路の工事には、盛土材として大量の細砂を
必要とし、タイ側の取付鉄道は 0.3mm 以下の細砂約 $12,000\text{m}^3$
を必要とする。毎年乾期になると、架橋地帯のすぐ上流に砂州が
でき、そこからこの種の細骨材を無尽蔵に得ることが出来る。

① 現在ラオスの公共事業省が近代的な設備を以て大規模な
砂、砂利の採取を行っている。

カラス側に延長工れる鉄道の工字にも、上述と同じ粒度の
河砂を約85,000m³必要とするが、これに対しては、ワエンヤン川の
下流と流れるメコンの砂洲から大量に採取することが出来る。

コンクリートの細、粗骨材に因りて通りの骨材調査が行なわ
れたが更に詳細な調査が是非とも行なわれなければならぬ。

Fig. 2.5. RECOMMENDABLE SAND AND GRAVEL DEPOSITS

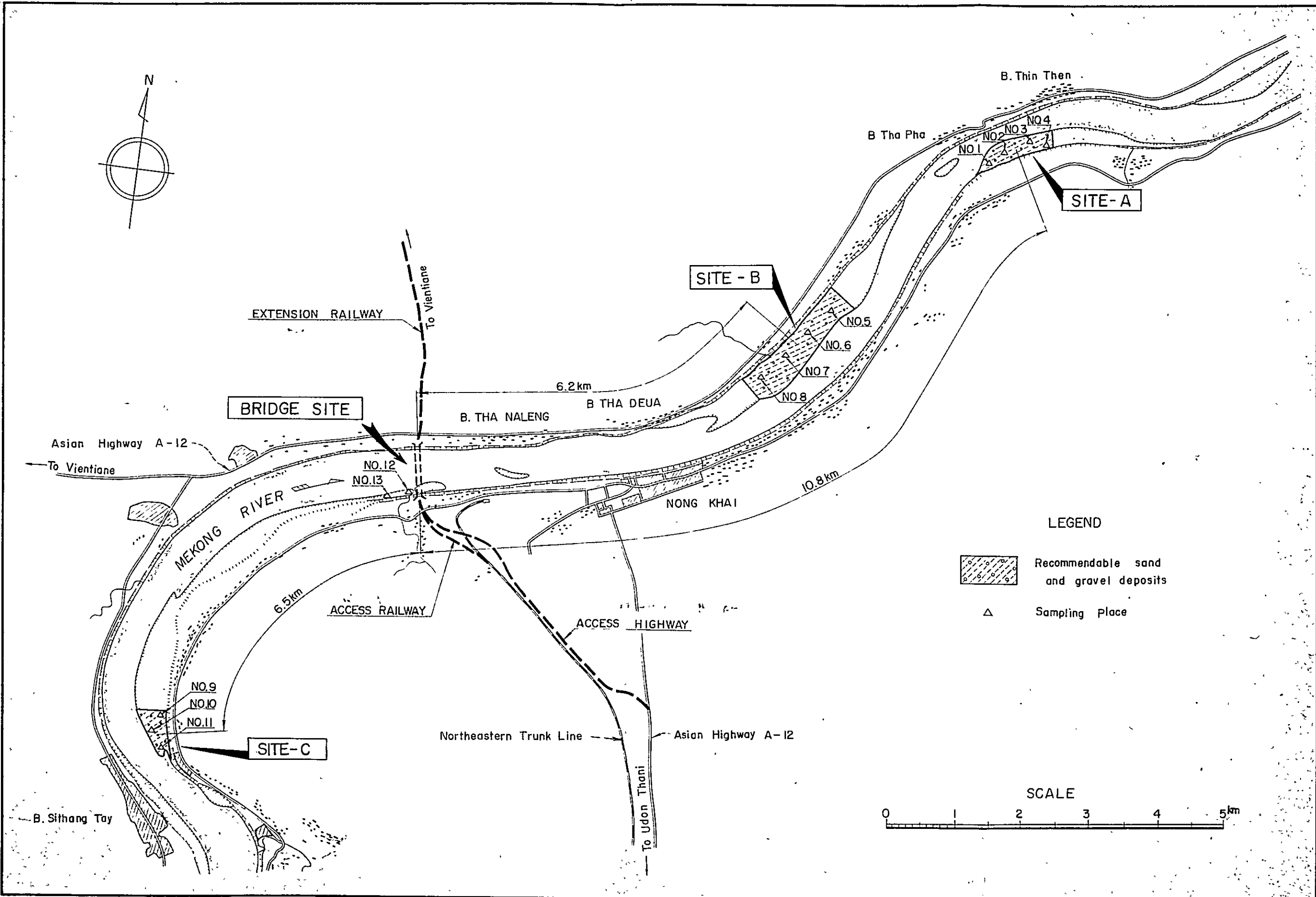


Table 2.5. Concrete aggregate tests

Items	A							B				C				Bridge site	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-1	11-2	12	13			
(1) Sand																	
Max. size (mm)	2.7	1.2	1.6	3.0	3.5	2.5	1.3	2.0	1.1	2.2	2.0	2.2	0.3	0.3			
Fineness modulus	2.24	2.05	2.08	2.05	2.90	2.48	2.23	2.45	2.13	2.32	2.60	2.70	0.9	0.9			
Unit weight (kg/m ³)		1610	1660			1560	1660			1710	1720	1710		1630			
Specific gravity		2.63				2.59					2.60	2.60		2.54			
Absorption (%)		1.21				1.02					0.81	1.07		2.1			
Materials passing No.200 sieve (%)	0.9			1.0	1.2			0.8	0.6	0.6							
Organic impurities					Trace				Trace								
(2) Gravel																	
Max. size (mm)	(60)	(60)	(45)	(53)	20	20	20	15	18	40	45	50					
Fineness modulus	7.73	7.80	7.37	7.82	6.74	6.75	6.70	6.40	6.46	7.49	7.72	7.69					
Unit weight (kg/m ³)		1730	1850			1740	1740			1820	1870	1870					
Specific gravity		2.62	2.62			2.58					2.63	2.61					
Absorption (%)		0.48	0.86			1.26					0.62	0.67					
(3) Concrete																	
Slump (cm)		6.5	7.5			7.3											
σ_7 (kg/cm ²)		108	-			-											
σ_{28} (kg/cm ²)		-	113			170											

Remarks: Design mix for concrete specimen; cement: 250 kg/m³, water: 150 kg/m³, gravel: 1380 kg/m³
sand: 640 kg/m³, W/C: 60 %

2.3.3 盛土材料

良質の盛土材料が取付道路計画路線から近い所で採取できれば道路の建設は非常に経済的である。これに着目して図 2.6 に示される如くタイの三本の取付道路候補路線に沿って6箇所から試料が採取された。

試料は日本に送られ次のような5種の土質試験が行われた。即ち粗度試験, コンシステンシー試験, 突固め試験, 三軸試験, それに CBR 試験である。又すべての試料に膨潤性のあることが判ったので更に膨潤試験が行われた。この結果は付属書において詳しく述べられており、要約が表 2.6 に示されている。

粗度試験及びコンシステンシー試験の結果行なわれた工学的分類によればこれらの試料は次の理由から道路の盛土材あるいは路床材として好ましくないものであり、湿润及び乾燥の状態で大なる容積変化を示すことが予想された。また最適含水比の状態での突固め、三軸圧縮、CBR の試験が行なわれた結果次のようなことが明らかになった。(1) かなり高い密度をもつ。(2) 剪断強度は大きく、この強度ならば道路盛土(高さ2-3mにおいて)の安定上に問題は無い。(3) 然し CBR 値は No. 5 を除いて極端に低い。これは試料が膨潤性を持つことに起因している。

以上の如く、一連の土質試験により試料は最適含水比の状態においては道路盛土材として適当であるが一旦水浸するとその強度は急激に低下することが明らかとなった。従ってこの膨張性を更に詳しく知る為に最適含水比の状態での様々な回の条件に対して膨潤試験が行われた。(1) 試料成形後非載荷状態で直ちに水浸 (2) 成形後荷重をかけ圧縮変形をほぼ完了させた後(一般に24時間後)水浸 (3) 試料重量比に於いて30%又は60%の砂(0.3mmサイズ)を混ぜて成形後非載荷状態で直ちに水浸 (4) 試料重量比において5%のセメントを混合して成形後非載荷状態で2,3日の養生期間を置いて後水浸。

その結果 次の様な事実が判明した。非載荷状態での膨潤性は載荷状態のときに較べて著しく、剪断力は殆んど零に低下する。これは養生期間に起因するものではなく、圧縮変形が殆んど完了した状態で水浸した場合には膨潤性は殆んどなく剪断強度もかなりあった。砂と混合してみても膨潤性を減少させることほどきつかに強度はかたまり高い値を示した。次にセメントを混ぜてみるところ膨潤性は著しく減少し、剪断強度もかなり高くなった。

以上の様な事実から次の様な考察が成された。

(1) 試料 No.5 は、6個の試料の中では、道路の盛土材として最も適当である。6個の試料について盛土材として使用する場合 No.5, No.3, No.4, No.1, No.2, No.6 の順に適当である。従って No.1, No.2, No.6 の試料を採取した地帯の下層土は道路盛土材として使用されるべきではない。また No.3, No.4, No.5 の採取された所の下層土を河の安定処理を施さずに使用するならば、上載荷重として 1m 程度の上層土が必要であろう。(2) 道路の盛土部分の路肩はソルセメントあるいは他の何らかの安定材料 例えはポソラン あるいは歴青石と消石灰と混ぜたものを使用すべきであろう。上述の結論は道路のみならず、鉄道の予備設計に対してもまた考慮された。本報告書において道路の断面形状は上の二番目の結論に従って決定された。しかしこれらの盛土材料については更に詳細な調査が必要とされる。

Fig. 2.6. LOCATION OF SAMPLING PLACES FOR HIGHWAY EMBANKMENT MATERIAL

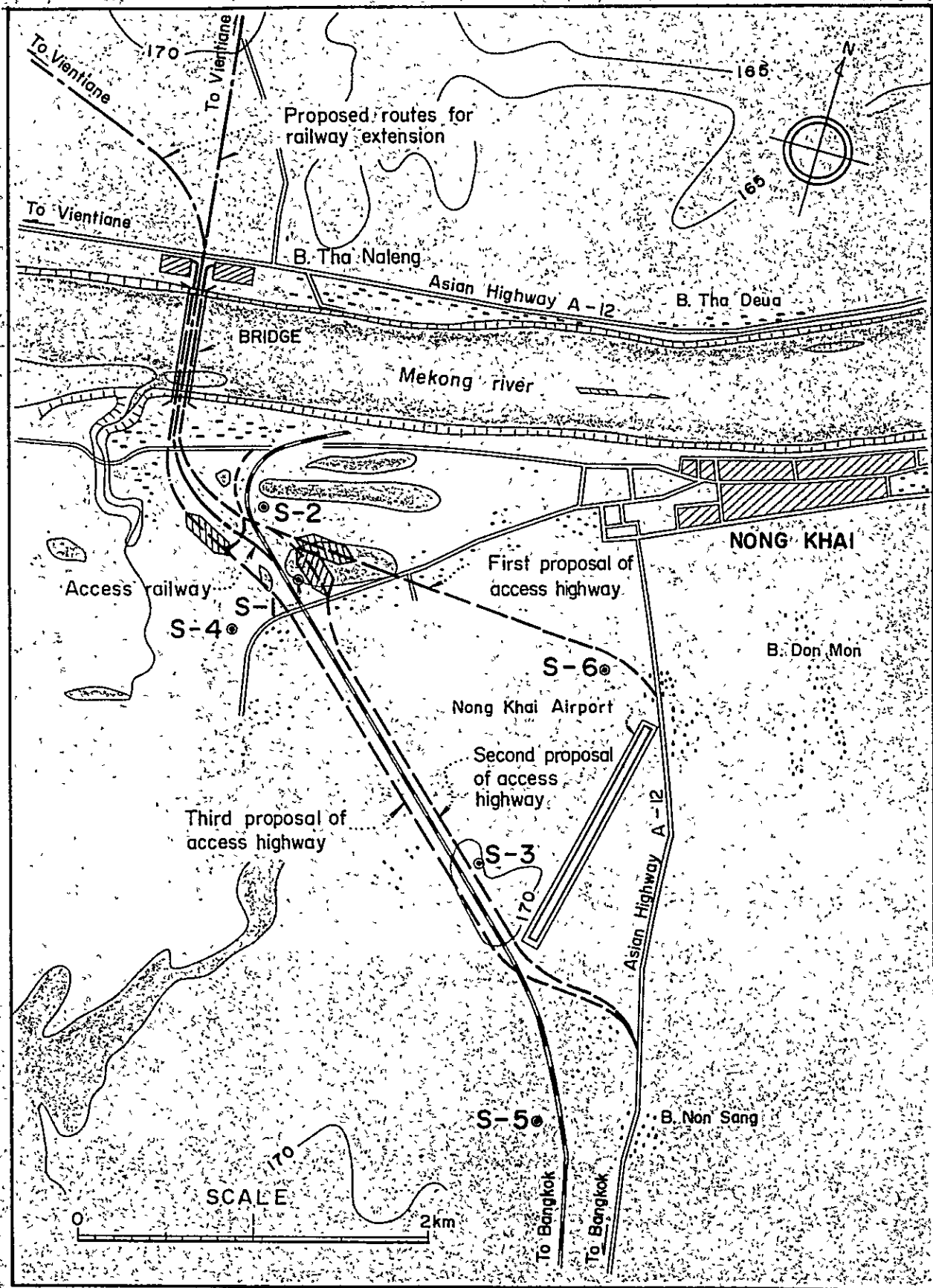


Table 2.6. Summary of soil test

Location: <u>Nong Khai</u>	Characteristics					
	1	2	3	4	5	6
Items	Grey brown	Grey brown	Yellow brown	Yellow brown	Yellow brown	Red brown
Sample No.						
I. Observation						
II. Properties						
(1) Natural water contents, w	12.20	30.71	9.56	12.41	14.27	14.21
(2) Specific gravity of soil, G	2.73	2.75	2.71	2.70	2.71	2.72
III. Grain size						
(1) Proportion						
i) Gravel part	0	0	6.0	0	8.0	0
ii) Sand part	0.1	1.0	24.0	5.0	12.0	8.0
iii) Silt part	26.9	38.0	38.0	68.0	41.0	58.0
iv) Clay part	73.0	61.0	32.0	27.0	39.0	34.0
(2) Maximum diameter	0.105	0.105	4.8	0.42	4.8	0.25
(3) 60% diameter, D_{60}	0.032	0.0049	0.037	0.047	0.04	0.04
(4) Grain size classification	Clay	Clay	Clay	Silty clay loam	Clay	Silty clay
(5) Unified classification	CH	CH	CL	ML or Cl.	CH	MH or CH
(6) AASHO's classification	A-7	A-7	A-7	A-6	A-7	A-7
IV. Consistency						
(1) Liquid limit, L.L.	63.52	56.55	45.20	34.50	50.80	54.70
(2) Plastic limit, P.L.	28.32	25.07	16.81	16.04	16.61	16.00
(3) Plasticity index, P.I.	35.20	31.48	28.39	18.46	34.19	38.70
(4) Flow index, F.I.	9.73	13.60	13.12	9.76	13.60	6.80
V. Compaction						
(1) Optimum water contents	17.8	17.7	12.5	13.2	12.0	14.0
(2) Max. density, d_{max}	1.638	1.750	1.970	1.918	1.896	1.881
VI. Shearing strength						
(1) Triaxial compression						
i) Cohesion, c	2.05	1.75	1.10	1.10	1.55	1.75
ii) Internal friction angle, ϕ	33°00'	16°42'	33°01'	19°18'	21°48'	30°58'
VII. Consolidation						
(1) Initial void ratio e_0	0.539	0.573	0.383	0.381	0.407	0.335
(2) Preconsolidation load, P_0	0.58	0.61	0.35	0.47	0.91	0.69
(3) Compression index, C _c	0.539	0.573	0.383	0.381	0.407	0.335
(4) Coef. of consolidation, C _v	0.58	0.61	0.35	0.47	0.91	0.69
(5) Coef. of volume compressibility, M_v	0.195	0.196	0.150	0.148	0.086	0.259
(6) Coef. of permeability K	4.4x10 ⁻³	1.1x10 ⁻²	7.0x10 ⁻³	9.8x10 ⁻³	1.9x10 ⁻²	1.7x10 ⁻³
VIII. Modified C.H.R.	1.31		1.14		6.20	0.68
IX. Swelling test						
(1) Case 1						
Curing period						
0 day,						
Swelling ratio	22.84		21.34		9.24	58.28
Direct compression, C	0.112		0.062		0.17	0.028
β	0°55'		29°07'		23°16'	0°24'
τ	0.128		0.099		0.60	0.035
1 day,						
Swelling ratio			12.98		4.31	
Direct compression, C			0.26		0.14	
β			0°04'		28°49'	
τ			0.27		0.69	
7 days,						
Swelling ratio			11.10		5.52	
Direct compression, C			0.24		0.25	
β			3°27'		25°39'	
τ			0.30		0.73	
14 days,						
Swelling ratio			19.15		11.56	
Direct compression, C			0.10		0.24	
β			6°17'		20°19'	
τ			0.21		0.61	
(2) Case 2						
Surcharge load						
0.15 kg/cm ² ,						
Swelling ratio	1.50		0.90		- 0.79	
Direct compression, C	0.62		0.48		0.20	
β	2°52'		15°39'		31°48'	
τ	0.67		0.76		0.82	
0.30 kg/cm ² ,						
Swelling ratio	- 0.75		- 0.05		- 1.39	
Direct compression, C	0.48		0.70		0.57	
β	5°43'		2°52'		18°16'	
τ	0.58		0.75		0.90	
0.45 kg/cm ² ,						
Swelling ratio	0.76		- 0.10		- 2.31	
Direct compression, C	0.78		0.52		0.33	
β	7°59'		11°19'		25°11'	
τ	0.92		0.72		0.80	
(3) Case 3						
Mixing ratio						
30%,						
Swelling ratio			30.55		16.13	
Direct compression, C			0.28		0.12	
β			21°49'		32°38'	
τ			0.68		0.76	
60%,						
Swelling ratio			27.52		12.34	
Direct compression, C			0.17		0.15	
β			23°17'		31°48'	
τ			0.60		0.77	
(4) Case 4						
Curing period						
1 day,						
Swelling ratio			5.21		0.18	
Direct compression, C			1.12		3.20	
β			33°02'		1°44'	
τ			1.77		3.23	
7 days,						
Swelling ratio			3.55		1.09	
β			1.60		0.77	

I. Observation	Grey brown	Grey brown	Yellow brown	Yellow brown	Yellow brown	Yellow brown	Red brown
(1) Natural water contents, w	2.73	2.75	2.71	2.70	2.71	2.72	
(2) Specific gravity of soil, G							
II. Properties							
III. Grain size							
(1) Proportion	%	%	%	%	%	%	%
i) Gravel part	0	0	6.0	0	8.0	0	0
ii) Sand part	0.1	1.0	24.0	5.0	12.0	8.0	8.0
iii) Silt part	26.9	38.0	38.0	68.0	41.0	58.0	58.0
iv) Clay part	73.0	61.0	32.0	27.0	39.0	34.0	34.0
(2) Maximum diameter	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
(3) 60 % diameter, D ₆₀	0.105	0.105	4.8	0.42	4.8	0.25	0.25
(4) Grain size classification	Clay	Clay	Clay	Silty clay loam	Clay	Silty clay	SI or CH
(5) Unified classification	CH	CH	CL	ML or CL	CH	MI or CH	A-7
(6) AASHTO's classification	A-7	A-7	A-7	A-6	A-7	A-7	A-7
IV. Consistency							
(1) Liquid limit, L.L.	53.52	56.55	45.20	34.50	50.80	54.70	
(2) Plastic limit, P.L.	28.52	29.07	16.81	16.04	16.61	16.00	
(3) Plasticity index, P.I.	35.20	31.48	28.39	18.46	34.19	38.70	
(4) Flow index, F.I.	9.73	13.60	13.12	9.76	13.60	6.80	
V. Compaction							
(1) Optimum water contents	17.8	17.7	12.5	13.2	12.0	14.0	
(2) Max. density, d _{max}	1.638	1.750	1.970	1.918	1.896	1.881	
VI. Shearing strength							
(1) Triaxial compression	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
i) Cohesion, c	2.05	1.75	1.10	1.10	1.55	2.10	1.75
ii) Internal friction angle, φ	33°00'	16°42'	33°01'	19°18'	21°48'	33°01'	30°58'
VII. Consolidation							
(1) Initial void ratio, e ₀	0.539	0.573	0.383	0.381	0.407	0.585	0.335
(2) Preconsolidation load, P ₀	0.58	0.61	0.35	0.47	0.91	0.78	0.69
(3) Compression index, C _c	0.539	0.573	0.383	0.381	0.407	0.386	0.335
(4) Coef. of consolidation, C _v	0.58	0.61	0.35	0.47	0.91	0.78	0.69
(5) Coef. of volume compressibility, M _v	0.195	0.196	0.150	0.148	0.086	0.083	0.259
(6) Coef. of permeability, K	4.4x10 ⁻³	1.1x10 ⁻²	7.0x10 ⁻³	9.8x10 ⁻³	1.9x10 ⁻²	1.6x10 ⁻²	1.7x10 ⁻³
VIII. Modified C.B.R.							
	1.31	1.14	6.20	0.68			
IX. Swelling test							
(1) Case 1							
Curing period							
0 day,							
Swelling ratio	22.84		21.34		9.24		58.28
Direct compression, C	0.112		0.062		0.17		0.028
φ	0°55'		2°07'		2°16'		0°24'
τ	0.128		0.099		0.60		0.035
1 day,							
Swelling ratio			12.98		4.31		
Direct compression, C			0.26		0.14		
φ			0°04'		28°49'		
τ			0.27		0.69		
7 days,							
Swelling ratio			11.10		5.52		
Direct compression, C			0.24		0.25		
φ			3°27'		25°39'		
τ			0.30		0.73		
14 days,							
Swelling ratio			19.15		11.56		
Direct compression, C			0.10		0.24		
φ			6°17'		20°19'		
τ			0.21		0.61		
(2) Case 2							
Surcharge load							
0.15 kg/cm ² ,							
Swelling ratio	1.50		0.90		- 0.79		
Direct compression, C	0.62		0.48		0.20		
φ	2°52'		15°39'		31°48'		
τ	0.67		0.76		0.82		
0.30 kg/cm ² ,							
Swelling ratio	- 0.75		- 0.05		- 1.39		
Direct compression, C	0.48		0.70		0.57		
φ	5°43'		2°52'		18°16'		
τ	0.58		0.75		0.90		
0.45 kg/cm ² ,							
Swelling ratio	0.76		- 0.10		- 2.31		
Direct compression, C	0.78		0.52		0.33		
φ	7°59'		11°19'		25°11'		
τ	0.92		0.72		0.80		
(3) Case 3							
Mixing ratio							
30 %,							
Swelling ratio			30.55		16.13		
Direct compression, C			0.28		0.12		
φ			21°49'		32°38'		
τ			0.68		0.76		
60 %,							
Swelling ratio			27.52		12.34		
Direct compression, C			0.17		0.15		
φ			23°17'		31°48'		
τ			0.60		0.77		
(4) Case 4							
Curing period							
1 day,							
Swelling ratio			5.21		0.18		
Direct compression, C			1.12		3.20		
φ			33°02'		19°44'		
τ			1.77		3.23		
7 days,							
Swelling ratio			3.55		1.09		
Direct compression, C			1.60		0.77		
φ			11°52'		51°49'		
τ			1.81		2.04		

Remarks:-

- The details of the cases in the swelling test are described in this paragraph of the report.
- In making CBR and swelling test, the sample No.1 was mixed with the sample No.2, and the sample No.3 with the sample No.4, because of the similar characteristics.
- The CBR test was made after the samples were saturated with water for four days.
- The specimen that was used for the swelling test was 6 cm in diameter and 2 cm in height.
- The negative swelling ratio means the compression ratio.

2. 々 路線踏査

一次調査において選定された架橋中心線が二次調査において推奨可能であることが確認された後、橋に取り付けられる道路及び鉄道の路線が図 2.2 に示される如く踏査された。

(1) 道路

この新設道路は架橋によつてメコン河を渡った後タイのバンコック-バンガイ間を走るアジアハイウェイ12号線とラオスのワエンチャン-タレン間を走る同12号線とを連結するために計画されたものである。

ラオス側は路線が非常に短いので踏査をそれほど必要としなかった。ルート 2 に示される通り既存のアジアハイウェイが架橋地帯に近く河岸から200m程の所を走っているので管理設備は河とアジアハイウェイとの間に建設されるべきである。この管理設備は十分なスペースを持つために橋と設備の間には120m程の取付道路を建設するに十分な。しかし、この踏査は行なわれた。その結果、この道路の計画には技術的に何ら問題も生じないことが判った。

タイ側の路線については三つの好ましい候補路線が考えられた。

ルートは 2 に一次調査報告書に示されているがアジアハイウェイとバンガイから約12km南の地帯で分岐した後、ほとんど湿地帯を通過し橋に取り付く約3.5kmの路線で比較的高価な土地を通過する。

← 既存鉄道とバンガイ飛行場との間を道路が通過する問題はタイの航空局によつて公式に認可が降りている。

アシルトはタイの政府が推シルトであり北に向て既存鉄道の右側を平行に進む。ンカイ市の南約10kmの地点でアジアハイウェイと分岐し鉄道の接近し500mの半径で背向曲線を描いて橋に連結するもので鉄道とは50mの間隔を置いて画線を描き北上し管理設備と通って橋に達する。路線長は管理設備約1kmを除いて全長約4.4kmである。

アシルトは、オシルトと同じ地点でアジアハイウェイと分岐し、鉄道の左側を通過して北上するルートである。

以上三つのルートが詳細に調査された。

また、これらのルートはどれも湿地帯を通過するがそれほど重大な問題はない。特に問題となるのはアニ、アシルトがンカイ飛行場のすぐ近くを通るために生ずる問題であるがこれについてはア三章において比較検討がなされている。

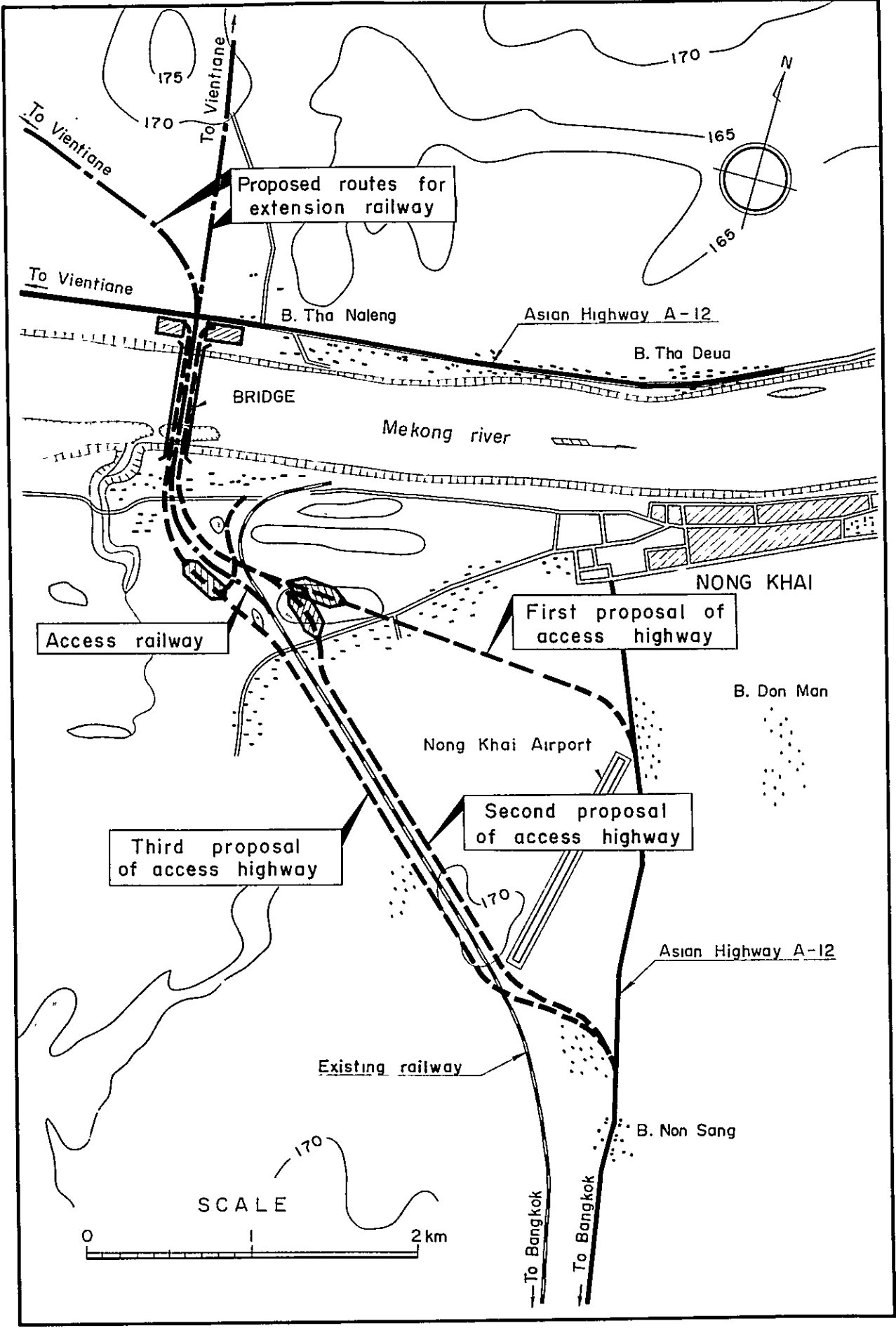
(2) 鉄道

メコン河を渡り、ウエンヤンに達する新設鉄道ルートはタイのバンコク-ンカイ間を走る既存の鉄道から延長される計画である。タイ側の新設鉄道ルートは既存の鉄道が現在のンカイ駅に向って大きくカーブを始める前から分岐するので長さは約1kmと極く短い。なお踏査の結果このルートに関しては特に重要な問題はないと判断された。メコン河を渡り、橋とウエンヤンとを結ぶ延長鉄道路線についてはアシート1に示される如く有望と思われる5つのルートが考えられた。これらのルートについてはア二次調査において詳しく踏査されその長所、短所がア三章において述べられている。

① タイ側の鉄道は短距離で橋に接続されるので、この鉄道を「取付鉄道」と呼ぶ。

② タイの既存の鉄道がンカイからウエンヤン迄延長されるという意味から、このラオス側の新設鉄道を「延長鉄道」と呼ぶ。

Fig. 2.7. ROUTE RECONNAISSANCE



2.5 技術資料の蒐集

一次調査及び二次調査において次のより多数の技術資料が蒐集された。(1) 気象、水文資料 (2) タイの道路、鉄道に関する設計基準 (3) タイ及びラオスの道路計画図 (4) ウェンタン都市計画図 (5) タイ航空局設計基準 (6) 土地、家屋、植設の高い樹木、現地調査可能な建設資料の現在価格、及びウェンタン、ンカイ周辺の技術者、労働者の日当及び月給に関する資料 (7) タイ、ンカイ間を結ぶ既存自動車フェリーの資料及び架橋地帯に近い工用電源の資料 (8) 河の中に造られ、構造物によって起る河床洗堀に関する資料 (9) 地震資料 (10) 建設計画地帯の一部あるいは全体地図

これらの資料はすべて可能性研究には有用なものではあるが膨大な資料であるためそのうち重要なものだけと付属書に掲載した。

以下主要な蒐集資料に関して概説される。

(1) 気象 水文資料

降雨、気温、湿度、風向及び風速、蒸発等を含む気象資料がウェンタン、ンカイ及び R.I.D. (ンカイ) の三つの気象観測所から集められた。

水文資料としては、水位、流量、流速、洪水、及び水温等の記録がウェンタンのワットツツア、ホイトワラフアイツア、ワット、バソック、ボンドカム、ワットシムリモンコル、ンヌタボ等、6つの測水所から蒐集された。なお後者の4つの測水所は R.I.D. に属している。

気象、水文資料の多くは付属書に記載されており、その特性値は以下に要約されている。

表 2.7 気象水文資料の特性値

(a) 水位

解析期間 : 1958 ~ 1967
単位 : EL. m. (平均海面上)

水位	R.I.D. 測水所 (ワットハイソック)	ハットクラフック ブリス	架橋 地突
既往最高水位	EL 167.6	168.4	-
95日水位 (豊水位)	159	160	161
185日 " (平水位)	156	157	157
275日 (低水位)	155	156	156
355日 (濁水位)	154	155	155
既往最低水位	153	153.8	-

(b) 雨量

解析期間 : 1958 ~ 1967

雨量	単位	R.I.D 測水所
最大日雨量	mm	221.2
最大月雨量	"	727.4
年雨量, 最大	"	1,357.7
" 平均	"	1,501.5
" 最小	"	1,157.5
年間降雨日数, 最大	日	117
平均	"	95
最小	"	67
作業可能日数, 最大	"	256
平均	"	235
最小	"	205

△ 1mm以下の降雨日は日数に入れていない。

△ 降雨の終わった日の次の日は考えない。この降雨日は△で述べたものと
同じものである。

(c) 風速

測候所	最大日平均月速 (m/sec)	備考
12カイ	9.5	1966~1967
ウインテン	26.0	1959~1968

(d) 気温

測候所	気温 (°C)	備考
12カイ	35.0 (最高)	1964~1967
	26.6 (平均)	
	12.8 (最低)	

(e) 湿度

測候所	湿度 (%)	備考
12カイ	98 (最高)	1964~1967
	74 (平均)	
	45 (最低)	

(f) 架橋地床の確率高水位 ¹¹

生起年	確率高水位 (m)	生起年	確率高水位 (m)
2	EL 165.5	50	EL 169.0
5	166.7	100	169.6
10	167.5	200	170.7
20	168.1		
50	168.8		

← 11 上示り数字は、ポットソン7のR.L.D.測水所における1957~1967年の水位記録から推定された。

(2) タイの道路、鉄道に関する設計基準

道路の設計基準についてのいくつかのデータがタイの道路局及びタイ国有鉄道により提供された。これは道路、鉄道及び橋の予備設計に必要なものであり、ア三章及びア四章にその抜粋が載せてある。

(3) タイの道路計画図

これら付属書に示されており、その外も包括的に把握するの役に立つ。

(4) ウェンヤン都市計画図

これも又付属書に示されているが、この図面には将来のウェンヤン市が如何に膨張するか示されていない。

(5) タイ航空局の設計基準

このデータはタイ側に敷かれる予定の取付道路が既存の鉄道とインカイ飛行場との向を通るといふ計画に対して蒐集したものであり、ア三章に述べられている取付道路の路線選定に使われた。

(6) 土地、家屋、高価な樹木、現地調達可能な建設資材の現在の値段及びウェンヤン、インカイ周辺の技術者、労働者の日給及び月給等に関する資料

建設費の推定に参考資料として使われ、付属書に掲載されている。

(7) タイとインカイ間を結ぶ既存自動車フェリーの資料及び架橋地帯近くの工事用電源の資料

架橋建設計画に対する比較案として、将来交通量の年々の伸び

に打ち込んで、メコン河の自動車フェリーを段階的に増設していくことも考えられるので、第三章に述べられている如く、この比較案に対して現在の自動車フェリーのデータが蒐集された。

工事用電源は現在、架橋地近くにはウドンタニから延長される22KVの配電線が建設される。 (図2.8参照) 近々この22KV配電線はトンカイの50000KVA、110KV/22KVの設備ともつ設電所に連結され、ポンニェ発電所からナムクムナムの間を110KVの送電線が建設される。従ってこのプロジェクトの建設開始時侯においては、ポンニェ、ナムクムから豊富な電力が得られるであろう。

(8) 河の中に造られた構造物によっておこる河床洗堀に関する資料

ラオス側の関係機関からメコン河中に建てられたワレンゲン市水道用取水塔に関するデータが集められ、更に取水塔周辺の深淺測量が行われた。それによると塔より下流約10m、又塔より河心に向は約10mの処に深さ5m、直径約20mのくぼ地があることが判明した。このくぼ地は云々ラオス政府が行った調査においても発見されている。なお結果は図2.9に示されている。又塔が河岸の間近かにあるために、その側面が主流の影響で上下流それぞれ約50mに亘り浸食されていることが判った。ラオス政府及び日本調査団の調査は乾季に行なわれたものであり、河の流れの激しい雨期にこのくぼ地が如何に発達するか、まだわかっていない。

河中に造られた構造物による洗堀作用が現在タイの河岸に建設中のシツフヤートに如何に影響するかというところが問題であり、このシツフヤートは架橋中心線より約150m下流にある。従って今回調査団によって行なわれた調査の結果から判断して洗堀作用がシツフヤートに影響と与えるようには思われまい。

この問題にかゝっては、もう少し詳しい研究を要するので、雨季における深淺測量と、塔の取、下流の河の流れの状態、河床のくぼみの様子を知る必要がある。更に打、実験室に於てモデル

24
アスと行方にとり依りより良い為繁が生まれるかも知れない。

河床洗堀に対する橋脚の保護及び河岸浸蝕に対する護岸計画に関しては第三章に述べられている。

(9) 地震資料

メコン委員会から調査団に提供された「SOME CONSIDERATIONS RELATIVE TO POSSIBLE INSTALLATION OF SEISMOGRAPHIC EQUIPMENT AT LOWER MEKONG PROJECTS (Note by Mekong Secretariat)」という地震報告書があるが、この抜粋を以下に示す。

既存のデータによれば、ベトナム地区は地震帯の外にある。かなり以前に小さな地震が起きたことがあるという話であるが、これはずっと遠方に発生した大地震の影響ではないかと思われる。

アスにおいても小さな地震が何度か起っているが、これもやはりかなり遠方で発生した地震の影響であろう。

メコン委員会以上に掲げた抜粋項目にある様な事実から判断して調査団に対し、架橋計画構造物の設計には地震の影響を考慮する必要はないというアドバイスを与えた。

(10) 建設計画地域の地図

フレンクマンの地理局からいろいろな縮尺の地図が集められ、プロジェクトの計画に大いに役立てた。

4. 住居書には掲載されていない。

Fig.2.8. SOURCE OF ELECTRICITY FOR CONSTRUCTION USE

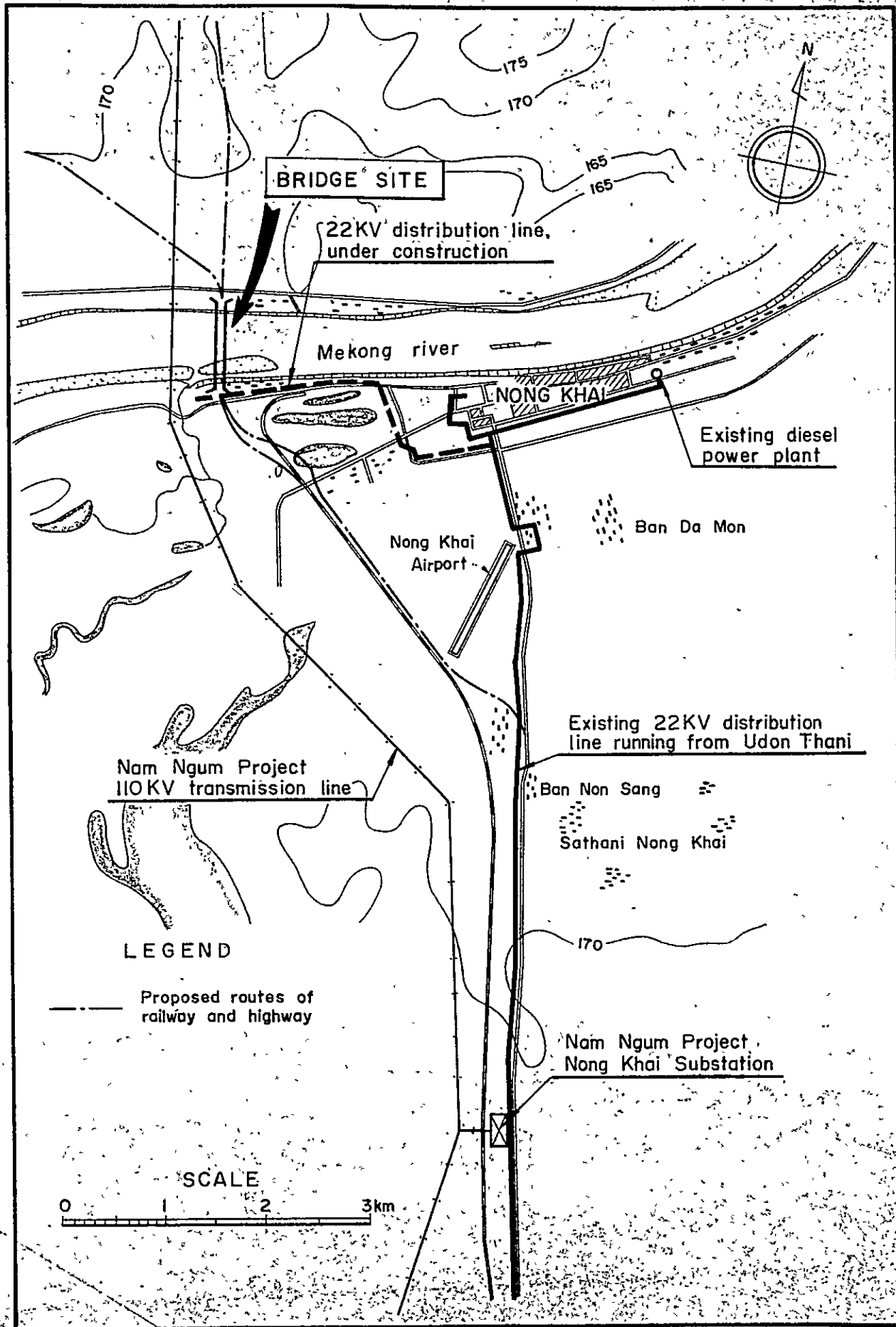
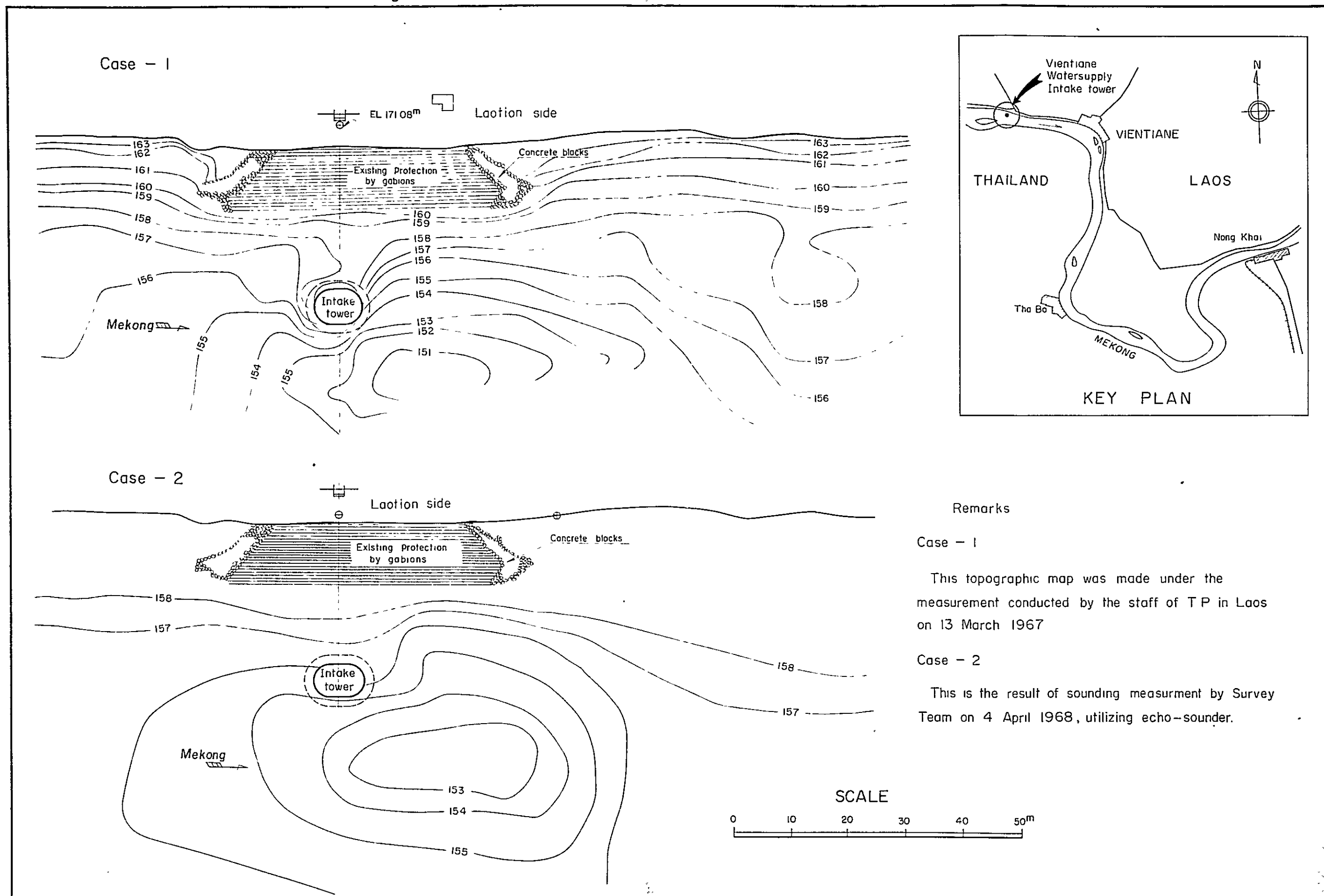


