

## 第10章 道路機能の改良工法の選定と評価

### 10.1 アプローチ

下記の手順を適用して、問題区間（地点）に対処するための最的改良工法を選定した。

#### (1) 改良案の立案

短期の期間に問題となる各区間に対して、全ての可能な改良案を検討し、問題の類似性に基づいて区間をグループに分類した。

#### (2) ケース・スタディー区間の選定

各グループから、1～2区間をケース・スタディー区間に選び、それらの区間を改良するための代替案を検討し、最適改良案を選定した。

#### (3) 改良対策の評価

選定された改良対策を経済的に評価した。

#### (4) 提 案

以上の調査に基づいて、各グループに対する最適改良工法を提案した。

### 10.2 可能な改良案

#### 10.2.1 短期問題区間（1987～1992年）

短期問題区間に発生する問題の類似とそれらを解決するために考えられる改良案を表10.2-1にまとめた。

**TABLE 10.2-1 PROBLEMS AND POSSIBLE MEASURES OF SHORT TERM PROBLEM SECTIONS**

Section Classification		Identified Problem Section	Problems	Possible Improvement Measures
Rural Section	North	a) Sta. Rita-Plaridel Sect. (Km 39-Km 41; L=2 kms)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ADT ..... 10,750</li> <li>. LOS ..... latter stage of Ø</li> <li>. Travel Speed ..... 40-45 kph.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Widening to 3-lanes</li> <li>. Widening to 4-lanes</li> <li>. Construction of an alternative route</li> </ul>
	South	b) Calamba-Sto. Tomas Sect. (Km. 52-Km. 61; L=10 kms)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ADT ..... 12,085</li> <li>. LOS ..... latter stage of Ø</li> <li>. Travel Speed ..... 35-40 kph.</li> </ul>	
	North	c) Dalton Pass Section (Km 201-Km 216; L=15 km)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sharp curves and steep grade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Improvement of alignment</li> <li>. Construction of new route</li> </ul>
Urban Section	North Section	Type 1 a) Plaridel Urban Section (Km 41-Km 42 + 500, L = 1.5 kms)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ADT ..... 14,681-18,901</li> <li>. LOS ..... latter stage of Ø</li> <li>. Middle of Stage of E</li> <li>. Travel Speed ..... 20-30 kph</li> <li>. Long-distance trip... 40%</li> <li>. Local trip ..... 60%</li> <li>. Heavy roadside friction due to public market and loading/unloading of PUV passengers</li> <li>. On-street parking of private/public vehicles especially near the public market</li> <li>. Jeepney/tricycle terminals near the intersection</li> <li>. U-turn of jeepneys assigned to Plaridel-Montemto/Meycauyan route</li> <li>. Irregular and slow movement of tricycles (tricycle traffic 3,070-5,590)</li> <li>. Frequent crossings of pedestrians at any place of the section</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Improvement of existing section with traffic management</li> <li>- paving of shoulders and sidewalks</li> <li>- selection of proper location of PUV loading/unloading zones and terminals</li> <li>- regulation and/or re-routing of tricycle/jeepney route</li> <li>- on-street parking ban</li> <li>- re-development of public market area</li> <li>. Construction of a bypass</li> </ul>
		Type 1 b) Gapan Urban Section (Km 92-Km 95, L = 3 km)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ADT ..... 16,718-11,896</li> <li>. LOS ..... Middle Stage of E-latter Stage of B</li> <li>. Travel Speed ..... 35-40 kph</li> <li>. Long-distance trip... 34%</li> <li>. Local trip ..... 66%</li> <li>. High share of tricycles of which movement is irregular and slow (tricycle traffic 9,350-5,755)</li> <li>. Heavy roadside friction due to loading/unloading of PUV passengers</li> <li>. Bus stops and Jeepney/tricycle terminals near intersection</li> <li>. Frequent crossing of pedestrians at any place of the section</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Improvement of existing section with traffic management</li> <li>- paving of shoulders and sidewalks</li> <li>- regulation of tricycle routes</li> <li>- selection of proper location of bus stops and jeepney/tricycle loading/unloading zones</li> <li>. Construction of bypass</li> </ul>
		Type 1 c) Cabanatuan Urban Section (Km 111-Km 118, L = 7 kms)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. ADT..... 21,311 - 15,610 - 23,931</li> <li>. LOS ..... latter Stage of E and Ø</li> <li>. Travel Speed ..... 25 - 35 kph</li> <li>. Long-distance trip . 20%</li> <li>. Local Trip..... 80%</li> <li>. Heavy roadside friction due to many intersecting roads and loading/unloading of PUV passengers</li> <li>. Concentration of PUV routes to certain roads going to city center</li> <li>. High share of tricycles of which movement is irregular and slow (tricycle traffic 10,290-9,340-14,220)</li> <li>. Frequent crossings of pedestrians at any place of the section</li> <li>. Urban road network is insufficient and is not coincide with urban expansion trend, resulting in concentration of traffic on the Pan-Philippine Highway</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Improvement of existing section with traffic management</li> <li>- paving of shoulders and sidewalks</li> <li>- re-routing of PUV routes</li> <li>- selection of proper location of bus stops and Jeepney/tricycle loading/unloading zones</li> <li>. Construction of a bypass or an alternative route parallel to the Pan-Philippine Highway</li> </ul>

短期問題区間として判定された区間と交差点を、問題の性質的類似性に基づいて下記のグループに分類した。

Group	Classification Criteria	No. of Section/Intersection	
		North Study Section	South Study Section
Rural: Type 1	LOS is less than improvement level	1	1
Rural: Type 2	Sub-standard alignment	1	0
Urban: Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOS is less than improvement level</li> <li>• ADT more than 10,000 vpd.</li> <li>• Long-distance trip more than 5,000 vpd.</li> </ul>	3	0
Urban: Type 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOS is less than improvement level</li> <li>• ADT more than 10,000 vpd.</li> <li>• Long-distance trip less than 5,000 vpd.</li> </ul>	1	0
Urban: Type 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No problem in LOS, but improvement needed due to rural type of cross section and traffic safety consideration</li> </ul>	3	7
Intersection: Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOS is less than improvement level</li> </ul>	5	0
Intersection: Type 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadequate geometric design</li> </ul>	1	2

## 10.2.2 中・長期間問題区間

### 1) 中期問題区間（1993～1998年）

この期間では、地方部における新たな問題区間は発生しないが、都市部の大部分は、改良水準よりも低いサービス水準（LOS）となる。本期間での都市部の問題の性質は、短期でのものと同じであるので、短期において提案した改良工法が適用可能であろう。本期間で問題区間となる都市部は全て市街地部の延長は短い、沿道の開発が進んでいるため既存の道路用地以上の拡幅は現実的でない、バイパス建設が最も実際的な解決策であろう。

2) 長期問題区間 (1999~2010年)

本期間の初期には、地方部において交通問題が発生する。この傾向は一層進み、北部調査区間の50%以上と南部調査区間の約25%が、本期間の後期迄に問題区間となろう。

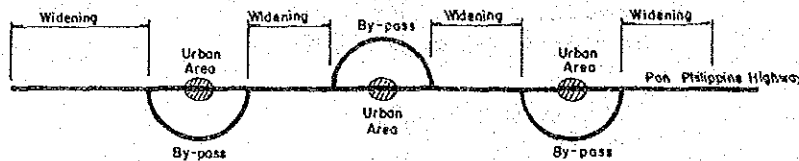
改良案策定における大きな障害は、道路用地の問題である。つまり、日比友好道路の既存の道路用地は15~18mしかなく、ここに4車線道路を建設することは不可能である。沿線の都市化が更に進むので、道路用地の問題は更に深刻となろう。