Fig. 2.9. SCOURING EFFECT



2.6 経済調査

前にも述べた通り、2次調査は、3つの候補地案の中から最も好ましい架橋地案と選り出すために行なわれたものであり、また、2次調査は、道産火併用橋及び道路単架橋のうち、より安当な橋種と選り出すことが目的であった。

この二つの問題は、結局このプロジェクトの直接便益と減価償却、運転維持及び修理費等に必要な年経費との比較の問題とみることが出来る。

経費は技術調査及びその研究から推定され、また直接便益は経済調査とその解析結果等から算出される。経済調査は他の技術的調査と共に二回に分けて実施され、その2次調査は次の4つの項目について行なわれた。直接便益とは一口で言えばこれら4つの要素の積である。

- (1) 交通調査の行なわれた時点において、橋が完成したと仮定した場合の仮想現在交通量
- (2) 単位交通量当りの便益
- (3) 自然増加率
- (4) 橋梁建設というインパクトによる増加率

2次調査は次の2つの項目について行なわれた。すなわち(1)プロジェクトの間接便益と(2)橋の通行料金と将来交通量の伸びとの

△現地調査の他にバンコックにおける各種のデータの蒐集作業が行なわれた。2次の経済調査に従事したスペシャリストのメンバー及び日程は2次報告書に示されている。

△2次調査に従事した経済調査のメンバー及び日程は、本報告書の添付図1.1に示されている。

関係

以上述べた6つの項目について簡単に記述される。

(1) 仮想現在交通量

仮想現在交通量と求める前にプロジェクト周辺の交通現況を知ることが必要とされ、このプロジェクトに関連した道路、水路、鉄道、及び航空等の各種交通機関についてO・D調査が行われた。また各種の有益な経済資料がタイの道路局、税関、移民局、国有鉄道、インカイ駅及びウドンタキ駅とラオスの航空局と云った多数の政府関係機関より蒐集された。

道路及び水路による交通についてのO・D調査は次の10箇所において行われた。(図2.10参照)

△ O・D調査は道路交通の場合の輿種別の起点及び終着点と明らかにするといふ意味が含まれている。道路は通常一方と出発点他方を目的地と呼ぶ2つの地域間の連絡に使われる。車の交通はどこでもみられるものであるが主要交通毎に計画地域を幾分か分割することが出来る。又このO・D調査中に品目別貨物輸送量も調査された。

表2.8. O.D調査の調査地帯と実施日

調査地帯	実施日
1. ウェンヤンよりルソン・ラバン方面 に7Kmの地帯	1967年 9月12日(火)
2. ウェンヤンよりパワセ方面へ1Km の地帯	1967年 9月12日(火)
3. ウェンヤンよりタア方面へ8Km の地帯	1967年 9月15日(金)
4. タレン自動車フェリー地帯	1967年 9月19日(火)
5. 1ンカイ旅客フェリー地帯	1967年 9月29日(金)
6. 1ンカイよりタボ方面へ12Kmの 地帯	1967年 10月10日(火)
7. 1ンカイよりウドンタニ方面へ17Km の地帯	1967年 10月11日(水)
8. ウドンタニよりノアアラン方面へ4 Kmの地帯	1967年 10月3日(火)
9. ウドンタニより1ンハン方面へ5Kmの 地帯	1967年 10月4日(水)
10. ウドンタニよりラシン方面へ11Km の地帯	1967年 10月6日(金)

調査はこの地帯も午前6時から午後6時迄の12時間に
 行なわれた。24時間交通量はリンカイよりウインタニ方面へな
 くの地帯についてのみ行なわれた。この12時間は極度に交通
 量が少ないからである。12時間の場合と24時間の場合の交通量を
 較べると、1:1.23であった。この比率は他の調査地帯における12時
 間交通量を24時間交通量に換算する場合に使われた。

なお計画地域周辺のメコン河と渡河する主なフェリー交通として
 ウエンチャン、シーエンマイ間、タホ、ハット、ドック、ヤオ間、及びリンカイ、外ア
 間において実情調査が行なわれた。サバナケット、ルアンゾラバンとウエン
 チャンと結ぶ水路交通についての情報もウエンチャンにめる税関、及び
 出入国管理事務所から集められた。

現地調査において集められたこれらのデータを基に、地域間の
 貨物、旅客、車の動きが明らかにされた。(表2.9、2.10、2.11、2.12参照)
 また、この調査が行なわれた時刻において橋が供用開始したとして仮想
 現在交通量を推定された。

(2) 単位交通量当りの便益

メコン河を挟んで結ばれるいくつかの地域圏の経済的な距離と橋と
 建設することによって大きく短縮することができる。

単位交通量当りの便益は走行時間の短縮と走行距離の短縮
 によるものであり一般に次式によって計算される。

$$B = (C_0 - C_1) + a(T_0 - T_1)$$

- B: 便益
- C₀: 橋の完成するまで使用される既存のルートに因する地域
間の走行費用
- C₁: 橋の完成した後の新ルートによる地域間走行費用
- T₀: 既存ルートの地域間走行時間
- T₁: 新ルートの地域間走行時間
- a: 走行時間の貨幣価値換算係数

この直接便益は、利用者便益とも呼ばれ、乗用車、トラック、輸車等の

車種毎に異なる。

交通量単位当りの便益を推定するために必要な下記資料が集められた。(1)地域間の道路に沿った地理的距離 (2)車のkm当り走行費用 (3)既存の自動車フェリーと旅客フェリーに関する料金と渡河時間 (4)車のkm当り所要時間 (5)乗用車、トラック等の待時間費用 (6)車種別の積載効率 (7)タイの国民所得。このうち最初の4項目はタイの道路局、また後の(5)、(6)についてはタイ、ラオス兩國の政府関係機関より、それに最後の(7)に関するデータはタイの統計局より、それぞれ集められた。

橋のむたう直接便益の総額が前に述べた4つの要素の積として計算されるわけであるが、このうち交通量単位当りの便益は将来においても一定であると推定された。

(3) 便益自然成長率

一般に2つの自然成長率が考えられる。1つは橋がむたう便益の成長率であり、他の1つは交通量の成長率である。しかしプロジェクトの便益の成長率を推定することは非常に難しいので一定と考えた。

併し交通量の自然増加に関しては次に述べるよりは推定がなされた。

メコン河を渡る計画地域内の交通量の自然増加はラオスの特にウエンチャンの経済成長に大きく依存しているわけであるから交通量の自然増加を推定するために次のような資料が集められた。

(1) タイの移民局マウエンチャンの税関における旅客及び貨物の渡河交通量の時系列資料 (2) ラオス国民所得の時系列資料と将来の総国民所得の時系列資料、この2つは USAID より蒐集された。

又一次調査報告書において最終的に採用されたラオスの国民総所得は USAID から得た過去における経済成長率の傾向のみ

から、最近の東南アジア地域の経済成長率も参考に推定された。

各年の将来交通量を推定する上に必要な車裡引積載効率の推定に関しては、タイ、ラオスのみならず、日本にある資料も参考にされた。

(4) 橋梁建設のインパクトによる成長率

橋が完成されることによって経済的距離が短縮され、その結果交通の増加が起るわけであるが、地域間の経済的距離とは車の走行時間及び走行費用と考慮して決められる。

この交通量の増加は Gravity Model¹¹の方法に依って求めることが出来る。この方法によると橋の完成による交通量の増加率は次式に与えられる。

今、この交通量の増加率を p とすると、

$$p = \frac{T_{ij}(1) - T_{ij}(0)}{T_{ij}(0)} = \left\{ \frac{d_{ij}(0)}{d_{ij}(1)} \right\}^b - 1$$

ここに $T_{ij}(1)$: 橋の完成後の i, j 地域間の交通量

$T_{ij}(0)$: 完成前の i, j 地域間の交通量

$d_{ij}(1)$: 完成後の i, j 地域間の経済的距離

$d_{ij}(0)$: 完成前の i, j 地域間の経済的距離

b : 経験的に決められる指数

この増加率 p を推定するために必要な資料がタイ及びラオスの政府機関から蒐集された。なお、この資料は、前項(2)に示されている。

(5) 間接便益

間接便益には、更ほ次のようなものが含まれる (1) 原料輸送費の低下による生産利益の増大 (2) 販売価格の引下げによる売上上の増加 (3) 小売価格の引下げによる消費力の増大 (4) 原料運送所要

¹¹ Method of Regional Analysis, "An Introduction to Regional Science", Walter Board 著, John Wiley 社, 1960 参照

時間の短縮による在庫節約効果 (5) 輸出品に對する売上増加 (6) 地価の上昇 (7) 天然資源の開発増進 (8) 旅行意欲を高める効果 (9) 経済活動の促進等である。

これらの間接便益と評価するうえにおいて欠くことのできないいろいろの資料を得るために、ウエンヤン・ンカイ及びその周辺の店舗、工場、市場等における聞き込み調査が行われた。工場としては、タバコ、プラスチック、廢物、鉄工、製材、精米、製麻等20箇所余りの各工場に訪ねられた。

店舗及び市場に関しては、米、類、建設資材、車両、石油に訪ねられた。

更にウエンヤン・シエンマイ間、ハットドンクオ・タバ間、タア・ンカイ間の3つのフェリー乗り場の税関、出入国管理事務所にも出張して調査を行った。

(6) 橋の料金と将来交通量との関係

将来交通量は橋の料金に依つて変る。橋の最適料金は無料から現行フェリー料金に等しい値迄の範囲内に存在し、二次調査報告書において、将来交通量は2つの橋種に於て推定されている。つまり無料の場合と、現行フェリー料金に等しい料金と採った場合についてである。二次調査報告書においては、この2つの間といくつかのケースに分けて考えられている。

将来交通量は計画地域内の生産力と消費力に依存すると考えられ、更に収入基準や価格水準等にも影響されると思われる。従つて計画地域におけるこれら経済的特性値を知るための現地調査も行なわれた。なお橋の料金が生産力、消費力、交通量の増加等によつてどんな影響を及ぼすかという調査も行なわれ、EIOやSOGOVから各種の資料が集められた。EIOは、ンカイ9丁間の現行フェリー施設とは密接な関係にあり、またSOGOVはこの施設の管理を行っているものである。

Fig.2.10. SURVEY POINTS FOR ORIGIN -DESTINATION SURVEY

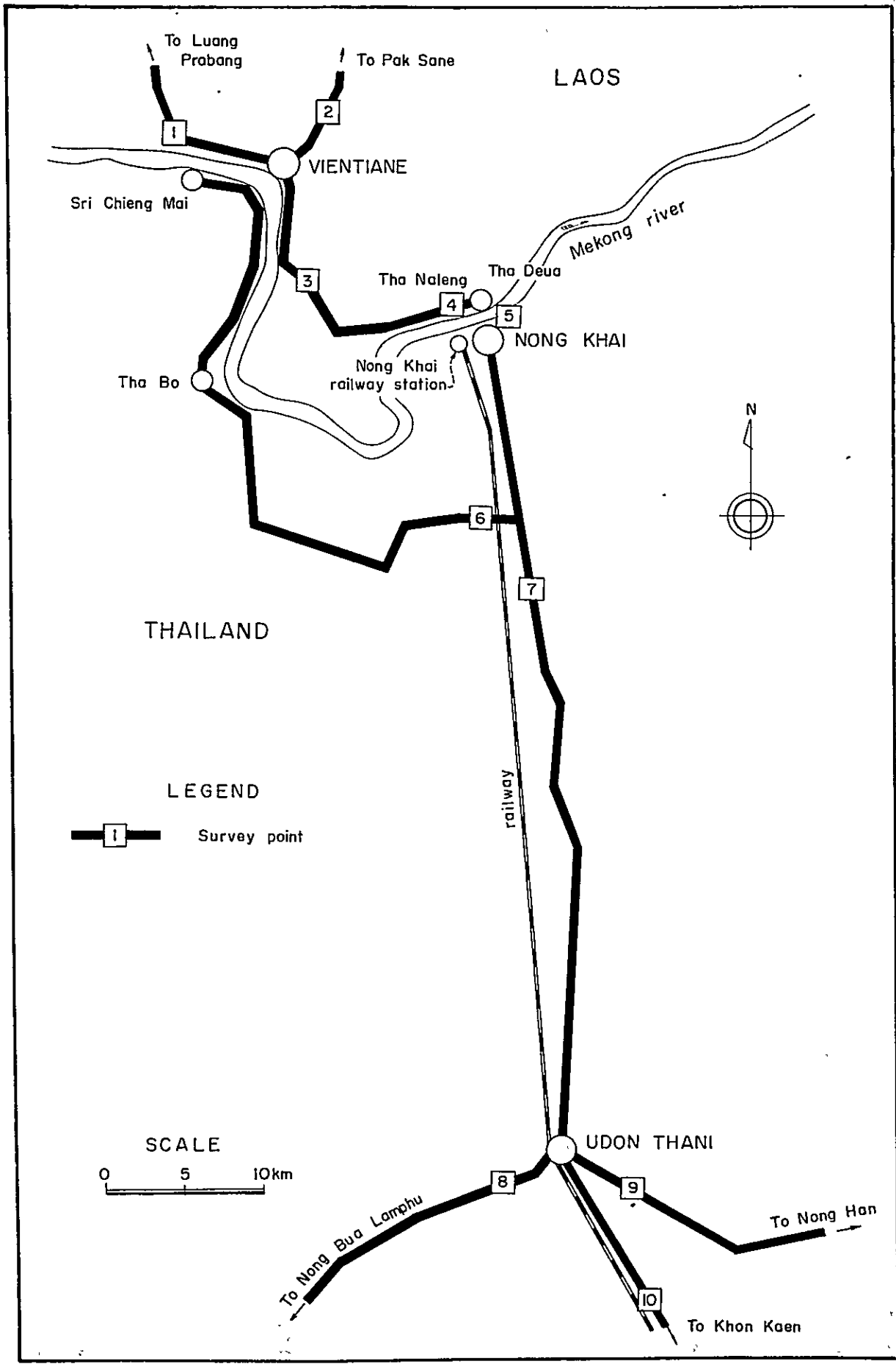


Table 2.9. Interzonal vehicles
(1967)

Unit: cars/day

No.	Zone	Unit: cars/day													Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		Vien- tiane	Nong Khai	Nong Khai Sta.	Tha Deua	Udon	Tha Bo	North. Dist. Vien- tiane	East. Dist. Vien- tiane	East. Dist. Udon	South. Dist. Udon	West. Dist. Udon	Upper Mekong	Lower Mekong	
1	Vientiane		24	22	2,704	7		470	507		22				3,756
2	Nong Khai					741	238			6	88	9			1,106
3	Nong Khai Sta.				80										102
4	Tha Deua					13		2	27		51				2,877
5	Udon						242		1	1,839	2,209	840			5,892
6	Tha Bo								2	2	25				509
7	N. Dist. V'tiane								2						474
8	E. Dist. V'tiane														539
9	E. Dist. Udon										94	51			1,992
10	S. Dist. Udon											17			2,506
11	W. Dist. Udon														917
12	Upper Mekong														
13	Lower Mekong														
	Total														20,670

Table 2.10. Interzonal passengers
(1967)

Unit: persons/day

No.	Zone	Unit: persons/day													Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		Vien-tiane	Nong Khai	Nong Khai Sta.	Tha Deua	Udon	Tha Bo	North. Vien-tiane	East. Dist. Vien-tiane	East. Dist. Udon	South Dist. Udon	West. Dist. Udon	Upper Mekong	Lower Mekong	
1	Vientiane		285	136	7,248	40	660	2,485	1,767		139				12,760
2	Nong Khai				295	3,151	798			11	452	39			5,031
3	Nong Khai Sta.				35	24			5		175				375
4	Tha Deua					10		17	3		52				7,660
5	Udon						1,289		4	35,145	12,217	5,420			57,300
6	Tha Bo								11	24	131				2,913
7	N. Dist. V'tiane								2						1,792
8	E. Dist. V'tiane														35,474
9	E. Dist. Udon										229	65			13,440
10	S. Dist. Udon											45			5,569
11	W. Dist. Udon														
12	Upper Mekong														
13	Lower Mekong														
	Total														142,314

Table 2.11. Interzonal freight - 1
(1967)

Unit: tons/day

No.	Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
No.	Zone	Vien-tiane	Nong Khai	Nong Khai Sta.	Tha Deua	Udon	Tha Bo	North. Dist. Vientiane	East. Dist. Vientiane	East. Dist. Udon	South. Dist. Udon	West. Dist. Udon	Upper Mekong	Lower Mekong	Total
1	Vientiane		63.0	18.0	1563.0		15.5	414.0	298.0		15.8		20.0	30.0	2,437.6
2	Nong Khai				5.0	689.0	153.0			25.0	195.0	25.0			1,155.0
3	Nong Khai Sta.				236.0	21.0					243.0				518.0
4	Tha Deua					23.0		5.0	60.0		329.0				2,221.0
5	Udon						288.0			2,035.0	1,243.0	871.0			5,170.0
6	Tha Bo									6.0	59.0				521.5
7	N. Dist. V'tiane								14.0						433.0
8	E. Dist. V'tiane														372.0
9	E. Dist. Udon										655.0	215.0			2,936.0
10	S. Dist. Udon											100.0			2,839.8
11	W. Dist. Udon														1,211.0
12	Upper Mekong														20.0
13	Lower Mekong														30.0
	Total														19,865.2

Table 2.12. Interzonal freight- 2
(1967).

Unit: tons/day

No.	Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total departure freight
No.	Zone	Vientiane	Nong Khai	Nong Khai Sta.	Tha Deua	Udon	Tha Bo	North. Dist. Vientiane	East. Dist. Vientiane	East. Dist. Udon	South. Dist. Udon	West. Dist. Udon	Upper Mekong	Lower Mekong	
1	Vientiane	63 (63)	1,537 (1,563)	0 (18)				276 (414)	175 (298)		0 (15)				2,051 (2,371)
2	Nong Khai					427 (689)	90 (153)			23 (25)	63 (195)	10 (25)			613 (1,150)
3	Nong Khai Sta.	18			236 (236)										254 (254)
4	Tha Deua	26				0 (23)		0 (5)	60 (60)		0 (329)				86 (2,216)
5	Udon		262		23		134 (288)			147 (2,035)	639 (1,041)	73 (871)			1,276 (4,947)
6	Tha Bo		63			154				6 (6)	2 (59)				225 (506)
7	N. Dist. Vientiane	138			5				1 (14)						144 (433)
8	E. Dist. Vientiane	123						13							136 (372)
9	E. Dist. Udon	15	2			1,888					200 (655)	25 (215)			2,115 (2,394)
10	S. Dist. Udon	15	132		329	404	57			455		0 (100)			1,392 (2,394)
11	W. Dist. Udon		15			798				190	100				1,103 (1,211)
12	Upper Mekong														
13	Lower Mekong														
	Total Arrival Freight	320	537	0	2,130	3,671	281	289	236	821	1,002	108			9,375 (18,790)

Remarks:- The figures in parentheses involve round-trip weights.

第三章

道・鉄併用橋

1948年1月ノコン委員会よりNo.1サイト(ノカイ地帯)が架橋地帯に選定された。橋種については未だ最終的な決定が下されていない。第一次報告書はノコン委員会からの「ノカイ・ウエントヤン架橋計画」の橋種を決定するために必要な資料を提供するという目的によって作成されたものである。

現時点では道・鉄併用橋及び道路単独橋の2つの橋種が考えられている。第三章は道・鉄併用橋に関し技術的、経済的且つ財物的可能性を追究するものであり、道路単独橋に関しては第四章に述べられている。

以下にその解析を記述する。

3.1 橋の技術的可能性

3.1.1 一般

併用橋の場合アロタ外は2つの目的を持つ。すなわち、貨物旅客を運ぶために、ノカイ・ウエントヤン間に付設される鉄道延長計画と現在ノコノ河とノウ地帯の条件によって切断されている国際道路アアハの間に路線を近代的な構造物によって通接しようという計画である。

第一次及び第二次調査更にはその研究によって併用橋の建設が橋脚による河床洗堀、河岸浸蝕等々への難問題をかかえながら、技術的観点では實際的に建設可能であるという結論に至った。

これまでにあっても技術的、経済的更には美的要素を十分に満足する十分な好ましい建設材料、橋種等の研究が行なわれてきた。その結果上記構造としては三径間連続桁の70m支間が最も好ましい構造として採用された。なお鉄道及び三車線道路は、又トラスの中央に並列に据えられ、歩道及び作業路はトラスの外側に設けられ付設される。上記構造はオープンケーシングと二

3.1.2 橋の正確な位置

架橋中心線の位置は第一次調査において選定されたが、調査において再検討された。

架橋中心線の選定には次のような考察がなされた。

- (1) タイ側のバドログラックオアス下流にはノスカイの町があり徐々に都市化しつつある。従ってこの人口密集地から外れた上流側が望ましい。
- (2) メコン河はバドログラックオアスの上流約1km地帯から上流へ左に大きくカーブしておりこの影響を受けて河の流れはオアス付近でも依然としてラオス側を侵蝕する傾向がある。この点から考えると架橋地帯はアオス側下流が望ましい。
- (3) オアスの上流約600mの地帯にはタクロアコが外送電線がメコン河と横断している。
- (4) オアス上流約400mの地帯にはタイ側に小川が流れあり雨季にはしばしば氾濫する。

以上の様な考察より望ましいと見られる架橋中心線はバドログラックオアスとタイ側の支流が合流する地帯までの間の地域に限定される。従って第一次報告書において選定された架橋中心線の位置は妥当な位置といえよう。第二次調査において作成された縮尺1:2000の平面図に於て第一次報告書で選定した中心線が河の流れに対して少し斜めであることが判った。従って図中の示されている通りこの中心線は河と直角となるように修正された。なおこの修正中心線は架橋中心線の正確な位置として第二次報告書において推薦された。

3.1.3 予備設計

橋は上部構造、下部構造の二つに大別される。上部及び下部構造の予備設計はタイ国有鉄道より出版された "Specification"

for the Supply of steel Superstructure of Railway Bridge
と AASHO の "Standard Specification for Highway
Bridges" の二つの在り書に従って行なわれた。

橋の上を走る道路や鉄道に必要な建築限界は後者の在り書より抜粋し、図 3.1 に示した。なお設計に用いる活荷重はやはり上記二つの在り書に規定されたものが採用された。(図 3.2 を参照)

3.1.3.1. 上部構造

橋の上部構造の予備設計を行なうに当たっては、次のような項目について検討された。(1) 舟運に必要な橋の最高部の位置、(2) 橋の縦断勾配、(3) 橋梁型式、(4) 橋脚間隔、(5) 横断構造。

(1) 舟運に必要な橋の最高部の位置

本節に述べた如く、築橋、世突附並はラオス側が深く、タイ側が浅い。舟運コースは従ってラオス側が利用される。橋の最高部はこの奥から考へてやはりこの舟運コースの奥上に設けるのが望ましい。

運用計画より、舟運の開始希望として次のように規定している。

コンボイの航行機向は舟運に必要な余裕として、最低起り得る高水位に 10m の余裕を設け、抹水平余裕を最小にする。このことを 1967 年 4 月の第 8 回会議において決定している。

計画地域周辺のメコン河を利用する舟運は小規模な地域的舟運に過ぎない。このためラオスとカンボジアの国境附近にある幅 3km 高さ 20m のコンボイの通過のために、河口からウエンチャン迄の一貫した水路交通を不可能にしてはならない。しかし最近では、この地域的舟運は、バーサップ舟運に利用されるコンボイ輸送が盛んに行なわれようとする。このため、バーサップ前を視距を良くするために噴水から 8-9m

の高に操舵機を設けてある。

従って二冲からの急速な飛長を考えるとかなり大きな余裕高を見込む必要があらう。その点では諸問機関の大径した10mの桁高はせきと思われらる。

最も起り傷る高水位を推定するために計画地域周辺の測水所から集められた資料を使って築橋地裏の確率高水位が推定された。二冲については表2.7及び2.5節の(イ)に述べられている。表2.7に示すのは築橋地裏の高水位はソノカハのワッハイソックにあるR.L.D測水所の1937年から1967年の30年間に亘る測水記録⁴¹とソノカハのハイドログラフィックオフィスの1964年から1967年迄の4年間の測水記録⁴²を使って推定された。確率高水位の計算についてはその詳細が附属書第4章4.2節が述べられている。

R.L.D測水所の1937年から1967年迄の約30年間の測水記録から築橋地裏における水位が週五において推定確率高水位を越えた日数及びその継続日数が計算され附属書第4章の表A.4.2.4に示されている。

この表によると週五の記録が2年確率高水位を越えた日数は50日、1日の割合である。さらに5年及び10年確率に対してはそれぞれ $\frac{1}{310}$ 及び $\frac{1}{700}$ の割合で起っている。この二つの数字はかなり小さな割合である。

週五の記録の中で推定確率高水位を連続して超過した日数の最長は、たのは1966年のウインゲン平野に氾濫した洪水である。この洪水は25年確率高水位に匹敵するもので2年、5年、10年確率高水位を連続して起えた日数はそれぞれ29, 20, 14日間であった。その他の洪水をみると5年確率高水位に対して5日程度連続超過している。

41 測水記録を基にして作成したハイドログラフィック附属書第4章の節に掲載されている。

この記録をみて判断すると5年確率高水位 E.L. 166.7m は最もしり得る高水位と考えられている。従って橋の予備設計に採用される設計高水位をこの5年確率高水位より 0.3m 余裕を以て E.L. 167.0m と決定した。

舟運の経路となる部分の上部構造については、両側の橋脚の支突を設計高水位 E.L. 167m より 10m 上に設け橋脚の水平間隔を 90m にした。

この結果、橋の最高部は E.L. 167.27m となった(丸十 3 参照) この橋の上に敷設される二車線道路の施工基面の最高部の標高である。また、この最高部は河の中心よりラオス側へ寄った所に位置する。

(2) 橋の縦断勾配

道・鉄併用橋の縦断勾配は次節に述べる通り、鉄道の最大規定勾配の 1.2% に制限され、従って道路部分もまた同じ勾配で両岸に降りる。また、鉄道はラオス側にあるアガアハイウェイに号線の上を 4.5m の高で越え、タイ側はまた河岸の道路交通を妨げないよう互体交差する。

(3) 橋梁型式

橋梁型式は技術的、経済的見地から決定されるべきである。橋はカーに於いて地の条件に左右されるが、ならず、その上ではさうたけ少ない金でできるたけ大きな利益を生むべきである。また、修理の容易な且つ外観をよくしたものが要求される。

この条件を考慮して次のような考え得る5つの型式について比較検討が行われた。(1) 鋼床版桁橋 (2) 単純桁橋 (3) 連続トラス下路橋 (4) 単純トラス

下路橋 (B)アーチ橋 二以上の型式の中、連続トラス下路橋は他に較べて同じ条件のもとで、一般に剛材が少なく、済む。単純トラス、連続箱桁、アーチ、次に単純箱桁橋は、この連続トラス下路橋に比べてそれぞれ10%、5%、30%、35%と、その鋼材の必要重量が多い。しかしトラス橋は工場組立て、現場組立ての作業が多く、また修理費がかかる。よってトラス橋に限らず他の型式の場合でも下路橋は一般に道路や鉄道が将来複線化するような場合とかドライバーの視距が制限が小さい、橋からの眺めを悪くするといった点で不便である。従って中四景にも述べる通り、道路単独橋としては鋼床版箱桁橋が好ましい。

しかし、かなり大きな荷重がしかも高速で通過するような列車荷重を考えた場合、この連続箱桁橋では桁間と径間との比が比較的小さい場合振動を伴った大きな揺れを生ずるのである。それに鋼床版は軌道の敷設に不便である。鉄道の軌道施行基面まで下り低くする必要があり、取付け部分の高さを箱桁に比べて低くできる連続トラス下路橋が道鉄併用橋の場合有利である。

下路橋に対する比較等としてはアーチ橋が考えられるがアーチ橋は連続径間が技術的に無理であり、一般に一径間60-70mを例にとってみると3径間連続トラス下路橋の一径間に比べて30%程度余分の鋼材がかかる。しかしアーチ橋は剛性を欠き、従ってアーチ橋の建設は考慮外に置かれる。

橋は上部構造だけでなく下部構造との関連性を考慮しなければならぬ。河の中央に橋脚を築くことが不可能な場合は極度に困難な場合とか橋脚間に非常に大きな空間を必要とするような場合は吊り橋が適当である。しかしこの架橋地帯の場合、表水期の作

業に多少の技術的困難を伴うが、河中の橋脚工事と妨りようの問題はなからず、従って吊り橋を考へる必要はないであろう。

併用橋に関して、P.C.構造について検討されたが、P.C.橋の場合、舟運に必要な70m以上の径間を設ける事で構造的に多くの問題を生じる。一般にP.C.橋の下部構造は鋼橋に比べ部材の嵩で、建設費の嵩で不利である。これは重いコンクリート材の自重による垂直、水平力によく耐えぬからである。しかもP.C.橋は鋼橋に比べ工期長がかかるからである。従ってP.C.橋は採用すべきではない。

(4) 橋脚間隔

一般に橋脚間隔が長くなるとトラス部材は大きくなり、鋼材の総重量が段々と大きくなる。その結果上部構造の建設費は大きくなり、橋脚の数が減るために下部構造の建設費が小さくなる。これは逆の場合も同じとが言える。このように橋の予備設計を行つた上に橋脚間隔を決めることは重要なことである。

この問題について、次のような条件が考慮された。1つは橋脚は河床の沖積層の下にある硬いシルト岩を基礎とする点である。橋脚の周囲に起ると思われる洗堀作用から保護するため、この硬い岩に碇着するため河床表面から約2m迄このシルト岩を掘削する。また1つは条件は例へてこのシルト岩を深く掘削してみても支持力は変わらないことが知られている。

この橋梁計画の場合、図3.3に見られるように道鉄併用橋の経済的な径間は70m附近にある。この経済径間については50m, 60m, 70m, 80m, 90mの5ケース

について比較検討し、建設費の差がいくつかの相違
点のあることが判った。従って運用計画書に規定の通り
運用の90m径間と除いては70m径間が最も経済的
であるとしてこれを採用した。(プレート3参照)

内) 断面形状

道・鉄併用橋の最も経済的な断面形状を見つかり
べく図34ト示されるようなタイプのケースについて考えたい。

ケース1は片側に鉄道と設けた3径間連続トラス
橋である。この型式は4m幅の軌道と全幅8mの二
車線道路及び8m幅肩の歩道と鉄道用監査路を持つ
総有効橋幅13mの1つで、鉄道及び道路は2つのメイン
トラスの間敷設され歩道と監査路はトラスの外側に設
けられる。この場合、鉄道と道路荷重が不均衡なため
メイントラス部材の両側に荷重を均等に分布させることができ
ないという欠点がある。従って片側のトラス部材は他側と
比べてモーメント部材と異なる。その結果工場設計や
部材の製作組立て等の費用が高くなるが逆に道路、鉄
道が互いに差することなく常に分離していること、二車線
道路を一車線に分ける必要がないといった決定的な利点
を持っている。この2つの利点でケース1は他の4つのケ
ースと比べて表3.1.1.1に示す如く建設費は安価になっている。

表 3.1 横断構造の比較検討による建設費の違い

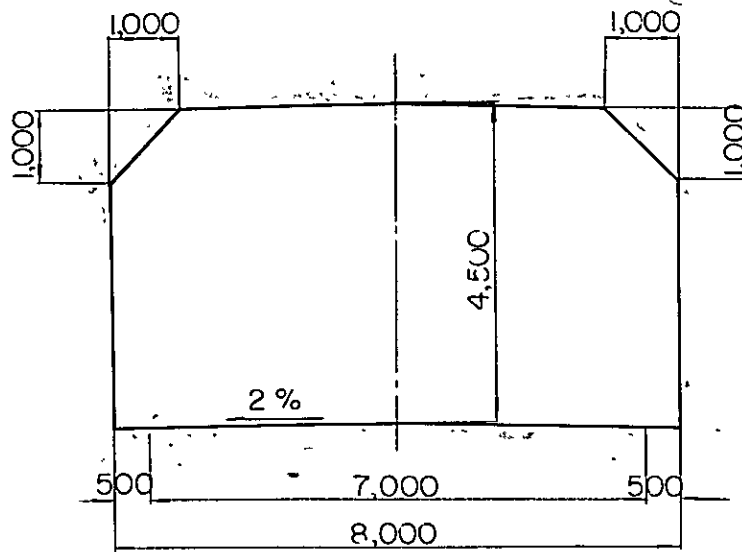
ケース	建設費 (単位: 米ドル)		
	インダス橋	取付橋梁	合計
1	5,400,000	500,000	6,200,000
2	5,500,000	1,100,000	6,600,000
3	7,600,000	500,000	8,100,000
4	5,500,000	1,800,000	7,300,000
5	5,700,000	1,100,000	6,800,000

注: この数字には技術食政府管理費及び建設中の利子は含まれない。

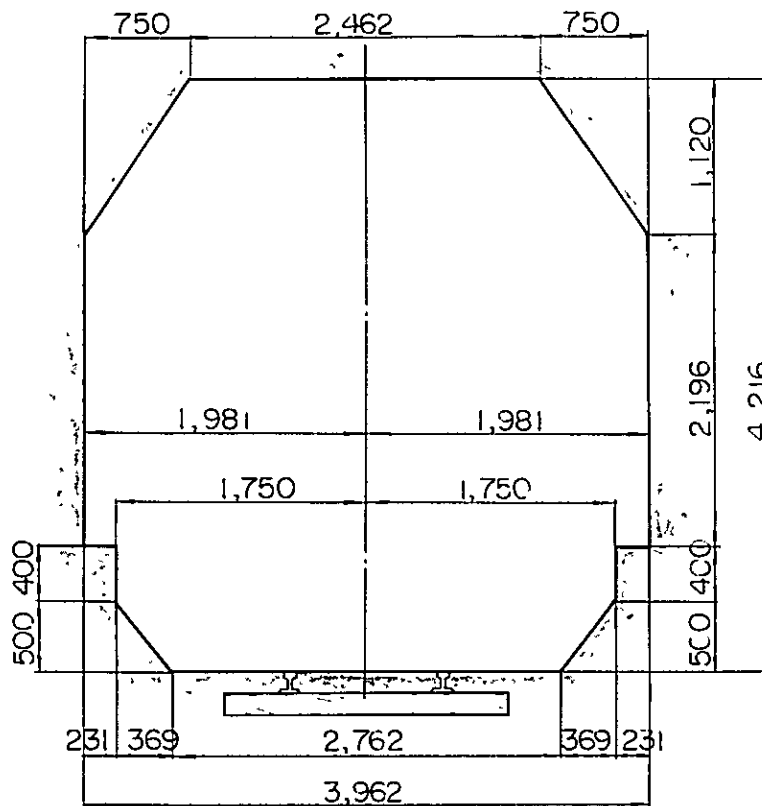
ケース 2 は橋の中央に軌道を敷設し、1車線道路がその両側に設けられる場合で 4m 幅の軌道、及び 1.5m の歩道については問題ないが道路は追越えを可能にするために両車線とも 3m づつづつ幅幅を 15m 幅の橋の道路と分る。従って橋の有効幅員は 17m となる。インダス部材は荷重が均等に分布されるので両側は全く同じ寸法に統一され工場設計部材の製作、組立ての費がケース 1 に比べ経費が節約される。しかし、2車線道路が 2分されるために橋の幅員が増し、また建設費も当然、ケース 1 に比べて高くなる。またこの道路は河岸附近で 1車線道路となるために大抵なカーブを描いて鉄道と立体交差しなければならず従ってケース 1 に比べ取付橋梁が長くなり建設費が高くなる。

ケース 3 は鉄道用と道路用の 2つの 3径間連続トラス橋が別々に並んで建設される場合で 2つの橋梁の合計有効幅員はケース 1 と同じ 15m である。このケースはケース 1 に比してかなり建設費が高くなる経済的とはいえないが建設作業がそれぞれ異なる時期に行なわれることと、運転、維持、及び修理費が鉄道と道路の管轄にはけり

Fig. 3.1. CLEARANCE DIAGRAMS OF BRIDGE

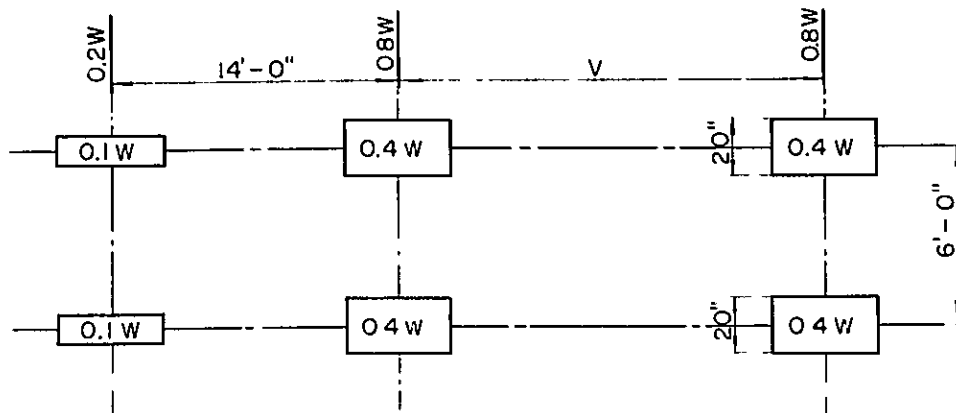


CLEARANCE OF TWO-LANE HIGHWAY BRIDGE



CLEARANCE OF RAILWAY BRIDGE

Fig. 3. 2. LIVE LOADS FOR HIGHWAY AND RAILWAY BRIDGES

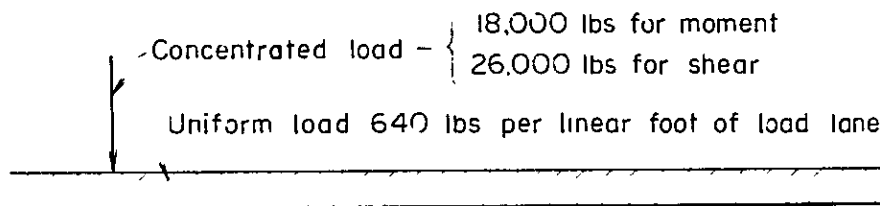


W = Combined weight on the first two axles which is the same as for the corresponding H-truck, W = 40,000 lbs

V = Variable spacing - 14 feet to 30 feet inclusive

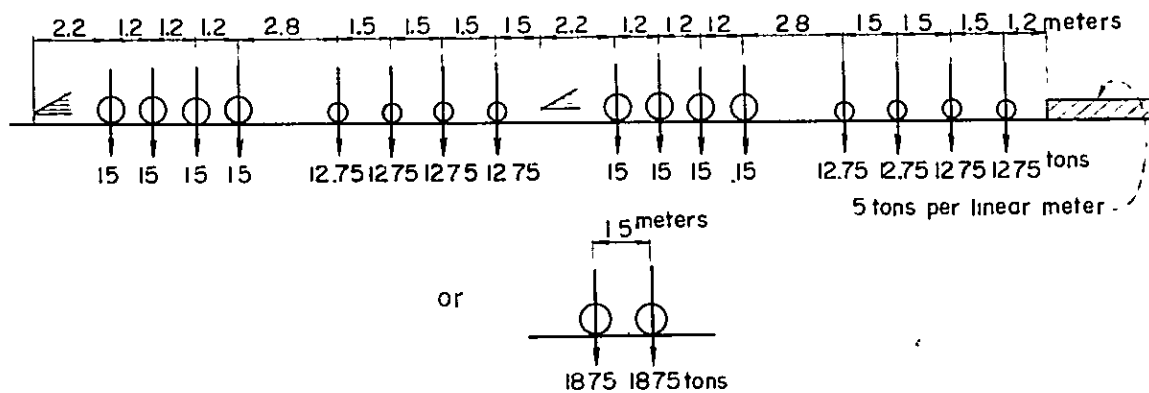
Spacing to be used is that which produces maximum stresses.

Standard HS20-44 truck



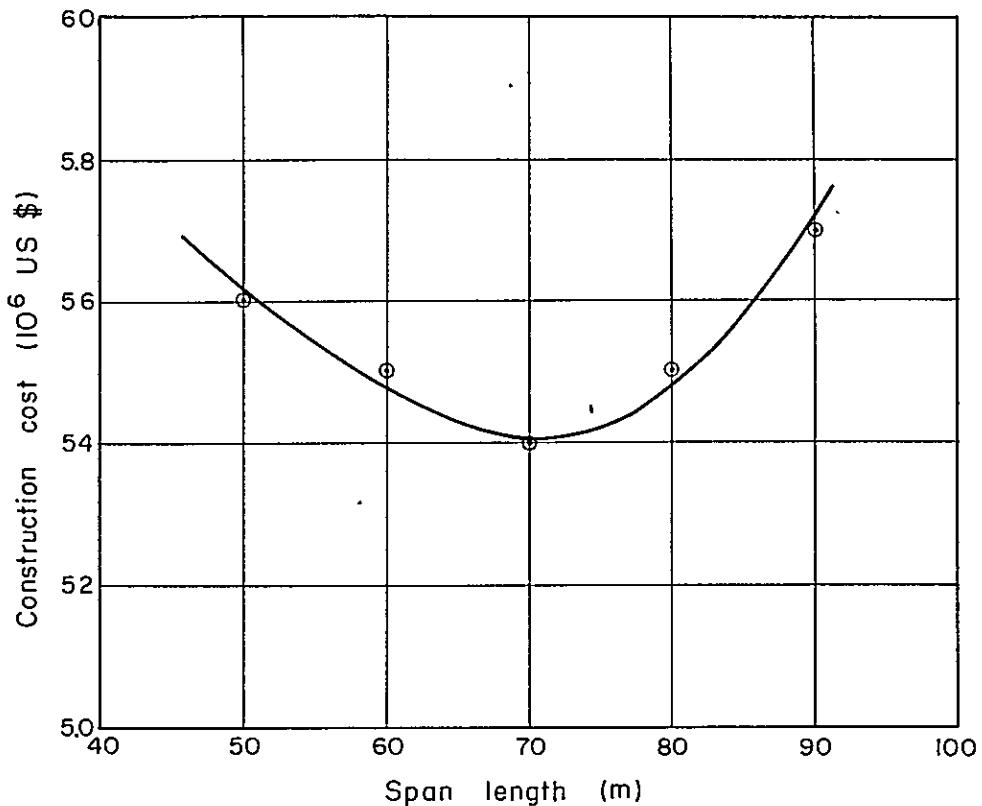
HS 20-44 lane loading

HS 20-44 LOADING FOR HIGHWAY BRIDGE



STANDARD 15-TON LOADING FOR RAILWAY BRIDGE

Fig. 3.3. THE MOST ECONOMICAL PIER SPACING

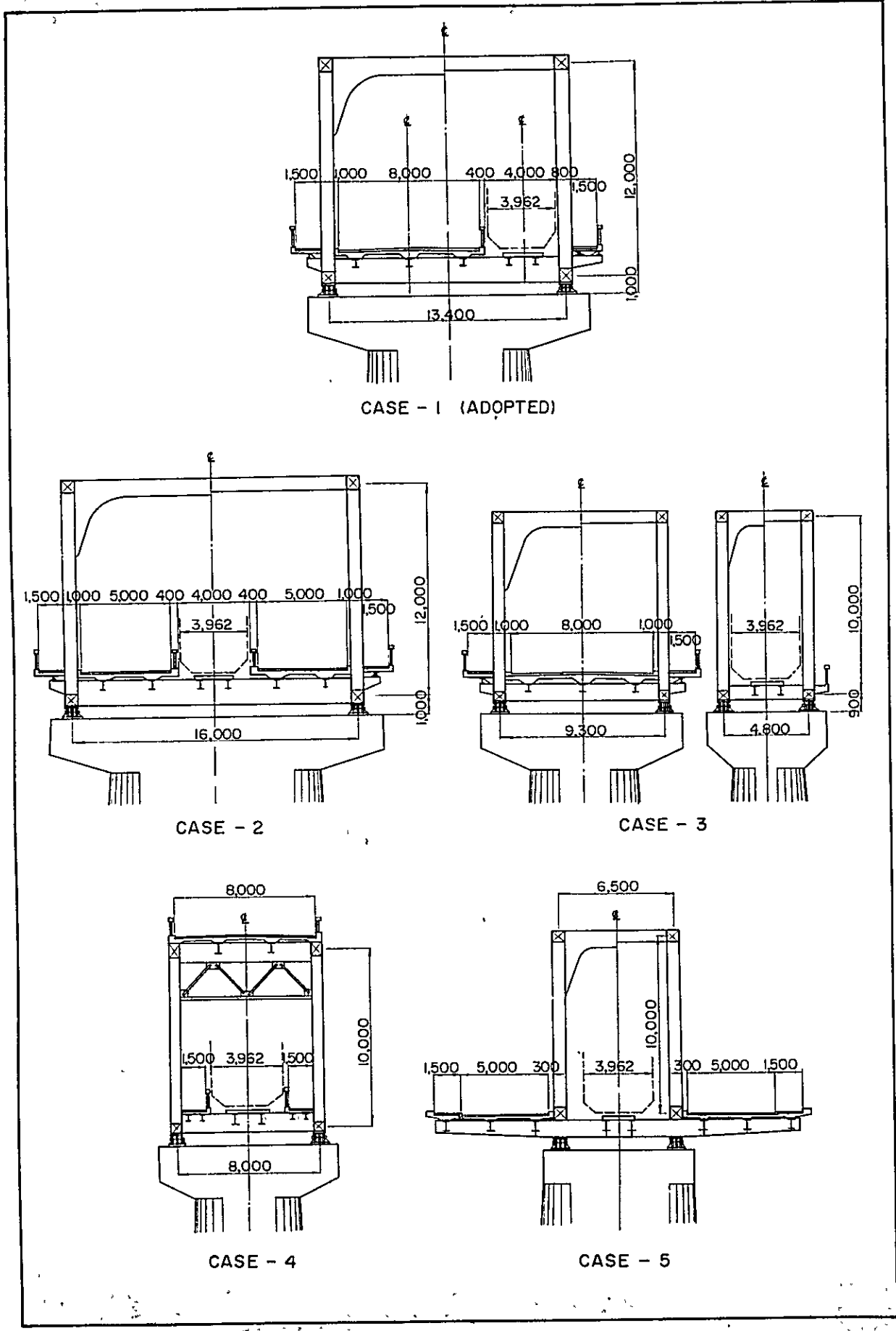


Case No.	Span length (m)	Number of piers (Nos)	Steel material (tons)	Construction cost (US. \$)		
				Sub.	Super.	Total
1	50	15	2,900	3,500,000	2,100,000	5,600,000
2	60	13	3,300	3,100,000	2,400,000	5,500,000
3	70	11	3,600	2,800,000	2,600,000	5,400,000
4	80	10	4,100	2,700,000	2,800,000	5,500,000
5	90	9	4,600	2,500,000	3,200,000	5,700,000

Remarks :

The above construction costs do not include such indirect costs as the expense for engineering service, Government's administrative expense and the interest during construction.

Fig. 3.4. VARIOUS CROSS SECTIONS FOR A RAIL/HIGHWAY BRIDGE



区別することができるとの判断を持っており。

ケース4は鉄道専用の3径間連続トラス橋の上に2車線道路を設ける2床式橋梁であり、メイントラスの内側で軌道の両側に1.5mの歩道及び監査路が設けられる。これは道路が高い所に敷設されるので道路の取付り橋梁が長くなり、コストで建設費が増す。また列車荷重による振動を考えると、この構造は技術的に難点がある。

ケース5はメイントラスの内側に軌道だけを設け、道路はメイントラスの内外側に1車線に分けて設けられる。また歩道は道路の更に外側に設けられる。この場合橋にかかる偏り荷重によって橋が転倒しないようにメイントラスの間には建築限界より広い空間を必要とする。また分ける小径間を設けるケース2の場合と同様に取付り橋梁が長くなり、従ってケース1と比較してコストで建設費が高いという結論になる。

以上を比較検討の結果、道鉄併用橋の上部構造として最も強靱な観点からこの断面形状はケース1である。

3.1.3.2 下部構造

全長750mのメイントラス橋の下部構造には鉄筋コンクリートの橋脚が考えられ、この基礎としては河床部沖積層の下に硬盤が認められるニューマチッククレーンがこの役割を果たす。

トラス、斜い両岸に設けられる剛接(ラーメン)橋脚、ボラーラック橋等の取付り橋梁の下部構造には砂礫層に打ち込まれるRCコンクリートパイルに支えられた二柱式鉄筋コンクリート橋脚が考えられる。取付り橋梁の下部構造下関して特に記述すべきは、メイントラス橋の下部構造については各種の比較検討が行われ、次に述べるようないくつかの問題がある。

比較検討として3種類の橋脚が考えられた。すなわち鋼構造、RCコンクリート構造、鉄筋コンクリート構造である。前者2つは橋脚と基礎のジョイントの接合ができないという弱點があり、後者鉄筋コンクリートの場合は、そのような欠點がない。かつ、たけでなく建設費もまた安く、従ってこの鉄筋コンクリートが最終的に採用された。

橋脚の形としては横断面の形は、いしかし流水をよそへてくつろげる長円形が採用された。橋脚の上端は上部構造を支えやすくするたうにその断面を上げた。

橋脚基礎の検討は橋の技術的可能性を左右する重要な部分であり、この基礎の検討に全力が注がれた。

橋脚基礎としてパイル、フーチング、オーブケーソン、ニューマチックケーソンの4種について検討された。比較検討の結果、経済的を第一と建設、作業の進め易さの点でオーブケーソンとニューマチックケーソンの組合せによるものが採用された。

パイルを基礎とする場合、フーチングケーソンのように建設機械や装置を船に運入する必要がなく、経済的であり、工事簡便で且つ時間を要しないが河床の沈下作用に対して保護がたたりには硬質パイルを打ち込む必要がある。これは技術的に見て不可能であったり、スチールパイルあるいはRCコンクリートパイルを打ち込む際には困難な問題を伴なうことが多いので不適である。

フーチングを基礎とする場合、一般に工事が簡単でしかも建設費が安い。しかし河中にフーチングを建てることは有利ではない。というのはこの橋の上部構造を支えるには非常に断面の大きなフーチングを必要とするために、仮締切が必要となる。このようにメコン川の流積を大きく狭めることにより、背水と起し、流速の増大を伴ない工事現場に仮設された建設機械や装置の維持を困難にする。また更に鋼矢板不安がした仮締切の内部を堰削して、除この矢板の下部から可成りの漏水が考えられる。この種の漏水

は完全に遮断することが難かしく工事を遅滞させる原因となる。従ってこの掘削は技術的に見て可能な限りの建設期間内での実現性を考えても不可能である。

陸上部におけるオープンケーソン工事は何ら困難な問題を持たないが河床部の場合、硬質シルトを定着させるためにかなりの期間を要する。特にこの橋の場合工期が限られており7個のケーソンを一度の乾期⁴¹で全部建設完了するのは困難であろう。また河床洗掘から保護する為にシルトを表面より2m掘削してケーソンを固定することになるがオープンケーソンの場合にはシルトが確かに2m掘削されたかどうか、またケーソンが確実に固定されたかどうかを確かめることが不可能であろう。もしこの好ましくない条件が解決されない場合はニューマチックケーソン工費US\$240,000⁴²に対し約US\$230,000の工費で完成することができ、しかしこの橋がメコン河下流の国際橋梁であることがつことに重きを置くならばわずかな工費の差のみを以てこのオープンケーソンを推奨することはできない。

以上の検討結果により全長720mのメインラス橋の11個の橋脚基礎が次のような型式に決定した。

(フリートと参照) オープンケーソンは流水によって工事の支障とならぬ川の兩岸の陸地に各1個計9箇所、ニューマチックケーソンが河床部に建設されることとなる。この建設の方法及び手順については3.4節に詳細に述べられている。

41 詳しく説明すると、この工事はメコン河の水位がL.W.L.のEL. 154.000以下にある間に限られる。通常この期間は11月から翌年の5月迄である。

42 ニューマチックケーソンは送気装置を備えねばならないので、この点でオープンケーソンよりも工費が高くなる。

3.1.4 河岸浸蝕

メコン河はこの架橋地帯のすぐ上流より約1km程上流にかけて大きく蛇行しており、従って架橋地帯附近の河の流心は本路中央よりラオス側に寄っている。ラオス側の河岸はこのため年々徐々に浸蝕が小つちあり、逆にタイ側には堆積作用が起きている。

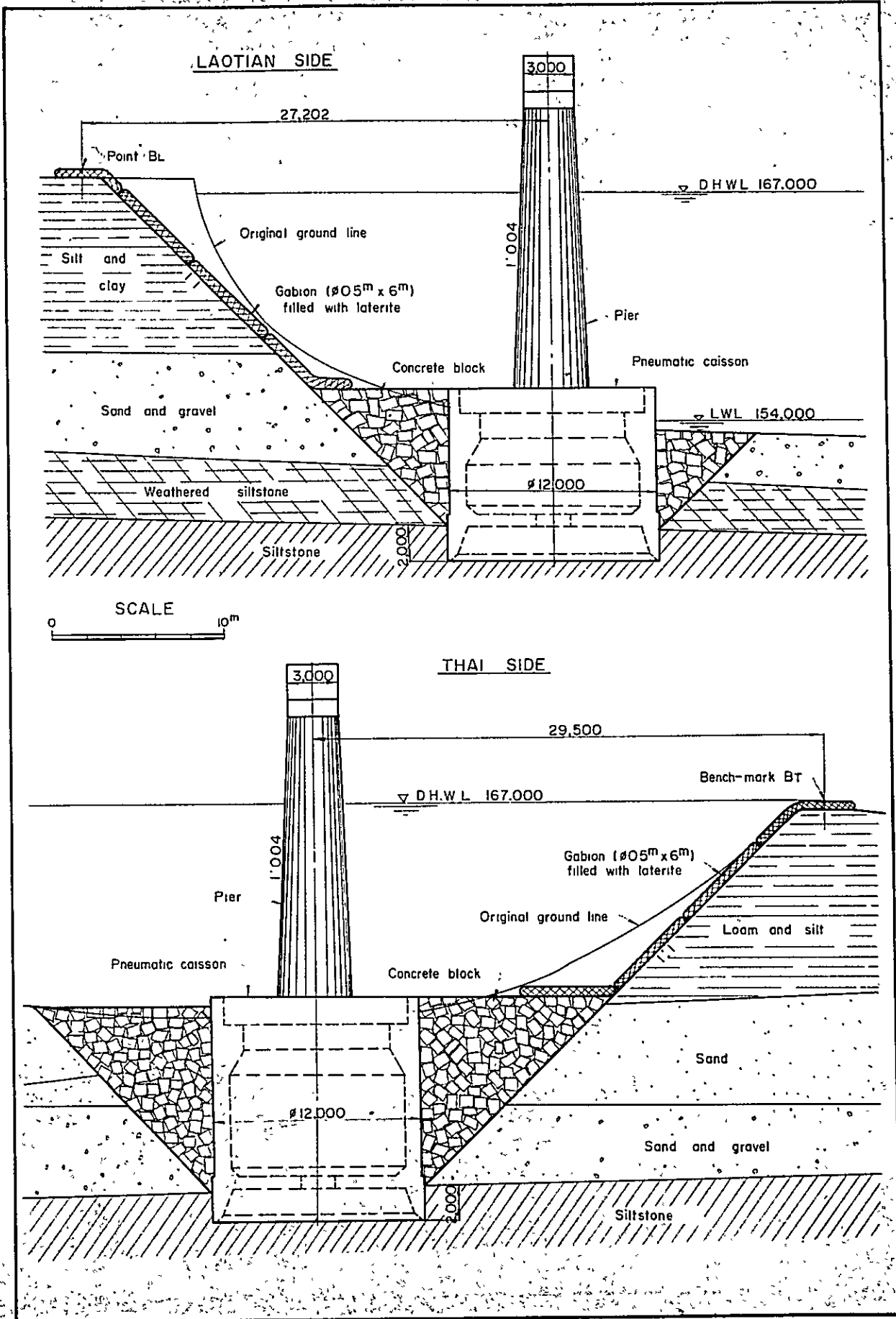
河岸浸蝕は現在1年に20cm程度と推定される。

もし橋脚をこの河岸に近い所に築造すると浸蝕作用は溜々増大すると思われる。従って道・鉄併用橋は岸の上6mのところに設け橋脚は最も岸に近いところで約30m離して建てるように設計した(図35参照)。しかしこの橋脚により乱れた河の流心が浸蝕活動を激しくすることには避けられず、従ってラテラト塊の捨石や蛇籠、あるいはコンクリートブロック等による護岸工事が必要となる。

調査団が第一次調査中、ウエノカ、の上流約6km地帯で取水塔周辺の乱流による浸蝕状態を調査したが、この塔の上、下流は共に50m程度にわたって通る所、浸蝕を受けていることが判った。これについては第二章5節に詳細が述べられている。この貴重な資料は本プロジェクトにおいても適用できるものであるが、架橋地帯周辺の地域条件を考慮した浸蝕作用に関する賢明な対策が確立されることを勧める。それにはまず最も河岸に近い橋脚を1本建設して見て、1雨季おいた後その浸蝕の程度を確かめてから行なうべきである。なお護岸作業は断えず浸蝕状況を調査して、怠ることなく毎年補修に努めねばならない。幸い陸上部の橋脚は河岸から40mも離れて建てられるので、例え護岸設備が施されなかつたとしても数年は被害を受けずに済むと思われる。

このような考察の基に護岸工事の費用は臨時費及び予備費の中に入れて推定された。例えは図35に示す蛇籠による護岸工事は約US\$40,000と推定される。この場合護岸工事はラオス・タイ両岸共に上流に50mづつ施工される。

Fig 3.5 BANK PROTECTION



3.1.5 河床洗掘

第=章2.2節に述べた如く、河床部の試験調査の結果によ
り、ラオス側は3~5m、タイ側は7~10mの厚さで沖積層
があり、その下に風化したシルト岩、さらには硬いシルト岩がある。

橋脚によって起る河床洗掘作用は一般にメコン河の流量
が増し、流速が大きくなる雨季に最も活発になる。乾期に及ぶと洗
掘は少なく、この期間には雨季に洗掘された部分にシルトが堆積す
るものと懸わられる。この現象が毎年繰り返される。

調査団は第=次調査においてこの洗掘作用に関する調査を
前に述べた取水塔周辺の河床において行った。第=章2.5節に
述べられた通り塔の下流約10mの本流中央にやや近い部分に
直径20m、深さ4mの大きな窪地を生じていることが判じた。これ
は明らかにこの取水塔において起る洗掘作用によるものである。

この事実から判断すれば橋脚が建つあと、その周辺の砂や
砂利は殆んど洗掘作用によって洗い流されていくと見られる。従って
橋脚をこの洗掘作用から護るには硬質シルト岩を表面より2m掘
削してその上に橋脚基礎を固足させる必要がある。これは一般に
マリンフケーソンを採用すべきである。一般に基礎岩盤の支持力は
その周辺下けを考慮した場合場所的にそれほど劣っているとは見られない。
試験調査によるシルト岩の採取試料を見るとメコン河のシルト岩は非
常に硬く、シルト岩を2mしか掘削しててもこの深い洗掘作
用から充分橋脚を護ることは可能である。従って橋脚基礎として
はシルト岩を2m以上掘削する必要はないと推定される。

① 架橋地帯におけるメコン河の流速は乾季が0.5~1.0/sec
及び雨季が2.5~3.0/secと推定される。

この橋脚による洗堀作用に対しては毎年調査を行ない、橋脚の保守にはラテライト塊や石材あるいはコンクリートブロック等が必要に応じて投入する必要がある。

このように河床洗堀に関してはプロジェクトの運転及び維持の段階において解決されるはならない問題が多く、従ってこの洗堀に関する費用は臨時費と予備費の中に含めて推定された。初期の段階で必要な費用はコンクリートブロックを投入する場合について推定すると約US\$ 100,000である。

3.2 鉄道の技術的可能性

3.2.1 一般

本架橋計画に道・鉄併用橋が採用されると、タイの国有鉄道東北幹線はノンカイよりこの橋を經て20km先のウエンタン迄延長されることになる。この計画路線の地質は全般に平均以下比較的堅固な地盤から成っており、その工事には殆んど技術的問題を伴わない。

ただしこの土地は水分を含めと膨潤する性質があるために盛土材として好ましい土を手に入れるのが難しい。しかしこの問題はメコン河のそばに見られる砂礫から採取した非常に細かい砂とこの膨潤性な土とを混合することによって解決される。

またウエンタン平原はしばしば洪水によって氾濫する。この異常洪水から鉄道を保護する一つ問題がある。これに対しては施工箇所を鉄道の耐用年数に等しい40年の確率洪水にあっても水没しない高さに設けることが決定され、さらに激しい洪水流に直面する箇所には法面保護が施され、避流橋が設けられる。

鉄道路線の選定はタイ側は既存の鉄道から橋迄距離が非常に短かいので比較検討の必要もない位である。ラオス側は5つのルートが考えられ、それの中の長所短所が検討された。最終選定は

は将来のウエーデン市の発展に寄与するものと判断し、重要な置
いて行なわれた。

3.2.2 路線選定

便宜上、ウエデンの既存の鉄道から橋に連結される鉄道を「取
付鉄道」と呼び、ラオス側で敷設される橋からウエデン迄の鉄道
を「延長鉄道」と呼ぶ。

取付鉄道は既存の鉄道が現在のノンカイ駅の方角へカーブす
る付近から分岐し、半径400mと600mの背向曲線を描いて橋に取
付く。またこれに関連してこの分岐点附近には新しいノンカイ駅が
建設される。この場所はノンカイ市との連絡に非常に便利であり、車の
出入国管理や税関を行なう管理設備と共に持来行政管理の中
心地とびらかま知らぬ。取付道路の路線及び新ノンカイ駅の
位置はプレート2に示されている。

延長鉄道としては3つのルートが考えられた。ルートA及びBは
アミアハイ一〇号線にほぼ近い低地を走り、タトルオンの湿地
帯を通過する。C、D及びC-Dルートはこの湿地帯の西方の高地を走
って湿地帯の最北部を通過し、更にその北を通過するものがある。

前者A及びBルートは鉄道による民衆の便宜を計る目的を持
っており、路線に沿った地域や現在人口の増加しつつあるアミア
ハイ一〇周辺の都市化を促進し得る。一方C、D及びC-Dルート
についてはこれは外国との貿易による物資の輸送に重点を置いてい
る。この路線に沿った地域は樹木の密集した高地であり、民衆の便
宜とか都市化は今かとは期待できない。このようにこれらのルートに
はそれぞれ一長一短があり、第一次報告書においてはBルートが勧め
られていた。

建設費の点からみてA及びBルートは人口密集地帯を通過して既存
の道路との立体交差が多く、そのため建設費が高くなる(表2を参照)。
一方C、D及びC-Dルートは比較的標高の高い、しかも人口の少ない地

域を通るの不等高線に沿って選定された。従って土に費ひは少
程増えず建設費は前のコールドより安い。この5ルートの中
でCルートが最も短く同時に建設費も一番安い。勿次に廉
しいがC-Dルートである。

表 3.2 延長鉄道路線の建設費の比較

ルート	路線長 (km)	建設費 (US\$)
A	19.5	7,600,000
B	18.5	5,300,000
C	16.7	3,900,000
D	19.0	4,300,000
C-D	19.2	4,100,000

ヴィンティン駅の位置はAルートの場合、ヴィンティンの繁華街から
北へ約1kmの所にあり、Bルート及びCルートは約4km、D
ルート及びC-Dルートは約7kmのとこにある。

<1. この建設費には技術費、政府管理費、建設中の利
子等の間接費は含まれない。

<2. 第一次報告書に示したBルートの建設費はUS\$
3,200,000であった。この相違は第一次報告書では鉄
道の施工基準を5年確立高水位に対して安全な標
高に決めたのに対し、第二次報告書ではこれを
鉄道の耐用年数に等しい40年確立高水位で決
めたためである。

Aルートは現在のウエエンチャン市に近すぎず近、将来住宅地、商業地、工業地帯などに囲まれてしまう恐れがある。Bに対して他のルートは位置的には良いところにある。B及びCルートの場合、割を近い場所にあるので現在のウエエンチャン市との関連がらって非常に便利である。またD及びC-Dルートの場合も現在の都市に住む人達には不便な点はあるがウエエンチャンが将来、内陸へ膨張していくには非常に有利である。

ラオス政府はこの延長鉄道がウエエンチャン市の膨張を見込んで現在の都市から比較的郊外に離れた所に駅を設けたC-Dルートを選びたい。このラオス政府の強い要望に加えC-Dルートの建設費が安くあつて近づくプロジェクトの経済的妥当性の研究を経て採用された。しかし、Cルートの駅の位置もまた同じように無視し得ない長所を持っており簡単に乗り換えることはできない。現段階においてはこの二つのルートの中から一つを選択することは非常に難しい。従って近い方々に行なわれるこの二つのルートに関する地形測量成果を検討した後でメコン委員会による最終的な結論が下される事が期待される。

3.2.3 予備設計

取付鉄道及び延長鉄道予備設計はタイ国有鉄道から出されている設計基準に従って行われる。次の表はその主なものの抜粋である。

表3.3 鉄道設計基準からの抜粋

項目	基準
1. 設計速度	最大 90 km/hr
2. ゲージ	1 m
3. レール	80 ポート/ヤード
4. 繫結	弾性鋼高力大釘
5. 枕木	木材 15x20x190 cm 堅木 枕木間隔 65 cm
6. バラスト	砕石 (径 6 cm 以下の石灰石の硬度と高力鋼)
7. 曲率半径	最小 400 m 縦断曲線は橋断可配の 700 倍以上

8. 縦断勾配

山地部 R=400m 以下

1.2% 以下

駅の構内は 1.1% 以下

軌道中心から両側に 40m

9. 通行権

鉄道の軌道と建築物に関するダイヤグラムが図 3.6 に示されている。

予備設計としては次掲げるところが主な項目にわたる。①軌道と土工 ②駅 ③メコン河以外の場所に架けられる橋 ④カルバート

(1) 軌道と土工

現在タイ国有鉄道では 50, 60, 30, 70 号のレールを採用しているが、将来は 80 号レールに置き換えることになっている。ノムパコン川間を走る東北幹線の軌道間隔 1m の単線である。従って本設計において 50 号レールものを使用し、軌道間隔 1m の単線として計画した。枕木間隔は 55cm とし、バラストは碎石を使い、15cm 厚に敷く。軌道標準横断面はプレート 11 に示される。

土工標準断面としては築堤が比較的高く、いはい排水に見舞われるところでは合成断面が考えられた。メコン河から採取する細砂を排水と安定性を増すために盛土中央に置き、周辺部には 1:1 の割合で混ぜ合わせた土と砂の混合物が盛られる。なお盛土は 10% 以上の CBR 値を得るよう十分なバラストリートを確保するように築固められる。この合成断面は吸水膨潤性を著しく減少させることになる。

比較的築堤の低い所ではなるべく良質の土を見つけてこれを盛土砂とする。またこの断面は碎石のバラストを敷くことにより、この計画地域周辺に土に見られるような好ましくない性質を減少させることができる。

切取り断面はプレート 11 に示すように掘削された地表面にバラスト

及びリブハラストの2つの層を区る。サブハラストはハラストの中に直接土が混入しないよう底スロおよび約40cm厚のラテラシ塊をハラストの下に敷くものである。

切取法面は層逸土とし、築堤法面には格子状のラテラシ塊をつめ込みがある。コークリートプロックを並べて法面保護とする。

軌道施設基面は前にも述べた通り、鉄道の耐用年数に等しい40年の確率洪水に対して水没しないよう設計された(プレート11.12.13及び14参照)。最大縦断勾配は1.2%とし最小曲率半径は400mとする。この制限はタイの国有鉄道が行かう将来の改良工事において守らねばならないものである。

延長路線として候補に挙げられたコースのうち殆どがタートルン湿地帯を通るのであるが、この湿地帯は比較的土盤が堅固であり工事上際しての困難な問題は無いと推測される。

タイ側に敷設される取付道路は新ノカイ駅と既存のノカイ駅との間のことか、鉄道とどうしても交差しなくてはならない。道鉄併用橋の場合、道路はこの鉄道と平面を差すように計画されている。タイ国道路局の幾何構造設計基準によれば、交通量が1日4,000台を越える道路が1日6列車以上通過する鉄道と交差する時は立体交差にすべきであると規定している。しかし併用橋の場合、本橋梁を通過する陸定自動車交通量は4,000台を越えるが鉄道の場合、このプロジェクトが完成すると陸定車はすべて新ノカイ駅より分岐して橋を渡り、ウインチャン方面に向かうため、新旧のノカイ駅間は1日わずか4台の本規標準貨車が往復するに過ぎない。

従って道鉄併用橋の場合には平面交差を採用した。しかし道路単独橋の場合には将来1日6列車以上の通過は十分考えられるので道路との交差には立体交差を採用された。

(2) 駅

既存のノカイ駅はバンコクから約600kmに及ぶタイ国東北幹線

の終着駅になっている。しかし、引込の線などの充分な設備がなく、ノ
カイの南約6kmにあるナク駅の設備に頼っているのが現状である。

このナク駅は現在のノカイ駅ができる前は東北幹線の終着駅
になっていた。図7-7に見るようなク駅は運転並みに設備保守等の
施設を有し、現在もなお使用されている。

これらの現状を考慮して既存のノカイ駅を延長する代わりに、このノ
カイ駅に向かて東にカーブを始めて北に新しいノカイ駅を設けて、こ
こから西へ分岐して橋を渡るルートが計画にわた(プレート17参照)。既
存のノカイ駅で行がわわっている旅客に関する全ての業務は、この新ノ
カイ駅に移行されることになる。出入国管理や税関業務は駅舎の
中に設けられた出入国管理事務所で行がわわ、ノカイを通過する旅
客に対しては列車内においてこの行がわわ。税関手続はラオスから
タイミバクからラオスに向かう列車に対してそれぞれ設けられた二本
の引込の線に誘導して行がわわ。

列車の運転、維持のための基地は現在でも十分に利用できる設備
を持ったナク駅を使用する。

既存ノカイ駅を取り扱う輸送貨物のク駅あるいは新しく建設さ
れるノカイ駅からト型輸送貨車によって運ばれる。

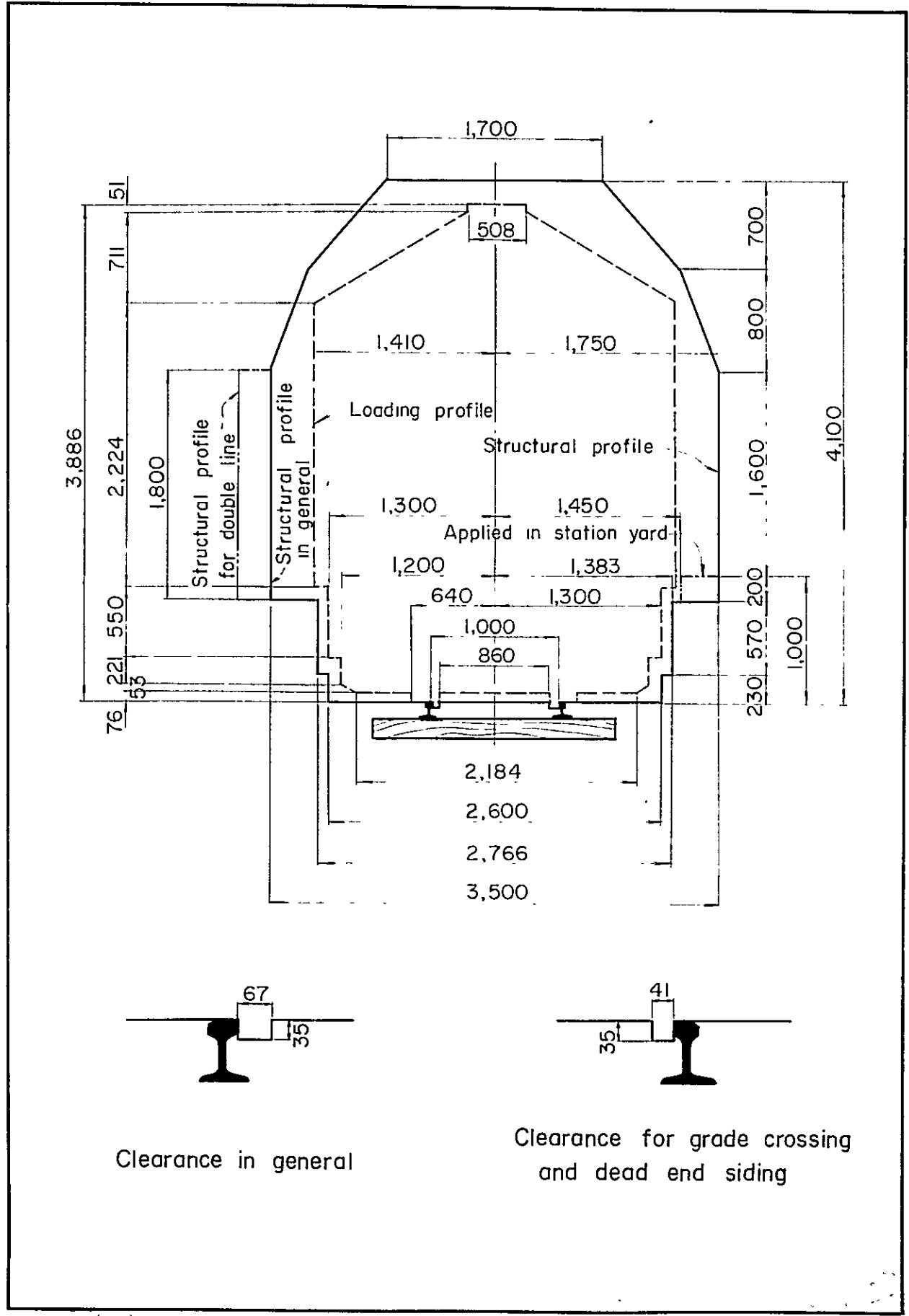
延長鉄道の終着駅としてラオス側に建設されるヴィエンチャン駅はプレ
ート7に示す通り運転設置の他に駅舎には出入国管理事務所
や税関等の設備が設けられる。また旅客、貨物、石油積取り用等
の4つのプラットフォームが設けられる。

(3) 橋とカルバート

ノカイ-ヴィエンチャン間の鉄道路線には途中、溪流や道路を越えるた
り、排水設備としての多数の橋やカルバートが設けられる(プレート15、16参照)。
C-Dルートの場合とみると2箇所は避道橋、3箇所は跨線橋、6
箇所はカルバートが設けられる。

避盜橋は三径間連続桁橋で軌道施工基面が地盤線より比較的高い個所に設けられる。また小径高くなる個所には単純スラブ橋が用いられた。跨線橋は鉄筋コンクリート下形梁の単純径間橋が採用された。カルバートとしては高さ2m幅2m以上のものはボックスカルバートとし、幅が2m以下のものはスラブカルバートとした。

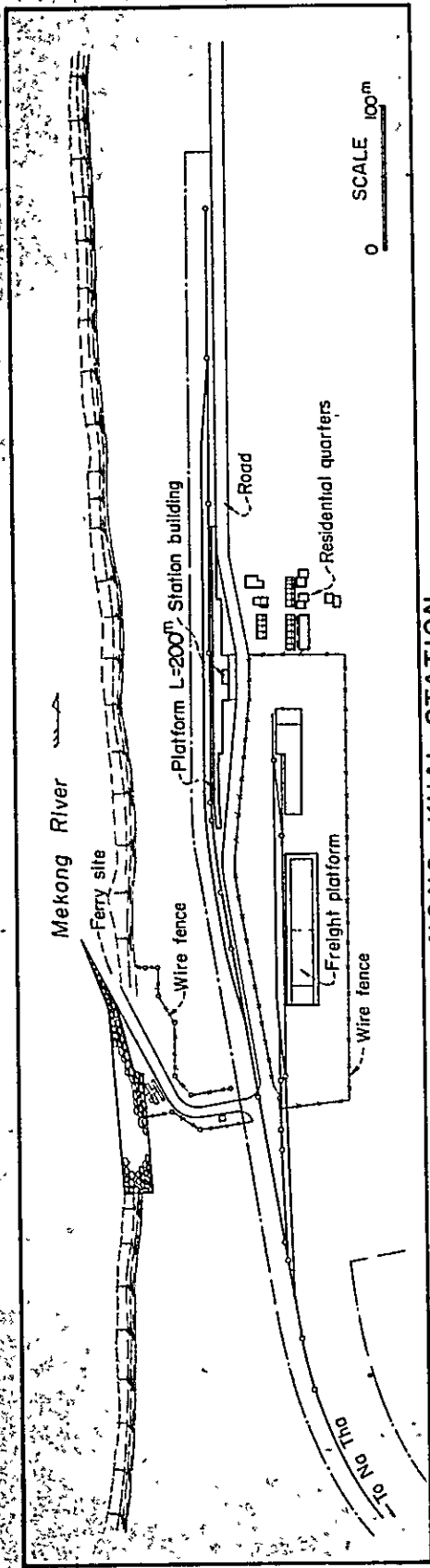
Fig. 3.6. CLEARANCE DIAGRAM OF RAILWAY FOR TRACK AND BUILDING



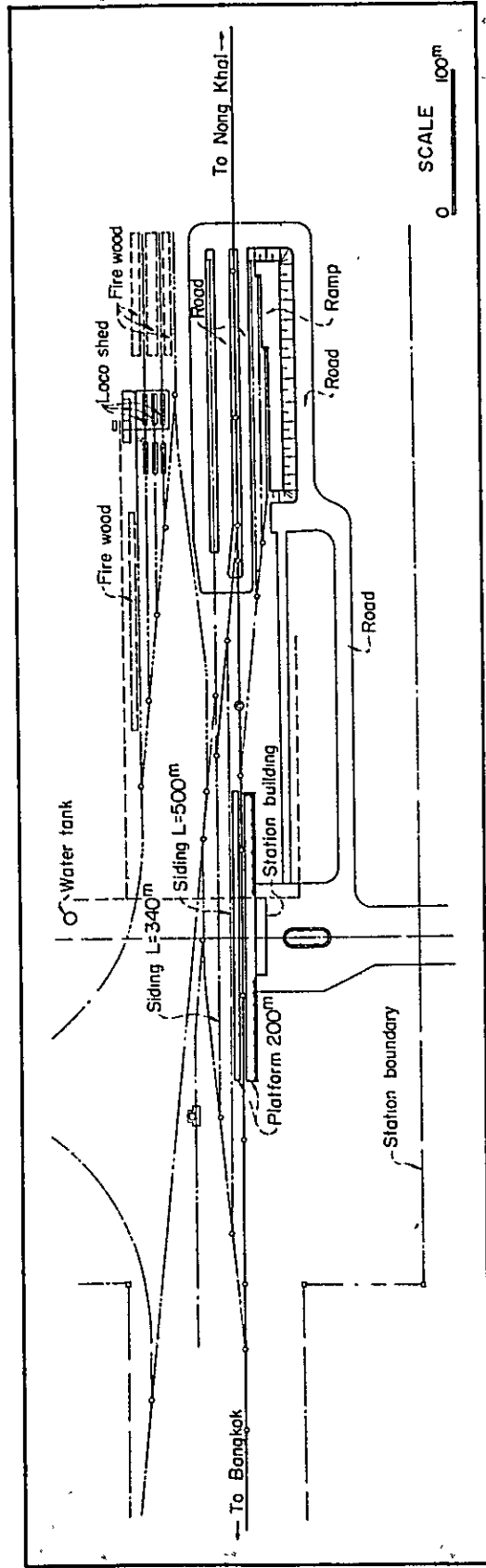
Clearance in general

Clearance for grade crossing and dead end siding

Fig 3.7. EXISTING NONG KHAI AND NA THA RAILWAY STATIONS



NONG KHAI STATION



NA THA STATION

3.3 取付道路の技術的可能性

3.3.1 一般

規定 タイのサラブカノカイ間及ワオスのクレン・クレン間にはアアハハの12号線がある。この二つの同じ使命を持つアアハハを一貫した道路として連結するために橋とその他の取付道路がノカイ市付近に建設されることになった。

この節においてはこの取付道路に関する技術的可能性の検討がなされている。

まず第一に路線の検討が行われ、次節に述べるように多側に建設される取付道路として有利視される3つのルートによって検討された。その結果として候補として挙げられた3つのルートの北方500mの地点でアアハハの一分岐し橋に達する延長5kmのルートが最も有利として採用された。また取付道路に付随して出入国管理事務所、税関、倉庫等を設けた管理設備がワオス、クイ両国にそれぞれ設けられた。ここでは両国間の出入国管理、税関業務、道路管理等が行われる。

第二の検討として取付道路及びこの管理設備の予備設計が行われた。予備設計に関する技術的困難はなかの計画地域の土壌水分を含水と膨潤する傾向があり、この性質が道路盛土材料としての技術的困難の原因となっている。そこで候補として挙げられた3つの路線に沿って各所から土質資料が採集され、土質試験が行われた。これによると水浸することにおいて膨潤性著しく発揮することが判った。そこで取付道路の盛土材料としては改良土を使用することによってその安定性を高める工法が採られた。つまりソイルセメント工法である。現段階においてはこれに対してもまだ充分満足の中程解決が必要とされており、更に今後、ソイルセメント工法に関し、またソイルセメント工法との比較あるいは他の好ましい盛土材料としての供給源を調べるといった検討が必要である。

3.3.2 路線選定

一般に道路の路線は地形とか、用地の利用状況によって、ルートが制約されてくる。地形測量及び路線踏査は、この2つに重点を置いて行なわれた。その結果、タイ側の取付道路として3つのルートが候補に挙げられた。一オラオス側はアアハイタ一ツ云線が河岸からわずか200m程の所を走っているので取付道路の長さは極く短かく、従って特に路線の検討を必要としなかった。

タイ側の3つのルートについては、第2章2.4節及び図2.7に簡単に述べられておるが次の表は各種候補路線の長所及び短所について述べている。

表3.4 取付道路三候補路線の長所及び短所

項目	長所及び短所
1 路線延長	ア1 候補路線 34 km ^{<1} ア2 候補路線 50 km ア3 候補路線 49 km
2 路床(地質)	ア1 候補路線は1層工はルートの途中に湿地帯が多いため、路床の路床としては好ましくない。
3 補償	ア1 候補路線は、沿線に多く通るア1及びア2ルートに比べて好ましい。
4 便利さ	ア1、ア2ルートはア3ルートに較べ、ムカイ市と連絡が容易にできる。ア3ルートは将来の取付道路を町迄延長する場合は既存の鉄道を越えるための跨線橋工事が必要ならぬ。

更に、ムカイ市の膨脹に伴い

つて20~30年後の将来このオ
 ーランド市の核心部に国を
 しよう案がある。1. 飛行機
 の意見としてもこのようなルートは
 好んでいなさうである。
 2. 反対がオランダにカイ飛
 行場附近を通過する。

5. 諸施設との関連性

タイの航空局によって取付
 道路が既存の鉄道とこのカイ
 飛行場との間を通過しても良
 いという公式の許可が下された。
 また当局の国際基準をこのカイ
 飛行場の場合に適用してみ
 ると滑走路の離陸上昇面は
 取付道路の建築限界にから
 ない(図3を参照)。

現時点において各ルート
 に関する道路及び鉄道の工事
 妨げる障害はない。

以上3つのルートの中でオ2ルートが最も長く、建設費もまた高い
 と思われる。従ってこの点での有利性はないが、上表による総合
 的な見地に立った比較検討から判断してオ2ルートは最も有利
 な路線といえる。このオ2ルートは鉄道との平面交差を避けるた
 めにタイ側から橋を渡った後、ラオス側においては大ジャン
 と反対方向へカーブしてアジアハイウェイに乗り付く。

注 <1> この路線延長には管理設備も含まれる。

3.3.3 予備設計

取付道路及び管理設備の予備設計はタイ道路局の "GEOMETRIC DESIGN STANDARDS FOR TWO-LANE PRIMARY HIGHWAYS (RURAL)" の規定に従って行なわれた。AASHO 及び日本の道路設計基準を大部分適用された。