従って、本期間の早い時期に、次に示す3案及びそれらの組合せによる対策案について検討すべきである(図10.2-1参照)。

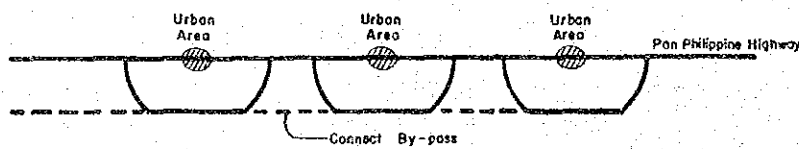
A案 : バイパス+既存道路の拡幅

B案 : バイパス+バイパス連結道路の建設

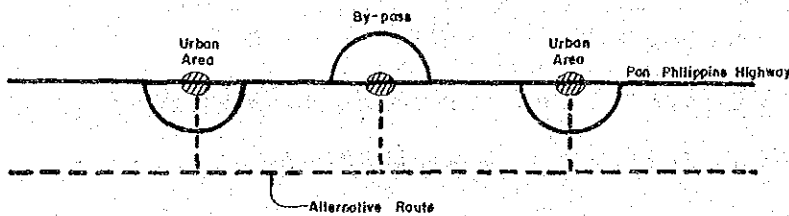
C案 : 代替ルート of 建設



(Scheme A) By-pass + Widening of Existing Section



(Scheme B) By-pass + Construction of Roads to Link By-pass



(Scheme C) Construction of an Alternative Route

FIGURE 10.2-1 POSSIBLE SOLUTIONS (1999-2010)

## 10.3 ケース・スタディ

### 10.3.1 地方部：タイプ1

#### 1) 問題の質

交通量が多いためサービス水準(LOS)は、改良水準以下となる。

走行速度は35~40 kms/hに減速する。

#### 2) 本タイプに属する区間

次の二区間を本グループに分類した。

(a) サンタ・リタ~ブラリデル区間(km 39~km 41)

(b) カランバ~サント・トーマス区間(km 52~km 61)

#### 3) 改良案

このタイプの区間に適用が可能な改良案は、次の3つである。

(a) 3車線への拡幅

(b) 4車線への拡幅

(c) 代替ルート建設

#### 4) 代替案の評価

次の理由により上記3案の中から4車線への拡幅案を改良案として提案した。

(a) 3車線への拡幅

3車線への拡幅は、4車線への拡幅への中間解決策ではあり得るが、中央車線の利用は運行上に大きな問題を生む。中央車線は一般的に次のように利用されている。

(i) 両方向の交通の追越し車線

中央車線を最初に占有した車両が走行優先権を持つ。この運用は危険で、重大交通事故を引き起こす恐れがある。

(ii) 一方向の交通の追越し車線

中央車線を短距離間1方向に割当て、次いで、追越し車線割当てを他方向に変更する。この方法は、対象区間長が余りにも短か過ぎて本方法を適用することができないことを考えると、実際的でない。

(iii) 左切車線

区間内に交差点が少ないので、本方法は効果的でない。

(iv) 可変車線

方向別交通量の分布差が1日中ほとんどないので、可変車線は適用できない。

以上より、3車線への拡幅は提案より外した。

(b) 4車線への拡幅

本案の実現性のキーポイントは、4車線に拡幅するための道路用地の確保が可能かどうかである。両問題区間沿道の既存の住宅及び店舗を示した正確な路線図を作成した。その結果、これらの区間沿線の住宅及び店舗は、ブロック壁の平屋木造家屋がほとんどであるため、現道の両側に平均2.5m幅(総道路用地幅20m)の土地を取得することが实际的に可能であると結論した。本案をケース・スタディーに適用した。

(c) 代替ルート建設

原則的に本案は既存ルートの拡幅が困難な場合に採用すべき案である。

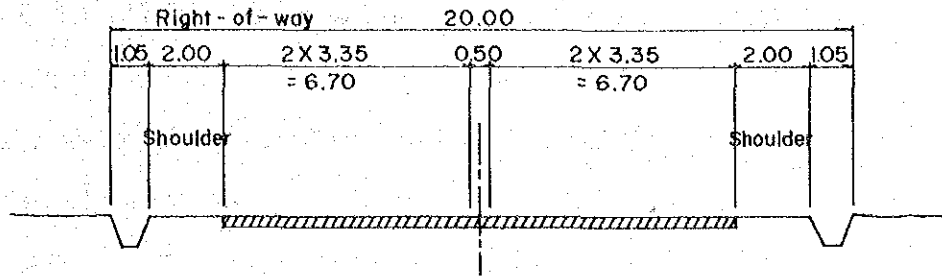
マニラ・ノース高速道路に連結されているサンタ・リタ〜ブラリデル区間の場合、本案を採用すると、わずか5.6kmしか離れていない2つの既存インターチェンジの間に、もう1つのインターチェンジを建設する必要があるが、この場合、インターチェンジ間隔が短くなりすぎて高速道路の交通を円滑に処理できないようになる恐れがある。更に、建設費も高いものになることが予想される。

カランバ〜サント・トーマス区間の場合、マニラ・サウス高速道路をサント・トーマス経由でバタンガスまで延伸する計画があるが、1985年にNTPPが実施したルソン高速道路システムに関するフィージビリティ・スタディーは、当該高速道路の延伸を延期し、その代わりに、既存道路の拡幅をすることを提言している。このため、本調査においても本案は採用しなかった。

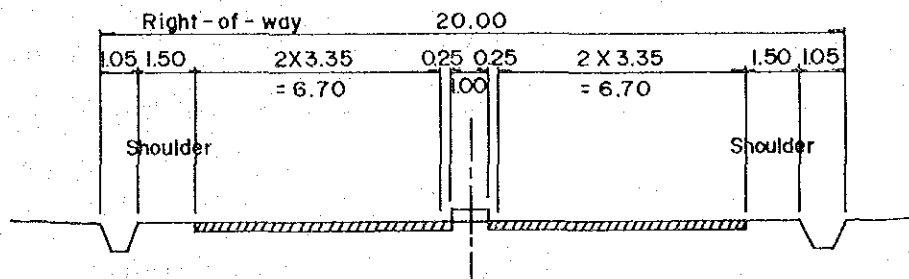
5) ケース・スタディー

カランバ〜サント・トーマス区間を、ケース・スタディー区間に選定した。(詳細は第21章に示す)

既存の道路用地幅は15~19mの範囲である。家屋と店舗の位置を示した路線図より判断して道路用地幅として20mが最も実効可能であると判明した。次図に示す4車線非分離道路と4車線分離道路の2種類の断面を比較した。



4-lane Undivided



4-lane Divided

通行の安全性、保つべき機動性、日比友好道路が持つべき道路の格等の観点からは、4車線分離道路が望ましいが、沿道の都市化に伴ないバスやジプニーが乗客の乗降の為に頻繁に停車するものと思われるので、交通の円滑な流れを確保する上でより広い路肩が望ましいことを考えて、本ケースでは4車線非分離道路を提案した。

表 10.3-1 に、本改良計画実施の有無によるサービス水準 (LOS) の違いを示すが、本計画の実施に伴ない本区間のサービス水準 (LOS) が大幅に改善される。

TABLE 10.3-1 TRAFFIC VOLUME AND LEVEL OF SERVICE  
- CALAMBA-STO. TOMAS SECTION -

	Year			
	1986	1990	2000	2010
Traffic Volume (vpd)	12,085	14,671	25,958	46,003
Level of Service				
Without Project	D	D	F	F
With Project	-	A	B	D

10 km区間の拡幅に要する建設費と用地取得費をそれぞれ、5,706万ペソと428万ペソと見積った。

改良計画の実施時期を変えた（改良水準を変えた）2つの代替案の経済評価を次表に示す。

	Implementation	IRR (%)
Case 1	At the early stage of LOS E (Opening year 1995)	48.9
Case 2	At the latter stage of LOS D (Opening year 1991)	35.9

両案とも経済的にフィージブルであった。サービス水準がDの後期というのは第9章で設定した改良水準であり、この水準の妥当性が経済的にも検証された。

### 10.3.2 地方部：タイプ2

北部調査区間内のダルトン・パス区間 (km 201~km 216)が、本タイプに判定された唯一の区間である。本区間は、カガヤン・バレーとルソン中央平原の境界線を成すカラバロ山脈の山岳地域に位置している。厳しい地形条件の故に、既存の線形は下記に示す通り非常に悪い。

	Design Requirement — Design Speed 50 km. p.h. —	No. of Curves/Sections Which Do Not Satisfy Design Requirement
• Minimum Horizontal Radius	80 meters	98
• Minimum Non-Passing Sight Distance	60 meters	66
• Maximum Grade	7%	___1/

1/ Existing maximum grade is 6% for a 1-km section between km 209 and km 210. Average grade for a 6 km section between km 209 and 215 is 4.9%.



改良案としては、次のものが考えられる。

(1) 既存道路の線形改良

線形改良案は地形条件が厳しいため現実的ではない。

(2) 新ルート建設

ダルトン・バス・トンネル計画が既に立案されており、将来実施されるであろう。

ダルトン・バス・トンネル計画が実施される時期まで、安全対策を充分に行ない、既存線形で運用するのが最も実地的な解決策であろう。

### 10.3.3 都市部：タイプ1

1) 問題の質

本タイプに属する区間は、調査対象区間で最も深刻な問題を抱えている。それらをまとめると次のようになる。

(a) サービス水準がD～Eと低い。

(b) これらの区間は、機動性と沿道へのアクセス性と言う二律相反する機能を、同じ重要度で負荷されている。つまり、

(i) 機動性を要求する長距離走行交通が5,000台/日以上ある。

(ii) 沿道へのアクセス性を要求するローカル交通の比率が高い(総交通量の60～80%)。

(c) トライクルの交通量が多い(3,100～14,200台/日)。

(d) 路側抵抗が大きい。

2) 本タイプに属する区間

北部調査区間内の次の3区間を本グループに分類した。

(a) プラリデル都市部

(b) ガバン都市部

(c) カバナツアン都市部

3) 改良案

このタイプの区間に適用が可能な改良案は次のものである。

(a) 上記問題(a)，(c)及び(d)に対処するための交通管理による既存区間の改良

(b) 上記問題(a)及び(b)に対処するためのバイパス建設

4) ケース・スタディ

プラリデル都市部とカバナツアン都市部の改良を、ケース・スタディーに選んだ。

(詳細は第21章に示す)

(a) プラリデル都市部

既存区間は車道が全面舗装され、歩道も設置された都市型の断面をもっている。沿道は既に開発が進んでいるため、既存の道路用地幅を拡幅することは困難である。このため、既存区間の交通管理による改良とバイパス建設を提案した。

日交通量 18,900 台/日のうち、7,065 台/日 (37%) が通過交通であるため、第一の改良案はバイパス建設である。

バイパス計画に関する経済評価結果を下表にまとめた。

	Implementation	IRR (%)
Case 1	At the middle stage of LOS E (opening year 1995)	16.4
Case 2	At the early stage of LOS E (opening year 1990)	13.2

サービス水準が E の初期に改良する案 (1990 年供用開始) は、経済的にフィジブルでなかった。このため本案は中期計画として実施するよう提案した。

(b) カバナツアン都市部

(i) 既存区間の改良

既存の道路用地幅は 15 ~ 18 m である。本調査団が実施した調査に基づいて、用地取得を極力少なくした 16 m 幅の道路を提案した。

既存区間は、両側に 2.5 m の未舗装の路肩を有する舗装幅員 6.7 m の道路である。提案断面は、両側に 3.0 m の舗装した路肩と 1.65 m の歩道を持つ舗装幅員 6.7 m の道路である。3.0 m の路肩は次の目的に利用される。即ち、

- a. トライシクル優先車線 (トライシクルはできる限り、路肩を走るように指導すべきである)
- b. シブニー、バス及びトライシクルの乗降場
- c. 貨物トラック用の荷の積降し場
- d. 乗客の乗降又は荷の積降しの為に一時停車するのは許可されるが、路上駐車は厳禁とすべきである。

(II) 代替ルート建設 (バイパス)

長距離交通の多くは、その起点または終点をカバナツアン市に持つので、通過交通は今尚少ない。1986年の平均通過交通量(マニラ～カガヤン地方)は1,551台/日であるのに対し、区間の総交通量は15,600～23,900台/日である。このため、通過交通のみを対象としたバイパス建設は、日比友好道路に発生している諸問題を解決しないであろう。現在と将来の都市化の方向を考慮して、日比友好道路に並行な代替ルートを提案した。

建設費は下記の通り見積った。

	Construction Cost (Million ₱)	Land Acquisition Cost (Million ₱)	Total (Million ₱)
Improvement of Existing Section	25.5	1.1	26.6
Construction of an alternative route	59.4	12.6	72.0

経済評価の結果を次に示す。

Project	Implementation	IRR (%)
a) Improvement of the existing section	At the early stage of LOS E (opening year 1990)	36.4
b) Construction of an alternative route	At the early stage of LOS E (opening year 1990)	35.6
c) a) + b)	a) ..... 1990 b) ..... 1995	38.0

サービス水準がEの初期にあるときに既存区間の改良と代替ルート建設の両案を同時に実施する案(1990年に供用開始)も経済的にフィージブルであったが1990年迄に既存区間の改良を行ない1995年迄に代替ルートを建設する段階施工を提案した。

#### 10.3.4 都市部：タイプ2

##### 1) 問題の質

ローカル交通の量が多く、特にトライシクルの交通量が多いため、サービス水準が改良水準以下に低化している。長距離交通の量は今尚少ない。

##### 2) 本タイプに属する区間

サン・ホセ都市部を本タイプに分類した。

##### 3) 改良案

1986年の平均日交通量 16,000台/日のうち、通過交通量は僅か5%(743台/日)に過ぎないが、トライシクル交通量は67%(10,720台/日)と非常に多くなっている。本区間の改良案としては、路肩の舗装と歩道の整備による既存区間の改良を提案した。舗装された路肩は、トライシクルの通行、バス・ジブニーの乗降場及びトラックの荷の積降し場に利用されるであろう。

##### 4) ケース・スタディ

サン・ホセ都市部の改良に必要な建設費を1,890万ペソと見積った。

サービス水準がEの初期(1990年迄)に本案を実施した場合、内部収益率(IRR)は15%となり経済的にフィージブルであると評価された。

#### 10.3.5 都市部：タイプ3

##### 1) 問題の質

このタイプの区間はサービス水準の面では何ら問題はないが、断面構成が地方部型となっている。すなわち、路肩は未舗装であるか、または破損したAC舗装であり、歩道も設置されていない。

##### 2) 本タイプに属する区間

北部調査区間内の3ヶ所の都市部と南部調査区間内の7ヶ所全ての都市部を本タイプに分類した。

##### 3) 改良案

このタイプの区間の改良案として、路肩舗装と歩道整備による現道改良案を提案した。

##### 4) ケース・スタディー

建設費と経済評価結果を下表に示す。

Urban Section	Construction Cost (Million ₱)	IRR (%)
San Ildefonso	4.16	14.9
Sta. Rosa	6.24	26.8
Talavera	5.38	24.6

#### 10.3.6 交差点

都市部の5つの交差点が、改良水準より低いサービス水準となっている。都市内の交差点周辺は既に開発が進んでいるため、拡幅は実際の解決策ではない。改良案は、既存の道路用地内で計画すべきである。秩序ある交通量と交通の安全性を確保すると同時に、既存の道路用地を最大限利用するために、交差点の信号化を提案した。