表 3.7 にはタイ道路局の設計基準の抜粋が述べられており、また図 3.9 には取付道路の建築限界が示されている。

3.3.3.1 取付道路

ラオス、タイ両国を走るアソアハイウェイ-12号線は二車線道路であり、従って取付道路もまた同じ二車線道路で計画された。

取付道路に採用された横断面は既にアソアハイウェイ-12号線と同じ形である(プレートを参照)。

車道	二車線	7m
路肩	両側	2.5m
横断勾配	車道	2%
	路肩	3%
法面勾配	盛土	1:2
	切土	1:1

縦断勾配は地形に大きく左右され、この地域の地形は全般に平坦あるいは緩やかな下りであり、取付道路の施工基面も殆んど水平である。道路が橋に連結する箇所は最大4%勾配に制限され他に2箇所1%勾配の部分があるだけである。

曲率半径はタイ側で50m、ラオス側はアサハの側一カ所片の平
 べとけと通っている関係で管埋設備の建設を考えると110mに制限される。
 既存の原付ハイウェイは70km/hの速度で走行することが可能であるが現
 在は50km/hに制限されている。もし取付道路の設計速度を50km/h²¹
 として車道の片勾配を設けないとすれば最小曲率半径を420m²¹
 以上と設計しなければならない。

タイ側の取付道路はこの条件に従って曲率半径を500mに設計
 された。ラオス側の場合を考えると車道の片勾配を6%に昇って設計速度
 を50km/h²²に決めた。

タイ側の曲率半径500mの間線部においては車道幅を必要としな
 がラオス側の110mに対しては車両が他の車線に入らなっていて回転す
 るために必要な0.5mの余裕幅を設けるべきである。

道路施工基面はこの地域の10年確率洪水に対して水位17mより
 1m EL 147.5mより高い標高と設計された。更にこの10年確率洪水に
 匹敵するようなスロウダウンが起るとラオス側のアサハの側一カ所は
 通行不能となる。

取付道路横断面はこの沿線が持つ好ましくない土の性質を考慮
 してプレート外排水断面が設計された。雨が落ちた水は車道に運ばれて
 いる通り、この排水線の下層はタイ側にも垂れて運ばれているように排水
 してあり道路の盛土材としては好ましくなく最適含水比の状態でほかの
 リン剪断強度を持つ。この二が一度水浸すことにより強度を著しく低
 下させることが判った。

21 横断り摩擦係数を0.12として計算された。

22 この場合横断り摩擦係数は0.14に採られた。

取付道路の断面はこのような見解のもとで設計されたものであり、切取断面に対しては5cm厚のコンクリートコース、15cm厚のベースコースとして30cm厚のサブベースコースと173mmのコースによって構成された。路肩は安定処理工法として20cm厚のソイルセメント層によって構成される。また、歩道個所に対してはまた切取個所の場合と同様に構成で設計されている。舗装は上に述べた3つのコースによって構成されている。監工の場合、切取個所と違うところは舗装の下に路盤という層が設けられる事で、この路盤はある程度条件の良い地盤(路床)の上に最適含水比で可能な最も高い剪断強度を得るよう築堤をせねばならぬ。路肩もまた同じ工法によりソイルセメントを築堤する。ソイルセメント工法は最適含水比の状態を永久に保ち雨や地下水の浸入から路盤を保護する役割を果たす。

舗装及び路肩の修正 CBR 値を次の表に示す。

表 25 舗装及び路肩の修正 CBR 値

項目	修正 CBR 値 (%)
1. ベースコース, 15cm 厚	80~90
2. サブベースコース, 30cm 厚	20~30
3. 路盤	5~10

舗装には一般に碎石が用いられるが計画地域附近から取付道路の建設に必要な 45,000 m³ の碎石を得ることは難かしい。従ってこの代りにメコン河の川砂や川砂利を適用することが考えられる。この事が着工される前に詳しい調査を行ない好ましい粒度分布に収まる砂、砂利を採取してこの試料が上述の CBR に類似するものであるかどうかを確かめることがどうして必要である。もしこの試料が好ましい値を示さなかった場合はこの川砂利を砕いて使うとかセメントミルクを混入して強度を増したりまたは他に適当な採取地を探さなければならぬのである。

21. 修正 CBR テストは日本工業規格に従って行われた。

次に道鉄備用橋に於ける取付道路がタイ側の既存の鉄道と交差するに平面交差を採用した点について述べる。橋を渡ってエントランスに向かう延長鉄道路線計画はタイの国鉄東北幹線が既存のノカイ駅方面へ東にカーブする。台架附近から分岐する計画であり、新にカイ駅への分岐線附近に建設される。従って既存のノカイ駅と新にカイ駅との間には将来分岐線となり、その列車本数は極度に減少するであろう。推定に於いてノカイの列車本数として、貨物列車が約4本に過ぎない。取付道路はこの分岐線とノカイで交差することになるが表3の項に述べる通り立体交差にする必要はないという結論に達し平面交差で設計された。

最後に取付道路の容量が決まった。一車線道路の交通容量は基本交通容量、可能交通容量、及び実用交通容量の三種に分類される。

基本交通容量とは道路条件と交通条件が完全に理想的である場合に、ある地帯を通過し得る1時間1車線当りの最大の車両台数をいい、且道幅員7mの2車線道路では時間当り3500台に相当する。

可能交通容量は運転条件に及ぼす影響、例に於て遅滞による危険性とか自由な走行等を考慮し、かつ規定に於て道路条件と交通条件の下である地帯を通過し得る1時間1車線当りの最大実用車台数を云い、可能交通容量が基本交通容量と違う場合は一般的に道路条件と交通条件による違いであり、後者余裕の不足とか混合交通により基本交通容量が制約を受けたものである。混合交通は普通設計交通容量に於いて荷重でのトラックの混合率(トラック当量)で表わされる。本プロジェクトの取付道路に於いては、このトラック当量が25%であり、この混合交通による交通量の低下率は20%と推定される。なお、本取付道路の路肩は充分広く設計されているので側方余裕による影響²¹はないと思われる。従って可能交通容量は2,000台と推定される。

21. 橋の上を走る道路は舗装の終りから側方障害物迄の間隔が両側とも0.5mづつしかない。この側方余裕による影響を生じる。この低下率は15%に相当する。

実用交通容量とは運転者があまり遅滞や危険を感ずることなく運転が自由を妨げられない程度に交通密度の時にある地味を通過し得る1時間/車線当りの最大車両数という。この容量は=車線道路に対して時間当り900~1000台と推定される。

設計交通容量とは設計基準に見出された道路の設計を行なうために用いられる実用交通容量或はその以下の値という。交通が自由且なく流れている所では実用交通容量と設計交通容量とは本来同じものであり数字からみても同じである。従って取付道路の設計交通容量は実用交通容量と等しい値を採用した。

前述の可能交通容量2000台/日を1日当りの台数に換算すると17000台に相当し、この換算係数が0.12である。一方、年間日平均交通量(ADT)をO.D調査の結果から推定すると、道銀併用橋の場合耐用年限の40年後において=輪車を除くと約14,000台であり、道路単独橋の場合には18,000台である。この二つの数字から判断して耐用年数内においてはそれ程大きな増車をきたさず、旧橋の交通の流しが期待できよう。

3.3.3.2 管理設備

本トンカイ・ウエコン橋架けラオス・タイ両国の国境とがっているメコン河に架けられるという国際的な役割を持つ。従って橋を渡る交通は全て出入国手続及び税関の検閲を受けねばならない。この目的を果すべくメコン河兩岸には管理設備が設けられることになった(一ルート二検閲)

21. 此橋の交通が1973年に開始されたとして2012年を指す。

この施設には出入国管理事務所、税関、倉庫、出入国手続や税関のチェックをしたり有料橋の場合なら料金徴収等の業務を行なうブースが他に設備される。この管理設備はプレート22台を23に示されている。タイ側に設けられる管理設備は、約幅10m長さ57mにタイラオス側には約幅10m長さ55mの広さを持つ大規模なものである。この管理設備内の道路は取付道路と同じアスファルト舗装となる。また倉庫としては車線両側に設けられ、タイ側は両向き幅20m長さ100mのものが1個づつ、またラオス側は幅20m長さ140mのものと幅20m長さ60mのものが夫々の車線に設けられる。この規模は現在のタレンのフリー設備にある倉庫を参考にして決められたものである。

橋の上の交通量は次表及び以下の文章に示す。

表3.6 交通量

年	交通量(台)	
	単鉄併用橋	道路単独橋
1973	1,000	1,400
2010	10,000	13,100
2012	14,000	18,000

- 注 (1) この数字には = 輪車は含まれない。
 (2) 2010年及び2012年の推定は概略推定である。
 (3) 現段階では橋は1973年に完成したと推定される。
 (4) 橋は2012年まで継続して使われる。

この交通量を円滑に捌くには併用橋、単独橋に限らず1973年に少なくとも50台のブースを必要とし、2010年には135~45台、2012年には50~60台を必要とする。これは出入国手続、検疫、税関等に要する自動車1台当たりの所要時間を5分と見て、ブース1台が1日に捌く台数を288台と推定したものである。しかしこの管理設備を通る交通の遅滞を考えるとやはり1973年にはラオス、タイ両側の管理設備にそれぞれ1台づつ設置されるべきである。また管理設備には将来の拡張のための空地も設けてある。

ラオスの道路交通は現在、右側通行を採用しており、タイにおいては左側通行が行われている。この両国の通行方向を転換させるにはラオス、タイの両側にインターチェンジを設けることが考えられる。

しかし平橋梁のように国際河川を渡り橋の場合、橋の出入口で行なわなければならないいろいろな手続があり、また少しかかりの時間を要するのに対して円滑な交通が約束されるには限らな。併せてこの場合の橋梁に対してはインターチェンジの持つ機能を充分活用することがあろう。

そこでラオス及びタイの両側に設けられる管理設備の中で経済的が平面交差による転換を行なう方法が考えられた。管理設備は平面交差による転換を行ない、また交通の混雑をなるべく避けつつ、特にその配置に重点を置いて設計された。転換方法としては橋の上の交通を右側通行に移すか左側通行に移す法が考えられるが前者の場合、タイ側で転換を行ない、後者はラオス側で行なう。この二つのケースによる管理設備計画平面図はプレート22及び23に示されている。この二つのケースによる管理設備の比較検討を行なった結果建設費の違いは殆んどなく平面交差により交通の混雑を起す箇所も殆んどその数は同じである。従ってこの二つのケースの長所、短所を比較することは非常に難しい。

あえて二者選択を強いるならば橋の上の交通を右側通行にする前者の場合、後者に比べ交通の混雑の箇所が2、3少なくなると思われる(図3.10参照)。

この様な状況から本報告書においては前者が最終的に採用された。

Fig. 3.8. RELATION BETWEEN THE TAKE-OFF CLIMB SURFACE OF THE RUNWAY AND THE NECESSARY VERTICAL CLEARANCE FOR THE ACCESS HIGHWAY

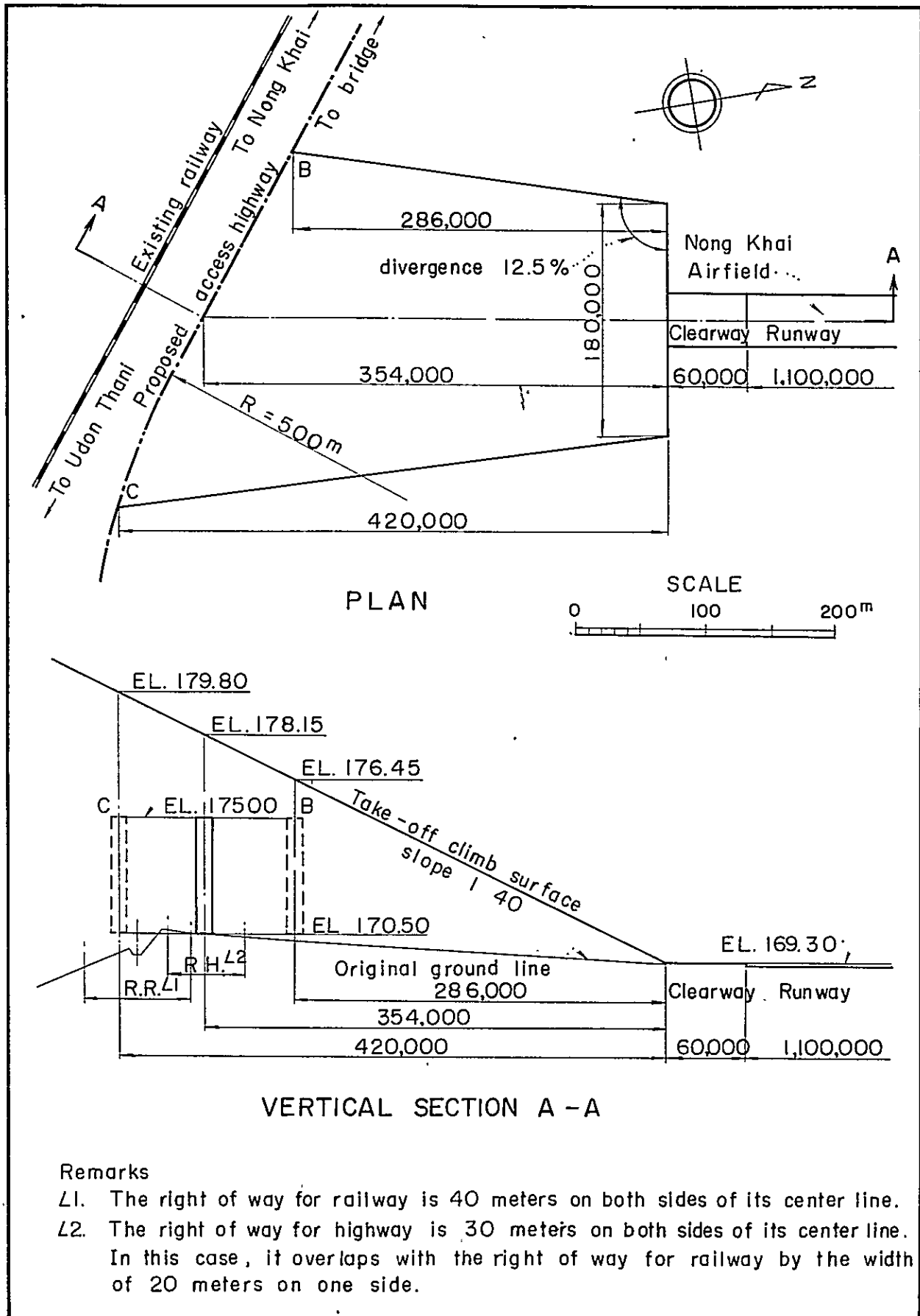


表 3.7 2車線道路の幾何設計基準(地方部)

- 1. 交通管理 : 日交通量 3000 台を越える時
- 2. 道路と道路との交差 : 平面交差
- 3. 鉄道との交差 : 日交通量 6,000 台を越える道路と 1 日 6 車以上
の列車の通過する鉄道とが交差する時は立体交差とする。
- 4. 設計速度 : 80 ~ 100 km/hr
- 5. 最大縦断勾配 : 4%
- 6. 通行権 : 60 ~ 80 m
- 7. 建築限界 : 同 3.9 参照
- 8. その他 :

道路交通量と列車本数との積が 1 日 3500 台を越える交差には自動信号機を設置する。

項目 \ 等級	1	2	3
年平均日交通量	8000 ~ 4000	4000 ~ 1500	1500 以下
車道幅員 (m)	7.00 ~ 6.50	7.00 ~ 6.00	6.00
路肩幅員 (m)	2.75 ~ 2.50	2.50 ~ 2.25	2.00

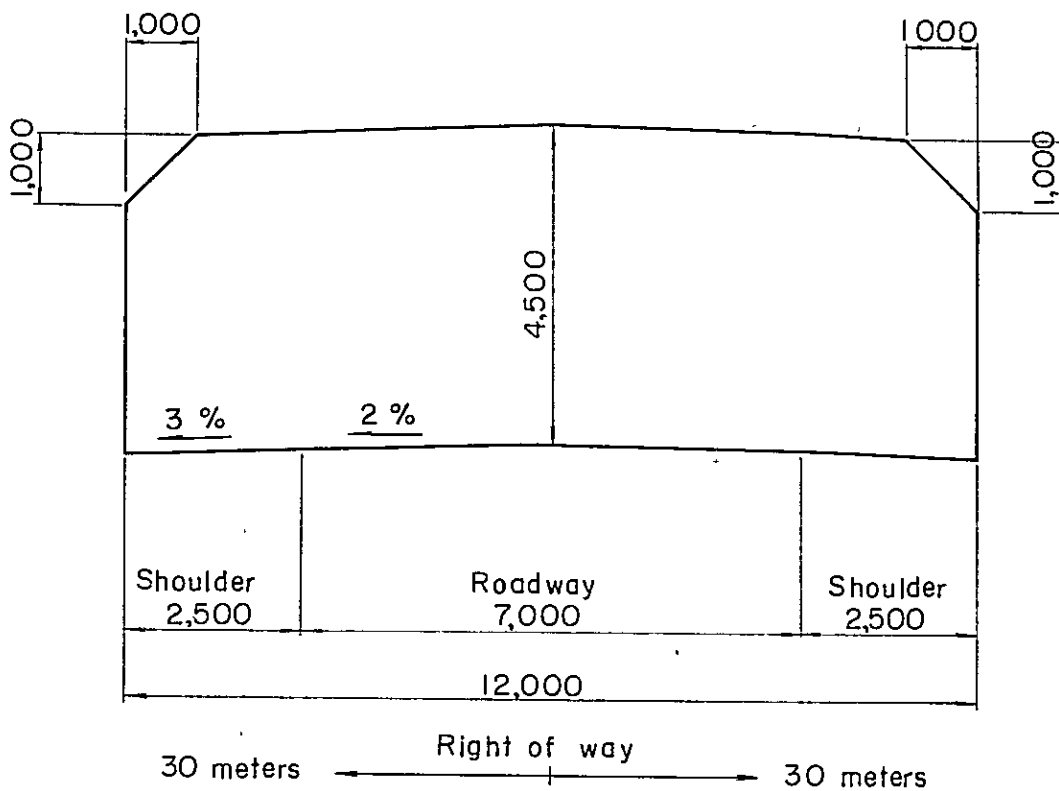
注 外国道路局の設計基準より抜粋されたものである。

3.4 工事計画

東南アジア地域は全般にこの地域特有の季節風による影響を多く受けており、不天候が外土も大例外ではない。建設作業は雨季の降雨や乾季の猛暑により中断される場合が多い。

橋の工事計画は従ってこのような地域的气象条件に適合させたものでなければならぬ。工事計画の立程表がこの考えに従って回

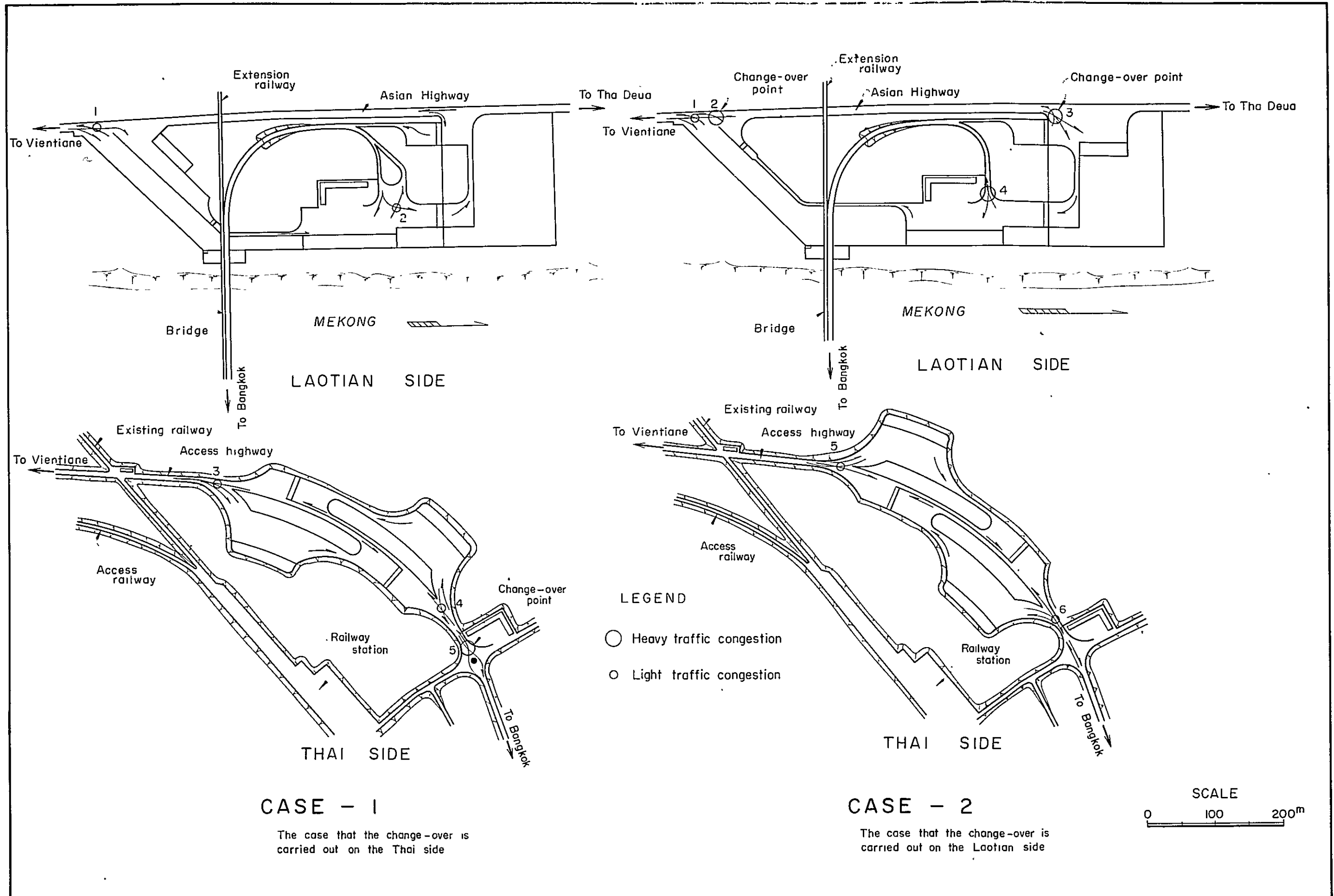
Fig.3.9. CLEARANCE DIAGRAM OF THE ACCESS HIGHWAY



Remarks :

- 1 This is a modified clearance diagram adopted for the design of the access highway. Modifications were made on the clearance diagram of the Japan Highway Standards, taking account of the figures designated by the Highway Department of Thailand.

Fig. 3. 10. CHANGE-OVER BETWEEN THE LEFT AND RIGHT



3月に示す如く作成された。作業は11月から翌年4月迄の乾期に集中して行なわれる。実際に行なわれる工事期間は2年であり詳細設計から入札迄の準備期間として約1年半を要する。

全長720mのメインラス橋の下部構造として設計された所の橋脚及び橋脚基礎は2回の乾季を利用して建設され最初の乾期の1側の6ヶ所が完了すれば2度目の乾期にラオス寄りの残り5ヶ所が建設される。ニューマチックケーソンをメコン河に沈設するには河岸ブリーダーを造りそれをボートで現場迄運ぶ方法が考えられるが乾季のメコン河は水位が低く運ぶことができない。最も妥当な方法としてはケーソンを建てた3箇所を矢板で仮締まり、この中にメコン河の細砂を盛り人工の田堰を築きこの田堰の上でケーソンを造って河床に沈める方法がよい。建設機械を運んだり現場を組立てたりするための仮設橋が必要だが工事期間中メコン河の舟運が妨害されることを考慮してこの仮設橋はラオスとタイを結ぶために舟運のための通路を設け連結される。

メインラス橋の上部構造の組立ては固定フレームとして組立てられ、タイ側のカノ管間上部弦桁の上に木製のフルクレーンを設置してこれを移動させて片持梁の形をとりまき組立てる方法が好ましい。

鉄道工事に対し、とりかき直せることはできないが、ブロッケ周辺には高い耐摩硬度を持つバラスト材料が見つからないという問題がある。サブグラーが好ましいものが採れるのでこれを利用するかも知れないが、場合分け雨等のうちにバリーアライズに運んでおく必要がある。

道路工事としては雨季の始まる1ヶ月程前に築堤工事を終えておかないと雨水が浸透して盛工材が膨潤してしまう。これはタイ側の取付道路沿線に得られる盛工材が水分を含みと著しく膨潤するという好ましくない性質を持っているためであるが同時に最適含水比の状態を保持するかなり良質の盛工材ともなる。

仮設工事は便宜上架橋地裏附近のメコン河兩岸に設置される。仮設備としては宿舍、工事用配電設備、配水管の附設等

が挙げられる。図312はこの仮設備の平面図である。

現在、架橋地裏のラオス側には有効な工事用電源がない。タイ側からはホーチン省発電所と近く見られるナムナム発電所の電力を引くことが出来る。

骨材クラッシュは乾期に必要なコンクリート骨材はもとより次の雨季に必要とされる骨材と同時に、乾期中に準備できる能力を持たせる必要がある。

外国から輸入される建設機械、設備、資材等はバンコクからノカイに至る約600kmの距離をタイの国鉄東北幹線及びアパハイローの2つのルートによって運搬される。現在この輸送ルートには、この運搬のために増強しなければならないという橋はないが、既存のノカイ駅は建設用機械の積卸しに対して増強しなければならない率が多々ある。特に大型のクレーンの設置や積卸し場の増強が望ましい。

ラオス側で使用される資材に対しては、乾期のより運搬能力が著しく低下するのをなるべく雨季を利用してノカイからフリードケレンに運ぶようにするべきである。

3.5 建設費

オノ及びカニ次調査中、主にウエンチャン、カニを結ぶ地域に対して、資材・労働が貨物等建設費の仕訳としての各項目のコスト調査が行なわれた。

調査結果と予備設計に基づいて算出された数量から道・鉄併用橋の場合の橋の建設費を推定し、表3.5に示した。建設費は主が項目に仕訳して現地貨幣で支払われるものも含めて全て米ドルで与えられた。関税はこの推定には含まれておらず、通貨交換率は1ドル=20.5バーツ=500キープの比率で計算された。

推定に用いられた単価は将来の物価上昇を見込んで充分検討された。

竣工費は表3.5に示される如く、道・鉄併用橋の場合約20,000,000 US\$と推定された。カニ次報告書での推定額は15,100,000 US\$であったが、この差は次の理由から納得できる。(1) カニ次報告書で採用していた二車線道路の一車線と単線鉄道を共有するという案をとりやめてカニ次報告書では別々に分ける案が採用されたため、橋の有効幅員が広がった。(2) カニ次報告書では橋脚基礎として簡単なフーチングが考えられていたが、初後の検討でニューマチックケーソンにかえられた。(3) プレートリ、及び1.5に示される通りカニ次調査の結果、道路・鉄道に使われる盛土材料が膨潤性という好ましくない性質を持つということが判明し、そのための対策として安定処理工法等が考慮された。(4) プレート2.2が3.3に示す如くラオス、タイ両側に交通の流れを円滑に保つような管理設備を設けた。

この差の理由のうち(1)、(3)、(4)は、ノンカイ築橋地帯だけでなくウエンチャン、及びパモン地帯においてもいえることであるが、(2)の理由はノンカイとパモン間、及びウエンチャンとパモン間では共通である。かみ知れたい。

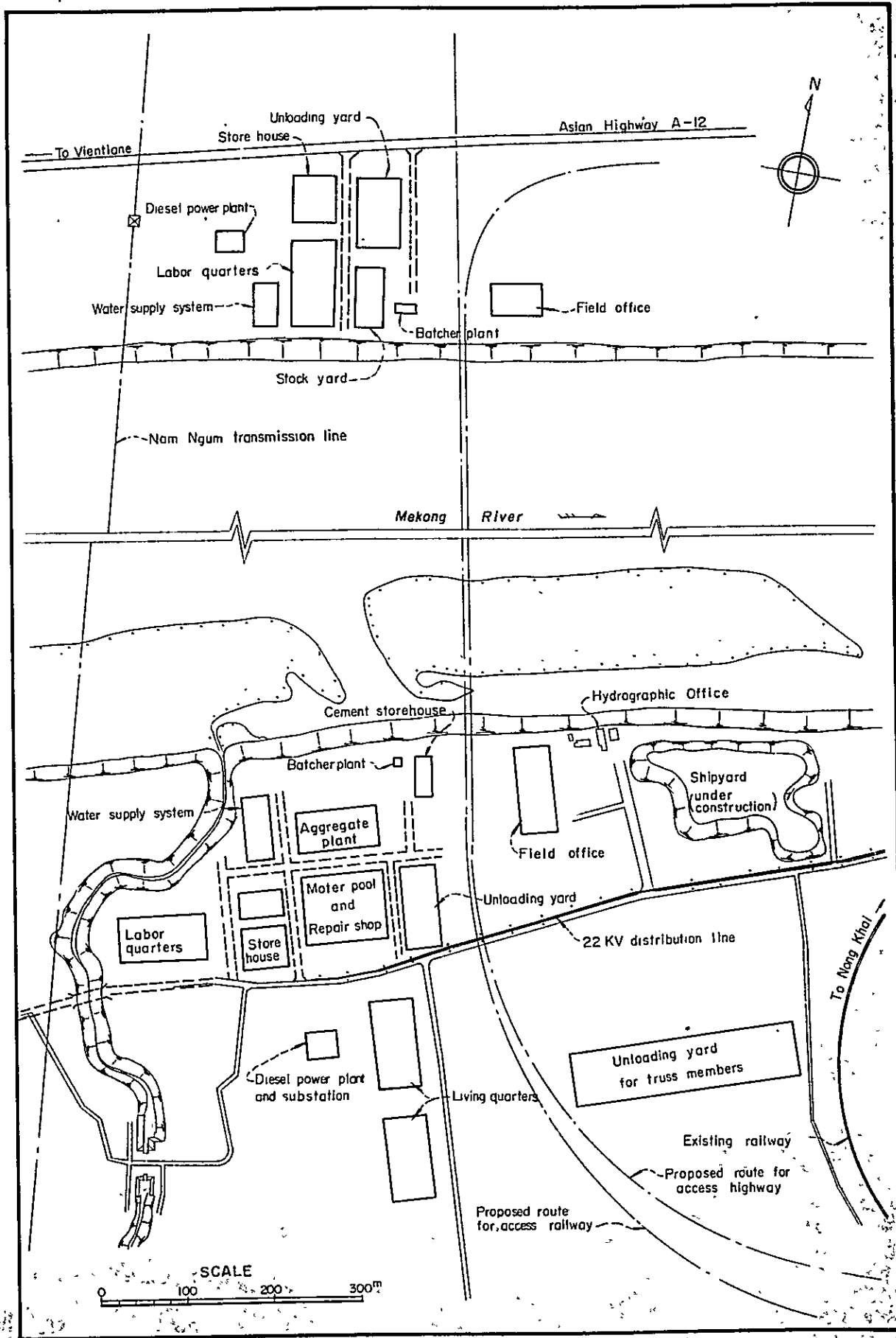
例之、それが共通した理由でないとしても、統一費から推定さ
 れた年経費のノロも影響を及ぼして、従って、ノカイは
 他の方の築橋候補地より依然として有利であることが
 強調される。

Table 3.8. Construction cost

(In the case of a rail/highway bridge)

Item	Construction cost (US\$)	Remarks
<u>I. GOVERNMENTS' PREPARATORY WORKS</u>	<u>1,000,000</u>	
1. Construction facilities	400,000	
2. Land and rights	600,000	
<u>II. MAIN CONSTRUCTION WORKS</u>	<u>13,500,000</u>	
1. Bridge	(6,200,000)	
(i) Steel truss bridge	(5,400,000)	720 m. long
Superstructure	2,600,000	
Substructure	2,800,000	
(ii) Access bridges ^{/1}	800,000	^{/1} Including plate girder, composite girder, rigid frame and hollow slab bridges
2. Highway	(2,200,000)	
(i) Access highway	1,000,000	
(ii) Administrative facilities	1,200,000	
3. Railway	(4,900,000)	
(i) Access railway	800,000	
(ii) Extension railway	4,100,000	
4. Permanent residential buildings	200,000	
<u>III. ENGINEERING SERVICE</u>	<u>1,300,000</u>	
<u>IV. GOVERNMENTS' ADMINISTRATIVE EXPENSE</u>	<u>800,000</u>	6% of (I) and (II)
<u>V. CONTINGENCY AND RESERVE</u>	<u>2,300,000</u>	16% of (I) and (II)
<u>VI. INTEREST DURING CONSTRUCTION</u>	<u>1,100,000</u>	6% of (I) to (V)
<u>Total</u>	<u><u>20,000,000</u></u>	

Fig. 3:12. CONSTRUCTION FACILITIES



3.6 経済的妥当性

3.6.1 一般

プロジェクトの可能性追究の一端として経済的妥当性が挙げられ、これが一般にプロジェクトから得られる直接便益と間接便益とプロジェクトに必要な経費といったものに対する経済的評価値によって検討される。

本架橋計画においては渡河交通量の持来の伸び、直接便益、間接便益、経費、便益費用比率、超過便益、内部収益率等について経済評価がなされた。

持来交通量の推定としては最初にO.D調査が行われ、橋が完成する時点の初期交通量というものが推定された。またこの初期交通量が持来交通量の伸びにどのように影響していくかが検討された。

O.D調査の精度という点からして、信頼できる交通量を推定できる限界は20年とされている。従って本プロジェクトにおいて1973年から1990年迄の推定交通量はかなり信頼できる数字と見よう。図3.14に見るように初期交通量はこの期間中ある伸び率で増加していきつつある。また1990年から2000年迄の推定は20年の限界期間を超えているので控え目に推定された。すなわち図3.14に示す通りこの期間の年間交通量は一定の量で増加していくものとして推定された。さらに2000年から2012年迄を推定するに当たって実際にはこの期間中において交通量は伸びていくものと思われるが20年の限界期間をはるかに超えているので、より控えめな推定として2000年以降は交通量は伸びないものとした。

<1> 本プロジェクトにおいては1973年に橋が開通されたこととしている。

<2> 橋の寿命年数を1973年としてプロジェクトの平均耐用年数40年の終りの年としている。

将来交通量の伸びを示すグラフ(図3.4)に示されており、1973、1990、2000年の推定交通量が表5.2に示されている。これらの表は、国によれば1973年から1990年迄の年間交通量の伸び率は平均10%とされており、1990年から2000年迄の年間伸び率は平均4%とされている。

直接便益には走行時間及び走行費用の節約、事故・削減、走行の快適性等が挙げられる。走行時間及び走行費用の節約は、概国内で合理的に推定することができ、その他に関しては大まかに推定することができない。従って直接便益にはこの走行時間及び走行費用の節約分だけ考えた。年間便益は、バス、乗用車、タクシー、大型トラック、中型トラック及び二輪車等の交通要素別に算定した単位便益と橋の利用者がプロダクトの平均耐用年数間に最大の便益を得られるものとして決定された最適料金に基づく推定年間交通量との積として与えられる。

便益費用比率は、この場合も1より大きい。特に年利率3%、償還年限40年の場合利借比において7.3という大きな数字になっており、年利率10%、償還年限20年の場合でも2.17となっている。

一応内部収益率に関して図3.5を見ると有料橋の場合が2.4%であり、無料橋の場合が16.1%となっている。

この数字から判断して本架橋計画は経済的に妥当であり、大プロダクトの経済的可能性を充分保証できている。

3.6.2 将来交通量

橋の箇所にある将来の交通量は、仮想現在交通量と交通量の伸び率を乗じて求められる。

仮想現在交通量は、1967年に橋が開通したと想定して、この計画に関する道路、水陸、鉄道及び航空等の調査による計画地域内の現在交通量を基にして推定された。

交通量の伸びは自然増加に於けるのと架橋という特殊な刺激による交通量の急増(イバク)を統合したものである。

自然増加率に一般に旅客や貨物の動きが元来、地域内の生産活動と密接な関係があるため、生産活動の指標である国民総生産額との関連において推定することができる。すなわち、渡河旅客、渡河貨物及びカバカ到着貨物の交通量がある直線の関係にあるとして推定された。この直線関係は過去のデータ及びカバカ二次調査から得られた調査結果より明らかにされ、次の式で与えられた

$$\left. \begin{aligned} A_E &= -253,313 + 2.324 PL \\ A_P &= -240,743 + 1.713 PL \\ A_{Ck} &= -252,750 + 2.255 PL \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

- ここに A_E : 渡河貨物量 (トン)
- A_P : 渡河旅客量 (人)
- A_{Ck} : カバカ到着貨物量 (トン)
- PL : ラオスの国民総生産額 (1億米ドル)

橋の建設によるイバクは地域間交通の経済的距離の短縮という現象によっておこされる。この経済的距離とは走行時間と走行費用とを考慮して決まらされる。下は地域間の比較距離であり、これによって起る交通量の伸びは2.6節で述べられるGravity Modelの方法によって求められ、その伸び率は次式によって与えられる。

$$P = \frac{T_{ij}(1) - T_{ij}(0)}{T_{ij}(0)} = \left\{ \frac{d_{ij}(0)}{d_{ij}(1)} \right\}^b - 1 \quad (2)$$

O.D調査の結果、指数 b は 1.6209 と推定された。

① Walter Isard 著 "Method of Regional Analysis, An Introduction to Regional Science," John Wiley, 1960 参照

以上の基本的条件において現行スリークワの料金を仮定する
併用橋の場合に於いて仮定現在交通量、伸び率、1973年(建設
完了後1年目)の将来交通量、1990年(完了後18年目)の将来交
通量がそれぞれ求められ表29に表わされた。

1973年から1990年迄の交通量は車種別、鉄道貨物、鉄道旅客と
もそれぞれ一定の伸び率で伸び1990年以降は毎年同じ台数¹だけ伸
びていく。1973年から2000年迄の各年の道路及び鉄道の交通量を表
310に示す通りであるが、2000年以降の伸びを1977年に行われた
O.D調査の結果を以て推定することには非常に難しく、従って、
これ以降は関しては安全側として伸びがなかつたと考えた。

表29に依れば1990年の1日当りの道路交通量は4700台と
なつており、これは1973年の交通量の6.23倍に相当する。また、1990年
の鉄道貨物及び鉄道旅客の1日当り交通量は2,600トンと1,800
トンでありこれはそれぞれ1973年の交通量の4.33倍及び5.33倍に
相当する。交通量の年間平均伸び率は道路交通の場合が11.4%、鉄
道貨物、9.1%及び鉄道旅客が10.4%となっている。

2000年における1日当りの道路交通量は1973年の交通量の9.29
倍に相当する9,000台に達すると思われる。鉄道貨物及び鉄道旅
客²の2000年における交通量はそれぞれ1日当り3,200トン及び2700トン
となり1973年の交通量の6.33倍及び7.55倍に相当する。

1973年から1990年迄の道路交通の伸び率は乗用車とクワンガ最
も大きくこの両者が増えたものが全交通量に対して占める割合は1973年
の45%から1990年の60%と増えるである。大型トラックの1973年から
1990年迄の年間平均伸び率は8.4%であり全交通量に対して占める割合は
逆に1973年の30%から1990年の19%と低下するのである。

<1 年間の増加台数は1967年から1990年迄の年平均増加台数を
適用した。

<2 タイの道路局調べによるクワンガ間(クワンガ)の1962年から1966年
迄の交通の伸びの5.54倍と比較してみても求めて過大推定ではない

さらにまた交通量は橋の料金徴収に大きく左右されるため、交通量と橋の料金との関連についても検討する必要がある。一般に交通量 Q と交通費 C との間には次のような関係がある。

$$Q = F(C)$$

また橋の交通量と通行料金の関係も次式で表わされる。

$$\frac{\partial \lambda_j}{\partial \lambda_f} = \frac{\partial \lambda_j}{\partial \lambda_f} = F\left(\frac{C_{ij}}{C_{if}}\right)$$

ここに θ_{if} : 現行スリー料金徴収する有料橋の場合の交通要素 i の交通量

θ_{ij} : 料金 j を徴収する交通要素 i の交通量

C_{if} : 交通要素 i に対する現行スリー料金

C_{ij} : 交通要素 i から徴収する料金

そして $\frac{C_{ij}}{C_{if}} = 1$ の時 $\frac{\theta_{ij}}{\theta_{if}} = 1$ となり、 $\frac{C_{ij}}{C_{if}} = 0$ の時 $\frac{\theta_{ij}}{\theta_{if}} = \alpha_i$ (極値) となり、

又、 $\frac{C_{ij}}{C_{if}} = \infty$ の時に $\frac{\theta_{ij}}{\theta_{if}} = 0$ となる場合、次のような関係式が成り立つ。

$$\frac{\theta_{ij}}{\theta_{if}} = \alpha_i \cdot \left(1 - \frac{C_{ij}}{C_{if}}\right)$$

$$\theta_{ij} = \theta_{if} \cdot \alpha_i \cdot \left(1 - \frac{C_{ij}}{C_{if}}\right) \quad (3)$$

△1 この式は次のように導かれる。

$$Y_i = \frac{\theta_{ij}}{\theta_{if}}, \quad X_i = \frac{C_{ij}}{C_{if}}$$

$$Y_i = F(X_i)$$

$X_i = 1$ の時 $Y_i = 1$, $X_i = 0$ の時 $Y_i = \alpha_i$, $X_i = \infty$ の時 $Y_i = 0$ という条件においては $Y_i = F(X_i)$ は指数関数でなければならず、これはまた次のように表わされる。

$$Y_i = A^{bX_i} \cdot F(X_i) \quad (1)$$

$$X_i = 1, Y_i = 1 \text{ の時 } b \cdot \log A + \log F(X_i) = 0 \quad (2)$$

$$X_i = 0, Y_i = \alpha_i \text{ の時 } \log F(X_i) = \log \alpha_i \quad (3)$$

$$(3) \text{ 式より } F(X_i) = \alpha_i \quad (4)$$

$$(2) \text{ 式及 } (4) \text{ 式から } b \cdot \log A + \log \alpha_i = 0$$

$$A^b = \frac{1}{\alpha_i} \quad (5)$$

(1) (4) 及 (5) 式から Y_i は

$$Y_i = \left(\frac{1}{\alpha_i}\right)^{X_i} \cdot \alpha_i = \alpha_i^{1-X_i} = \alpha_i^{1-\left(\frac{C_{ij}}{C_{if}}\right)} \quad \text{となる。}$$

変化係数 α_i は日本の道路に関する資料に基づき次式のように表わされる。

$$\alpha_i = \frac{Q_{in}}{Q_{if}} = \left(\frac{C_{if} + C_{if}}{C_{if}} \right) K_i \quad (4)$$

- ここに C_{if} : 交通要素 i の走行費用
- C_{if} : 交通要素 i に対応する現行左り料金
- K_i : 交通要素 i に関する係数
- Q_{in} : 無料橋の場合における交通要素 i の交通量

(3)式における Q_{if} は表3.10に示されている。変化係数 α_i は表3.13に表わされた通り次の3つの項目から推定される。(1)現行左りのみ料金 (2)計画地域の調査結果から推定された走行費用 (3)表3.11に示されるように日本において有料橋が無料に開放されたいくつかの例を基として求めた係数 K_i 。従って料金 C_{if} を徴収する交通量 Q_{if} は Q_{if} と α_i を(3)式に代入して求められる。 C_{if}/C_{if} と Q_{if}/Q_{if} との関係は図3.13に示す料金別の交通量は図3.14に示される。

1973年、1990年及び2000年の無料橋におけるそれぞれの交通量は図3.14に示される。

Table 3.9. Estimated future traffic

(In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges)

Items	Imaginary initial traffic Δ	Future traffic Δ				Growth index			Annual growth rate (%) 1973 to 1990	Daily Δ growth volume 1990 to 2000
		1973	1990	2000	1973	1990	2000			
	1967									
Buses	2	6	32	47	1.00	5.33	7.83	10.4	1.5	
Personal cars	29	68	548	830	1.00	8.06	12.21	13.1	28.2	
Taxis	1	3	26	40	1.00	8.67	3.33	13.6	1.4	
Heavy trucks	187	217	855	1,230	1.00	3.94	5.67	8.4	37.5	
Light trucks	3	7	31	45	1.00	4.43	6.43	9.2	1.4	
Motorcycles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sub-total	122	301	1,492	2,191	1.00	4.95	7.28	9.9	69.9	
Buses	12	28	151	223	1.00	5.39	7.96	10.4	7.2	
Personal cars	56	132	1,058	1,603	1.00	8.02	12.14	13.0	54.5	
Taxis	57	135	1,149	1,745	1.00	8.51	12.93	13.5	59.6	
Heavy trucks	2	4	16	23	1.00	4.00	5.75	8.5	0.7	
Light trucks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Motorcycles	62	146	781	1,155	1.00	5.35	7.91	10.4	37.4	
Sub-total	189	445	3,155	4,750	1.00	7.09	10.67	12.2	159.5	
Buses	14	34	183	271	1.00	5.38	7.97	10.4	8.8	
Personal cars	79	201	1,606	2,432	1.00	7.99	12.10	13.0	82.6	
Taxis	58	138	1,175	1,785	1.00	8.51	12.93	13.4	61.0	
Heavy trucks	95	221	871	1,253	1.00	3.94	5.67	8.4	38.2	
Light trucks	3	7	31	45	1.00	4.43	6.43	9.2	1.4	
Motorcycles	62	146	781	1,155	1.00	5.35	7.91	10.4	37.4	
Sub-total	311	747	4,647	6,941	1.00	6.23	9.29	11.4	229.4	
Freight diverted from ferry	254	591	2,586	3,760	1.00	4.38	6.36	9.1	117.4	
Car passengers diverted to railway passengers	6	18	95	140	1.00	5.28	7.78	10.3	4.5	
Ferry passengers diverted to railway passengers	135	319	1,701	2,514	1.00	5.33	7.88	10.4	81.3	
Total railway passengers	141	337	1,796	2,654	1.00	5.33	7.88	10.4	85.8	

Remarks: Δ Vehicles per day for buses, taxis, personal cars, heavy trucks, light trucks and motorcycles, tons per day for railway freight and persons per day for railway passengers.