信号化の費用と経済評価の結果を下表に示す。

Intersection	LOS	Signalization Cost (Million ₱)	Economic Evaluation	
			B/C	IRR (%)
Plaridel	F	1.57	5.2	81.1
Cabanatuan	E	1.53	17.4	215.7
Cabanatuan IV	E	1.69	18.4	236.8
San Jose	E	1.72	1.5	25.5
Sta. Rosa	D	1.62	0.9	12.6



## 第11章 道路機能の改良計画

### 11.1 改良工法

ケース・スタディにより提案された改良工法を表11.1-1にまとめた。

### 11.2 短期・中期・長期の改良計画

#### 1) 短期計画（1987～1992年）

短期の期間に問題となる区間の改良工法は、ケース・スタディーにより経済的に評価されたが、そこで明らかになった点を以下にまとめる。

##### (1) プラリデル・バイパス

短期計画においてプラリデル・バイパスを建設することは、建設費が高いため経済的にフィージブルとならなかった。経済評価に基づいてプラリデル・バイパスの建設を中期計画として実施することを提案した。また、サンタ・リタ～プラリデル区間の4車線への拡幅も中期計画として実施されるが、これら両計画を実施するための用地取得は、沿道の一層の都市化が進む前に、短期の期間内で実施すべきである。

##### (2) カバナツアンにおける代替ルート建設

カバナツアン都市部の場合、下記の両代替案共経済的にフィージブルであった。

(a) 短期計画として既存区間の改良を行ない、次いで、中期計画で代替ルート(バイパス)を建設する。

(b) 短期計画として代替ルート(バイパス)を建設する。

これらのうち前者を提案したため、短期計画としては既存区間の改良だけであり、代替ルート建設は中期計画として実施されるが、都市化傾向に鑑み、用地取得は短期の期間に実施すべきである。

TABLE 11.1.1-1 RECOMMENDED IMPROVEMENT MEASURES

Section	Type	Major Problems	Identified Sections	Recommended Improvement Measures
Rural	Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>LOS is less than improvement level</li> <li>Sub-standard alignment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sta. Rita-Plaridel</li> <li>Calamba-Sto. Tomas</li> <li>Dalton Pass Section</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Widening to a 4-lane road</li> <li>Maintain existing alignment with sufficient provisions of traffic safety until the tunnel project is implemented</li> </ul>
	Type 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>LOS is less than improvement level</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plaridel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stage Construction</li> </ul>
Urban	Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>ADT more than 10,000 vpd</li> <li>Long-distance trip traffic more than 5,000 vpd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gapan</li> <li>Cabanatuan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>First: Improvement of Existing Section with traffic management</li> <li>Second: Construction of a bypass</li> </ul>
	Type 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>LOS is less than improvement level</li> <li>ADT more than 10,000 vpd</li> <li>Long-distance trip traffic less than 5,000 vpd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>San Jose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improvement of existing section by paving shoulders and sidewalks</li> </ul>
Intersection	Type 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>No problem in terms of LOS, but improvement recommended due to</li> <li>Rural type of cross section and traffic safety consideration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>San Idefonso</li> <li>Sta. Rosa</li> <li>Talavera</li> <li>Alaminos</li> <li>Tiaong</li> <li>Candelaria</li> <li>Sariaya</li> <li>Pagbitao</li> <li>Gumaca</li> <li>Lopez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improvement of existing section by paving shoulders and sidewalks</li> </ul>
	Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>LOS is less than improvement level</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plaridel</li> <li>Gapan</li> <li>Cabanatuan II</li> <li>Cabanatuan IV</li> <li>San Jose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Signalization</li> </ul>
Intersection	Type 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inadequate geometric design</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baliang bypass intersection</li> <li>Sto. Tomas I</li> <li>Sto. Tomas II</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improvement of geometrics</li> </ul>



TABLE 11.2-1 RECOMMENDED IMPROVEMENT WORKS FOR SHORT TERM PERIOD  
(1987-1992)

Section Type	Section	Section Length (Km)	Improvement Works	November 1986 Prices	
				Construction	Estimated Cost (Million P) ROW Total
North Study Section Urban Type 1	Gapan Cabanatuan	1.2	Paving of shoulders/sidewalks	6.01	6.01
		4.5	Paving of shoulders/sidewalks	25.52	1.05 26.57
	San Jose	3.5	Paving of shoulders/sidewalks	18.90	18.90
Urban Type 3	San Ildefonso Sta. Rosa Talavera	1.0	Paving of shoulders/sidewalks	4.16	4.16
		1.1	Paving of shoulders/sidewalks	6.24	6.24
Intersection	Plaridel Gapan Sta. Rosa Cabanatuan II Cabanatuan IV San Jose Baliuag Bypass	-	Signalization	1.57	1.57
		-	Signalization	1.34	1.34
		-	Signalization	1.59	1.59
		-	Signalization	1.41	1.41
		-	Signalization	1.68	1.68
		-	Signalization	1.69	1.69
		-	Improvement of Geometrics	0.53	0.53
		-	(Widening to a 4-lane)	-	1.61
		-	(Construction of a bypass)	-	5.50
		-	(Construction of an alternative route)	-	12.62
Sub-Total			76.02	20.78 96.80	
South Study Section Rural	Calamba-Sto. Tomas	10.0	Widening to a 4-lane	57.06	4.28 61.34
Urban Type 3	Alaminos Tiaong Candelaria Sariaya Pagbilao Gumaca Lopez	1.2	Paving of shoulders/sidewalks	2.36	2.36
		1.2	Paving of shoulders/sidewalks	2.07	2.07
		1.0	Paving of shoulders/sidewalks	2.70	2.70
		1.0	Paving of shoulders/sidewalks	2.20	2.20
		1.3	Paving of shoulders/sidewalks	2.07	2.07
		1.5	Paving of shoulders/sidewalks	3.45	3.45
		1.0	Paving of shoulders/sidewalks	2.67	2.67
Intersection	Sto. Tomas I Sto. Tomas II	-	Improvement of Geometrics	1.16	1.16
		-	Improvement of Geometrics	1.59	1.59
Sub-Total			77.33	4.28 81.61	
Grand Total			153.35	25.06 178.41	

2) 中期計画 (1993～1998年)

(1) 北部調査区間

サン・イルデフォンソ、サンタ・ロサ及びタラベラの3つの都市部が中期の期間に問題区間となると判定したが、短期計画として改良を実施すれば、中期の期間中には改良の必要はない。

中期計画として実施すべきものは下記の通りである。

- (a) サン・リタ～プラリデル区間の4車線へ拡幅
- (b) プラリデル・バイパスの建設
- (c) ガバン都市部の4車線への拡幅
- (d) カバナツァン都市部における代替ルートの建設

(2) 南部調査区間

ティアオン、キャンデラリア及びサリアヤの3つの都市部が、中期の期間に問題区間となると判定した。これらの都市部の改良計画として、既存の道路用地内での路肩舗装と歩道の整備を短期計画に組み込んだが、これらの都市部は路肩が狭く(0.5～1.0m)、短期計画での改良効果は、交通容量を増加させるという面では小さい。増加する交通量に対処する為に、中期計画としてこれらの都市部にバイパスを建設することを提案した。

TABLE 11.2-2 RECOMMENDED IMPROVEMENT WORKS FOR MEDIUM TERM PERIOD (1993-1998)

Section Type	Section	Section Length (Km)	Improvement Works	November 1986 Prices		
				Estimated Cost (Million P) Construction	ROW	Total
<b>North Study Section</b>						
Rural	Sta. Rita - Plaridel	1.5	Widening to a 4-lane	9.20	-	9.20
Urban Type 1	Plaridel	4.6	Construction of a bypass	76.30	-	76.30
	Cabanatuan	7.1	Construction of an alternative route	59.43	-	59.43
Sub-Total				144.93	-	144.93
<b>South Study Section</b>						
Urban Type 3	Tiaong	3.0	Construction of a bypass	18.00	2.70	20.70
	Candelaria	4.0	Construction of a bypass	24.00	3.60	37.60
	Sariaya	4.0	Construction of a bypass	24.00	3.60	37.60
Sub-Total				66.00	9.90	96.90
<b>Grand Total</b>				<b>210.93</b>	<b>9.80</b>	<b>240.83</b>

3) 長期計画（1999～2010年）

この時期にはほとんどの地方部において、交通量が容量に近づくであろう。このため、下記の案やこれらの組合せによる改良案を検討して、本期間の早い時期に最適な改良計画を立案、実施すべきである。

- (1) バイパス+既存区間の拡幅
- (2) バイパス+バイパス連絡路の建設
- (3) 代替ルート of 建設

本章で提案した改良計画を図11.2-1及び11.2-2にまとめた。

SEGMENT	N-1 L = 46 Km	N-2 L = 35 Km	N-3 L = 42 Km	N-4 L = 38 Km	N-5 L = 39 Km
KILOMETERAGE	40 50 60 70 80	90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230	120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230	170 180 190 200 210 220 230	210 220 230
CITIES / MUNICIPALITIES	Paridel Baliuag San Ildefonso San Miguel	Gapon Sta. Rosa Cabanatuan Talavera	San Jose	Sta. Fe	Aritao
SHORT TERM (1987 - 1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improvement of Intersection (1.57) (1.00)</li> <li>Paving of Shoulders and Sidewalks within Existing ROW 1.0 km (4.35)</li> <li>ROW Acquisition for Widening and Bypass (6.43) (8.52)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improvement of Intersection (1.00) (1.52) (1.53) (1.59)</li> <li>Paving of Shoulders and Sidewalks within Existing ROW 1.0 km (6.49) 4.5 km (30.30) 1.0 km (5.61) 3.5 km (19.03)</li> </ul>			
MEDIUM TERM (1993 - 1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Widening to a 4-Lane Road 1.5 km (9.24)</li> <li>Construction of a Bypass 4.8 km (82.53)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Widening to a 4-Lane Road 1.0 km (6.26)</li> <li>Construction of a Bypass 7.1 km (61.68)</li> </ul>			
LONG TERM (1999 - 2010)					
	(91.77 million ₱)	(67.94 million ₱)	(26.36 million ₱)		(90.86 million ₱)
(Bypass + Widening) or (Construction of an Alternative Route)					(159.71 million ₱)
					Dalton Pass Tunnel

Note: Figure in ( ) Shows Roughly Estimated Construction Cost.

FIGURE 11.2-1 SUMMARY OF PROPOSED IMPROVEMENT WORKS (NORTH STUDY SECTION)  
- ROAD FUNCTION IMPROVEMENT -

S E G M E N T		S-1 L = 42 Km	S-2 L = 54 Km	S-3 L = 46 Km	S-4 L = 39 Km
K I L O M E T R A G E		60 70 80 90	100 110 120 130 140	150 160 170 180	190 200 210 220
C I T I E S / M U N I C I P A L I T I E S		Calamba Sta. Tomas Alaminos San Pablo	Tiong Candelaria Sariaya Lucena	Popilao Atimanan	Sumada Lopez Calauog
SHORT TERM	• Improvement of Intersection (1.00) (1.20)				
	• Widening to a 4-lane road (64.95)	10.0 Km			
SHORT TERM	• Paving of Shoulders and Sidewalks within Existing ROW (1987 - 1992)	1.2 Km (2.49)	1.0 Km (2.31) 1.0 Km (2.82) 1.5 Km (2.15)		1.5 Km (3.55) 1.0 Km (2.77)
		(59.64 million ₱)	(9.43 million ₱)		(6.32 million ₱) TOTAL (85.39 million ₱)
MEDIUM TERM	• Construction of a Bypass (1993 - 1998)		3.0 Km (18.00) 4.0 Km (24.00)		
			(66.00 million ₱)		TOTAL (66.00 million ₱)
LONG TERM	(Bypass + Widening) or (Construction of an Alternative Route) (1999 - 2010)				

Note: Figure in ( ) Shows Roughly Estimated Construction Cost.

FIGURE 11.2.2 SUMMARY OF PROPOSED IMPROVEMENT WORKS (SOUTH STUDY SECTION)  
— ROAD FUNCTION IMPROVEMENT —



PART—IV : 舖 装





## 第12章 コンクリート舗装の概要

### 12.1 舗装現況

#### 12.1.1 概説

表 12.1-1 にフィリピンの道路における舗装率を示す。舗装率は、わずか14%にすぎず、かなり低い水準にある。この低水準は村道の舗装率が1.6%という、極めて低い水準にあるためである。村道は、地方地域の社会経済活動にとって重要であるが、道路網においてはごく限られた地域的な役割をはたしているにすぎない。しかし、別にこの村道の舗装率を除いたとしても全道路網に対する舗装率はやはり低く30%に過ぎない。

表 12.1-1 に示されている様に、国道・町道においては、アスファルト舗装とコンクリート舗装の延長はほぼ同一である。その他の道路においてはアスファルト舗装の区間が、コンクリート舗装の区間より多い。特に市道においては、アスファルト舗装の延長がコンクリート舗装のその約3倍に達している。道路網の総延長に対しては、コンクリート舗装 9,797 km (6%)、アスファルト舗装 12,981 km (8%)となっている。

TABLE 12.1-1 PAVED RATIO OF ROAD NETWORKS IN THE PHILIPPINES

12

Road Class	Length by Pavement Type (km)					Paved Ratio (%)		
	Concrete	Asphalt	Gravel	Earth	Total	Concrete	Asphalt	Total
National Highways	6,133	5,715	13,601	810	26,259	23.0	22.0	45.0
Provincial Roads	712	2,739	19,449	5,525	28,425	2.0	10.0	12.0
City Road	637	2,017	1,167	166	3,987	16.0	50.0	66.0
Municipal Road	1,706	1,629	6,319	3,221	12,875	13.0	13.0	26.0
Sub.Total	9,188	12,100	40,536	9,722	71,546	13.0	17.0	30.0
Barangay Roads	609	881	47,165	41,559	90,214	0.6	1.0	1.6
Grand Total	9,797	12,981	87,701	51,281	161,760	6.0	8.0	14.0

Source: Department of Public Works and Highways

### 12.1.2 調査区間の舗装現況

日比友好道路は、舗装幅 6.7 m の 2 車線道路であり、総延長の 95 % は、ポルトランドセメントコンクリートで舗装され、他は、アスファルトコンクリート舗装となっていて、路肩は両サイドとも 2.0 m から 2.5 m 幅の砂利敷となっている。

調査区間については、全線がポルトランドセメントコンクリート舗装で、床版厚 23 cm を標準とし、その下部層は 20 cm 厚の粒調碎石路盤となっている。コンクリート床版は、収縮目地間隔 4.0 m ~ 5.0 m で無筋である。ダウエルバーは収縮目地には使用されておらず施工目地にも適用されている。

膨張目地は季節的な温度変化が小さいという理由で、設けられていない。継目地に関しては、つき合せ構造となっており、タイバーで結束されている。

調査区間の舗装は、1969 年度に施工された 1 区間を除き、主とし、1970 年代に、最も新しい区間は、8 年前の 1978 年に施工された。

北部調査区間の約 200 km は 43 の施工区間に、南部調査区間の約 180 km は 33 施工区間に分けて施工された。

1 工区の平均距離はわずか 5 km であり、このことから舗装工事が主として人力、簡易な道具、小型建設機械で施工されたことが推定される。したがってこうした原始的な施工法によって完成された舗装は、低品質のものにならざるを得なかったものと思われる。上記の 73 工区中約 20 工区は、すでに改築あるいはオーバーレイがされているが、さらに残った区間の大部分もクラックの進行による舗装の劣化が激しい。