Table 3.10. Estimated future traffic for each year
 (In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges.)

Calendar year	Ordinal year	Highway part (vehicles/day)							Railway part	
		Buses	Personal cars	Taxis	Heavy trucks	Light trucks	Motor-cycles	Total	Railway freight	Railway passengers
1973	1	34	201	138	221	7	146	747	591	337
1974	2	38	227	157	240	8	161	831	645	372
1975	3	41	257	178	260	8	178	922	703	410
1976	4	46	290	201	282	9	196	1,024	767	453
1977	5	51	328	228	305	10	217	1,139	836	500
1978	6	56	370	259	331	11	239	1,266	912	551
1979	7	62	419	294	359	12	264	1,410	995	608
1980	8	68	473	333	389	13	291	1,567	1,085	671
1981	9	75	534	378	421	14	321	1,743	1,184	741
1982	10	82	604	429	457	15	355	1,943	1,291	817
1983	11	91	683	486	495	17	392	2,165	1,408	902
1984	12	101	771	552	537	18	432	2,411	1,536	995
1985	13	111	872	626	582	20	477	2,689	1,675	1,098
1986	14	123	985	710	631	22	526	2,997	1,827	1,212
1987	15	136	1,113	805	684	24	581	3,343	1,993	1,337
1988	16	150	1,258	913	741	26	641	3,729	2,174	1,475
1989	17	166	1,421	1,036	803	28	708	4,162	2,371	1,628
1990	18	183	1,606	1,175	871	31	781	4,647	2,586	1,796
1991	19	192	1,689	1,236	909	32	818	4,876	2,703	1,882
1992	20	201	1,771	1,297	947	34	856	5,106	2,821	1,968
1993	21	209	1,854	1,358	986	35	893	5,335	2,938	2,053
1994	22	218	1,937	1,419	1,024	37	930	5,565	3,055	2,139
1995	23	227	2,019	1,480	1,062	38	968	5,794	3,173	2,225
1996	24	236	2,102	1,541	1,100	39	1,005	6,023	3,290	2,311
1997	25	244	2,185	1,602	1,139	41	1,042	6,253	3,407	2,397
1998	26	253	2,267	1,663	1,177	42	1,080	6,482	3,525	2,483
1999	27	262	2,350	1,724	1,215	44	1,117	6,712	3,642	2,568
2000	28	271	2,432	1,785	1,253	45	1,155	6,941	3,760	2,654

1 Tons per day for railway freight and persons per day for railway passengers.

Table 3.11. Coefficient h

Traffic component	Traffic before release for free-of-charge (Q_{io})	Traffic after release for free-of-charge (Q_{in})	Toll (C_{io})	Operating cost (C_{ir})	$\alpha_i = \frac{Q_{in}}{Q_{io}}$	$\frac{C_{ir} + C_{io}}{C_{ir}}$	$K_i = \frac{\log \alpha_i}{\log(\frac{C_{ir} + C_{io}}{C_{ir}})}$
Buses	464	483	249	4,980	1.049	1.050	0.98
Personal cars	3,470	4,328	99	228	1.315	1.434	0.76
Taxis	1,735	2,164	99	108	1.547	1.917	0.67
Heavy trucks	4,361	4,527	190	3,230	1.046	1.059	0.79
Light trucks	3,758	9,180	172	74	2.522	3.324	0.77
Motorcycles	3,275	4,168	45	43	1.559	2.047	0.62
Railway passengers	-	-	-	-	-	-	0.98
Railway freight	-	-	-	-	-	-	0.79

Remarks: (1) The data regarding traffic before release for free-of-charge, that after release for free-of-charge, toll, and operating cost listed above are what are obtained from the highways of Japan.

(2) The values of coefficient K for the railway freight and railway passengers are assumed to be equal to those of heavy trucks and buses, respectively.

Table 3.12. Operating costs and current ferry charges

Traffic component	Typical origin and destination	Distance from origin to destination (km)	Operating cost per km (Baht)	Operating cost (C _{ir}) (Baht)	Mekong crossing facilities	Current ferry charge (C _{io}) (Baht)	Total cost (C _{ir} + C _{io}) (Baht)
Buses	Udon Thani - Vientiane	77	0.88	68	Car ferry	57	125
Personal cars	Udon Thani - Vientiane	77	0.67	52	"	40	92
Taxis	Nong Khai - Vientiane	23	0.67	15	"	40	55
Heavy trucks	Bangkok - Vientiane	647	1.92	1,242	"	110	1,352
Light trucks	Nong Khai - Vientiane	23	0.88	20	"	57	77
Motorcycles	Nong Khai - Vientiane	23	0.77	2	Passenger ferry	5	7
Railway passengers	Bangkok - Vientiane	647	-	120	"	5	125
Railway freight	Bangkok - Vientiane	647	-	460	Car ferry	40	500

- Remarks:
- (1) The current ferry charge of buses 57 Bahts referred to in the above is taken equally to that of light truck because the riding efficiency of buses is too high at present and so will certainly be reduced in the future.
 - (2) The present one-way ferry charge of per-vehicle heavy truck is estimated as follows.
(One-way charge) = $\frac{1}{2}$ (13 tons x 17 Bahts/ton) = 110 Bahts, provided that weight of body = 7 tons, weight of freight = 6 tons but empty on the return way and ferry charge on the round-trip for freight inclusive of body of truck = 17 Bahts/ton.
 - (3) The present one-way ferry charge of per-vehicle light truck is estimated as follows.
(One-way charge) = 40 Bahts + ($\frac{1}{2}$ x 2 tons x 17 Bahts/ton) = 57 Bahts, provided that ferry charge of body per vehicle (one-way) = 40 Bahts, weight of freight = 2 tons but empty on the return way and ferry charge in the round-trip for freight = 17 Bahts/ton.
 - (4) The operating cost per ton for railway freight is estimated as follows.
(Operating cost) = (330 Bahts + 170 Bahts) - (13 tons x 17 Bahts/ton / 6 tons) = 460 Bahts/ton because the present transit rate per ton between Bangkok and Tha Naleng = 330 Bahts, miscellaneous handling costs such as labor cost, tip, etc. = 170 Bahts, weight of freight = 6 tons and ferry charge per ton = 17 Bahts/ton.

Table 3.13. Coefficient of variation α

Traffic component	Operating cost (C_{ir}) (Baht)	Current ferry charge (C_{if}) (Baht)	$\frac{C_{ir} + C_{if}}{C_{ir}}$	K_i	$\alpha_i = \left(\frac{C_{ir} + C_{if}}{C_{ir}} \right) K_i$
Buses	68	57	1.838	0.98	1.82
Personal cars	52	40	1.769	0.76	1.54
Taxis	15	40	3.667	0.67	2.38
Heavy trucks	1,242	110	1.089	0.79	1.07
Light trucks	20	57	3.850	0.77	2.81
Motorcycles	2	5	3.500	0.62	2.17
Railway passengers	120	5	1.042	0.98	1.03
Railway freight	460	40	1.087	0.79	1.07

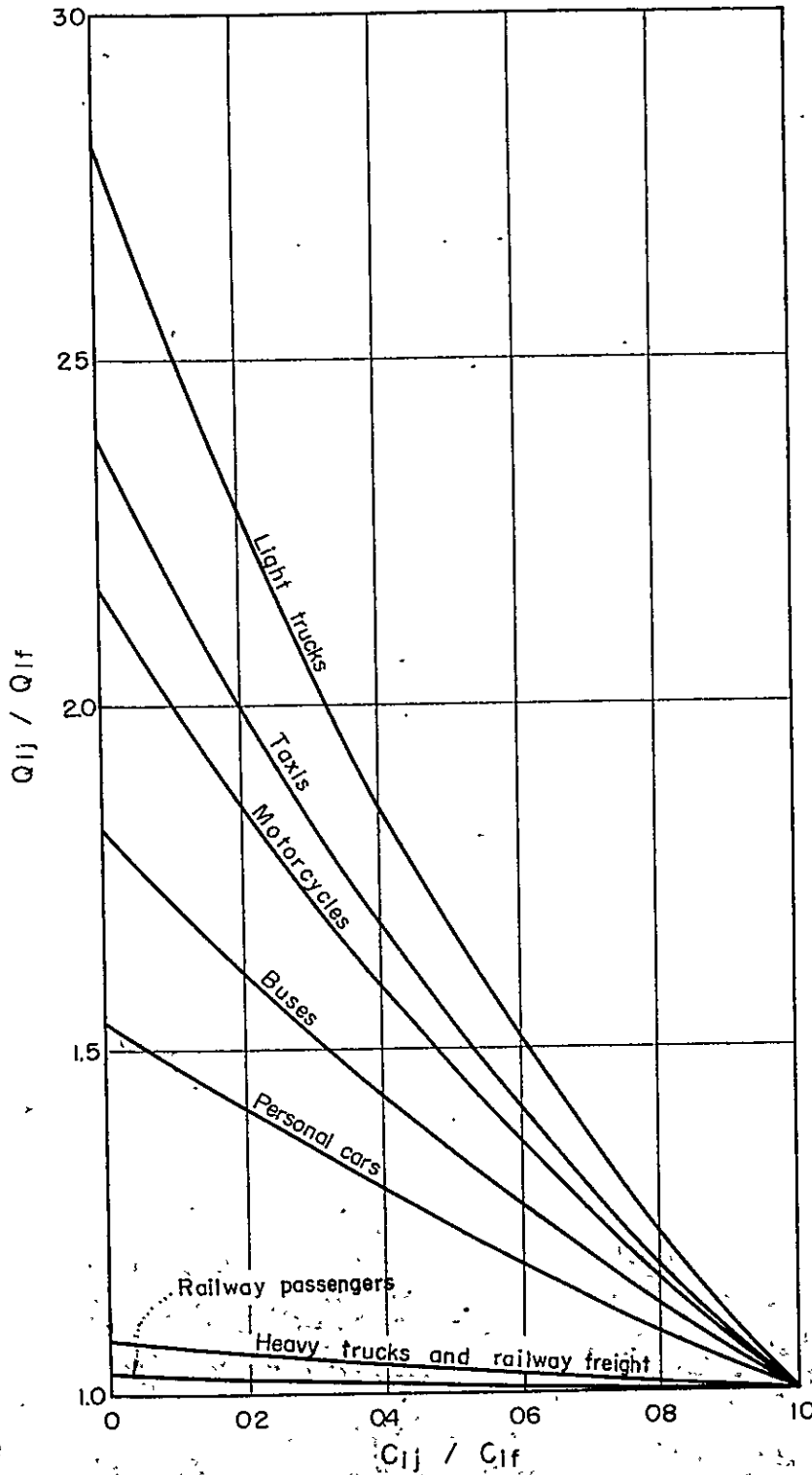
Remarks: The values of operating cost C_{ir} , current ferry charge C_{if} and ratio $(C_{ir} + C_{if})/C_{ir}$ are referred to in Table 3.12.

Table 3.14. Estimated future traffic
(in the case of a non-toll bridge)

Items	Imaginary initial traffic Δ	Future traffic Δ				Growth index			Annual growth rate (%) 1973 to 1990	Daily growth volume 1990 to 2000 Δ
		1967	1973	1990	2000	1973	1990	2000		
Buses	3	11	58	87	1.00	5.27	7.91	10.3	2.9	
Personal cars	36	107	844	1,276	1.00	7.89	11.93	12.9	43.2	
Taxis	2	7	62	95	1.00	8.86	13.57	13.7	3.3	
Car ferry vehicles at present	200	232	915	1,316	1.00	3.94	5.67	8.4	40.1	
Light trucks	8	20	87	126	1.00	4.35	6.30	9.0	3.9	
Motorcycles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sub-total	249	377	1,966	2,900	1.00	5.21	7.69	10.2	93.4	
Buses	22	51	275	406	1.00	5.39	7.96	10.4	13.1	
Personal cars	86	203	1,629	2,469	1.00	8.02	12.16	13.0	84.0	
Taxis	136	321	2,735	4,152	1.00	8.52	12.94	13.5	141.8	
Heavy trucks	2	4	17	25	1.00	4.25	6.25	8.9	0.8	
Light trucks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Motorcycles	135	317	1,695	2,506	1.00	5.35	7.91	10.4	81.1	
Sub-total	381	896	6,351	9,559	1.00	7.09	10.67	12.2	320.8	
Buses	25	62	333	493	1.00	5.37	7.95	10.4	16.0	
Personal cars	122	310	2,473	3,745	1.00	7.98	12.08	13.0	127.2	
Taxis	138	328	2,797	4,248	1.00	8.53	12.95	13.4	145.1	
Heavy trucks	202	236	932	1,341	1.00	3.95	5.68	8.4	40.9	
Light trucks	8	20	87	126	1.00	4.35	6.30	9.0	3.9	
Motorcycles	135	317	1,695	2,506	1.00	5.35	7.91	10.4	81.1	
Sub-total	630	1,273	8,317	12,459	1.00	6.53	9.79	11.4	414.2	
Freight diverted from ferry	262	609	2,664	3,873	1.00	4.37	6.36	9.1	120.9	
Car passenger diverted to railway passengers	7	20	102	150	1.00	5.10	7.50	10.0	4.8	
Ferry passengers diverted to railway passengers	144	341	1,820	2,690	1.00	5.34	7.89	10.4	87.0	
Total railway passengers	151	361	1,922	2,840	1.00	5.32	7.87	10.4	91.8	

Remarks: Δ Vehicles per day for buses, taxis, personal cars, heavy trucks, light trucks and motorcycles, tons per day for railway freight and persons per day for railway passengers.

Fig.3.13. RELATION BETWEEN Q_{ij}/Q_{if} AND C_{ij}/C_{if}



Values of α_1

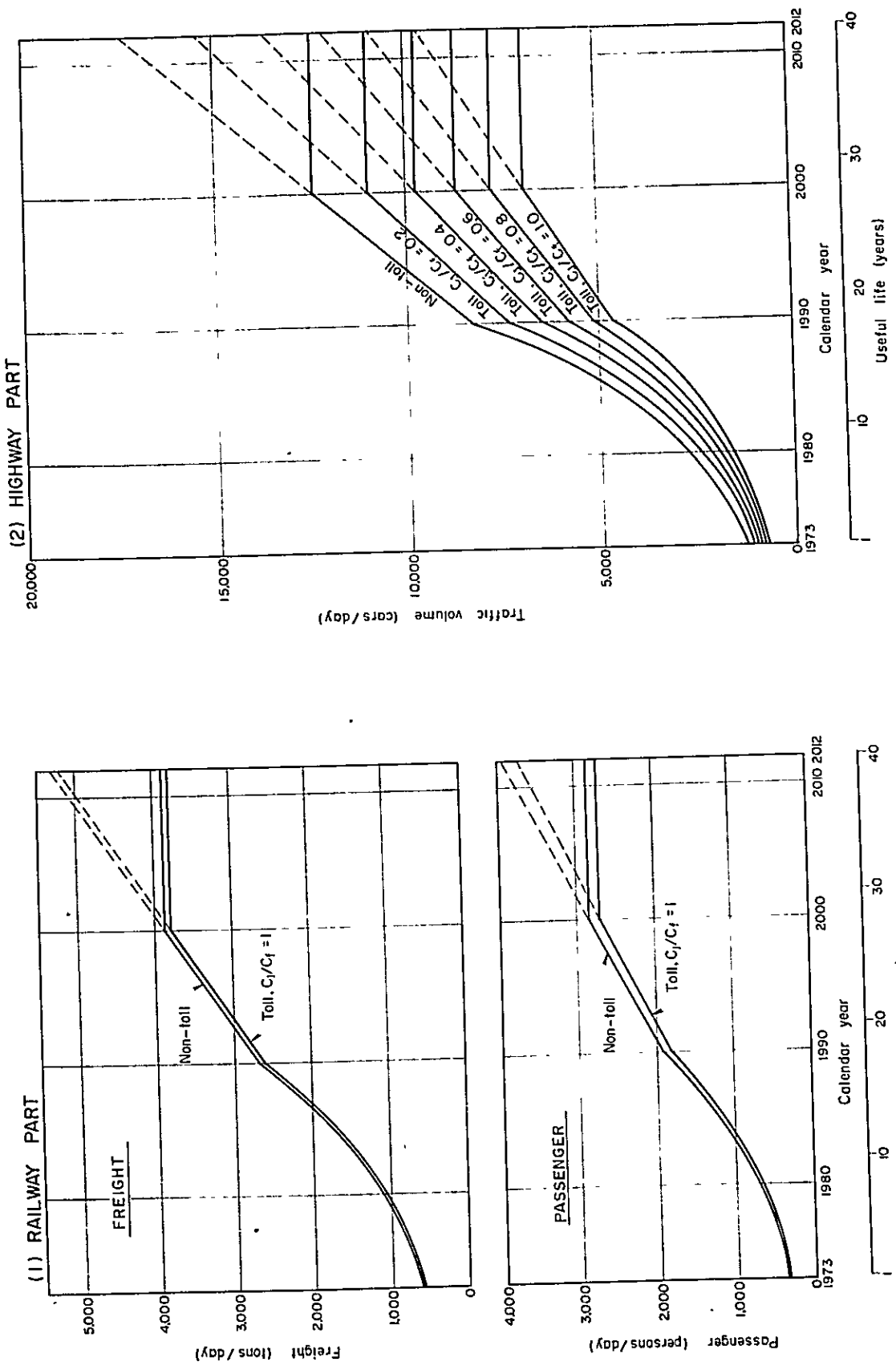
Kind of vehicles	α_1
1. Buses	1.820
2. Personal cars	1.540
3. Taxis	2.380
4. Heavy trucks	1.070
5. Light trucks	2.810
6. Motorcycles	2.170
7. Railway	1.030
8. Railway	1.070

Remarks

$\alpha_1 : Q_{in} / Q_{if}$

$Q_{ij} / Q_{if} = \alpha_1 \left(1 - \frac{C_{ij}}{C_{if}}\right)$

Fig. 3.14. FUTURE TRAFFIC VOLUME (in the case of a rail / highway bridge)



Remarks C_1 = Toll charge of rail/highway bridge
 C_f = Current ferry charge

3.6.3 直接便益

直接便益としては走行費用及び走行時間の節約、運転の経済性、輸送力の増強、事故の防止、走行の快適性等が考えられる。

走行費用及び走行時間の減少による便益をそれぞれ走行便益及び時間便益と呼ぶ。この二つの便益はある範囲で合理的に推定できるが、他の便益は概算ですら評価することはできない。

従って本プロジェクトにおいては時間便益及び走行便益のみについて推定された。

総便益は単位交通量当りの便益に交通量を乗じて求められる。

2.6節に述べた通り、単位交通量当りの便益は走行便益と時間便益とから成り次式で表わされる。

$$B = (c_0 - c_i) - a(T_0 - T_i)$$

単位交通量当りの平均便益 \bar{B} は各地域間の単位交通量当りの便益の平均として次式により求められる。

$$\bar{B} = \frac{\sum f_{ij} \cdot B_{ij}}{\sum f_{ij}}$$

ここに f_{ij} : i 及び j と呼ばれる二つの地域間交通量

B_{ij} : i 及び j の二つの地域間の単位交通量当りの便益

単位交通量当りの平均便益は表3.15のデータを基にして表3.16に求められている。

1973年、1990年及び2000年の規行をりたび料金を徴収した場合は、表3.16に示される単位交通量当りの便益を表3.17及び表3.17に示される日交通量の積として求められる。

年間基準便益は単位交通量当りの平均便益 (\bar{B}) と表3.10に与えら

25
いる交通量(①)に乗じたもの(②)に365日をかけて求めらる(表3.18参照)。

こうして平均便益が求められるが、実際にはこの計算値よりもっと大きな値が得られるであろう。それは次の二つの理由による。

(1) Xコ>河は乾季に入ると減くなるので、現在にカ>分間を運行している左岸のラ>ス側の乗り場は毎年約2km下流の外>に移動される。このために予想外の旅行時間の浪費を招き、利用者の数を低下させている。従って橋が完成すれば、乾期の後半1月から4月迄の4ヶ月間の便益は現在よりもかなり大きくなるはずである。

(2) 輸送品の積み換え中に起る損害等を防ぐことができる。

Table 3.15. Basic data for the estimation of operation and time benefits

(1) Distance of zonal pair

Zonal pair	(Unit: km)						
	Vientiane - Tha Bo, Sri Chieng Mai	Vientiane - Nong Khai station	Vientiane - Nong Khai	Vientiane - Udon	Tha Deua - Nong Khai station	Tha Deua - Nong Khai	Tha Deua - Udon
Existing route	80.6	20.5	22.7	76.6	3.4	5.6	59.5
New route	80.8	20.7	22.9	76.8	5.4	7.6	61.5

(2) Travel time and expenses

Vehicles	Operating cost (Bahts/km)	Speed (km/hr)	Charge for ferry (Bahts)	Waiting time (hours)
Small-sized buses	0.98	72	40	0.5
Large-sized buses	2.49	72	195	0.5
Taxis and personal cars	0.67	80	40	0.5
Heavy trucks	1.92	72	110	0.5
Light trucks	0.88	72	57	0.5

(3) Travel time and expenses for passengers and freight

Items	Travel expenses per km (Bahts)	Charge for handling (Bahts/ton)		Time for handling (hours)		Speed (km/hr)	Charge for ferry or Bahts/ person	Waiting time (hours)
		Nong Khai sta.	Ferry site	Nong Khai sta.	Ferry site			
Passengers by passenger ferry	0.14	-	-	-	-	72	5.0	0.5
Passengers by car ferry	0.22	-	-	-	-	80	13.0	0.5
Freight by car ferry	0.45	12.0	-	3.0	-	72	17.0	0.5
Freight by passenger ferry	0.45	12.0	17.0	3.0	3.0	72	5.0	0.5

(4) Unit time benefit

Vehicles	Calculations	Benefit per hour (Bahts)
Buses	$(45.4 \text{ kips}/24.5 \text{ kips/Baht}) \times (14 \text{ persons/car}/4 \text{ persons/car})$	6.50
Personal cars	$45.4 \text{ Kips}/24.5 \text{ kips/Baht}$	1.85
Taxis	$45.4 \text{ Kips}/24.5 \text{ kips/Baht}$	1.85
Heavy trucks		8.30
Light trucks	$8.3 \text{ Bahts} \times (0.25 \text{ ton/car}/2.69 \text{ ton/car})$	0.77
Freight	$8.3 \text{ Bahts}/2.69 \text{ tons}$	3.10
Passengers	$(45.4 \text{ Kips}/24.5 \text{ Kips/Baht})/4 \text{ persons} = 0.46 \text{ Baht}$ $(2,784 \text{ Bahts}/365 \text{ days})/8 \text{ hours} = 0.95 \text{ Baht}$ $(0.46 \text{ Baht} + 0.95 \text{ Baht})/2$	0.71

Remarks:

- The charge for waiting time of taxi per hour in Laos 45.4 Kips was taken as the benefits of personal car and taxi per hour, and the benefit of bus per hour was obtained by multiplying the waiting-time charge of taxi per hour in Laos 45.4 kips by the ratio of the riding efficiency of bus 14 persons per car to that of taxi 4 persons per car, and then converted into a Baht basis.
- The charge of heavy truck per hour in Thailand 8.3 Bahts was taken as the benefit of heavy truck per hour, and the benefit of light truck per hour was obtained by multiplying the charge of heavy truck per hour 8.3 Bahts by the ratio of the riding efficiency of light truck 0.25 ton per car to that of heavy truck 2.69 tons per car.
- The benefit of freight per ton per hour was obtained by dividing the benefit of heavy truck per hour 8.3 Bahts by the riding efficiency 2.69 tons per car.
- The mean value of the waiting-time charge of taxi per person per hour 0.46 Baht and the national income per person per hour in Thailand 0.95 Baht was taken as the benefit of passenger per person per hour. The national income per person in Thailand is 2,784 Bahts per annum.
- The exchange rate
1 Baht = 24.5 Kips

Table 3.16. Benefit per unit of traffic volume

Zonal pair	Route	Small-sized buses		Large-sized buses		Personal cars		Taxis		Heavy trucks		Light trucks		Motorcycles		Railway freight		Railway passengers	
		Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operating cost (Bahts)	Travel time (hrs.)
Vientiane - Tha Bo, Sri Champ Mai	Existing route	110.0	1.62					94.0	1.51										
	New route	79.0	1.12					54.0	1.01										
	Difference	40.0	0.50					40.0	0.50										
	Nos. of car		1						1										
Vientiane - Nong Khai Station	Existing route			246.0	0.78	53.4	0.75	53.4	0.75	148.4	0.78								
	New route																		
	Difference																		
	Nos. of car			3		19		13		94									
Vientiane - Nong Khai	Existing route			251.5	0.82	55.2	0.78	55.2	0.78	153.6	0.82								
	New route			56.5	0.32	15.2	0.28	15.2	0.28	43.6	0.32								
	Difference			195.0	0.50	40.0	0.50	40.0	0.50	110.0	0.50								
	Nos. of car			5		28		27		24									
Vientiane - Udon	Existing route			385.7	1.56	91.3	1.46			257.1	1.56	124.4	1.56						
	New route			190.7	1.06	51.3	0.96			147.1	1.06	67.4	1.06						
	Difference			195.0	0.50	40.0	0.50			110.0	0.50	57.0	0.50						
	Nos. of car			1		19				71		2							
Tha Deua - Nong Khai Station	Existing route			207.6	0.56	43.3	0.55	43.3	0.55										
	New route			13.4	0.08	3.6	0.07	3.6	0.07										
	Difference			194.2	0.48	39.7	0.48	39.7	0.48										
	Nos. of car			1		5		3											
Tha Deua - Nong Khai	Existing route			213.1	0.58	44.8	0.58	44.8	0.58										
	New route			18.9	0.11	5.1	0.10	5.1	0.10										
	Difference			194.2	0.47	39.7	0.48	39.7	0.48										
	Nos. of car			6		27		27											
Tha Deua - Udon	Existing route											109.4	1.33						
	New route											54.1	0.85						
	Difference											55.3	0.48			39	3.5	8	0.78
	Nos. of car											1			254		141		
Total operating cost		40.0		2,529.4		3,150.4		2,311.0		10,450		169.3				9,906.0		1,128.0	
Operation benefit per unit of traffic volume		40.0		194.57		39.88		39.84		110.00		56.43		5		39.00		8.0	
Total difference of travel time			0.50		6.39		38.86		28.40		47.50		1.48			889.0		109.98	
Mean difference of travel time			0.50		0.49		0.49		0.49		0.50		0.49		0.5	3.50		0.78	
Hourly benefit		6.5		6.5		1.85		1.85		8.3		0.77		1.85		3.1		0.71	
Time benefit per unit of traffic volume		3.25		3.19		0.91		0.91		4.15		0.38		0.93		10.85		0.55	
Total benefit per unit of traffic volume		43.25		197.76		40.79		40.75		114.15		56.81		5.93		49.85		8.55	
- do. - , adopted				121		41		41		114		57		6		50		9	

- Remarks:
- (1) The value of the operating cost in each zonal pair is obtained from Tables 3.15.
 - (2) The number of car shown in this table denotes the present traffic made clear by the origin-destination survey.
 - (3) The mean value of the unit benefits of the small-sized buses and the large-sized buses was taken as the benefit per bus.
 - (4) The operation benefit of motorcycle is represented by the current ferry charge per motorcycle, and the mean difference of travel time 0.5 hour is figured out as the mean value of that of buses, personal cars, taxis and trucks.
 - (5) In the column of railway freight, the difference of the operating cost between Tha Deua and Udon 39 Bahts is the present handling cost at the Nong Khai station, and the difference of the travel time 3.5 hours is the sum of the handling time at the Nong Khai station 3 hours and the difference of travel time between the existing and new routes 0.5 hour.
 - (6) In the column of railway passengers, the difference of the operating cost between Tha Deua and Udon 8.0 Bahts is the sum of the current ferry charges 5 Bahts and the charge of vehicle between the Nong Khai station and the ferry site 3 Bahts, and the difference of travel time 0.78 hour is the sum of the change time at the Nong Khai station 0.28 hour and the waiting time at the ferry site 0.5 hour.

Table 3.17. Benefit per day

(In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges)

	1973			1990		2000
	Benefit per unit of traffic volume $\frac{1}{1}$	Traffic	Benefit (Bahts/day)	Traffic $\frac{2}{2}$	Benefit (Bahts/day)	Traffic $\frac{2}{2}$
Buses	121	34	4,114	183	22,143	271
Personal cars	41	201	8,241	1,606	65,846	2,432
Taxis	41	138	5,658	1,175	48,175	1,785
Heavy trucks	114	221	25,194	871	99,294	1,253
Light trucks	57	7	399	31	1,767	45
Motorcycles	6	146	876	781	4,686	1,155
Sub-total	-	747	44,482	4,647	241,911	6,941
Railway freight	50	591	29,550	2,586	129,300	3,760
Railway passengers	9	337	3,033	1,796	16,164	2,654
Sub-total	-	-	32,583	-	145,464	-
Total	-	-	77,065	-	387,375	-
						569,911

1: The unit in this column is Bahts/vehicle for the traffic component of a highway part such as buses, personal cars, taxis, heavy trucks, light trucks and motorcycles, and Bahts/ton for railway freight and Bahts/person for railway passengers.

2: The unit in this column is vehicles/day for the traffic component of a highway part and ton/day for railway freight and persons/day for railway passengers.

Table 3.18 Annual benefit
 (In the case of a toll bridge that the tolls
 are set equally to the current ferry charges)

(Unit: Bahts)

Calendar year	Buses	Personal cars	Taxis	Heavy trucks	Light trucks	Motor-cycles	Sub-total	Railway freight	Railway passengers	Sub-total	Total
1973	1,501,610	3,007,965	2,065,170	9,195,810	145,635	319,740	16,235,930	10,785,750	1,107,045	11,892,795	28,128,725
1974	1,557,889	3,199,100	2,342,454	9,968,431	158,958	352,889	17,879,721	11,764,098	1,221,549	12,985,647	30,865,368
1975	1,830,433	3,841,095	2,656,968	10,805,967	173,499	389,475	19,697,437	12,831,190	1,347,897	14,179,087	33,876,524
1976	2,020,935	4,340,565	3,013,710	11,713,871	189,370	429,853	21,708,304	13,995,075	1,487,313	15,482,388	37,190,692
1977	2,231,262	4,904,981	3,418,351	12,698,057	206,094	474,418	23,933,763	15,264,533	1,641,149	16,905,682	40,839,445
1978	2,463,480	5,152,791	3,877,322	13,764,932	225,602	523,603	26,397,730	16,649,141	1,810,897	18,460,038	41,857,768
1979	2,719,865	6,263,537	4,397,918	14,921,445	246,240	577,888	29,126,893	18,159,343	1,998,202	20,157,545	49,284,438
1980	3,002,933	7,078,004	4,988,413	16,175,127	268,766	637,800	32,151,043	19,806,531	2,204,880	22,011,411	54,162,454
1981	3,315,462	7,998,378	5,638,191	17,534,142	293,353	703,924	35,503,450	21,603,132	2,432,316	24,036,068	59,539,518
1982	3,660,517	9,038,432	6,417,898	19,007,340	320,188	776,903	39,221,278	23,562,698	2,684,260	26,247,278	65,468,556
1983	4,041,483	10,213,727	7,279,609	20,604,314	349,479	857,448	43,346,060	25,700,011	2,952,252	28,662,263	72,008,321
1984	4,462,098	11,541,849	8,257,018	22,335,464	381,449	946,343	47,924,221	28,031,195	3,268,644	31,299,839	79,234,060
1985	4,926,489	13,042,671	9,365,662	24,212,063	416,344	1,044,455	53,007,684	30,573,834	3,606,728	34,180,562	87,188,246
1986	5,439,211	14,738,649	10,623,159	26,246,331	454,430	1,152,739	58,654,519	33,347,110	4,392,417	40,763,360	105,743,074
1987	6,005,293	16,655,161	12,049,497	28,451,517	496,001	1,272,248	64,979,717	36,371,943	4,845,631	44,516,782	116,422,802
1988	6,630,291	18,820,882	13,667,345	30,841,979	541,375	1,404,148	71,906,030	39,671,151	5,346,826	48,616,447	128,281,324
1989	7,320,335	21,268,219	15,502,415	33,433,285	590,900	1,549,723	79,664,877	43,269,621	5,899,860	53,094,360	141,891,875
1990	8,082,195	24,033,790	17,583,875	36,242,310	644,955	1,710,390	88,797,515	47,194,500	6,181,750	55,517,981	148,054,413
1991	8,469,288	25,270,603	18,496,740	37,833,281	674,327	1,792,193	92,536,432	49,336,191	6,463,721	57,941,603	154,716,951
1992	8,856,381	26,507,416	19,409,605	39,424,251	703,699	1,873,996	96,775,348	51,477,882	6,745,651	60,365,235	161,379,491
1993	9,243,475	27,744,230	20,322,470	41,015,222	733,070	1,955,799	101,014,266	53,619,574	7,027,581	62,788,846	168,042,028
1994	9,630,568	28,981,043	21,235,335	42,606,192	762,442	2,037,602	105,253,182	55,761,265	7,309,511	65,212,467	174,704,566
1995	10,017,661	30,217,856	22,148,200	44,197,163	791,814	2,119,405	109,492,099	57,902,956	7,591,442	67,636,089	181,367,105
1996	10,404,754	31,454,669	23,061,065	45,788,134	821,186	2,201,208	113,731,016	60,044,647	7,813,372	69,999,710	187,969,643
1997	10,791,848	32,691,483	23,973,930	47,379,104	850,557	2,283,011	117,969,933	62,186,338	8,155,302	72,403,331	194,692,181
1998	11,178,941	33,928,296	24,886,795	48,970,075	879,929	2,364,814	122,208,850	64,328,029	8,437,233	74,906,954	201,354,719
1999	11,566,034	35,165,109	25,799,660	50,561,045	709,301	2,446,616	126,447,765	66,469,721	8,719,163	77,330,575	208,017,257
2000	11,953,127	36,401,922	26,712,525	52,152,016	938,573	2,528,419	130,686,682	68,611,412			

Remarks: (Annual benefit) = (Benefit per unit of traffic volume) x (Traffic per day shown in Table 3.10. x 365 days)

3.6.4 年間便益

3.6.3節に述べた通り年間便益は各交通要素別の交通量にその単位便益を乗じたものを合計して求められる。一般に交通量の伸びは橋の料金によって変化するのである。年間便益の計算に使われる交通量は有料橋の場合、料金収入でプロダクトの総投下資本額を償還できるという条件で現在価値合計で表わされた最大の余剰便益¹⁾を得ることのできる最適切が料金(最適料金)体系を敷いた場合の交通量を用いて求めるべきである。

従って最適料金は、各交通要素に対して考えられる全ての料金の組合せのうち、次式(1)及び(2)と満足する一つの組合せを求めよこれにより決定された。

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+r)^{k-1}} \cdot \sum_{i=1}^l \theta_{(ij)k} \{B_i - C_{(ij)}\} = \text{最大} \quad \text{----- (1)}$$

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+r)^{k-1}} \cdot \sum_{i=1}^l \theta_{(ij)k} \cdot C_{(ij)} = C \quad \text{----- (2)}$$

- ここに B_i : 交通要素 i の単位便益
 $C_{(ij)}$: 交通要素 i の料金率 j
 この場合、零から交通要素 i の現行 j - 料金までの各段階料金と考へた。
 $\theta_{(ij)k}$: 料金率が $C_{(ij)}$ の時の k 年次における交通要素 i の交通量
 r : 年割引率
 n : 償還年数
 l : 交通要素の数
 C : 現在価値で表わされた総投下資本額。

<1> 総便益から料金徴収額を引いた残額をいう。

上の2つの式では最適料金は年割引率と投下資本に
 対する償還年数により変化する。本報告書ではいろいろな交通事
 業に対する最適料金が3種類のローンについての計算を行った。すなわち
 償還年数40年で年利率3%のローン(ローンI)、25年で7%のロー
 ン(ローンII)及び20年で10%のローン(ローンIII)について求められ、その
 値は表3/19に示されている。バス、乗用車、タクシー、小型トラック及び
 鉄道貨物の最適料金はローンIの場合現行在り料金の1/10
 10分の1である。大型トラックの場合は4分の1とかなり高い。これは
 料金が上がったとしても大型トラックの交通量は余り減らないから
 ある。三輪車及び鉄道旅客の最適料金は現行在り料金と同
 じパーツであるが、これは算定に際して最適料金の最低をク
 パーツとしたからである。

表 319 最適料金

単位：パーツ

交通要素	現行料金	最適料金		
		ローンⅠ ^{△1}	ローンⅡ ^{△2}	ローンⅢ ^{△3}
バス	57	5	25	55
乗用車	40	5	5	35
タクシー	40	5	5	35
大型トラック	110	30	100	110
小型トラック	57	5	25	40
二輪車	5	5	5	5
鉄道旅客	5	5	5	5
鉄道貨物	40	5	25	40

注 最適料金の算定に当っては交通要素毎に予いお橋の料金を零から現行料金迄をパーツ単位で与えておく。

- △1 年利率3%で償還年限40年のローン
- △2 年利率7%で償還年限25年のローン
- △3 年利率10%で償還年限20年のローン

上述の最適料金に基づいて徴収される料金収入の現在価値合計はローンⅠ、ローンⅡ及びローンⅢに対して、それぞれ573,943,000パーツ、492,607,000パーツ、及び470,323,000パーツであり償還するため必要の所要収入額はローンⅠ、ローンⅡ、及びローンⅢについてそれぞれ、560,862,000パーツ、489,013,000パーツ、及び469,341,000パーツである。このように料金収入は所要収入額よりやや上回っており、3種類のローンに対していづれも償還可能であることがわかる。

また各ローンにおける最大余剰便益の現在価値合計はローンⅠ、ローンⅡ及びローンⅢに対してそれぞれ3,010,399,000パーツ、643,166,000パーツ及び95,721,000パーツとなる。

ローンⅠに基づく最適料金は交通要素のいづれについても非常に低く、ローンⅢの場合は交通要素の殆んどが現行料金と同じであるのは非常に近い値を示している。ローンⅡの場合はⅠ及びⅢの中間である。

の最適料金と3.6.2節で求められた交通量Q及び将来交通量の
変化係数 α_i を用いて3.6.3節で求められた単位便益 B_i を用いて平均年便
益と資本化便益を次式によって求めた。

$$B_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^l (Q_{(ij)k} \times 365) \times \alpha_i^{1 - \frac{c_{ij}}{c_{if}}} \times B_i \dots (3)$$

$$B_c = \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+r)^k} \sum_{i=1}^l (Q_{(ij)k} \times 365) \times \alpha_i^{1 - \frac{c_{ij}}{c_{if}}} \times B_i \dots (4)$$

- ここに B_m : 平均年便益
- B_c : 資本化便益
- $Q_{(ij)k}$: 現行左りみみの料金を徴収する場合のk年次の交通要素iの平均日交通量
- α_i : 交通要素iの将来交通量変化係数
- c_{ij} : 交通要素iの橋の料金
- c_{if} : 交通要素iに対して徴収する現行左りみみ料金
- B_i : 交通要素iの単位便益
- l : 交通要素の数
- m : 解析期間 無料橋の場合は橋の平均耐用年数と同じ40年を解析期間とした。有料橋の場合は取下資本を全部償還し終わった後の将来交通量がどのように変化していくか予想できないので償還年限を解析期間とした。
- n : 割引期間、無料橋は平均耐用年数と同じ40年を採り、有料橋の場合は償還年限を採った。

- <1 表 3.10 参照
- <2 表 3.13 参照
- <3,4 表 3.19 参照
- <5 表 3.16 参照

表 3.20 平均年便益と資本化便益

資本の種類	単位 ハーツ	
	平均年間便益 (B _m)	資本化便益 (B _c)
有料橋		
ローンⅠ <1	180,063,000	3,584,345,000
ローンⅡ <2	121,413,000	2,135,773,000
ローンⅢ <3	80,534,000	1,660,444,000
無料橋		
無償融資 <4	190,250,000	5,937,702,000

<1 年利率3%で償還年限40年のローン

<2 年利率7%で償還年限25年のローン

<3 年利率10%で償還年限20年のローン

<4 投下資本は全て無償融資の形で成り立つが便益及び費用の解析にはプロジェクトの平均耐用年数に等しい40年を割引期間とし、年利率3%を考えた。

3.6.5 年経費

年経費はプロジェクトの年間固定費と年間可変費から成る。

年間固定費とはプロジェクトの総建設費を耐用年数内で償還するために必要な年経費であり、次式によって与えられる。

$$C_f = \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_n} C_{\lambda} \frac{\lambda(1+i)^{\lambda}}{(1+i)^{\lambda}-1} \quad (1)$$

- ここに C_f : 均等年間固定費
- C_{λ} : 耐用年数の異なる各種建造物の建設費
- i : 年割引率
- λ : 建造物の耐用年数

年間固定費の算定においては便益計算の場合と同じように年割引率を3%、7%、10%と仮定して耐用年数の異なる建造物毎に建設費を推定し、上式より表 3.22 の如く算出した。

年間可変費とは橋梁、道路、鉄道等の運転、維持及び修理には必要な年間経費であり、例えば路面修理、路肩整備、排水処理、照明量、その他橋梁塗装費等がそれに含まれる。更に有料橋の場合なら料金徴収のために加かる諸費用の中に属す。運転、維持及び修理費は表 3.23 に示される。

以上に述べた諸経費を統合して年経費が求められ表 3.22 に示された。更に年経費は超過便益を算定するために1973年の現在価値に合計し、表 3.21 に示された。年経費の現在価値合計は次式によって求められる。

$$C_0 = \frac{1}{(1+i)^n} \left\{ \sum_{\lambda=1}^{\lambda} C_{\lambda} + E \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right\} \quad (2)$$

- ここに C_0 : 年経費の現在価値合計

- Cx: 耐用年数の異なる構造物の建設費
- i: 年割引率
- E: 運転、維持、修理費
- m: 現時点と橋の完成した時点との年差。本計算では $m=0$ とした。
- n: 割引期間。有料橋、無料橋と平均耐用年数と同じ40年を採った。
- l: 耐用年数の異なる構造物の数。

年経費 C_a と資本化経費 C_c の算定結果は下表に示される:

表 3.21 年経費と資本化経費

単位: パーツ

資本の種類	年経費 (C_a)	資本化経費 (C_c)
有料橋		
ローンⅠ $\angle 1$	24,571,000	556,468,000
ローンⅡ $\angle 2$	37,427,000	494,476,000
ローンⅢ $\angle 3$	28,478,000	471,365,000
無料橋		
無償開港 $\angle 4$	24,141,000	546,518,000

$\angle 1$
 $\angle 2$
 $\angle 3$
 $\angle 4$

} 3.6.4節の表 3.20 参照。

Table 3.22. Annual Cost

Unit: US\$

Item	Useful life (1)	Main life (2)	Total construction cost (3)	Capital recovery factor (4)			Annual fixed cost (5)			Annual working expense (6)			Annual cost (7)			
				Toll			Toll			Toll			Toll			
				Loan I	Loan II	Loan III	Loan I	Loan II	Loan III	Loan I	Loan II	Loan III	Loan I	Loan II	Loan III	Loan I
I. BRIDGE																
1) Truss, composite and plate girder bridges	40	41	9,000,000	0.04326	0.07501	0.10226	0.04326	389,400	675,100	920,300	389,400	12,600	402,000	687,700	932,900	402,000
2) Rigid-frame & hollow slab bridges	50		860,000													
3) Asphalt pavement	10		40,000													
4) Railway track	20		80,000													
II. HIGHWAY																
Access Highway																
1) Earth work, culverts	50	(42)	(1,720,000)	0.04326	0.07501	0.10226	0.04326	155,700	270,000	368,100	155,700	106,000	282,700	397,000	495,100	261,700
2) Asphalt pavement	10		310,000													
3) Permanent residential buildings	45		150,000													
Administrative Facilities																
1) Earth work	50	(39)	(1,880,000)													
2) Asphalt pavement	10		540,000													
3) Booths and offices	50		870,000													
III. RAILWAY																
1) Earth work	50	35	7,400,000	0.04654	0.07723	0.10369	0.04654	344,400	571,500	767,300	344,400	169,500	513,900	741,000	936,800	513,900
2) Track	20		1,630,000													
3) Flood bridges, culverts	50		300,000													
4) Residential buildings, communication facilities and others	45		890,000													
5) Stations	30		2,950,000													
Total			20,000,000					889,500	1,516,600	2,055,700	889,500	309,100	1,198,600	1,825,700	2,364,800	1,177,600

Remarks: 1. The mean useful life of this project is figured out to be 39 years.
 2. (2) = $(\sum (1) \times (3)) / \sum (3)$, (5) = (3) x (4) and (7) = (5) + (6)

Table 3.23. Annual working expenses

Unit: US\$

Items	Unit cost	Quantities	Annual working expenses	
			Toll bridge	Non-toll bridge
I. Bridge			12,600	12,600
(1) Painting of steel members	0.2/m ²	51,000 m ²	10,200	10,200
(2) Lighting	0.017/m ²	8,400 m ²	140	140
(3) Asphalt pavement	0.19/m ²	8,400 m ²	1,600	1,600
(4) Sundries (5% of (1)+(2)+(3))	L.S.		660	660
II. Highway			127,000	106,000
<u>Access highway</u>			(2,140)	(2,140)
(1) Asphalt pavement	445/km	4.3 km	1,900	1,900
(2) Shoulder	55/km	4.3 km	240	240
<u>Administrative facilities</u>			(124,860)	(103,860)
(1) Asphalt pavement	0.12/m ²	140,000 m ²	16,800	16,800
(2) Lighting	0.015/m ²	140,000 m ²	2,100	2,100
(3) Personnel expenses	1,000/person	100 persons	100,000	80,000
(4) Sundries (5% of (1)+(2)+(3))	L.S.		5,960	4,960
III. Railway			169,500	169,500
(1) Maintenance of way and structure	2,075/km	20.1 km	41,700	41,700
(2) Maintenance of equipments	2,155/km	20.1 km	43,400	43,400
(3) Traffic and transportation	3,040/km	20.1 km	61,100	61,100
(4) Miscellaneous operation	250/km	20.1 km	5,000	5,000
(5) Personnel expenses	1,000/person	20 persons	20,000	20,000
(6) General expenses	810/km	20.1 km	16,300	16,300
Total annual working expenses			309,100	288,100

1/ In the case of a non-toll bridges, the unit cost is taken at 800 US\$ per person.