## 12.2 コンクリート舗装の技術

### 12.2.1 舗装標準タイプ

フィリピンにおける舗装の標準構造を図12.2-1に示す。

幹線道路は、コンクリート舗装かアスファルト舗装が一般的であるが、コンクリート舗装は供用期間が長いのでアスファルト舗装より好まれている。コンクリート舗装の構造は、ポルトランドセメントコンクリート版厚が23cm、粒調碎石路盤厚が15cmを標準としているが路床土が悪い場合は、20cm厚の碎石路盤が設けられている。

アスファルトの舗装構造は、瀝青アスファルトコンクリート表層厚が5cmから7.6cm、粒調碎石上に路盤厚が20cm、砂利下に路盤厚が20cmから30cmとなっている。

幹線道路以外の比較的重要な道路には、中間的なタイプの舗装が適用されている。すなわちコンクリート舗装では版厚は15cmから23cmであり、アスファルト系舗装では図12.2-1に示すような2層の瀝青の表面処理工が適用されている。

しかし、ほとんどの地方道は図12.2-1に示されているような砂利道であるが、またアース道路のままで放置されている。

調査区間の標準舗装構造を図12.2-2に示す。

### 12.2.2 設計法

調査区間のコンクリート舗装は、おもに1970年代初頭に施工されたものであり、この設計舗装厚23cm(9インチ)がどの様にして決定されたのか明らかでない。しかし、多分他の国々の施工例を参考して、決めたものと推定される。

1984年に公共事業道路省、設計局は「Highway Design Guideline」を発刊し、その中で舗装の評価と舗装設計に関する手順を述べている。このガイドラインには、2つの舗装設計法が採用されている。

#### - AASHTO法

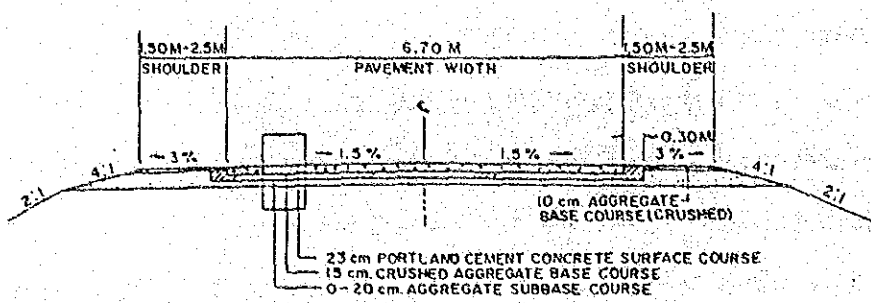
AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures: 1972  
American Association of State Highway and Transportation Officials  
(AASHTO)

#### - TRRL法

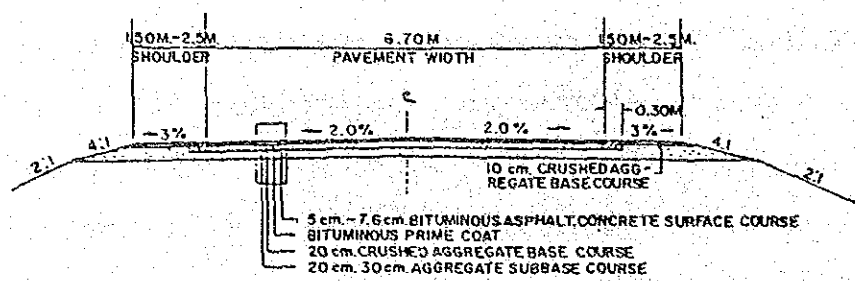
A Guide to Structural Design of Pavements for New Roads (Road Notes 29), 1970

Department of Environment Road Research Laboratory

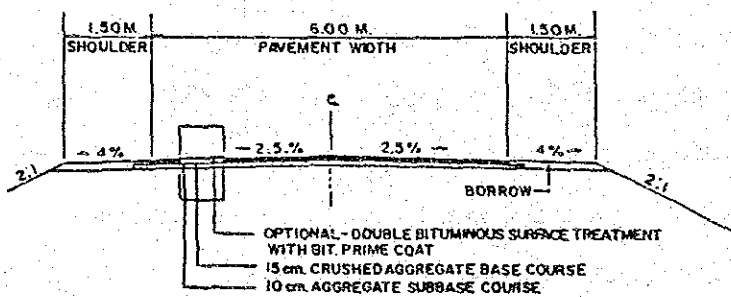
TYPICAL STRUCTURAL COMPONENT OF CONCRETE PAVEMENT FOR MAJOR ROAD



TYPICAL STRUCTURAL COMPONENT OF ASPHALT PAVEMENT FOR MAJOR ROAD



TYPICAL STRUCTURAL COMPONENT OF DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT



TYPICAL STRUCTURAL COMPONENT OF GRAVEL ROAD

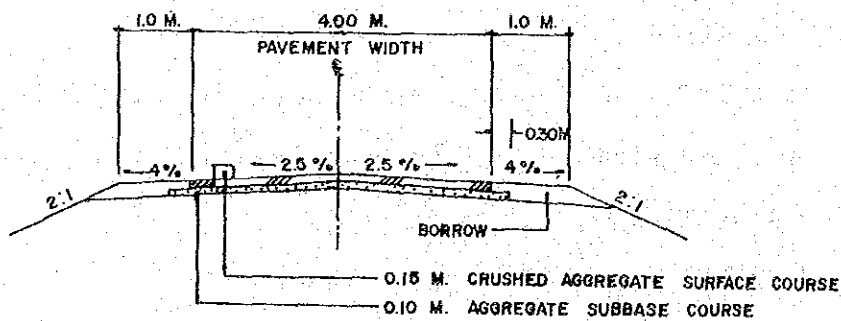


FIGURE 12.2-1 STANDARD TYPES OF PAVEMENT IN THE PHILIPPINES

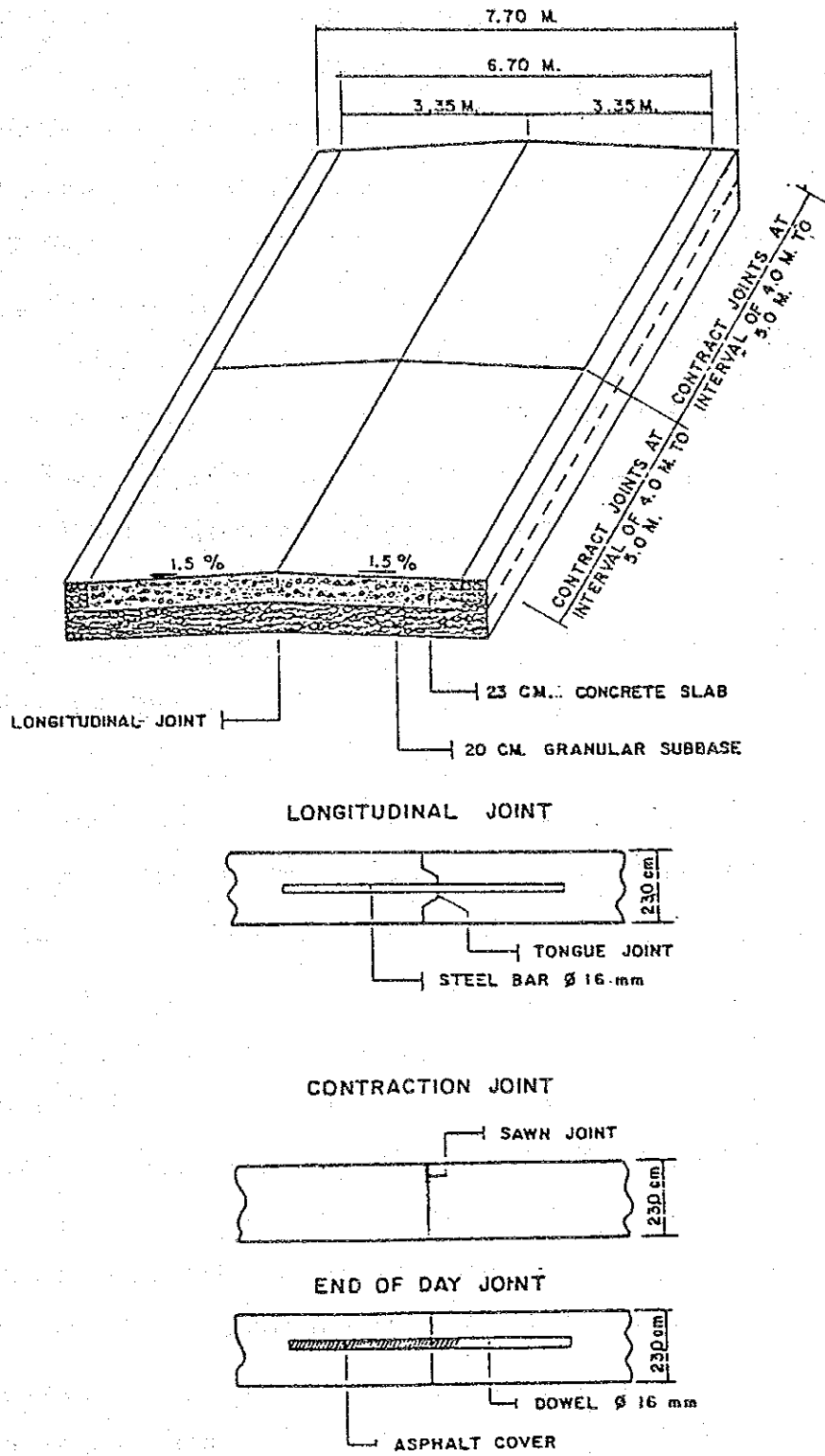


FIGURE 12.2-2 STANDARD PAVEMENT STRUCTURE OF THE STUDY SECTION

このガイドラインは次のような剛性舗装のため設計手順を示している。

剛性舗装の構造は、路盤層と舗装版の2層から構成されている。路床土が路盤に合格する質を持っている場合には、路盤層は省略される。

この舗装の手順には、ポルトランドセメントコンクリート舗装厚の決定、目地と補強鋼、路床土の処置、必要路盤厚と路盤タイプなどについても規定されている。

舗装のサービス性能は、高速性、多量性および重車両の運行に対する性能として定義されている。舗装は選択された交通分析対象期間の終り、あるいは、ある特定の容量の通過後において望まれるサービス性能水準をベースに設計されるものと考えられる。終極サービス性能指数の選択は、表層打換もしくは改築が必要となる前の我慢できる最も低い指数に基づいて行なわれる。サービス性能指数2.5は幹線道路に対する、また2.0は交通量の比較的少ない道路に対する設計指針として提案されている。

### 12.2.3 仕様書

次の3つの仕様書 (Specification) はコンクリート舗装工事のために、現在使用されているものである。

— Standard Specifications for Highway and Bridges (標準仕様書)  
Revised 1972, Department of Public Works and Communications  
Bureau of Public Highways

— BPH Memo Circular

The above standard specification was partly revised

— General Specification for Roads and Bridges (共通仕様書)  
1976, Department of Public Highways

この仕様書は IBRD-assisted Road の設計においてのみ使用される様に思われる。BPH の回覧書では、セメントコンクリート舗装の曲げ強度は 525 psi (14 日材令  $37\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 以上と、共通仕様書では  $43\text{kg}/\text{cm}^2$  が必要であるとしているが、標準仕様書には強度の規定はない。

上記の仕様書に規定されているコンクリート舗装に関する必要条項を資料編 12-1 にまとめて示す。また、資料編 12-2 には、フィリピンのアスファルト舗装の現況を示す。

#### 12.2.4 施工法

日比友好道路は、Philippine-Japan Highway Loan (PJHL)の援助をうけ小さい工区に細分して施工された。発注の単位は、わずか2 km程度のものもいくつかあり10 km以上のものもあった。設計は政府の技術者が行ない、外国の技術者の施工管理なしに地元業者が施工した。

工事に使用された骨材は、現場付近の河川から採取され、骨材の粒度については注意が払われていなかった。コンクリートの混合は、各業者ごとに小さい2-バック(1/2 cu. yd)ミキサーで行なわれた。コンクリートは、ミキサーから斜めに締固められた路盤の上に流し込まれ、敷均し後、ポーカー、バイブレーターで締固められた。

この施工方法は、骨材の粒度調整の欠除と小容量のミキサーによってきわめて不均一なコンクリートを作り出し、1日当りの施工量は、1車道につき約100 m程度に過ぎなかった。初期の施工において、つき合せ目地が適用され、2つの車線(two lanes)は、別けて施工された。最近では全車線を打設し、縦ジョイントはコンクリートカッターかまたは目地枝により施工する。

コンクリート供試体は、その日ごとに準備され、一般には28日での曲げ強度(flexural strength)試験が行なわれた。供試体(beam)の寸法は150 mm × 150 mm × 450 mmである。圧縮強さは、DPWHの材料及び品質管理局(BMQC)により測定された。以前の工事では、施工工区ごとコア採取による試験も行なわれた。しかし曲げ強度試験の結果は、必ずしも全ての工区で入手できるわけではない。

### 12.3 重量規制法

#### 12.3.1 重量規制法の現況

公道を走行する車両の重量と寸法は、1964年6月20日付けのRepublic Act 4136の条項により定められており、法規は次の訓令、覚書によって修正、変更されている。

- a) Letter of Instruction No. 112 dated August 8, 1973
- b) Letter of Instructions No. 874 dated June 14, 1970
- c) Department of public Highways  
Memorandum Circular no. 98 dated July 25, 1977
- d) Ministry of public Highways  
Memorandum dated January 8, 1979

e) Ministry of public Highways

Memorandum dated December 18, 1979

f) Ministry of public Works and Highways

Memorandum dated November 11, 1981

g) Memorandum of Agreement dated May 31, 1983

between the Ministry of public Works and Highways

The Ministry of Transportation and Communication

The Ministry of National Defense

現行規制では、貨物車の最大軸重を単軸の場合 8 トン、タンデムの場合 14.5 トンと制限している。(資料編 12-3 参照。)

### 12.3.2 検討中の重量規制法

公共事業道路省の調査によって、度重なる規制法の改正・変更が、ドライバーおよび管理者の両者に混乱と理解の不足をもたらしたことが明らかにされている。結果として、規制法は守られず道路の破損の大きな原因となっている。

現時点では、Land Transportation and Traffic Code として知られている Republic Act 4136 の第 9 条、第 10 条の規定を改正することよりも、むしろ新しい法令を制定することが望まれている。

新しい法令は、現行の法令において非効率となっている公道での取締まり、制限、監視等を強化することを目的としている。そしてこの新しい法令では、公道を利用する車両の重量と寸法に関する規定を徹底するための権限を、公共事業・道路省の大臣に与えるべきであろう。

提案される規制法において許容される軸重は次の通りである。

a) 単軸 ( 2 タイヤ / 軸 ) : 8,000 kg

b) 単軸 ( 4 タイヤ / 軸 ) : 13,000 kg

c) 3 軸 ( 4 タイヤ / 軸 ) : 30,000 kg

d) 3 軸 ( 2 タイヤ / 軸 ) : 23,000 kg

(資料編 12-3 参照)



## 第13章 舗装路面状況の調査と評価

### 13.1 アプローチ

#### (1) 基本概念

舗装状況調査は、現況の舗装路面状況を評価し修復を必要とする区間の選定をすることである。評価する主たる要因は、快適な走行と舗装の物理的損傷である。

本調査における修復を必要とする道路区間の選定のための舗装の供用性の評価には、AASHTOで確立された舗装のサービス性能供用性の概念を適用した。AASHTOの舗装の供用性には、機能的供用性と構造的な供用性および安全性が考慮されている。