3.6.6 便益・費用比率と超過便益

プロシ外の便益・費用比率とは平均年間便益と年経費の比であり、超過便益とは資本比便益と資本化経費の差という。こゝからは表3.20及び表3.21に与えらるる値を用いて算定し、表3.24に示される。

表3.24 便益・費用比率と超過便益

資本の種類	便益・費用比率 (B_m/C_a)	超過便益 (パーツ) ($B_c - (c)$)
<u>有料橋</u>		
ローンⅠ $\angle 1$	7.3	3,027,870,000
ローンⅡ $\angle 2$	3.2	641,277,000
ローンⅢ $\angle 3$	1.7	94,018,000
<u>無料橋</u>		
無償融資	7.9	5,391,185,000

表3.24に示すように便益・費用比率はつねに下資本においてもノリエであり、有料橋についてみればローンⅢの場合でも1.7を示し、ローンⅠにおいては7.3と高い値を示している。無料橋の場合はさらに7.9と高い。

超過便益は無料橋、無償融資の場合が最も高く約53億パーツである。有料橋については、ローンⅠの場合が約30億パーツと最も高く、ローンⅢの場合は約1億パーツと低い。

便益・費用比率及び超過便益の値は道・鉄併用橋、道路単独橋の両方の場合について計算され、それぞれ表3.24及び表4.18に示した。

併用橋と単独橋との比較をしてみると便益・費用比率はローンIの場合、併用橋が7.3、単独橋が2.2である。超過便益は併用橋の30億、パーツに対し単独橋の3/億、パーツとほぼ同程度の値を示している。また無償融資の場合の便益・費用比率は単独橋の13.5に対し、併用橋は7.9であり、超過便益は単独橋、併用橋とも54億パーツである。

3.6.7 内部収益率

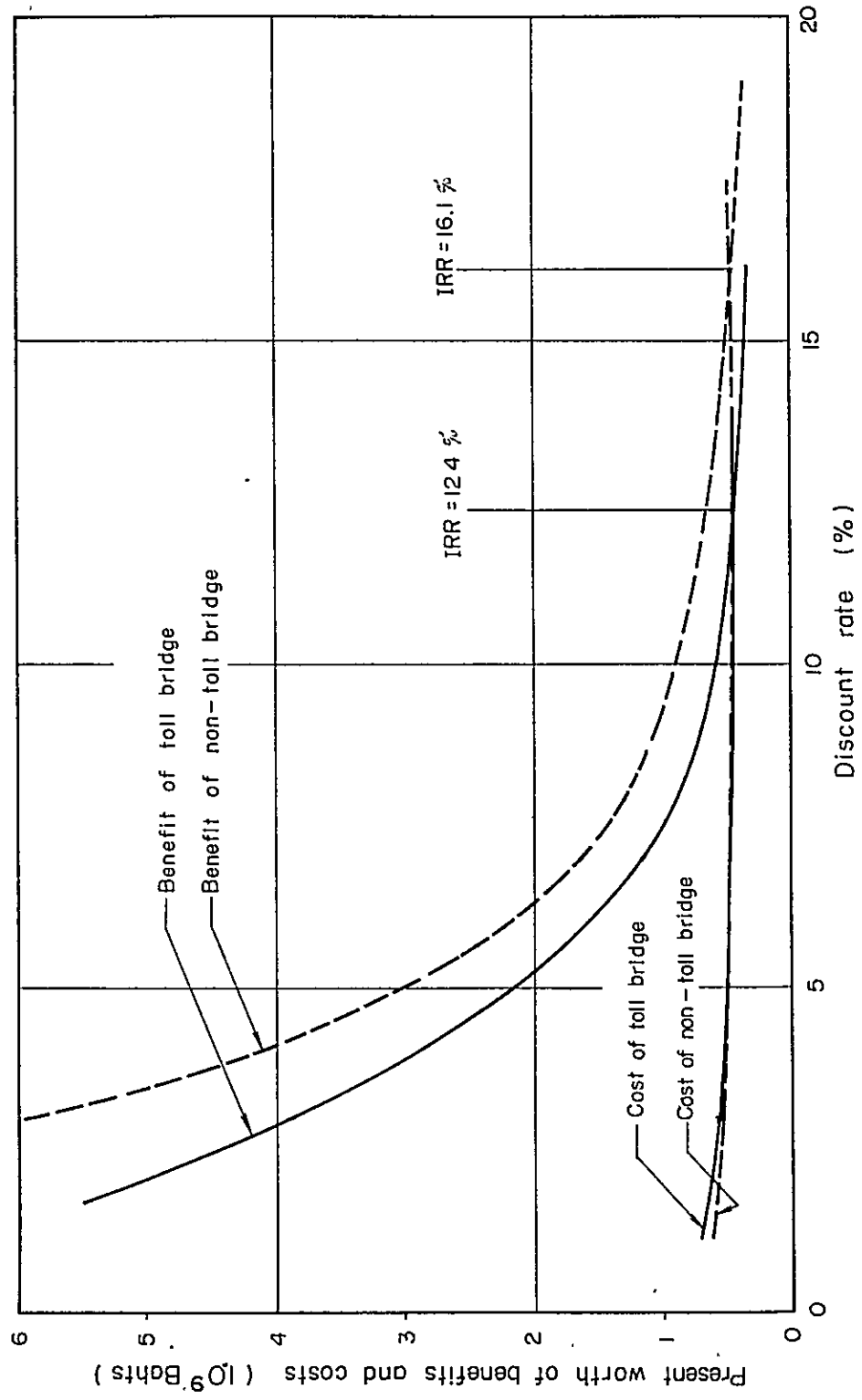
内部収益率とは経費の現在価値合計に等しい便益の現在価値合計を与えるような率であり、その最小値は現在一般に12%が好ましいと考えられている。

本架橋計画の内部収益率は3.6.4節の(4)式及び3.6.5節の(2)式から計算される。各投下資本に関する割引期間としては有料橋の場合、償還年数に等しく採り、無料橋に対しては平均耐用年数と同じ40年を採った。

上記のような考えから内部収益率が算定され、図3.15に示された。便益の曲線と経費の曲線の交点が内部収益率を表わす。

この表によれば有料橋が12.4%で無料橋は16.1%となっており、11%よりも超えている。従って本プロジェクトは可能であり、充分開港に値する。

Fig. 3.15. INTERNAL RATE OF RETURN



3.2.2 間接便益

橋による便益は直接便益の他にいろいろな間接便益が存在する。次にあげる事項はプロジェクトの経済的評価からみた主な間接便益である。

- (1) 消費・生産面に対する影響 特に橋の建設による輸送費の節約。
- (2) 走行時間の短縮による工場・商店の在庫節約。
- (3) 橋の建設による立地条件の改善によって将来期待される社会経済開発効果。

この3つの事項について以下にそのあらましを述べたい。

(1) 消費・生産面に対する影響 特に橋の建設による輸送費の節約

輸送費の節約には渡河に要する費用の節約と現在バンコク・ノンカイ間の輸送を一手に握っている輸送会社 E.T.O. による輸送費を大幅に下げることが考えられる。調査団の受けた情報によれば交通量が増加し、一般業者の運送面における役割が大きくなると、E.T.O. と一般業者との競争激化が予想される。これにより E.T.O. の割高運賃が一般運送業の標準運賃近くまで下げられることも考えられる。

次に現在のメコン渡河に要する費用を3種類の輸送型式について記述すると (1) 自家輸送によるもの 750 キアプ、(2) 民間企業による貨物輸送費 1,250 キアプ、(3) E.T.O. による貨物輸送費 1,750 キアプである。

無料橋の場合、これらの費用はすべてそのまゝ節約額となる。輸送費の節約額は表 3.25 に示されている。

一、将来のバンコク・ノンカイ間の E.T.O. による輸送費は現在メコン渡河に要する費用とほぼ同じ額まで下げられるであろう。

メコン渡河に要する輸送費の節約額及び E.T.O. による輸送費の節約額は表 3.25 に示される。

上述の輸送経費がラオスの輸出入価値にどの程度の影響を
与えるかを調べるために輸入及び輸出の二つの面について輸送費
節約額と輸出入価格の比が計算され表 3.26 に表わされた。こ
の表によって、大体次のようなことがいえよう。

- i) ハンカイあるいはその周辺とウエンチャンとの間を輸送される品物に
ついてみれば、その節約額は高い比率を示している。これは
輸送距離が短いとルフこととメコン渡河費用が輸送
経費の大部分を占めているためである。品物は主に西瓜
やトマト等の輸入品と木材等輸出品目である。
- ii) 輸送距離が長くとも単価の低い品目の節約率は比較的
高い。これは主に石炭、丸鋼、家庭電化用品、ビール等と
ある。

ウエンチャンやその周辺地域へ片倉生産園に及ぼす輸送費の
節約効果について以下述べる。

消費面への効果

橋の完成によりメコン渡河費用を節約できる品目はウエンチャンに
運ばれるタイからの国内消費用物資であり、すなわち米、西瓜、豚、ビー
ル、ジュース等の食料品、冷蔵庫、扇風機等の家庭電化用品、バンコ
ック港に荷揚げされ、タイ国を通過してウエンチャンに運ばれる自転車
やモーターバイク等がこれに該当する。

無料橋の場合、1967年におけるこれらの消費物資の輸入に際し
て節約される金額は年間 33,000,000 キップであり、もし E.T. の扱
いのバンコック・ウエンチャン間運賃が一般貨物運賃程度の 750 キップに値下
げられるならば節約額は約 42,000,000 キップに達するであろう。
この便益は大部分当該品目の取扱業者である商人に帰属されるであ
ろうが、その一部は商品価格の値下げ等の形で消費者にも還
元されるであろう。そして、これによってまた新たな消費需要が
生まれると考えられる。

144
一、タイ側ラオス国境沿いの製造業は輸入原料の運賃の節約により、資材の仕入価格が削減を得るが、これに伴って製品の値下げが行なわれるとしたら、消費者はそれ相当の利益を得ることとなる。ちなみに1967年現在において推定される節約額は1,990,000 ~ 3,530,000 キップと推定される。

なお有料橋の場合は無料橋の場合より橋の料金だけその節約額は小さくなる。

以上の節約額の推定は1967年の輸入渡河量を基にして成されたものであり、将来においては国民所得の増大に伴う輸入量の増加によって渡河輸入節約額も当然増加することになる。国内消費物資の年間の伸びを5%と仮定すれば1990年に消費される輸入物資の輸送節約額は1967年の節約額のほぼ3倍になる。

このように消費物資の輸送の合理化は将来におけるラオスの国民生産の向上に寄与するところが大きいことを意味している。

生産面への効果

渡河費用の節約が見込まれるタイ側からラオスに輸入される生産物資としては丸鋼、鉄板、ベニア板等の建設資材、乗用車、トラック等の輸送用機器及びタバコ、リニタ、ホリ袋の原料等がありタイ以外の外国から輸入される石油、セメント等もこれに該当する。

無料橋として1967年に橋が完成した場合、これらの生産物資の輸入に際して節約される年間節約額は1,97,000,000 キップであり、もしE-D運賃が750キップ程度値下げされるならばその節約額は年間1,98,000,000 キップと仮定される。

これらの輸送費節約により、関係諸業種は仕入価格の低下により多くの利益を得ることが出来る。中でも最も多くの利益を上げる業種は石炭業であり、1967年における民間買付輸入量104,000トンの輸送費650,000,000キップのうち約25%に相当する130,000,000キップ

の節約が可能となるであろう。更にラオス政府購入分は民間購入量に比べて上回っており、この分の節約額もまたラオス政府、石油業界及び民間産業の利益として反映する。

これ以外にも、乗用車、トラック等の運搬用機械の輸送量が低下すれば、商店、メーカーが業務用として安く車両を手に入ることができ、その結果、ラオス側の事業活動を活性化するのである。建設資材の輸送費低下によってラオス側の建設活動を促進する。また輸入原料を使用する生産業者は原料輸送費の低下によって原料仕入価格の引下げによる利益を得て生産活動が活性化すると同時にラオス経済及び生産活動が発展するにつれ生産物資の輸入が消費物資の輸入を上回る事が予想される。上述のような生産面への輸送経費節約効果はますます増大するものと考えられる。

セメントを例にとってみると、1967年に橋が完成したとすると、そのノカイからヴィエンティーンへの輸送費はトン当たり2,010キップの削減が見込まれる。これによりセメントを仕入れる建設業者その他は年間仕入総額の10.7%に相当する約40,000,000キップの利益を得ることになる。ラオスのセメント輸入量が1967年現在の年間20,000トンから毎年10%の比率で伸びていくものとすれば1990年における輸入量は200,000トンと10倍の量に膨らみ上がる。この場合架橋による節約額は250,000,000キップに達し、これがラオスの将来の建設活動に対して莫大な利益をもたらすことになる。

(2) 走行時間の短縮による在庫節約効果

橋の建設による走行時間の短縮は商店や工場における在庫品の節約に繋がる。

在庫はその性質から基準在庫、輸送途上の在庫及び予備在庫の3つの部分に分けられ、このうち輸送時間の短縮は輸送途上の在庫及びそれに見合う予備在庫の減小を可能にし、ひいては在庫投資にかかる資本利益の節約を促すことになる。

数字的に評価することが非常に難しい基準在庫に比べるの2つの在庫は次のような簡単な定式で表わすことができる。

$$S = 2 \cdot R \cdot (t - t') \cdot i / 365$$

- ここに S: 輸送途上の在庫及び予備在庫の年間節約額
- R: 年間仕入総額
- t: 現在ルートによる輸送時間
- t': 新たなルートによる輸送時間
- i: 年複利率

1966年のラオス国の輸入総額 $R = 10,000,000,000$ キップ、 $t - t' = 30$ 分 = $1/6$ 日、 $i = 0.05$ を与えた節約額は上式より171,032キップと算定された。年間輸入伸び率を10%と仮定すると1990年の節約総額は1966年の節約額の約6倍に増大する。

この対象となる品目としては農産物、石油、運搬用機械、電化製品、建設資材等が含まれる。

(3) 橋の建設による立地条件の改善によって将来期待される社会経済開発効果

農業

ラオスの農産物と代表するものは米であり、他にはとうもろこし、タバコ、綿、コーヒー等の若干の収穫があるのみである。

ヴエンチャン地区においても野菜の供給源はメコン河対岸のミエンマイ、タ本地区に依存しており、この実は架橋後もなおほぼ同じ状態が続くものと思われる。

しかしながら、橋の完成とともにヴエンチャン附近における道路交通網が発達整備されてくれば、この地帯の商業ベースによる農業の発達が促進されるであろう。

外国の東北地区を主産地とするとうもろこしの生産はアジアハイウェイ12号線完成のインパクトにより、1958年の186,000トンから1966年の1,200,000トンと約6.5倍の伸びを示しており、この事実からして、もしヴィエンチャン・バンコクを結ぶ一貫した道路交通が実現すれば、ラオスにおける外国への農産物輸出の道が開かれるものと思われる。

畜産業

現在、ヴィエンチャン地区において消費される豚、牛等の家畜のほとんどはメコン河対岸地区より輸入されている。しかし橋の実現によるヴィエンチャン地区の経済とタイ東北部における経済とが一層緊密化する事により、ヴィエンチャン周辺の家畜生産活動を刺激し、これが次第にラオス国内における自給の方向に向けられていくものと考えられる。

例えば1967年のヴィエンチャン地区において消費される豚肉の年間輸入量は888トンであり、消費の伸びを5%とすれば1990年には2,600トンに達し、そのうちの何割かは国内自給の形がとられるであろう。

木材産業

架橋による輸送費の節約はタイの木材枯渇傾向とタイの経済の順調な発展と併せて木材輸出の発展を促し、また道路網の整備拡張を通じて木材の採り出し範囲を拡大し、その搬出量を高める。さらに生産分野としてベニヤ板のような製材関連工業の発展にも寄与するところは大である。

こうした効果を概略推定してみれば輸出木材の輸送費節約額はトン当たり750キップであり、ラオスからタイへ輸出される木材購入額の38%に相当し、年間にして約24,300,000キップにのぼる。

外国向けの木材輸出が年10%の伸びを示すとすれば1990年におけるラオスの木材輸出量は年間約300,000トンとなり、1967現在のトン当たり価格14,250キップを使って算定すれば年間総輸出額は約425,000,000キップとなり、約225,000,000キップの輸送費削減

我となる。

鉱業

ラオスの鉱産物は錫以外は未開発状態であり、ただ本格的な調査や採鉱は行われていないが、金、銅、鉛、鉄、石灰石、石膏、マンガン、タンブスリン等の多種にわたる鉱物資源の存在が認められている。中でも銅鉱床及びシェンカントにみられる埋蔵量数億トンといわれる鉄鉱石の開発が有望視されている。これらの有望な鉱物資源の開発が遅れている原因としては国内陸上交通の未発達及び外国貿易のための良好な港を有さない事が挙げられる。

橋梁、特に道・鉄併用橋が建設された場合、ラオスにおいて現在皆無である鉄道もタイから延長され、ウエンチャン・バンコク間は一貫した道路交通が可能となる。この結果、採集鉱床が開発された時、採鉱場迄の鉄道延長が容易となり、港を有しないラオスはこの延長鉄道を利用して外国貿易の出入口であるバンコク港迄の輸送を容易にし、鉱物資源開発の促進に十分な役割を果すであろう。

都市開発効果

架橋によるインパクトとしてウエンチャン・タレ間の道路及び鉄道路線周辺の土地利用価値が高くなり、その結果地価の騰貴が予想される。特に道・鉄併用橋が建設された場合、ウエンチャン迄の鉄道延長路線及びウエンチャン駅周辺地域は現在がお未開発の状態にあり、相当な開発効果が現われるであろう。

道路沿道地域及び鉄道沿線地域には、工場、商店、住宅等から地主へ入る地代所得も増えるであろう。これは架橋によるインパクトから生じた間接便益の一つといえる。

上記の地代所得を鉄道のウエンチャン駅が建設された場合の駅周辺地域について次の条件を基にした架橋初年度1973年から74年度の平均年間年数40年間の推定を行なった。

- ① 柴橋のインパクト影響範囲は新設駅の1km圏内、面積にして3,140,000m²とする。
- ② 柴橋初年度の1973年における地価は1968年に行なわれた2次調査の結果によれば、駅前周辺において/m²当り1000キップであり、森林地帯で800キップとなっており、後で/m²当り1000キップとした。
- ③ 地価の年間騰貴率は1973年から1990年迄を10%とし、1990年以降については5%とする。
- ④ 地代は一律に土地価格の5%とする。
- ⑤ 現在価値に還元する年利率を4%とする。

以上の条件の下に1990年の駅前周辺地価を推定すると、ウエイン市街地の1968年当初の地価と同じ5000キップとなり、40年間の地代合計額は6,570,000,000キップとなる。これは1973年現在の地価157,000,000キップの41.8倍に相当する。

Table 3.26 Ratio of saving on transportation cost to cost price

Items	Cost price ^{/1} (Kip/ton or Kip/no.)	Saving on transportation cost ^{/2}		Saving on transportation cost including ETO ^{/3}	
		Unit cost (Kip/ton or Kip/no.)	Ratio to cost price (%)	Unit cost (Kip/ton or Kip/no.)	Ratio to cost price (%)
I. Import					
1) Consumer goods					
Cereal	94,500	750	0.8	750	0.8
Vegetable & fruit	17,200	1,100	6.4	1,100	6.4
Meat	274,000	500	1.8	500	1.8
Drinks	214,000	1,750	0.8	3,500	1.6
Juice	152,100	1,750	1.2	3,500	2.3
Refrigerator	50,400	750	1.5	1,500	3.0
Fan	15,350	150	1.0	300	2.0
Bicycle	15,650	70	0.6	70	0.6
Motorcycle	67,250	70	0.5	70	0.5
2) Production goods					
Fuel	41,500	1,250	3.0	1,250	3.0
Vehicles	735,000	900	0.1	900	0.1
Truck	2,760,000	900	0.0	900	0.0
Cement	18,750	2,010	10.7	2,010	10.7
Steel bar	75,250	1,250	1.7	1,250	1.7
Steel plate	130,000	1,250	1.0	1,250	1.0
Veneer	225,000	2,500	1.1	2,500	1.1
Tobacco	900,000	18,000	2.0	18,400	2.0
Sandals	175,000	1,250	0.7	1,250	0.7
Polyethylene	155,000	37,150	24.0	38,900	25.1
Timber	20,000	750	3.8	750	3.8
II. Export					
Construction materials					
Timber	20,000	750	3.8	750	3.8

^{/1} Including customs duty charge

^{/2} Saving on current ferry charge in the case of a non-toll bridge

^{/3} Saving on current ferry charge and transportation cost in case ETO's transportation charges between Bangkok and Nong Khai are reduced.

3.6.9 橋とフェリー設備の比較

年々増加していく交通量に対処するには橋に依るべきかフェリー設備に依るべきかの有利性の問題が生じる。ここでは年経費についてその有利性を論じている。

道・鉄備用橋の年経費は3.6.5節に述べられているので、ここではフェリー設備の年経費についてのみ詳述するものとする。

フェリー設備の年経費

フェリー設備の年経費には年間固定費と運転維持修理がある。

年間固定費とはフェリー設備に要した建設費を耐用年数間に償還するために必要な年経費をいい、次の式で与えられる。

$$C_F = \frac{\lambda(1+\lambda)^n}{(1+\lambda)^n - 1} \sum \left\{ C \cdot \frac{\lambda(1+\lambda)^x}{(1+\lambda)^x - 1} \cdot \frac{(1+\lambda)^{n-x} - 1}{\lambda(1+\lambda)^{n-x}} \cdot \frac{1}{(1+\lambda)^x} \right\} \dots (1)$$

- ここで C_F : 均等年間固定費
- C : 建設費
- i : 年利率3, 7及10%
- x : 橋の完成年度からフェリー設備の増設が開始される迄の期間(増設される度に"x"は変わる)
- n : 解析期間, 40年間
- t : フェリー設備の平均耐用年数, 25年

建設費の推定は現行フェリー設備の建設費と3.5節に示される単価を基に行なわれた。フェリー設備は大きく分けてフェリーボート、しゅんせつ船、アクセラップ及び建物の4つに分けられる。フェリーボートの大きさとしては、浪止場の規模や現場建設の真からみて河で用いられるフェリーボートとしては200トンが最大限度と思われる。本報告書では現行フェリーと同じ100トンのフェリーボートを検討の対象とした。建設費の推定に使われた資料は表3.29に示される。

SOGOV から得た資料によれば、現行左リノ台当りの運搬能力は理想的な状態においては、日当り144台であり、往復の所要時間を予め40分とするならば、日最大之16台を運搬し得る。そこで本書では、橋との比較において過剰推定を避けるために、この最大能力216台を左リボートノ台当りの運搬能力として採用した。

比較検討に使用される将来交通量としては、現行左リ料金ガみの料金徴収をする有料橋及び無料橋の二つの場合が考えられていた。バス、乗用車、タクシー、小型トラック、二輪車等の各交通要素の将来交通量は便宜上、大型トラックの台数(トラック当量)に換算された。

左リ設備の増設の要領及びその計画平面図はそれぞれ図316及び317に示されている。

増設の建設計画に基づいて建設費及び40年間の年経費が推定され表330に示されている。

これらの費用は橋の完成時点である1973年の現在価値に還元され均等年経費とし表330に示された。

運転維持、修理費とは左リボート、リフト船、建物、取付道路、アクセラフ及び人件費等を含む左リ設備の運転、維持及び修理に要する経費である。これらの均等年経費は次式において与えられる。

$$E = \frac{\lambda(1+\lambda)^n}{(1+\lambda)^n - 1} \cdot \sum_{x=1}^n \frac{C_x}{(1+\lambda)^x} \quad (2)$$

- ニク E: プロ以外の運転維持、修理に要する均等年経費
- C_x: 橋の完成後 X 年における年経費
- X: 橋の完成時点からの順序年
- n: 解析期間。ここではプロ以外の平均耐用年数に等しい40年間をいう。
- λ: 年利率3.7%及び10%

左リ 自動車左リノ平均渡河所要時間は雨期が20分乾期は60分である。

表3.21に与えられる資料に基づいて(1)式及び(2)式からそれぞれの均等年経費が求められ、これらと統合したフェリー設備の年経費が算定された。この計算過程が表3.22に示され、下表にその要約が記されている。

表3.27 フェリー設備の年経費

単位: 1,000米ドル

項目	△1			△2
	ケース(1)			ケース(2)
年利率	3%	7%	10%	3%
均等年間固定費 運転維持修理費 の均等年経費	1,250	1,610	1,830	1,750
年経費 ^{△3}	3,230	3,150	3,150	4,540

橋とフェリー設備の年経費の比較

次表は橋とフェリー設備の年経費の比較を示すものとする。

表3.28 橋とフェリー設備の年経費の比較

年経費の単位: 1,000米ドル

年利率	有料橋			無料橋
	3%	7%	10%	3%
橋	1,199	1,826	2,365	1,178
フェリー設備	3,230	3,150	3,150	4,540
橋とフェリー設備の比 ^{△4}	0.27	0.58	0.75	0.26

- △1. 橋が現行フェリーのみを料金と徴収する場合の将来交通量が伸びるに
対処すべくフェリー設備が段階的に増設される場合。
- △2. 無料橋の場合の将来交通量に処して増設される場合。
- △3. 大型トラックに換算した場合、1台当りの年経費は約2.5米ドルに
相当する。
- △4. 橋とフェリー設備の年経費の比率。

上表によれば4種の年利率のいづれに対しても橋の年経費は左
り設備の年経費に比べて廉い。これは将来の交通量の伸びに対処
するためには左り設備の増設計画よりも架橋による方がより有
利性に富むことを明らかにしている。

Table 3.29. Basic data for the estimation of construction cost

Item	Useful life (Year)	Unit construction cost (US\$)	Remarks
Access highway (per meter)	40	200	
Access ramp (")	40	150	
Vessel			
100-ton ferry boat	10	90,000	
Pusher	10	35,000	
Preuger	10	40,000	500 P.S., 300 m ³ /hr
Building			
Customhouse (Laotian side)	50	80,000	25 m x 15 m
" (Thai side)	50	20,000	10 m x 10 m
Warehouse	35	196,000	20 m x 140 m
Repair shop	24	84,000	15 m x 70 m
House for staff	45	1,600	10 m x 10 m

Table 3.30. Construction cost of the ferry facilities

(a) Case (1)				(b) Case (2)			
Year	No. of access ramp	No. of increase of ferry boat	Construction cost (US\$)	Year	No. of access ramp	No. of increase of ferry boat	Construction cost (US\$)
1972	0 - 3	8	7,230,000	1972	0 - 4	10	8,850,000
1974	4	2	1,620,000	1973	5	2	1,300,000
1977	5	"	1,300,000	1975	6	"	1,460,000
1979	6	"	1,460,000	1976	7	"	1,390,000
1980	7	"	1,390,000	1978	8	"	1,530,000
1982	8	"	1,530,000	1979	9	"	1,300,000
1983	9	"	1,300,000	1980	10	"	1,320,000
1984	10	"	1,320,000	1981	11	"	1,720,000
1985	11	"	1,720,000	1982	12	"	1,430,000
1986	12	"	1,430,000	1983	13 - 14	4	3,210,000
1987	13 - 14	4	3,210,000	1984	15	2	1,300,000
1988	15	2	1,300,000	1985	16 - 17	4	2,770,000
1989	16	"	1,420,000	1986	18 - 19	"	2,810,000
1990	17	"	1,350,000	1987	20 - 21	"	3,060,000
1991	18	"	1,300,000	1988	22 - 23	"	3,010,000
1992	19	"	1,510,000	1989	24 - 25	"	2,600,000
1994	20	"	1,310,000	1990	26	2	1,300,000
1995	21	"	1,750,000	1991	27	"	1,300,000
1996	22	"	1,300,000	1992	28	"	1,700,000
1997	23	"	1,710,000	1993	29 - 30	4	2,810,000
1999	24	"	1,300,000	1994	31	2	1,300,000
				1995	32	"	1,300,000
				1996	33	"	1,300,000
				1997	34	"	1,300,000
				1998	35	"	1,300,000
				1999	36 - 37	4	1,300,000

158

Table 3.31. Basic data for the estimation of the annual working expenses

Item	Specification	Unit annual working expenses (US\$)
1. Access highway & ramp (per meter)		5
2. Ferry boat & building		
Ferry boat	Repairing US\$125,000 x 0.174 ^{/1}	21,600
	Fuel 0.9 US\$/hr x 1,420 hr	
Customhouse	4.6 US\$/m ² x 375 m ²	1,730
Warehouse	1.0 " x 2,800 "	2,800
Repair shop	1.0 " x 1,050 "	1,050
Garage	0.25 " x 100 "	25
Personnel expenses	60 persons x 3 US\$/day/person x 260 days	47,000
3. Dredger	Repairing US\$400,000 x 0.138 ^{/1}	56,000
	Fuel 1.5 US\$/hr x 540 hr	

Remarks: /1 Annual rate of repairing cost.

Table 3.32 Annual cost of ferry facilities

Case	Case (1)			Case (2) ^{/1}
	3%	7%	10%	3%
Annual rate of interest				
Present worth of construction cost (10 ³ US\$)	29,540	21,520	17,880	41,040
Present worth of working expenses (10 ³ US\$)	45,030	20,560	12,960	63,830
Capital recovery factor	0.0433	0.0750	0.1023	0.0433
Equivalent annual fixed cost (10 ³ US\$)	1,280	1,610	1,830	1,780
Equivalent annual working expenses (10 ³ US\$)	1,950	1,540	1,320	2,760
Total annual cost (10 ³ US\$)	3,230	3,150	3,150	4,540

Remarks: ^{/1} Although the whole investment may be provided with a grant, only the annual rate of interest of 3 percent has been considered for the analysis of cost.

Fig. 3.16. ADDITIONAL CONSTRUCTION OF FERRY FACILITIES

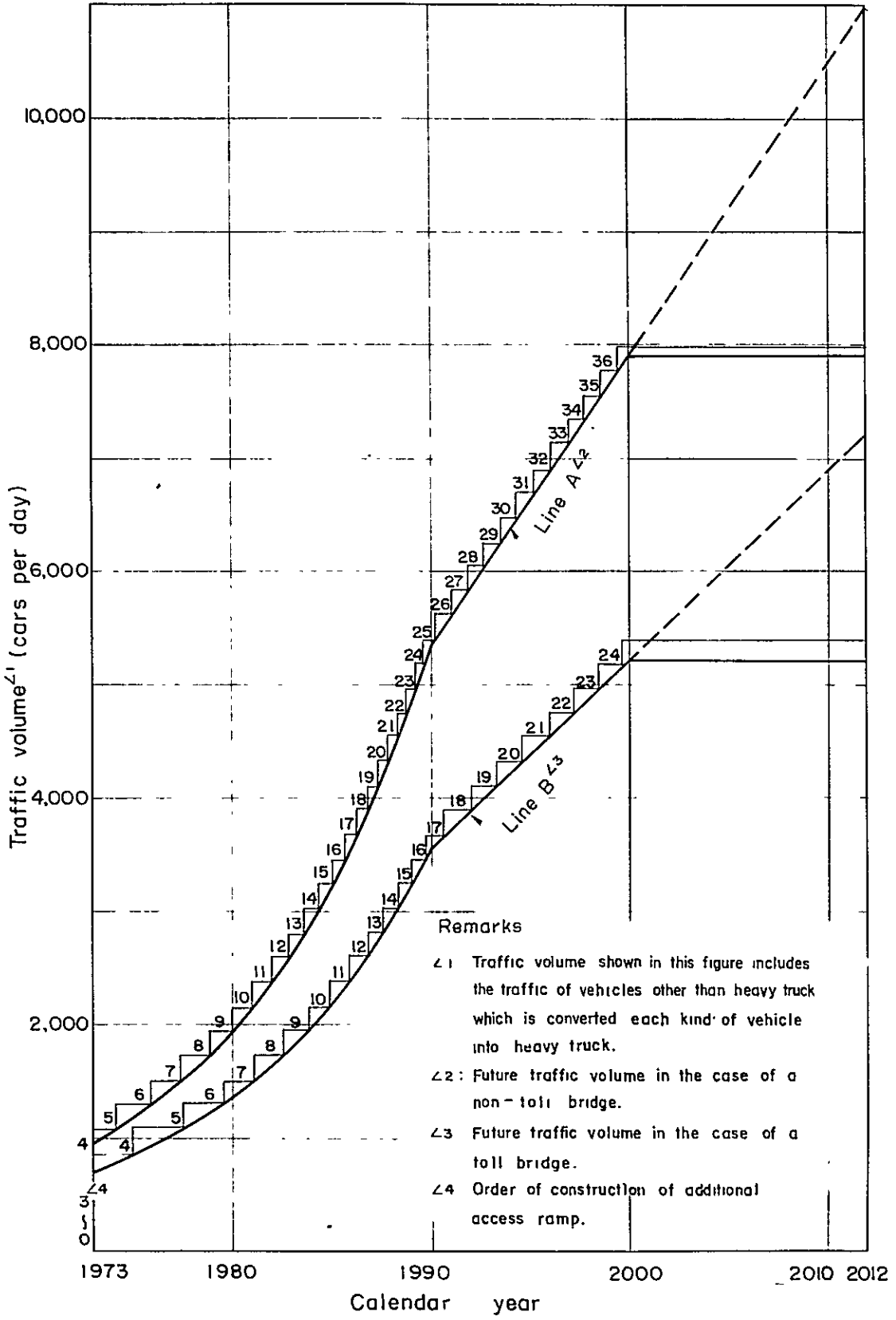
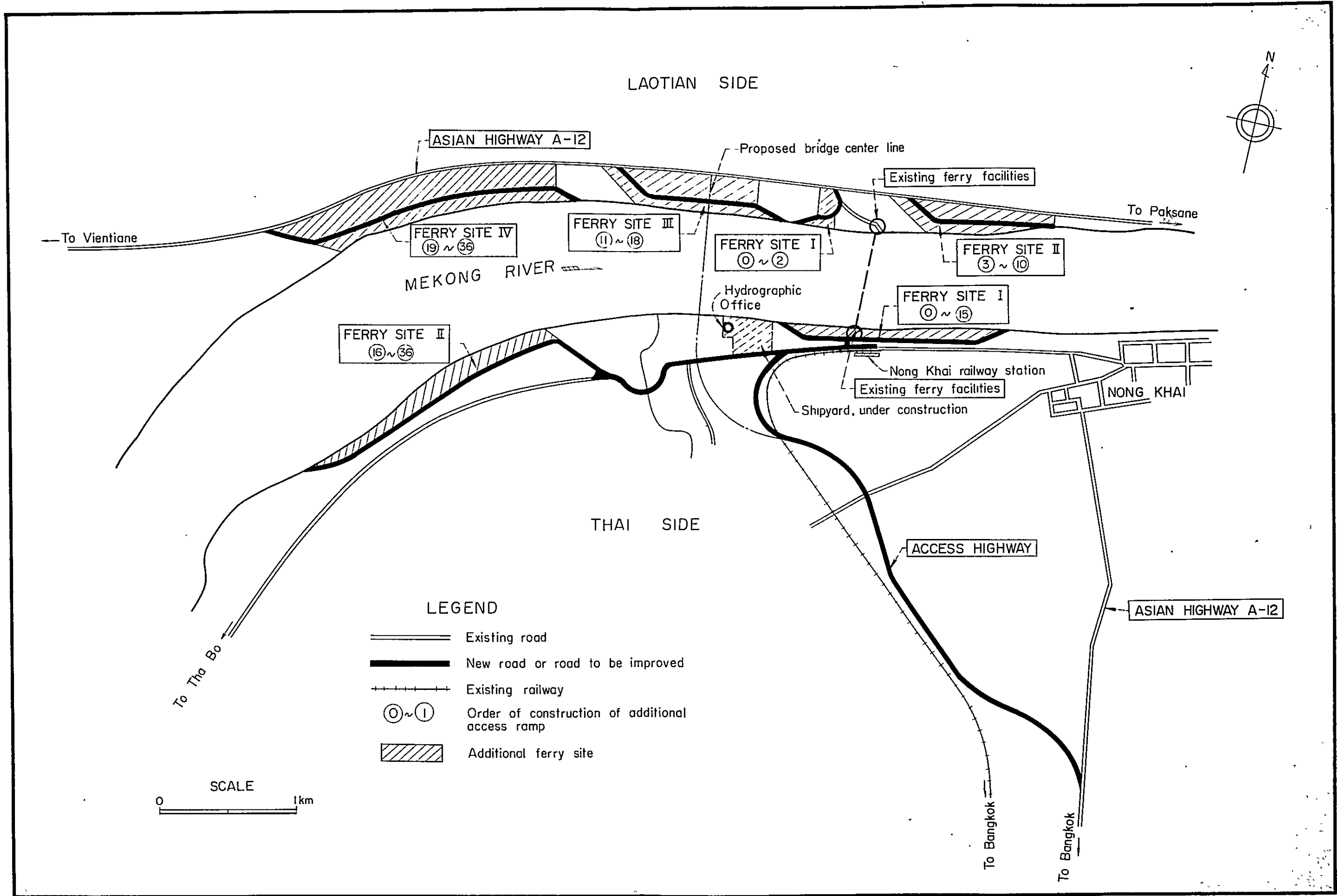


Fig. 3.17. GENERAL LAYOUT OF ADDITIONAL FERRY FACILITIES



3.7 財務的可能性

3.7.1 償還状況

有料橋の場合の財務的可能性は次の3種類の借款に対して検討された。

- (1) 年利率3%で償還年限40年 (ローンI)
- (2) 年利率7%で償還年限25年 (ローンII)
- (3) 年利率10%で償還年限20年 (ローンIII)

借款は3.6.4節に与えられた各交通要素に関する最適料金と徴収して償還される。プロジェク外の収入は将来交通量の伸びに従って年々増加していくであろうが橋の完成時点から25年以上の将来交通量を正確に推定することは難しく、その影響については安全率と考へ交通量を一定と仮定した。

償還は均等償還のかわりに収入から年間支出額と差し引いた残額だけを償還していく方法が採用された。

表3.33. 3.34及び3.35に上記3種類の借款による償還状況を示したものである。

ローンIの場合、表3.33に示す如く投下資本の合計額は410,000,000バーツである。運転、維持、修理費と年利子を加えた年経費総額はプロジェク外完成年(1973年)においては約18,600,000バーツであるが、この年の赤字は約12,800,000バーツであり会計年度末における未償還額は約422,800,000バーツである。

<1 この年経費とは年間利子と運転、維持及び修理費を加えたものである。

そこで上述3種類の計算以外に、橋の通行料金を現行5リール料金と同額と徴収すると仮定した場合の計算を行なってみた。年利率はローンI, II, IIIの場合と同じ3%, 7%, 10%を考えた。計算結果は表3.36に示す通りである。図表からもわかる通り利率3%で現行5リール料金と徴収した場合、料金収入は初年度において24,600,000バーツに増加し、収支は初年度より黒字となる。従って初年度から元金の償還を始めることができ、運転資金は全然必要とせず14年間で償還し終る。

年利率7%の時は初めの5年間は収支赤字であるが17年で償還し終ることができ、運転資金は28,300,000バーツで済む。これは建設費の約7%に相当する。

年利率10%の場合には最適料金を採用した場合と殆んど変わらず初めの10年間は収支赤字であり、償還終了まで21年を要する。

次に上記財務的可能性の検討に関する結論を述べれば、

- (1) 最適料金を採用した場合、赤字財政の期間が長く、その結果膨大な運転資金を要する。これに対しては初年度から最適料金より高い料金を徴収し、その後の交通量の伸びに応じて、いくつかの段階に分けて、その都度料金を下げていくという解決策が考えられる。
- (2) ローンII, ローンIIIの場合には償還年限が短いために、最適料金がかかり高く、最適料金より高い料金を初年度から徴収しても、まだかなりの運転資金を要する。しかし、償還はプロジェクトの平均耐用年数40年の約半分の期間で終えることができる。この場合、償還終了後の残り20年に対しては、料金をそのまま連続して徴収するならば、本プロジェクトの橋と同じ規模の橋をもう一つ建設するための資金を充分作る事が可能であり、あるいは通行料金を徴収し、それで利用者の便益を増やすことができる。

Table 3.32 Financial statement in the case of collecting the optimal toll: of bridge-Loan J

Unit : Baht

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	full revenue	Balance
1 1973	410,000,000	12,300,000	6,336,550	18,636,550	5,867,549	-12,769,001
2 1974	422,769,001	12,683,070	6,336,550	19,019,620	6,451,100	-12,568,520
3 1975	435,337,521	13,060,126	6,336,550	19,396,676	7,074,218	-12,322,457
4 1976	447,659,979	13,429,799	6,336,550	19,766,349	7,770,765	-11,995,585
5 1977	459,655,563	13,789,667	6,336,550	20,126,217	8,531,116	-11,595,101
6 1978	471,250,604	14,137,520	6,336,550	20,474,070	9,376,145	-11,097,924
7 1979	482,348,589	14,470,458	6,336,550	20,807,008	10,312,895	-10,494,113
8 1980	492,842,702	14,785,281	6,336,550	21,121,831	11,330,907	-9,790,924
9 1981	502,633,625	15,079,009	6,336,550	21,415,559	12,454,334	-8,961,225
10 1982	511,594,850	15,347,845	6,336,550	21,684,395	13,709,966	-7,974,430
11 1983	519,569,280	15,587,078	6,336,550	21,923,628	15,086,841	-6,836,787
12 1984	526,406,067	15,792,182	6,336,550	22,128,732	16,607,584	-5,521,148
13 1985	531,927,215	15,957,816	6,336,550	22,294,366	18,290,690	-4,003,677
14 1986	535,930,892	16,077,927	6,336,550	22,414,477	20,145,822	-2,268,655
15 1987	538,199,547	16,145,986	6,336,550	22,482,536	22,197,111	-285,426
16 1988	538,484,973	16,154,549	6,336,550	22,491,099	24,458,493	1,967,394
17 1989	536,517,579	16,095,527	6,336,550	22,432,077	26,964,832	4,532,755
18 1990	531,984,824	15,959,545	6,336,550	22,296,095	29,746,203	7,450,108
19 1991	524,534,716	15,736,941	6,336,550	22,072,591	31,146,811	9,074,220
20 1992	515,460,496	15,463,815	6,336,550	21,800,365	32,553,288	10,752,923
21 1993	504,707,573	15,141,227	6,336,550	21,477,777	33,960,520	12,482,743
22 1994	492,224,830	14,766,745	6,336,550	21,103,295	35,365,882	14,262,587
23 1995	477,962,243	14,338,867	6,336,550	20,675,417	36,767,605	16,092,188
24 1996	461,870,055	13,856,102	6,336,550	20,192,652	38,168,213	17,975,562
25 1997	443,894,493	13,316,835	6,336,550	19,653,385	39,582,052	19,928,667
26 1998	423,965,826	12,718,975	6,336,550	19,055,525	40,983,775	21,928,250
27 1999	402,037,576	12,061,127	6,336,550	18,397,677	42,387,285	23,989,607
28 2000	378,047,968	11,341,439	6,336,550	17,677,989	43,789,008	26,111,019
29 2001	351,936,950	10,558,108	6,336,550	16,894,658	43,789,008	26,894,349
30 2002	325,042,600	9,751,278	6,336,550	16,087,828	43,789,008	27,701,180
31 2003	297,341,420	8,920,243	6,336,550	15,256,793	43,789,008	28,532,215
32 2004	268,809,205	8,064,276	6,336,550	14,400,826	43,789,008	29,388,182
33 2005	239,421,024	7,182,931	6,336,550	13,519,181	43,789,008	30,269,827
34 2006	209,151,196	6,274,536	6,336,550	12,611,086	43,789,008	31,177,932
35 2007	177,973,275	5,339,198	6,336,550	11,675,748	43,789,008	32,113,260
36 2008	145,860,015	4,375,800	6,336,550	10,712,350	43,789,008	33,076,657
37 2009	112,783,358	3,383,501	6,336,550	9,720,051	43,789,008	34,068,957
38 2010	78,714,400	2,361,432	6,336,550	8,697,982	43,789,008	35,091,026
39 2011	43,623,375	1,308,701	6,336,550	7,645,251	43,789,008	36,143,757
40 2012	7,479,618	224,389	6,336,550	6,560,939	43,789,008	37,228,069

Table 3.34 Financial statement in the case of collecting the optimal tolls of bridge - Loan II

Unit : Baht

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1	410,000,000	28,700,000	6,336,550	35,036,550	16,715,842	-18,320,708
2	428,320,708	29,982,450	6,336,550	36,319,000	18,273,628	-18,045,372
3	446,366,080	31,245,626	6,336,550	37,582,176	19,906,622	-17,675,554
4	464,041,633	32,482,914	6,336,550	38,819,464	21,744,734	-17,074,731
5	481,116,364	33,678,146	6,336,550	40,014,696	23,712,428	-16,302,267
6	497,418,632	34,819,304	6,336,550	41,155,854	25,898,568	-15,257,287
7	512,675,918	35,887,314	6,336,550	42,223,864	28,294,183	-13,929,681
8	526,605,599	36,862,392	6,336,550	43,198,942	30,878,655	-12,320,287
9	538,925,886	37,724,812	6,336,550	44,061,362	33,701,934	-10,359,428
10	549,285,314	38,449,972	6,336,550	44,786,522	36,835,865	-7,950,657
11	557,235,971	39,006,518	6,336,550	45,343,068	40,244,448	-5,098,620
12	562,334,590	39,363,421	6,336,550	45,699,971	43,976,649	-1,723,323
13	564,057,913	39,484,054	6,336,550	45,820,604	48,069,175	2,248,571
14	561,809,342	39,326,654	6,336,550	45,663,204	52,541,419	6,878,215
15	554,931,127	38,845,179	6,336,550	45,181,729	57,445,583	12,263,854
16	542,667,273	37,986,709	6,336,550	44,323,259	62,793,604	18,470,345
17	524,196,929	36,693,785	6,336,550	43,030,335	68,664,778	25,634,443
18	498,562,486	34,899,374	6,336,550	41,235,924	75,133,308	33,897,384
19	464,665,101	32,526,557	6,336,550	38,863,107	78,554,071	39,690,964
20	424,974,137	29,748,190	6,336,550	36,084,740	82,000,522	45,915,783
21	397,058,354	26,534,085	6,336,550	32,870,635	85,444,188	52,573,553
22	326,484,801	22,853,936	6,336,550	29,190,486	88,881,819	59,691,333
23	266,793,468	18,675,543	6,336,550	25,012,093	92,311,402	67,299,309
24	199,494,159	13,964,591	6,336,550	20,301,141	95,732,165	75,431,023
25	124,063,135	8,684,419	6,336,550	15,020,969	99,194,588	84,173,619
26	39,889,517	2,792,266	6,336,550	9,128,816	102,624,171	93,495,354

Remarks : The amortization period for Loan II originally considered was 25 years. The difference of one year shown in this table has resulted from the optimal tolls calculated at the graduated toll rate using 5 Bahts as a unit.

Table 3.35 Financial statement in the case of collecting the optimal tolls of bridge - Loan III

Unit : Baht

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Foll revenue	Balance
1 1973	410,000,000	41,000,000	6,336,550	47,336,550	25,089,012	-22,247,538
2 1974	432,247,538	43,224,754	6,336,550	49,561,304	27,572,740	-21,988,563
3 1975	454,236,102	45,423,610	6,336,550	51,760,160	30,213,668	-21,546,492
4 1976	475,782,594	47,578,259	6,336,550	53,914,809	33,178,675	-20,736,134
5 1977	496,518,728	49,651,873	6,336,550	55,988,423	36,406,489	-19,581,934
6 1978	516,100,661	51,610,066	6,336,550	57,946,616	39,994,094	-17,952,522
7 1979	534,053,183	53,405,318	6,336,550	59,741,868	43,970,998	-15,770,870
8 1980	549,824,053	54,982,405	6,336,550	61,318,955	48,285,443	-13,033,513
9 1981	562,857,566	56,285,757	6,336,550	62,622,307	53,051,660	-9,570,646
10 1982	572,428,212	57,242,821	6,336,550	63,579,371	58,366,951	-5,212,420
11 1983	577,640,632	57,764,063	6,336,550	64,100,613	64,202,356	101,743
12 1984	577,538,890	57,753,889	6,336,550	64,090,439	70,637,200	6,546,761
13 1985	570,992,129	57,099,213	6,336,550	63,435,763	77,763,449	14,327,686
14 1986	556,664,443	55,666,444	6,336,550	62,002,994	85,605,746	23,602,752
15 1987	533,061,691	53,306,169	6,336,550	59,642,719	94,283,730	34,641,011
16 1988	498,420,680	49,842,068	6,336,550	56,178,618	103,851,334	47,672,716
17 1989	450,747,965	45,074,796	6,336,550	51,411,346	114,439,293	63,027,946
18 1990	387,720,018	38,772,002	6,336,550	45,108,552	126,189,424	81,080,872
19 1991	306,639,146	30,663,915	6,336,550	37,000,465	132,122,310	95,121,846
20 1992	211,517,300	21,151,730	6,336,550	27,488,280	138,079,148	110,590,868
21 1993	100,926,433	10,092,643	6,336,550	16,429,193	144,030,749	127,601,556

Remarks : The amortization period for Loan III originally considered was 20 years. The difference of one year shown in this table has resulted from the optimal tolls calculated at the graduated toll rate using 5 Bahts as a unit.

Table 3.36 Financial statements in the case of collecting the same amounts of bridge tolls as current ferry charges
(interest rate 3 percent)

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1 1973	410,000,000	12,300,000	6,336,550	18,636,550	24,548,414	5,911,864
2 1974	404,088,136	12,122,644	6,336,550	18,459,194	26,987,992	8,528,798
3 1975	395,559,337	11,866,780	6,336,550	18,203,330	29,583,540	11,380,210
4 1976	384,179,127	11,525,374	6,336,550	17,861,924	32,498,067	14,636,143
5 1977	369,542,684	11,086,290	6,336,550	17,422,840	35,673,779	18,250,939
6 1978	351,292,045	10,538,761	6,336,550	16,875,311	39,203,294	22,327,983
7 1979	328,964,062	9,868,922	6,336,550	16,205,472	43,118,844	26,913,372
8 1980	302,050,690	9,061,521	6,336,550	15,398,071	47,367,822	31,969,751
9 1981	270,080,958	8,102,428	6,336,550	14,438,978	52,063,963	37,624,985
10 1982	232,455,953	6,973,679	6,336,550	13,310,229	57,303,591	43,993,362
11 1983	188,462,591	5,658,878	6,336,550	11,990,428	63,059,661	51,069,233
12 1984	137,393,357	4,121,801	6,336,550	10,458,351	69,407,750	58,949,400
13 1985	78,443,958	2,353,319	6,336,550	8,689,869	76,443,441	67,753,572
14 1986	10,690,386	320,712	6,336,550	6,657,262	84,188,591	77,531,330

Unit : Baht

(interest rate 7 percent)

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1 1973	410,000,000	28,700,000	6,336,550	35,036,550	25,032,127	-10,004,423
2 1974	420,004,423	29,400,310	6,336,550	35,736,860	27,519,775	-8,217,084
3 1975	428,221,507	29,975,505	6,336,550	36,312,055	30,166,467	-6,145,588
4 1976	434,367,096	30,405,697	6,336,550	36,742,247	33,138,423	-3,603,824
5 1977	437,970,919	30,657,974	6,336,550	36,994,514	36,376,710	-617,804
6 1978	438,288,723	30,701,211	6,336,550	37,037,761	39,975,773	2,938,012
7 1979	435,650,711	30,495,550	6,336,550	36,832,100	43,968,477	7,136,377
8 1980	428,514,334	29,996,003	6,336,550	36,332,553	48,301,178	11,968,625
9 1981	416,545,709	29,158,200	6,336,550	35,494,750	53,089,854	17,595,104
10 1982	398,950,605	27,926,542	6,336,550	34,263,092	58,432,726	24,169,634
11 1983	374,780,972	26,234,588	6,336,550	32,571,218	64,302,216	31,730,998
12 1984	343,049,973	24,013,498	6,336,550	30,350,048	70,775,391	40,425,343
13 1985	302,824,631	21,183,724	6,336,550	27,520,274	77,949,716	50,429,442
14 1986	252,195,189	17,653,663	6,336,550	23,990,213	85,847,480	61,857,267
15 1987	190,337,923	13,323,655	6,336,550	19,660,205	94,591,082	74,930,878
16 1988	115,407,045	8,078,493	6,336,550	14,415,043	104,236,434	89,821,390
17 1989	25,585,655	1,790,996	6,336,550	8,127,546	114,914,622	106,787,076

Unit : Baht

(interest rate 10 percent)

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1 1973	410,000,000	41,000,000	6,336,550	47,336,550	25,394,911	-21,941,638
2 1974	431,941,638	43,194,164	6,336,550	49,530,714	27,918,613	-21,612,101
3 1975	453,553,740	45,155,374	6,330,550	51,691,924	30,603,662	-21,088,262
4 1976	474,642,001	47,464,200	6,336,550	53,800,750	33,618,690	-20,182,060
5 1977	494,824,061	49,458,406	6,336,550	55,818,956	36,907,909	-18,915,047
6 1978	513,739,109	51,373,911	6,336,550	57,710,461	40,555,132	-17,155,329
7 1979	530,894,438	53,089,444	6,336,550	59,425,994	44,605,701	-14,820,293
8 1980	545,714,730	54,471,473	6,336,550	60,908,023	49,001,195	-11,906,828
9 1981	557,621,558	55,762,156	6,336,550	62,098,706	53,859,272	-8,239,434
10 1982	565,860,992	56,586,099	6,336,550	62,922,649	59,279,577	-3,643,072
11 1983	569,504,064	56,950,406	6,336,550	63,286,956	65,234,132	1,947,176
12 1984	567,556,888	56,755,689	6,336,550	63,092,239	71,801,121	8,708,882
13 1985	558,848,006	55,884,801	6,336,550	62,221,351	79,079,422	16,858,071
14 1986	451,989,935	54,198,993	6,336,550	60,535,543	87,091,646	26,556,103
15 1987	515,433,832	51,543,383	6,336,550	57,879,933	95,961,967	38,087,034
16 1988	477,351,798	47,755,180	6,336,550	54,071,730	105,757,106	51,675,377
17 1989	425,676,421	42,567,642	6,336,550	48,904,192	116,580,051	67,675,859
18 1990	358,000,562	35,800,056	6,336,550	42,136,606	128,608,352	86,471,746
19 1991	271,528,816	27,157,882	6,336,550	33,489,432	134,665,618	101,176,187
20 1992	170,352,629	17,035,263	6,336,550	23,371,813	140,746,646	117,374,833

Unit : Baht

3.7.2 償還可能な借款の種類

この他の借款として償還可能な各種の借款が更に広い範囲から採られた。償還可能な各種の借款とは、いろいろな橋の通行料、料金率に対して、その料金収入により、投下資本の償還が可能であるような、年利率と償還年限の組合せを持つ借款をいう。

各種交通要素の料金は交通要素の別に関係なく一律に、その交通要素の現行左り料金の何割かであると仮定し、零から現行左り料金まで10通りの料金率を考えた。この算定は次式によって行われた。

$$U_n = C(1+i)^{n+1} + E \cdot \sum_{j=0}^{n-1} (1+i)^j - R \cdot \sum_{k=0}^{n-1} (1+t)^k \cdot (1+i)^{n-t-k} \quad \text{---(1)}$$

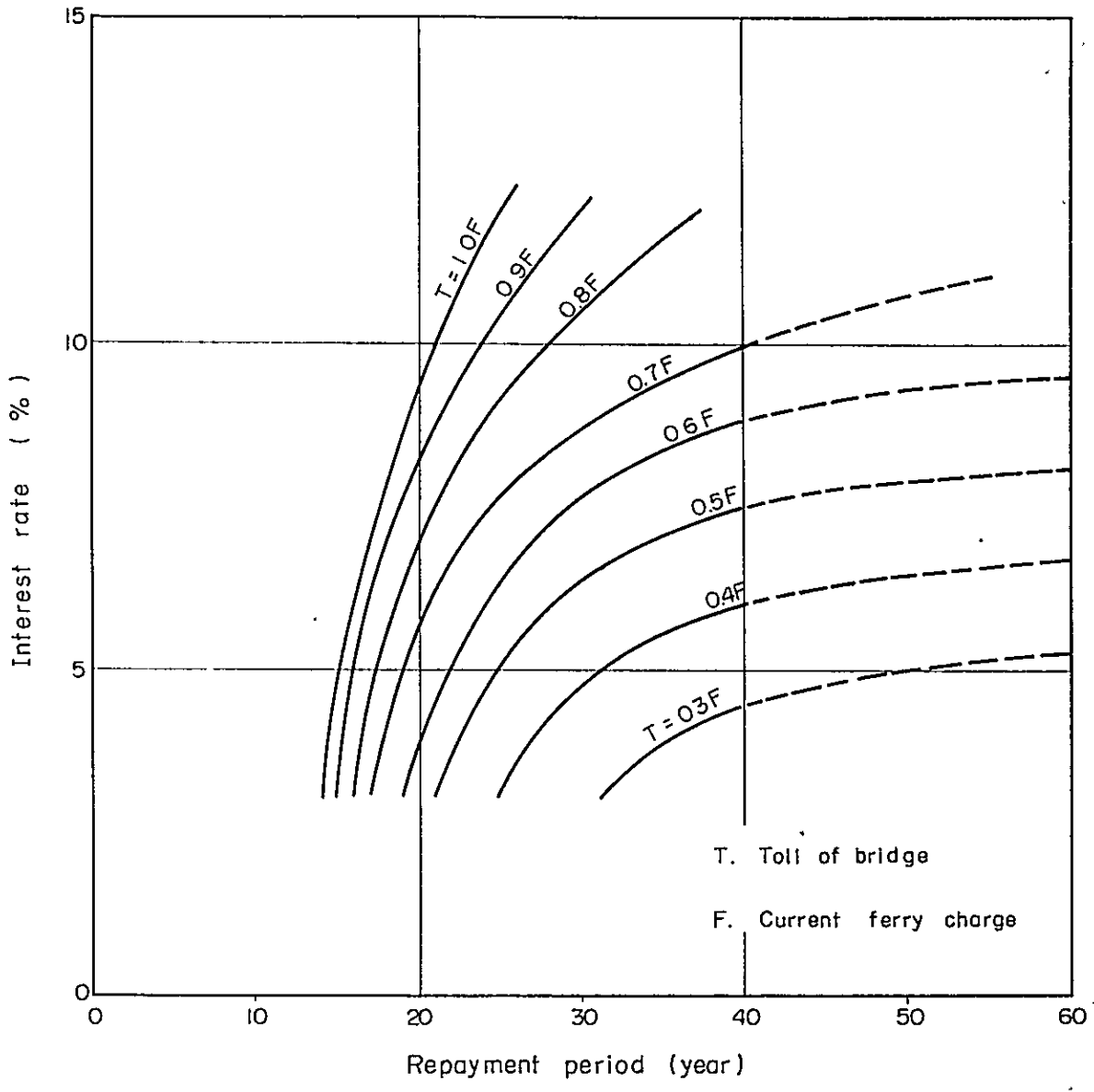
- U_n : n年における未償還額
- C : 投下資本額
- i : 年利率
- E : 運転、維持、修理費
- R : 初年度における料金収入の総額
- t : 料金収入の伸び率、ここでは交通量の伸び率に等しい率を考えた。

この(1)式において U_n = 0 を成立させる年利率 i と償還年限 n との組合せを10種類の料金率について計算した。計算結果は図318に示される通りである。

<1. 表39参照。

この図から次のような事が判る。ある10の投下資本、例えば年利
率5%、償還年限25年という条件の借款が融資された場合、投下資
本を与えられた条件で償還し得るのは各交通要素共、橋の通行料金を
現行5リール料金の50%以上徴収した場合であるという事が判る。又
現行5リール料金と同額の橋の通行料金を徴収した時は10%の年利
率の借款でも25年間で償還し終る。更に現行5リール料金の40%
を徴収し30年間で償還したい時は年利率6%の資金を調達すれば
よいことも判る。

Fig. 3. 18. RELATION BETWEEN INTEREST RATE AND REPAYMENT PERIOD



第四章

道路単独橋

ノカイ・ヴエンチャン間架橋計画として第三章に述べられた道・鉄併用橋に対する比較等として、道路単独橋の架設計画が考えられる。道路単独橋の場合、現在 バンコック・ノカイ間を走る鉄道はヴエンチャンに延長されずメコン河に架設される橋には道路だけが敷設されて現在 ラオス・タイ両国にある アアハ佐ーノ号線に連結される。

この道路単独橋がノカイ・ヴエンチャン架橋計画として採用される場合を著る 技術的、経済的及び財務的可能性の見地においての検討がなされた。その概要を以下に述べる。

4.1 橋の技術的可能性

併用橋と較ぶ単独橋の建設に当っては技術的になんら異なるところはない。第三章に詳しく述べられている事と同様に単独橋に於いても技術的可能性に関する特にゆゆしい問題はない。

この二種類の橋は多くの点で似通っており、例えば 架橋中心線も併用橋と同じ場所下位置し、設計の手順、舟運に関する問題、橋の最頂部の位置、橋脚の形、橋脚基礎としてのニーマテックケソンの採用、河岸浸食や河床沈堆に関する問題等々同じ基準で設計され、同じ要領で施工される。

併用橋と設計条件の異なる点をいくつか掲げると次の通りである。

- (1) 図3.2に示される通り鉄道荷重と道路荷重とでは載荷状態や重量の点で大分異なり、特に道路荷重は鉄道荷重に較べると非常に軽い。
- (2) 道路単独橋の縦断勾配は、タイ国道路局の幾何設計基準や表3.7に示される技経条項等を見ると最大4%採るとがでる。

るが、併用橋の場合の道路は鉄道の制限勾配に制約されて最大勾配しか採ることができない。従って道路単独橋の場合は併用橋と異なり両岸に取付道路を必要としない。

(3) 道路設計に採用される荷重は比較的軽いので単独橋の型式は、当然、併用橋と異なる。例えば橋脚間隔とか併用橋には必要であった軌道がなくなるので断面形状等が当然の事として変わってくる。

予備設計には橋の型式、橋脚間隔、断面形状等に十分な配慮がなされて行われた。詳細については以下に述べる通りである。

(1) 橋の型式

第三章 3.1.3.1 節 (3) に述べられている理由により道路単独橋には鋼床版連続箱桁橋が考えられた。

この型式の橋は連続下路トラス橋より建設費を要するが多くの利点を持っている。

上部構造をなるべく軽くし、下部構造に与える負担を軽減させるために鋼床版が採用された。大きな負のモーメントが起きる箇所では桁高を高くし、橋脚と橋脚の間は徐々に低くなるように設計された。

(2) 橋脚間隔

一般に中間とその両側の橋脚間隔の比が1:1.25になるような橋には3径間連続箱桁橋が最も経済的である。舟運の通路として28m以上の水平余裕を保証するために90mの橋脚間隔を1箇所設ける必要がある。好ましい形としては90m間隔の部分と3径間の中央に設けるべきであり、その両側の間隔は70m以上にするのが最も経済的と思われる。

この90m径間以外の部分についても最も経済的な径間を決めるため
3つの案があげられ以下のよきな検討が行われた。

表 4.1 橋脚間隔

ケース	橋脚間隔 (m)	橋長 (m)	橋脚数 (本)	橋台数 (個)	建設費(10 ³ 米円)		
					上部構造	下部構造	合計
①	(70+90+70)+4 ×(40+50+40)	750	14	2	2,300	2,900	5,200
②	(70+90+70)+3 ×(50+60+50)	710	11	2	2,500	2,400	4,900
③	3×(70+90+70)	690	8	2	3,700	2,000	5,700

上表4.1によればケース②が最も経済的であり、従ってこのケース②
を採用するにとにした。

(3) 断面形状

橋桁としては製造、運搬及び組立ての簡単な箱桁が採用さ
れた。設計基準に従って橋上の道路部分は二車線8m幅員とし、両側
に各1.5mの歩道を設けることとした。

4.2 取付道路の技術的可能性

道・鉄併用橋に関しては、路線選定 予備設計及びギリに附
随する各種の問題点といった技術的可能性が管理設備を含めた取付
道路に対してすでに第3章3.3節において検討されている。道路単独
橋もまたこのと同様の検討がなされ、この2橋種の間には本質的に
なにか異なる点は見い出されなかった。従って取付道路の路線につ
いてやはり併用橋において採用された2候補路線を採用した。
予備設計に関しても第3章に準い同要領で行なわれた。

ただしこの2橋種の間には本質的な点としてやはり付随する
各種の問題点について併用橋と異なる点が揭明される。

(1) 夕側に敷設される取付道路は夕側道路局の設計基準及び表3.7に示される技術条件により既存鉄道との交差部に於いて立体交差をしなければならないという事(併用橋の場合は平面交差で設計されている)。

立体交差についてはプレート21にその設計概要が示されているが、この交差地床は地盤が軟弱であり、基礎杭を地表より10m~15mも下にある砂利層まで打ち込まなくてはならない。

(2) 道路単独橋の場合 橋と既存のノカイ駅とを結ぶもう一本の道路が必要になる。何故ならば夕側の既存鉄道がウエンヤク並長としないので、バンコク方面からノカイ駅に運ばれてくる鉄道貨物をウエンヤク逆選ぶにはどうしても道路を利用しなくてはならず将来この道路を利用する交通量もかなり増加するとの見込み、そのために十分な容量を付せて設計すべきである。

(3) 上記の道路延長を短かくするため夕側の管理設備を河岸から200m以内の所に設けた。橋が最大縦断勾配の4%で降りくると丁度=河岸の所で降り切るので、この管理設備の位置は理想的な場所といえる。逆に併用橋の場合は橋の最大縦断勾配が1.2%であるため管理設備を河岸近くに設けることは難かしい。併用橋の場合必ずやここに設ける必要もない。

道路単独橋の管理設備内に設けられる付帯構造物は併用橋と多少は変わらない。

(4) 工事が開始されると現在ノカイのハイドログラフィックオプスの前を走る道路は工事用の運搬道路として使用している。この辺の地形は一変してしまう。そこでこの地域の住民のためにこの道路にかわる迂回路をどこかに設けておく必要がある。

この迂回路のルートが併用橋の場合と少し異なる。

以上の如く各種の検討がなされ、取付道路及び管理設備の建設

176
はどちらも技術的には可能であることが明らかになったと同時に道路単独橋、道鉄併用橋のいずれの実現に対して打ちあぐさするところはない。

4.3 工事計画

道路単独橋の工事計画は併用橋の場合と殆んど同じである。しかし、上部構造の組立てには上部弦材の上を走るボータブルクレーンによるのではなく、ケーブルクレーンの方法が好ましい。つまりケーブルクレーンによる側径間を組立て中央径間を片持梁形式で進め行く工法である。

4.4 建設費

建設費の推定には第二章5.5節の併用橋において採用された条件をそのまま採用した。第1次報告書における推定建設費は8,700,000米ドルであったのに対し、今回の第2次報告書において推定された額は12,000,000米ドルである。この違いは主に(1)橋脚基礎としてフーチングの代りにコンクリートケーソンを採用した(2)右側の取付道路が第1次報告書で選定した路線より長くなった。(3)プレート22及び23を見て判る通り管理設備が強化された。

これらの新たな条件が加わっても依然としてノカイ架橋地塊がウエンタン及びバモン地塊に比べなお有利であることに変わりはない。

Table 4.2. Construction cost

(In the case of a highway bridge)

Item	Construction cost (US\$)	Remarks
<u>I. GOVERNMENTS' PREPARATORY WORKS</u>	<u>800,000</u>	
1. Construction facilities	400,000	
2. Land and rights	400,000	
<u>II. MAIN CONSTRUCTION WORKS</u>	<u>7,300,000</u>	
1. Steel box-girder bridge	(4,700,000)	710 meters long
(i) Superstructure	2,300,000	
(ii) Substructure	2,400,000	
2. Highway	(2,400,000)	
(i) Access highway	1,200,000	
(ii) Administrative facilities	1,200,000	
3. Permanent residential buildings	200,000	
<u>III. ENGINEERING SERVICE</u>	<u>1,100,000</u>	
<u>IV. GOVERNMENTS' ADMINISTRATIVE EXPENSE</u>	<u>500,000</u>	6% of (I) and (II)
<u>V. CONTINGENCY AND RESERVE</u>	<u>1,600,000</u>	20% of (I) and (II)
<u>VI. INTEREST DURING CONSTRUCTION</u>	<u>700,000</u>	6% of (I) and (II)
Total	<u>12,000,000</u>	

4.5 経済的妥当性

4.5.1 一般

この章においては3.6節に述べられた併用橋の場合と同じ費額で単独橋の経済的妥当性の検討がなされている。

先ず基本将来交通量が推定され、将来交通量の変化係数が求められた。次いでこの係数を用いてすべての料金率に対する将来交通量の推定がなされた。

各交通要素の単位便益を算定した後、実際に徴収する料金率が決定された。この料金率に基づく将来交通量と単位便益を乗じて年間便益を求め、さらに超過便益を算定するために、この年間便益を1973年の現在価値に還元した。

年経費と資本化経費は建設費と運転・維持・修理費の和として求められ、これから年間便益と資本化便益及び便益・費用比率と超過便益がそれぞれ算定された。

内部収益率もやはり併用橋と同じようにして求められた。

道路単独橋の年経費とスリ設備の年経費も併用橋の場合と同様にして比較された。

4.5.2 将来交通量

道路単独橋の将来交通量は併用橋の3.6.2節における考え方に基き、橋が現行通り料金と同額を徴収するという仮定の基に推定され、この推定将来交通量を基にして各種の料金に対する将来交通量が交通量と料金の関係から推定された。

現行フリーガみの料金を徴収した場合の想定現在交通量、伸び率、橋の完成年度である1973年の将来交通量、橋の完成から12年目の1990年の交通量、そして橋の完成から28年後の2000年における交通量は表4.3にそれぞれ与えられている。

1973年から2002年迄の交通量は併用橋の場合と同じ要領で推定され表4.4に示されている。

表4.3によれば1973年の道路交通量はインバウンド併用橋の場合より350台多く1990年には6,300台と併用橋に比べ1,300台多い。また1973年と1990年の比は5.9であり併用橋の場合より伸びが少なり。また2000年においては9,300台となり併用橋の道路交通量に比べ2,600台多い。併用橋の場合には専用車とタクシーの伸びが大型トラックの伸びを上回っている。

無料から現行フリーガみ料金迄の料金と交通量との関係についてはすでに3.1.2節に述べられている。

道路単独橋の交通量は道路部分の交通量と鉄道から転換される交通量の2つから成る。道路橋の変化係数 α_i はこの2つの部分の交通量の重量平均から得られる。この α_i の推定は表4.5において成されており C_{ij}/C_{if} と Q_{ij}/Q_{if} の関係が図4.1に示されている。

無料橋の場合の1973年、1990年、2000年の各交通量は表4.6に示されており、料金によって変化する交通量の変化状況が図4.2に示されている。

Table 4. . . Estimated future traffic

(In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges)

Items	Imaginary initial traffic (vehicles/day)			Future traffic (vehicles/day)			Growth index			Annual growth rate 1973 to 1990 (%)	Daily growth volume 1990 to 2000 (vehicles)
	1967	1973	1990	2000	1973	1990	2000				
Buses	2	6	32	47	1.00	5.33	7.83	10.4	10.4	1.5	
Personal cars	29	86	691	1,047	1.00	8.03	12.17	13.1	13.1	35.6	
Taxis	1	3	26	40	1.00	8.67	13.33	13.6	13.6	1.4	
Heavy trucks	187	436	1,719	2,474	1.00	3.94	5.67	8.4	8.4	75.5	
Light trucks	3	7	31	45	1.00	4.43	6.43	9.2	9.2	1.4	
Motorcycles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sub-total	222	538	2,499	3,651	1.00	4.64	6.79	9.5	9.5	115.2	
Buses	15	35	189	280	1.00	5.40	8.00	10.5	10.5	9.1	
Personal cars	69	163	1,304	1,975	1.00	8.00	12.12	13.0	13.0	67.1	
Taxis	70	165	1,411	2,144	1.00	8.55	12.99	13.5	13.5	73.3	
Heavy trucks	2	4	16	23	1.00	4.00	5.75	8.5	8.5	0.7	
Light trucks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Motorcycles	76	179	958	1,416	1.00	5.35	7.91	10.4	10.4	45.8	
Sub-total	232	546	3,908	5,867	1.00	7.20	10.75	12.2	12.2	195.9	
Buses	17	41	221	327	1.00	5.39	7.98	10.4	10.4	10.6	
Personal cars	98	249	1,995	3,022	1.00	8.01	12.14	13.0	13.0	102.7	
Taxis	71	168	1,437	2,183	1.00	8.55	12.99	13.4	13.4	74.6	
Heavy trucks	189	440	1,735	2,497	1.00	3.94	5.68	8.4	8.4	76.2	
Light trucks	3	7	31	45	1.00	4.43	6.43	9.2	9.2	1.4	
Motorcycles	76	179	958	1,416	1.00	5.35	7.91	10.4	10.4	45.8	
Total	454	1,084	6,377	9,490	1.00	5.88	8.75	11.0	11.0	311.2	

Table 4.4. Estimated future traffic for each year

(In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges)

Calendar year	Ordinal year	Traffic volume						Total
		Buses	Personal cars	Taxis	Heavy trucks	Light trucks	Motor-cycles	
1973	1	41	249	168	440	7	179	1,084
1974	2	45	281	191	477	8	198	1,200
1975	3	50	318	216	517	8	218	1,327
1976	4	55	359	245	561	9	241	1,470
1977	5	61	406	278	608	10	266	1,629
1978	6	67	459	316	659	11	293	1,805
1979	7	74	519	358	714	12	324	2,001
1980	8	82	587	407	774	13	357	2,220
1981	9	91	663	461	839	14	394	2,462
1982	10	100	749	523	910	15	435	2,732
1983	11	110	847	594	986	17	480	3,034
1984	12	122	957	674	1,069	18	530	3,370
1985	13	135	1,082	764	1,159	20	585	3,745
1986	14	149	1,223	867	1,256	22	646	4,163
1987	15	164	1,382	984	1,362	24	713	4,629
1988	16	181	1,562	1,116	1,476	26	786	5,147
1989	17	200	1,765	1,267	1,600	28	868	5,728
1990	18	221	1,995	1,437	1,735	31	958	6,377
1991	19	232	2,098	1,512	1,811	32	1,004	6,689
1992	20	242	2,200	1,586	1,887	34	1,050	6,999
1993	21	253	2,303	1,661	1,964	35	1,095	7,311
1994	22	263	2,406	1,736	2,040	37	1,141	7,623
1995	23	274	2,509	1,810	2,116	38	1,187	7,934
1996	24	285	2,611	1,885	2,192	39	1,233	8,245
1997	25	295	2,714	1,960	2,268	41	1,279	8,557
1998	26	306	2,817	2,034	2,344	42	1,325	8,868
1999	27	316	2,919	2,109	2,421	44	1,370	9,179
2000	28	327	3,022	2,183	2,497	45	1,416	9,490

Unit : Vehicles/day

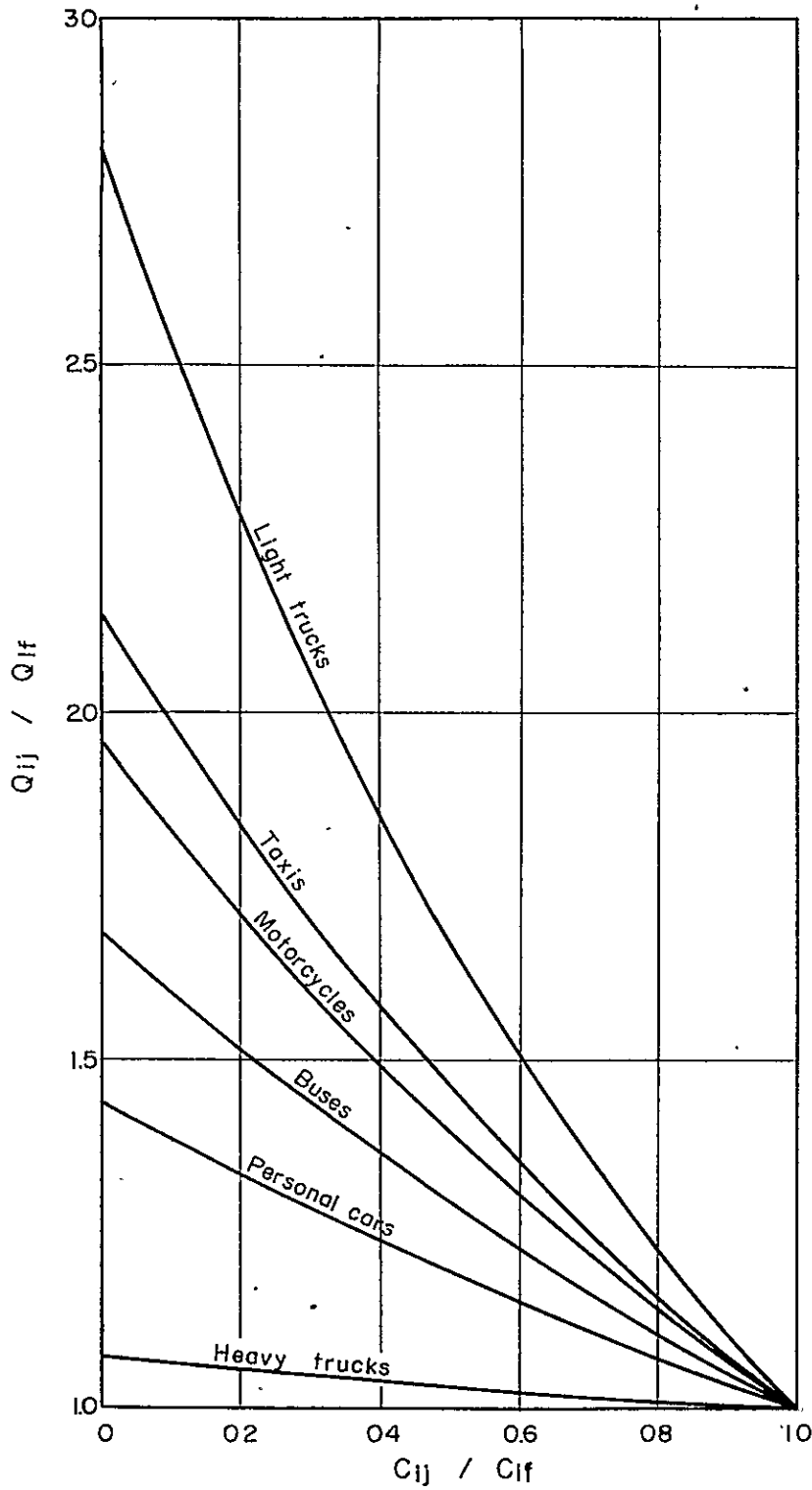
Table 4.5 Coefficient of variation α

Traffic component	The coefficient α for a rail/highway bridge		Utilization ratio of traffic		The coefficient α for a highway bridge (5) = (1)x(3) + (2)x(4)
	Highway	Railway	Highway	Railway	
	(1)	(2)	(3)	(4)	
Buses	1.82	1.03	0.829	0.171	1.68
Personal cars	1.54	1.03	0.806	0.194	1.44
Taxis	2.38	1.03	0.820	0.180	2.14
Heavy trucks	1.07	1.07	0.502	0.498	1.07
Light trucks	2.81	1.07	1.000	-	2.81
Motorcycles	2.17	1.03	0.816	0.184	1.96

Table 4.C. Estimated future traffic volume
(in the case of a non-toll bridge)

Items	Imaginary initial traffic (vehicles/day)				Future traffic (vehicles/day)			Growth index		Annual growth rate(%)	Daily growth volume
	1967	1973	1990	2000	1973	1990	2000	1973	1990	1973 to 1990	1990 to 2000 (vehicles)
Buses	3	10	54	79	1.00	5.40	7.90	10.5	10.5	2.5	51.3
Personal cars	42	124	995	1,508	1.00	8.03	12.16	13.1	13.1	2.9	80.8
Taxis	2	7	55	84	1.00	7.85	12.00	12.9	12.9	3.9	141.4
Heavy trucks	200	467	1,839	2,647	1.00	3.94	5.67	8.4	8.4	9.7	15.3
Light trucks	8	20	87	126	1.00	4.35	6.30	9.0	9.0	15.3	96.6
Motorcycles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
Sub-total	255	628	3,030	4,444	1.00	4.82	7.08	9.7	9.7	15.3	156.8
Buses	26	59	317	470	1.00	5.37	7.97	10.4	10.4	15.3	96.6
Personal cars	99	235	1,878	2,844	1.00	7.99	12.10	13.0	13.0	156.8	0.8
Taxis	150	353	3,020	4,588	1.00	8.56	13.00	13.5	13.5	8.9	89.7
Heavy trucks	2	4	17	25	1.00	4.25	6.25	8.9	8.9	12.2	859.2
Light trucks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motorcycles	149	351	1,878	2,775	1.00	5.35	7.91	10.4	10.4	17.8	147.9
Sub-total	426	1,002	7,110	10,702	1.00	7.10	10.68	12.2	12.2	159.7	81.6
Buses	29	69	371	549	1.00	5.38	7.96	10.4	10.4	3.9	89.7
Personal cars	141	359	2,873	4,352	1.00	8.00	12.12	13.0	13.0	159.7	81.6
Taxis	152	360	3,075	4,672	1.00	8.54	12.98	13.4	13.4	3.9	89.7
Heavy trucks	202	471	1,856	2,672	1.00	3.94	5.67	8.4	8.4	159.7	81.6
Light trucks	8	20	87	126	1.00	4.35	6.30	9.0	9.0	159.7	81.6
Motorcycles	149	351	1,878	2,775	1.00	5.35	7.91	10.4	10.4	159.7	81.6
Total	681	1,640	10,140	15,146	1.00	6.18	9.24	11.3	11.3	159.7	81.6

Fig. 4.1. RELATION BETWEEN Q_{ij} / Q_{if} AND C_{ij} / C_{if}



Values of λ_i

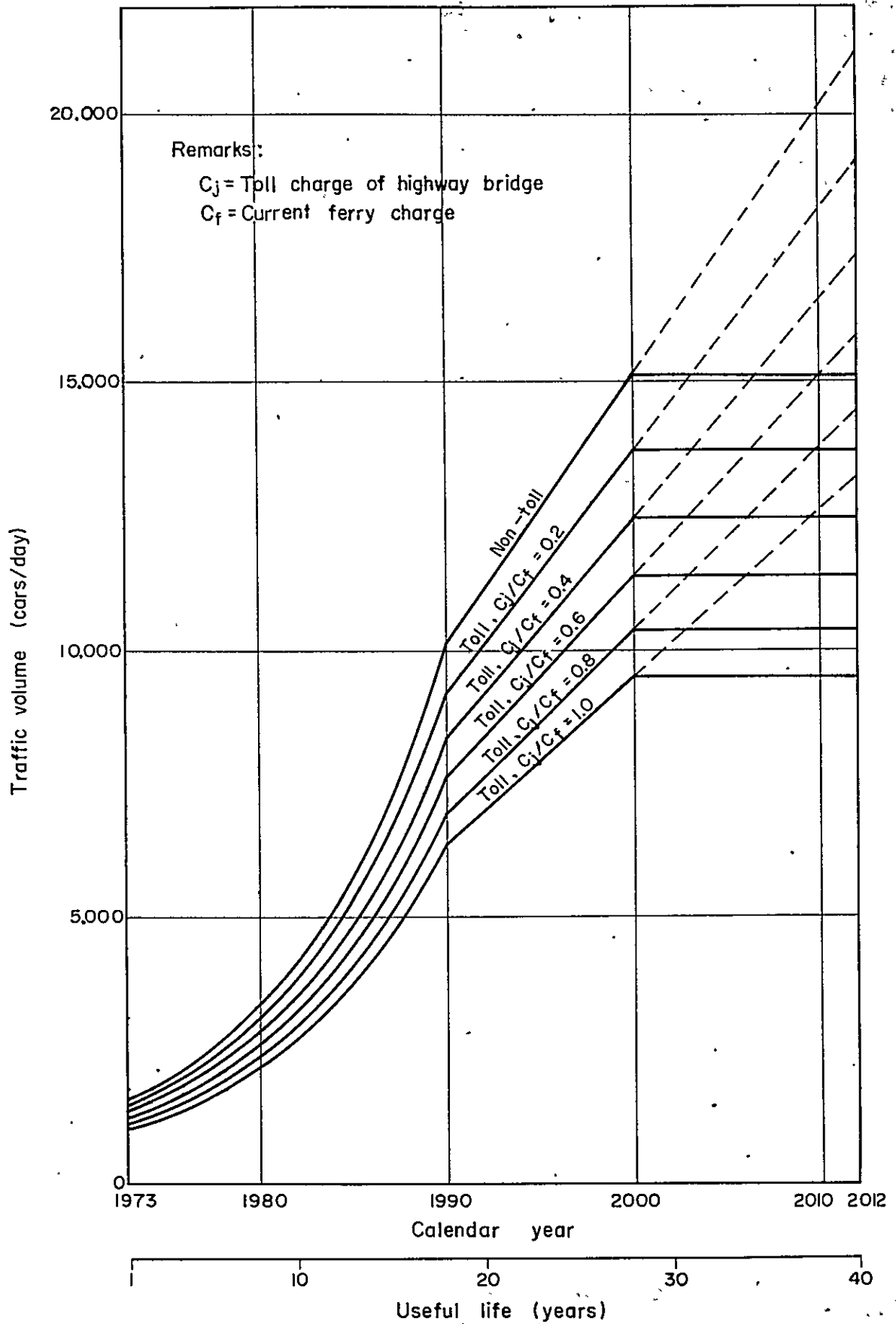
Kind of vehicles	λ_i
1 Buses	1.680
2 Personal cars	1.440
3 Taxis	2.140
4 Heavy trucks	1.070
5 Light trucks	2.810
6 Motorcycles	1.960

Remarks

$\lambda_i : Q_{in} / Q_{if}$

$Q_{ij} / Q_{if} = \lambda_i (1 - \frac{C_{ij}}{C_{if}})$

Fig. 4.2. FUTURE TRAFFIC VOLUME
(in the case of a highway bridge)



4.5.3 直接便益

道路橋におけるアロゼルの経済評価については併用橋と同様に直接便益が計算された。

1973年、1990年及び2000年における日交通量は表4.6に示されている通りである。単位交通量当りの便益及び1973年、1990年、2000年の日便益はそれぞれ表4.7及び表4.8と与えられている。

表4.8によれば道路単独橋から得られる便益は併用橋の場合より少なく1973年においては4.4%、1990年3.8%、及び2000年が3.7%減となっている。これは道路単独橋の交通量が併用橋の交通量に比べて少ないからである。大型トラックは他の車種に比べより多くの便益を有している。

日便益に365日をかけて得られる1973年から2000年迄の各年の便益は表4.9に示されている通りである。

Table 4.7. Benefit per unit of traffic volume

Zonal	Route	Small-sized buses		Large-sized buses		Personnel cars		Taxis		Heavy trucks		Light trucks		Motorcycles	
		Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)	Operat- ing cost time (Bahts)	Travel time (hrs.)
Vientiane - Tha Bo, Sri Chiang Mai	Existing route	119.0	1.62					94.0	1.51						
	New route	79.0	1.12					54.0	1.01						
	Difference	40.0	0.50					40.0	0.50						
	Nos. of car		1						1						
Vientiane - Nong Khai Station	Existing route			246.0	0.78	53.4	0.75	53.4	0.75	148.4	0.78				
	New route			51.5	0.29	13.7	0.26	13.7	0.26	39.4	0.28				
	Difference			194.5	0.49	39.7	0.49	39.7	0.49	109.0	0.50				
	Nos. of car				3		19		13		94				
Vientiane - Nong Khai	Existing route			251.5	0.82	55.2	0.78	55.2	0.78	153.6	0.82				
	New route			56.5	0.32	15.2	0.28	15.2	0.28	43.6	0.32				
	Difference			195.0	0.50	40.0	0.50	40.0	0.50	110.0	0.50				
	Nos. of car				5		28		27		24				
Vientiane - Udon	Existing route			385.7	1.56	91.3	1.46			257.1	1.56	124.4	1.56		
	New route			190.7	1.06	51.3	0.96			147.1	1.06	67.4	1.06		
	Difference			195.0	0.50	40.0	0.50			110.0	0.50	57.0	0.50		
	Nos. of car				1		19				71		2		
Tha Deua - Nong Khai Station	Existing route			207.6	0.56	43.3	0.55	43.3	0.55						
	New route			13.4	0.08	3.6	0.07	3.6	0.07						
	Difference			194.2	0.48	39.7	0.48	39.7	0.48						
	Nos. of car				1		5		3						
The Deua - Nong Khai	Existing route			213.1	0.58	44.8	0.58	44.8	0.58						
	New route			18.9	0.11	5.1	0.10	5.1	0.10						
	Difference			194.2	0.47	39.7	0.48	39.7	0.48						
	Nos. of car				6		27		27						
The Deua - Udon	Existing route											109.4	1.33		
	New route											54.1	0.85		
	Difference											55.3	0.48		
	Nos. of car												1		
Total operating cost		40.0		3,112.9		3,904.7		2,817.1		20,696.0		169.3			
Operation benefit per unit of traffic volume		40.0		194.57		39.84		39.68		109.50		56.43		5	
Total difference of travel time		0.5		7.83		48.17		35.37		94.5		1.48			
Mean difference of travel time		0.5		0.49		0.49		0.49		0.50		0.49		0.5	
Hourly benefit		6.5		6.5		1.85		1.85		8.3		0.77		1.85	
Time benefit per unit of traffic volume		3.25		3.19		0.91		0.91		4.15		0.38		0.93	
Total benefit per unit of traffic volume		43.25		197.76		40.75		40.59		113.65		56.81		5.93	
- do. - , adopted				121		41		41		114		57		6	

Remarks: (1) The value of the operating cost in each zonal pair is obtained from the basic data given in Table 3.15.

(2) The number of car shown in this table denotes the present traffic made clear by the origin-destination survey.

(3) The mean value of the unit benefits of the small-sized buses and the large-sized buses was taken as the benefit per bus.

(4) The operation benefit of motorcycle is represented by the current ferry charge per motorcycle, and the mean difference of travel time 0.5 hour is figured out as the mean value of that of buses, personal cars, taxis and trucks.

Table 4.3.

Benefit per day

(In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges)

Benefit per /1 unit of traf- fic volume	1973			1990			2000		
	Traffic (vehicles/ day)	Benefit (Bahts/day)	Traffic (vehicles/ day)	Benefit (Bahts/day)	Traffic (vehicles/ day)	Benefit (Bahts/day)	Traffic (vehicles/ day)	Benefit (Bahts/day)	
Buses	41	4,961	221	26,741	327	30,567.			
Personal cars	249	10,209	1,995	81,795	3,022	123,902			
Taxis	168	6,888	1,437	58,917	2,183	89,503			
Heavy trucks	440	50,160	1,735	197,790	2,497	284,658			
Light trucks	7	399	31	1,767	45	2,565			
Motorcycles	179	1,074	958	5,748	1,416	8,496			
Total	1,084	73,691	6,377	372,758	9,490	548,691			

/1 Obtained by Table 4.7.

Table 4.9.

Annual benefit

(In the case of a toll bridge that the tolls are set equally to the current ferry charges)

(Unit: Bahts)

Calendar year	Ordinal year	Buses	Personal cars	Taxis	Heavy trucks	Small trucks	Motor-cycles	Total
1973	1	1,810,765	3,726,285	2,514,120	18,308,400	145,635	392,010	26,897,215
1974	2	1,999,392	4,211,506	2,857,451	19,847,244	158,958	432,664	29,502,215
1975	3	2,207,668	4,759,911	3,236,312	21,515,429	173,499	477,534	32,370,353
1976	4	2,437,639	5,379,727	3,671,830	23,323,828	189,370	527,058	35,529,452
1977	5	2,691,567	6,080,252	4,165,957	25,284,225	206,694	581,717	39,010,412
1978	6	2,971,947	6,871,998	4,726,580	27,409,395	225,602	642,045	42,847,567
1979	7	3,281,533	7,766,840	5,362,647	29,713,189	246,240	708,629	47,079,078
1980	8	3,623,369	8,778,206	6,084,311	32,210,619	268,766	782,119	51,747,390
1981	9	4,000,814	9,921,267	6,903,092	34,917,962	293,353	863,230	56,899,718
1982	10	4,417,578	11,213,173	7,832,057	37,852,860	320,188	952,753	62,588,609
1983	11	4,877,755	12,673,306	8,886,036	41,034,440	349,479	1,051,560	68,872,576
1984	12	5,385,869	14,323,571	10,081,851	44,483,436	381,449	1,160,613	75,816,789
1985	13	5,946,913	16,188,727	11,438,589	48,222,324	416,344	1,280,977	83,493,874
1986	14	6,566,400	18,296,755	12,977,907	52,275,470	454,430	1,413,823	91,984,785
1987	15	7,250,420	20,679,282	14,724,375	56,669,288	496,001	1,560,445	101,379,811
1988	16	8,005,693	23,372,052	16,705,869	61,432,413	541,375	1,722,274	111,779,676
1989	17	8,839,643	26,415,464	18,954,018	66,995,883	590,900	1,900,885	123,296,793
1990	18	9,760,465	29,855,175	21,504,705	72,193,350	644,955	2,098,020	136,056,670
1991	19	10,228,094	31,392,169	22,621,798	75,363,053	674,327	2,198,374	142,477,815
1992	20	10,695,724	32,929,162	23,738,891	78,532,756	703,699	2,298,727	148,898,959
1993	21	11,163,353	34,466,156	24,855,985	81,702,459	733,070	2,399,081	155,320,104
1994	22	11,630,983	36,003,149	25,973,078	84,872,162	762,442	2,499,434	161,741,248
1995	23	12,098,612	37,540,143	27,090,171	88,041,865	791,814	2,599,788	168,162,393
1996	24	12,566,241	39,077,136	28,207,264	91,211,568	821,186	2,700,141	174,583,536
1997	25	13,033,871	40,614,130	29,324,358	94,381,271	850,557	2,800,495	181,004,682
1998	26	13,501,500	42,151,123	30,441,451	97,550,974	879,929	2,900,848	187,425,825
1999	27	13,969,130	43,688,117	31,558,544	100,720,676	909,301	3,001,202	193,846,970
2000	28	14,436,759	45,225,110	32,675,637	103,890,379	938,673	3,101,555	200,268,113

Remarks: (Annual benefit) = (Benefit per unit of traffic volume) x (Traffic volume per day shown in Table 4.4.) x 365 days

4.5.4 年間便益

道路橋についても、有料橋の場合の各交通要素についての最適料金が求められた。考え方や計算方法は3.6.4節で併用橋について求めたのと全く同じ方法で3種類の借款について最適料金が求められた。その値は表310に示される通りである。

単独橋において計算された最適料金は併用橋におけるそれよりも全体的に低い金額を示している。ローンIの場合大型トラックだけが10パーツで他の交通要素の最適料金は最低料金の5パーツとなっている。併用橋の大型トラックの最適料金は単独橋の3倍に相当する30パーツである。

ローンIIIの場合についてはローンIの場合の最適料金に比べて大型トラックが85パーツ、バスが10パーツに増大するだけで他の交通要素については最適料金は変わらない。この場合の料金水準は併用橋の場合殆んど現行フリー料金と同水準であったのと比べ相当に低くなっている。

4.6節でこゝまで求められた単独橋の場合の通行料金 C_{ij} 、交通量変化係数 d_i 、基本将来交通量 $Q(i, j)$ を、単位便益 B_i を3.6.4節の(3)及び(4)式に適用して平均年間便益及び現在価値に還元された資本化便益が求められた。結果は次表411に示す通りである。尚、便益の解析期間は併用橋の場合と全く同様である。

Table 4.10. Optimal tolls

Unit : Baht

Traffic Component	Current ferry charges	Loan I ^{/1}	Loan II ^{/2}	Loan III ^{/3}
Buses	51	5	5	10
Personal cars	40	5	5	5
Taxis	40	5	5	5
Heavy trucks	110	10	50	85
Light trucks	57	5	5	5
Motorcycles	5	5	5	5

Note: Unit : 10³ Bahts

Items	Loan I	Loan II	Loan III
Required income ^{/4} in present worth	343,077	296,843	284,185
Total present worth of toll revenue	375,541	307,341	285,236
Total present worth of residual benefit	3,109,506	823,280	374,047

Remarks: For the computation of the optimal tolls, the bridge tolls for various kinds of vehicles are given tentatively in the form of graduated tolls of five-Baht unit ranging from zero to current ferry charges.

/1 In the case of a loan of 3-percent annual interest rate and 40-year amortization period.

/2 In the case of a loan of 7-percent annual interest rate and 25-year amortization period.

/3 In the case of a loan of 10-percent annual interest rate and 20-year amortization period.

/4 The amount of toll revenue required to amortize the total investment is the sum of the total present worth of annual working expense and the total construction cost.

Table 4.11. Mean annual benefit and capitalized benefit

Unit: Baht

Kind of capital	Mean annual benefit (B _m)	Capitalized benefit (B _c)
<u>Toll bridge</u>		
Loan I <u>1</u>	175,185,000	3,485,047,000
Loan II <u>2</u>	120,994,000	1,130,621,000
Loan III <u>3</u>	94,957,000	659,283,000
<u>Non-toll bridge</u>		
Grant <u>4</u>	184,386,000	5,743,300,000

1, 2, 3, 4

Refer to Table 3.20 in Subparagraph 3.6.4.

4.5.5 年経費

3.6.5節において求めたのと全く同様の法により道路単独橋の年経費が計算された。年間固定費は建設費と耐用年数から求められ、これに運転、維持及び修理費を加えてアロ分の年経費が求められた。結果は表4.16に示している通りである。

さらに超過便益を計算するために資本化経費が3.6.5節の(2)式から計算された。計算結果は上記のように求められた年経費と共に表4.12に示している通りである。

表 4.12 年経費と資本化経費

単位：パーツ

資本の種類	年経費 (a)	資本化経費 (c)
<u>有料橋</u>		
ローン I ^{<1}	14,334,000	340,249,000
ローン II ^{<2}	22,294,000	300,360,000
ローン III ^{<3}	29,098,000	285,275,000
<u>無料橋</u>		
無償融資 ^{<4}	13,647,000	324,376,000

<1, <2, <3, <4 3.6.4節表 3.20参照

Table 4.13. Annual Cost

Unit: US\$

Item	Useful life (1)	(2)	(3)	Capital recovery factor (4)						Annual fixed cost (5)						Annual working expense (6)			Annual cost (7)		
				Toll		Non-toll		Toll		Non-toll		Toll		Non-toll		Toll		Non-toll			
				Loan I	Loan II	Loan III	Grant	Loan I	Loan II	Loan III	Grant	Loan I	Loan II	Loan III	Grant	Loan I	Loan II	Loan III	Grant	Loan I	Loan II
I. BRIDGE		45	7,020,000	0.04079	0.07150	0.10139	0.04079	310,800	560,100	772,600	310,800	8,500	8,500	8,500	319,300	568,600	781,100				319,300
1) Box girder bridge	45		7,580,000																		
2) Asphalt pavement	10		40,000																		
II. HIGHWAY		40	4,280,000	0.04326	0.07501	0.10226	0.04326	189,500	328,500	447,500	189,500	190,400	156,900	379,400	519,900	638,300	346,400				
Access Highway	(42)		(2,410,000)																		
1) Earth work	50		1,080,000																		
2) Asphalt pavement	10		430,000																		
3) Overpass, box culverts	50		550,000																		
4) Permanent residential buildings	45		350,000																		
Administrative facilities	(38)		(1,970,000)																		
1) Earth work	50		500,000																		
2) Asphalt pavement	10		570,000																		
3) Booths and offices	50		900,000																		
Total			12,000,000					500,300	888,600	1,220,500	500,300	196,900	165,400	699,200	1,087,500	1,419,400	665,700				

Remarks: 1. The mean useful life of this project is figured out to be 43 years.

2. (2) = $(\sum(1) \times (3)) / \sum(3)$, (5) = (3) x (4) and (7) = (5) + (6)

Table 4.14 Annual working expense Unit : US\$

Items	Unit cost	Quantities	Annual working expense	
			Toll bridge	Non-toll bridge
I. Bridge				
(1) Painting of steel members	0.2 m ²	34,700 m ²	8,500	8,500
(2) Lighting	0.017/m ²	5,680 m ²	6,940	6,940
(3) Asphalt pavement	0.19/m ²	5,680 m ²	100	100
(4) Sundries (5% of (1) + (2) + (3))		L.S.	1,060	1,060
			400	400
II. Highway			<u>190,400</u>	<u>156,900</u>
Access highway				
(1) Asphalt pavement	445/km	5.1 km	(2,550)	(2,550)
(2) Shoulder	55/km	5.1 km	2,270	2,270
Administrative facilities			280	280
(1) Asphalt pavement	0.12/m ²	140,000 m ²	(187,850)	(154,350)
(2) Lighting	0.015/m ²	140,000 m ²	16,800	16,800
(3) Personal expenses	1,000/ person	160 persons	2,100	2,100
(4) Sundries (5% of (1) + (2) + (3))		L.S.	160,000	128,000
			8,950	7,450
<u>Total annual working expense</u>			198,900	165,400

/1 In the case of a non-toll bridges, the unit cost was taken at US\$ 800 per person.

4.5.6 便益・費用比率と超過便益

表4.14及び表4.15に与えられる便益と経費の値を使って便益・費用比率及び超過便益が計算され、次表4.18に 요약が示された。

表4.15 便益・費用比率及び超過便益

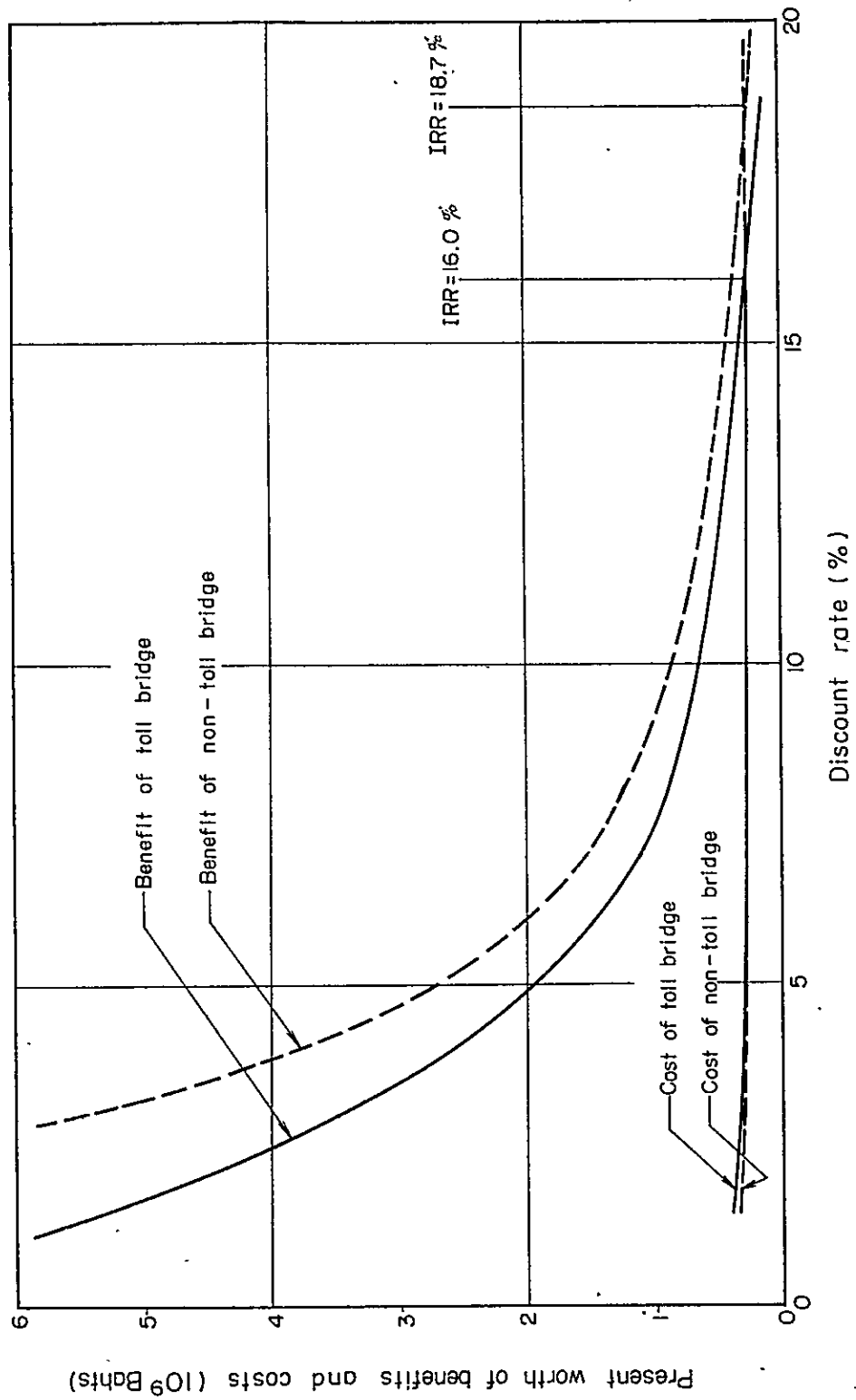
資本の種類	便益・費用比率 (B_m/C_q)	超過便益(バーツ) ($B_c - C_c$)
<u>有料橋</u>		
ローンI	12.4	3,144,798,000
ローンII	5.4	830,262,000
ローンIII	3.3	373,407,000
<u>無料橋</u>		
無償融資	13.5	5,418,924,000

4.5.7 内部収益率

併用橋の場合と全く同じ方法及び条件で単独橋の内部収益率が求められた。図4.2から判るように内部収益率は有料橋の場合16.0%であるのに対し無料橋では18.7%とやや高い。

併用橋の有料橋12.4%、無料橋16.1%に比べると単独橋の方がややよい。しかし、この種のプロジェク外で妥当と見られる12%の内部収益率よりは上回っているので充分可能性のあるプロジェク外であると見えよう。

Fig. 4.3. INTERNAL RATE OF RETURN



4.5.8 間接便益

橋の建設がラオス経済に与える影響については併用橋に関してすでに3.6.7節において検討されているが、道路単独橋の場合を見てもやはり併用橋と類似する点が多い。ここでは併用橋との相違点のみ述べる。

1. 現在E.T.Oによりノカイへ運送されている輸入品は殆んど鉄道輸送であり、橋の完成後の将来においてもこの状況が変更されないと思われるが、ウエンチャン迄鉄道輸送が可能になる併用橋に比べてノカイ駅からトラック輸送に転換する単独橋は費用面に於いても時間面に於いてもその節約が少くない。旅客についても単独橋の場合はノカイ駅で乗換えなければならず、貨物同様費用面、時間面に於いて、併用橋より不利な条件を持っていることになる。
2. 将来のラオス国内に於ける鉱業開発促進に鉄道がいかに大きな要素を持つかはすでに3.6.8節に於いて述べられた通りであるが、単独橋の場合、鉱業開発に重要な役割を持つ鉄道がこの橋の建設とは別に建設しなければならなかったため、その建設時期が遅れ、必然的に鉱業開発が遅れるという不利な条件を持つ。
3. ウエンチャン迄鉄道が延長されることによつて生じる都市開発効果は単独橋の場合には起らない。3.6.8節における試算によればこの分の便益額は40年間で6,570,000,000キップにもなり、これだけの便益を単独橋の場合には得られない筈である。
4. 輸入物資を取り扱う商店や工場に与らるる在庫節約効果の面では単独橋の場合ノカイ駅で積み換えを行なうために余分の時間を費し、この時間分だけ併用橋に比べ在庫節約が減少することになる。すなわち併用橋に比べこれだけの間接便益を減少することになる。

4.5.9 橋とフェリー設備の比較

3.6.9節において述べた併用橋の場合と同様に年々増加していく交通量に対処すべく橋とフェリー設備との有利性について検討が成された。

単独橋の年経費は4.5.5節にフェリー設備の年経費は3.6節にそれぞれ述べられているのでここではこれから得た結果のみを示すことにする。その値は次に示す通りである。

表 4.16 橋とフェリー設備の年経費の比較

年利率	有料橋			無料橋
	3%	7%	10%	3%
橋	699	1,088	1,419	666
フェリー設備	3,230	3,150	3,150	4,540
比率 ^{<1}	0.22	0.35	0.45	0.15

単位：1,000バーツ

上表によれば、フェリー設備の年経費が橋の年経費を上回っており、単独橋がフェリー設備の増設計画に比べて有利であることが証明される。

<1 橋の年経費とフェリー設備の年経費の比。

4.6 財務的可能性

4.6.1 償還状況

単独橋の場合も併用橋で考えた3種類の借款について財務的可能性の検討がなされた。考えたと条件は併用橋の場合と全く同じであり結果は表4.17, 4.18及び4.19に示される通りである。

表4.17はローンI(年利率3%, 償還年限40年)の場合の償還状況を示しており料金収入は表4.10に示される最適料金とその料金を徴収した場合の交通量とから求めた数字である。併用橋の場合と同じように収支の赤字は初めの14年間という長期間続き15年目より元金の償還が始まる。しかし運転資金の必要額について比較すれば併用橋では174,000,000バーツであるが単独橋では78,000,000バーツで良い。これは両者の建設費の差(前者410,000,000バーツ, 後者246,000,000バーツ)が大きいことから、その利子にも差が現われるためである。

最適料金を徴収してローンII(年利率7%, 償還年限25年)を償還する場合の償還状況は表4.18に示される通り13年目から元金の償還が行なわれ建設費以外に必要な運転資金は27,000,000バーツとなっている。

次に最適料金を徴収してローンIII(年利率10%, 償還年限20年)を償還する場合の償還状況は表4.19に示されるように11年目から元金の償還が行なわれ建設費の約35%に相当する86,000,000バーツの運転資金を必要とする。

以上3つのケースは、いずれも橋の通行料金として最適料金を徴収した場合の償還状況であるが併用橋の場合に比べその額は小工が 70×10^6 ~ 90×10^6 バーツとかなり多額の運転資金を必要とする。

しかしこの運転資金は併用橋の場合と同じように橋の料金を現行

なりのなみ料金にするとによって軽減し得る。年利率3%、7%及び10%に於いてこの計算が成す表4.10.に示されている。

年利率3%及び7%の場合、料金収入は初年度から年間支出額を1.5倍に回り、初年度から元利償還が始まり、夫々9年間及び11年間で償還し終る。従ってどちらも運転資金を必要としない。

年利率10%の場合には始めの2年間は収支赤字ではあるが3年目からは元利償還がでる。運転資金もごくわずかで済む。なみ償還は12年間で終了する。

△1 年間利子と運転維持修理費を加えたものである。

Table 4.17 Financial statement in the case of collecting the optimal toll of bridge - Loan I

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Total revenue	Balance
1	246,000,000	7,380,000	4,077,450	11,457,450	3,460,414	-7,997,036
2	253,997,036	7,619,911	4,077,450	11,697,361	3,822,486	-7,874,875
3	261,871,911	7,836,157	4,077,450	11,933,607	4,216,401	-7,717,206
4	269,589,117	8,087,674	4,077,450	12,165,124	4,660,998	-7,504,125
5	277,093,242	8,312,797	4,077,450	12,390,247	5,153,803	-7,236,444
6	284,329,686	8,529,891	4,077,450	12,607,341	5,699,385	-6,907,956
7	291,237,642	8,737,129	4,077,450	12,814,579	6,303,366	-6,511,213
8	297,748,855	8,932,466	4,077,450	13,009,916	6,979,345	-6,030,570
9	303,779,425	9,113,383	4,077,450	13,190,833	7,723,817	-5,467,016
10	309,246,441	9,277,393	4,077,450	13,354,843	8,553,658	-4,801,185
11	314,047,626	9,421,429	4,077,450	13,498,879	9,481,358	-4,017,520
12	318,065,147	9,541,954	4,077,450	13,619,404	10,510,115	-3,109,290
13	321,174,437	9,635,233	4,077,450	13,712,683	11,657,712	-2,054,971
14	323,229,407	9,696,882	4,077,450	13,774,332	12,934,611	-839,721
15	324,069,128	9,722,074	4,077,450	13,799,524	14,357,393	557,869
16	323,511,259	9,705,338	4,077,450	13,782,788	15,936,341	2,153,553
17	321,357,706	9,640,731	4,077,450	13,718,181	17,704,407	3,986,226
18	317,371,480	9,521,144	4,077,450	13,598,594	19,678,627	6,080,033
19	311,291,447	9,338,743	4,077,450	13,416,193	23,633,560	7,217,366
20	304,074,081	9,122,222	4,077,450	13,199,672	21,584,120	8,384,448
21	295,689,633	8,870,689	4,077,450	12,948,139	22,541,140	9,593,001
22	286,096,632	8,582,899	4,077,450	12,660,349	23,497,853	10,837,504
23	275,259,128	8,257,774	4,077,450	12,335,224	24,449,182	12,113,958
24	263,145,170	7,894,355	4,077,450	11,971,805	25,401,566	13,429,761
25	249,715,409	7,491,462	4,077,450	11,568,912	26,358,279	14,789,367
26	234,926,042	7,047,781	4,077,450	11,125,231	27,309,607	16,184,376
27	218,741,666	6,562,250	4,077,450	10,639,700	28,265,860	17,626,160
28	201,115,507	6,033,465	4,077,450	10,110,915	29,217,188	19,106,273
29	182,009,234	5,460,277	4,077,450	9,537,727	29,217,188	19,679,461
30	162,329,774	4,899,893	4,077,450	8,947,343	29,217,188	20,269,845
31	142,059,929	4,261,798	4,077,450	8,339,248	29,217,188	20,877,940
32	121,181,989	3,635,460	4,077,450	7,712,910	29,217,188	21,504,278
33	99,677,711	2,990,331	4,077,450	7,067,781	29,217,188	22,149,406
34	77,528,305	2,325,849	4,077,450	6,403,299	29,217,188	22,813,889
35	54,714,416	1,641,432	4,077,450	5,718,882	29,217,188	23,498,305
36	31,216,111	936,483	4,077,450	5,013,933	29,217,188	24,203,254
37	7,012,857	210,386	4,077,450	4,287,836	29,217,188	24,929,352

Unit : Baht

Remarks : The amortization period for Loan I originally considered was 40 years. The difference of three years shown in this table has resulted from the optimal tolls calculated at the graduated toll rate using 5 Bahts as a unit.

Table 4.18 Financial statement in the case of collecting the optimal toll of bridge - Loan II

Unit : Baht

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1	246,000,000	17,220,000	4,077,450	21,297,450	10,384,438	-10,913,012
2	256,913,012	17,983,911	4,077,450	22,061,361	11,330,158	-10,731,203
3	267,644,215	18,735,095	4,077,450	22,812,545	12,355,093	-10,457,452
4	278,101,667	19,467,117	4,077,450	23,544,567	13,494,034	-10,050,532
5	288,152,199	20,170,654	4,077,450	24,248,104	14,728,877	-9,519,227
6	297,671,426	20,837,000	4,077,450	24,914,450	16,079,864	-8,834,586
7	306,506,012	21,455,421	4,077,450	25,532,871	17,552,726	-7,980,145
8	314,486,157	22,014,031	4,077,450	26,091,481	19,176,912	-6,914,569
9	321,400,726	22,498,051	4,077,450	26,575,501	20,948,847	-5,626,654
10	327,027,379	22,891,917	4,077,450	26,969,367	22,901,323	-4,068,044
11	331,095,423	23,176,680	4,077,450	27,254,130	25,031,493	-2,222,636
12	333,318,060	23,332,264	4,077,450	27,409,714	27,373,781	-35,933
13	333,353,993	23,334,779	4,077,450	27,412,229	29,946,322	2,534,093
14	330,819,900	23,157,393	4,077,450	27,234,843	32,759,782	5,524,939
15	325,294,961	22,770,647	4,077,450	26,848,097	35,862,233	9,014,135
16	316,280,825	22,139,658	4,077,450	26,217,108	39,248,578	13,031,470
17	303,249,355	21,227,455	4,077,450	25,304,905	42,963,583	17,678,678
18	285,570,677	19,989,947	4,077,450	24,067,397	47,100,200	23,032,802
19	262,537,875	18,377,651	4,077,450	22,455,101	49,258,139	26,803,038
20	235,734,837	16,501,439	4,077,450	20,578,889	51,411,620	30,832,731
21	204,902,106	14,343,147	4,077,450	18,420,597	53,587,269	35,166,672
22	169,735,434	11,881,480	4,077,450	15,958,930	55,747,024	39,788,094
23	129,947,340	9,096,314	4,077,450	13,173,764	57,901,288	44,727,524
24	85,219,816	5,965,387	4,077,450	10,042,837	60,056,628	50,013,791
25	35,206,025	2,464,422	4,077,450	6,541,872	62,216,384	55,674,512

N 8 W

1978

Table 4.19 Financial statement in the case of collecting the optimal toll of bridge-loan III.

Unit : Baht

Year	Outstanding amount	Interest	Annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1	246,000,000	24,600,000	4,077,450	28,677,450	16,457,019	-12,220,431
2	258,220,431	25,822,043	4,077,450	29,899,493	17,915,986	-11,983,507
3	270,203,937	27,020,394	4,077,450	31,097,844	19,497,713	-11,600,131
4	281,804,068	28,180,407	4,077,450	32,257,857	21,247,892	-11,009,965
5	292,814,033	29,281,403	4,077,450	33,358,853	23,137,758	-10,221,095
6	303,035,128	30,303,513	4,077,450	34,380,963	25,198,244	-9,182,719
7	312,217,848	31,221,785	4,077,450	35,299,235	27,437,967	-7,861,268
8	320,079,116	32,007,912	4,077,450	36,085,362	29,899,999	-6,185,362
9	326,264,478	32,626,448	4,077,450	36,703,898	32,580,716	-4,123,182
10	330,387,660	33,038,766	4,077,450	37,116,216	35,523,778	-1,592,438
11	331,980,098	33,198,010	4,077,450	37,275,460	38,715,903	1,440,444
12	330,539,655	33,053,965	4,077,450	37,131,415	42,221,212	5,089,797
13	325,449,858	32,544,986	4,077,450	36,622,436	46,055,301	9,432,865
14	316,016,993	31,601,699	4,077,450	35,679,149	50,228,989	14,549,840
15	301,467,153	30,146,715	4,077,450	34,224,165	54,817,442	20,593,277
16	280,873,877	28,087,388	4,077,450	32,164,838	59,805,094	27,640,257
17	253,233,620	25,323,362	4,077,450	29,400,812	65,284,045	35,883,233
18	217,350,387	21,735,039	4,077,450	25,812,489	71,300,922	45,488,434
19	171,861,953	17,186,195	4,077,450	21,263,645	74,524,022	53,260,376
20	118,601,577	11,860,158	4,077,450	15,937,608	77,739,795	61,802,188
21	56,799,390	5,679,939	4,077,450	9,757,389	80,994,059	71,236,670

Remarks : The amortization period for Loan III, originally considered was 20 years. The difference of one year shown in this table has resulted from the optimal tolls calculated at the graduated toll rate using 5 Bahts as a unit.

Table 4.20 Financial statements in the case of collecting the same amounts of bridge tolls as current ferry charges

(interest rate 3 percent)

Unit : Baht

Year	Outstanding amount	Interest	annual working expense	Total expenditure	Toll revenue	Balance
1 1973	246,000,000	7,380,000	4,077,450	11,457,450	25,455,708	13,998,258
2 1974	232,001,742	6,960,052	4,077,450	11,037,502	27,919,366	16,881,864
3 1975	215,119,878	6,453,596	4,077,450	10,531,046	30,610,867	20,079,821
4 1976	195,040,057	5,851,202	4,077,450	9,928,652	33,610,603	23,681,952
5 1977	171,358,105	5,140,743	4,077,450	9,218,193	36,905,608	27,687,415
6 1978	143,670,090	4,310,121	4,077,450	8,387,571	40,530,335	32,142,765
7 1979	111,527,926	3,345,838	4,077,450	7,423,288	44,509,607	37,086,320
8 1980	74,441,606	2,233,248	4,077,450	6,310,698	48,939,747	42,629,049
9 1981	31,812,557	954,377	4,077,450	5,031,827	53,794,822	48,762,996

(interest rate 7 percent)

Unit : Baht

1 1973	246,000,000	17,220,000	4,077,450	21,297,450	25,957,298	4,659,848
2 1974	241,340,152	16,893,811	4,077,450	20,971,261	28,469,502	7,498,241
3 1975	233,841,911	16,368,934	4,077,450	20,446,384	31,214,037	10,767,653
4 1976	223,074,257	15,615,198	4,077,450	19,692,648	34,272,881	14,580,233
5 1977	208,494,024	14,594,582	4,077,450	18,672,032	37,632,812	18,960,780
6 1978	189,533,244	13,267,327	4,077,450	17,344,777	41,328,963	23,984,186
7 1979	165,549,058	11,588,434	4,077,450	15,665,884	45,386,644	29,720,760
8 1980	135,828,298	9,507,981	4,077,450	13,585,431	49,904,077	36,318,647
9 1981	99,509,651	6,965,676	4,077,450	11,043,126	54,854,819	43,811,693
10 1982	55,097,958	3,898,857	4,077,450	7,976,307	60,334,445	52,358,138
11 1983	3,339,820	233,787	4,077,450	4,311,237	66,389,801	62,078,563

(interest rate 10 percent)

Unit : Baht

1 1973	246,000,000	24,600,000	4,077,450	28,677,450	26,333,491	-2,343,959
2 1974	248,343,959	24,834,396	4,077,450	28,911,846	28,882,103	-29,743
3 1975	248,373,702	24,837,370	4,077,450	28,914,820	31,666,414	2,751,594
4 1976	245,622,108	24,562,211	4,077,450	28,639,661	34,769,590	6,129,929
5 1977	239,492,179	23,949,218	4,077,450	28,026,668	38,178,215	10,151,547
6 1978	229,340,631	22,934,063	4,077,450	27,011,513	41,927,933	14,916,420
7 1979	214,424,211	21,442,421	4,077,450	25,519,871	46,044,421	20,524,550
8 1980	193,899,661	19,389,966	4,077,450	23,467,416	50,627,325	27,159,909
9 1981	166,739,752	16,673,975	4,077,450	20,751,425	55,649,816	34,898,391
10 1982	131,841,361	13,184,136	4,077,450	17,261,586	61,208,857	43,947,271
11 1983	87,894,089	8,789,409	4,077,450	12,866,859	67,351,972	54,485,113
12 1984	33,408,976	3,340,898	4,077,450	7,418,348	74,143,545	66,725,197

4.6.2 償還可能な借款の種類

併用橋の場合と同様に単独橋の場合についても償還可能な各種の借款について検討がなされた。橋の通行料金は併用橋の場合と同様に零から現行ETC料金まで10段階の料金を考え、交通要素の別にかかわらず一律の料金率で徴収することを考えた。例えばバスの料金を現行ETC料金の30%とした場合、大型トラック、乗用車、二輪車等の料金もまた同じように、それぞれの現行ETC料金の30%とした。3.7.2節の(1)式を用いて計算され、その結果が図4.4に示されている。

この図4.4により次のような事が明らかになった。

- (1) 現行ETC料金の料金を徴収した場合、年利率12%の借款を考えても13年間で償還できる。
- (2) 現行ETCの半額の料金を徴収すれば、利率5%で償還年限17年、10%で26年及び12%で37年の借款で償還が可能である。
- (3) 現行ETC料金の約2割の料金収入で借款を償還した場合は年利率5%償還年限40年の借款より低金利の借款を利用すれば償還できる。

Fig 4.4 RELATION BETWEEN THE INTEREST RATE AND REPAYMENT PERIOD