(本報告書 第Ⅵ巻, 第2章参照。)

本調査において適用した舗装修復の概念は、舗装管理システム(PMS)において定義づけられたものである。

(本報告書 第Ⅵ巻, 第2章参照。)

舗装状況の評価にあたって劣下のタイプ、損傷の原因、劣下の程度を明確にする必要があるが、これらはAASHTO指針の「Design of pavement Structure 1986」に提案されている舗装損傷の分類に従うこととした。

(本報告書 第Ⅵ巻, 第5章参照。)

#### (2) 調査フロー

舗装状況調査と評価のフローを図13.1-1に示す。

調査は4つのステップに分けられる。

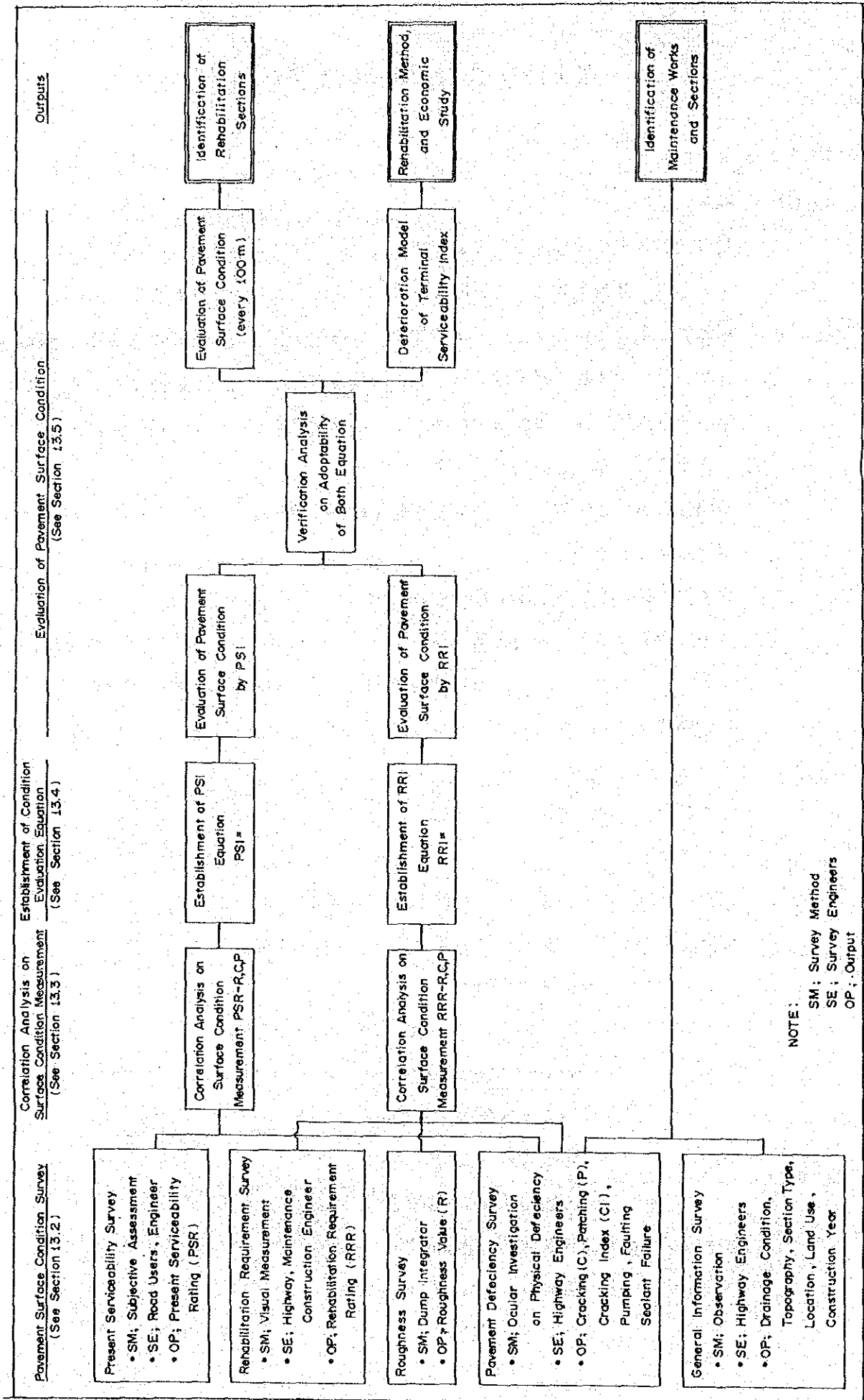
ステップ1；舗装路面状況調査

- ・ 現況のサービス性能調査
- ・ 舗装修復の必要度調査
- ・ ラフネス調査
- ・ 舗装欠陥調査
- ・ 一般的状況の調査

ステップ；舗装路面測定値の相関分析

- ・ 現況のサービス性能の点数
- ・ ラフネス(R)

**FIGURE 13.1-1 STUDY FLOW ON PAVEMENT CONDITION SURVEY AND EVALUATION**



- ・ クラッキング (C)
- ・ バッチング (P)
- ・ 舗装修復必要度の点数
- ・ ラフネス (R)
- ・ クラッキング (C)
- ・ バッチング (P)

#### ステップ3；舗装評価式の確立

- ・ 現況のサービス性能指数
- ・ 舗装修復必要度指数

#### ステップ4；評価

- ・ PSIによる舗装路面状況の評価
- ・ RRIによる舗装路面状況の評価
- ・ 適応性に関する立証分析

## 13.2 舗装路面状況調査

舗装路面の状況を把握するために、以下の調査を実施した。

- 現況サービス性能調査
- 舗装修復必要度調査
- ラフネス調査
- 舗装欠陥調査
- 一般的状況の調査

これらの調査は、北部調査区間約 200 km，南部調査区間約 180 km，の全区間の両方向車線において実施された。評価単位長 100 m であり，その資料は資料編に示した。

### 13.2.1 現況サービス性能調査

舗装の現況サービス性能は，高速かつ大量の車両の運行を提供する能力として定義されており，AASHTO道路試験においては，現況サービス性能は，道路技術者及び道路利用者をはじめとする採点者のグループによって個別に行なわれた採点の平均値として表わされている。

サービス性能の判定は，国民性とその国の経済状況および道路利用者によって変わるも

のである。なぜなら、走行の快適性と は道路利用者の反応と意見の問題と考えられるからで、国によって採点の基準は異なるのが当然である。

フィリピンにおける判定の基準を確かめるために、1986年8月(雨期)、次の手順で乗心地を調査、評価した。

(1) 採点グループ

フィリピン人 2 - 道路技術者  
1 - 経済研究員  
1 - 会計士  
1 - 統計員  
2 - 運転手  
日本人 1 - 道路技術者

(2) 採点方法

採点グループの個々のメンバーは、各100mの区間について個人の判定基準をもとに舗装のサービス性能と快適性の評価を行ない、資料編13-1に示す様式に記録するよう要求された。測定のスPEEDは60km/時とした。

採点は次の様に0から5までの範囲で行なわれた。

4 - 5 非常に良好  
3 - 4 良好  
2 - 3 普通  
1 - 2 悪い  
0 - 1 非常に悪い

(3) 現況サービス性能の点数(PSR)

グループの平均点数は、コンピューターにより計算され、100m毎の現況サービス性能点数(PSR)を明らかにするために使用された。

(4) 許容性

グループの個々のメンバーは、さらに調査区間が許容できるか否かの意見について記録することを求められ、その平均的な意見が計算された。

### 13.2.2 舗装修復必要度の調査

現況サービス性能の点数は、道路利用者が自己のガイドライン判断により評価したも

のであるがかならずしも道路技術者の観点からの舗装修復の必要性を明らかにするものではない。

従って、経験豊富な技術者からなる調査グループを構成し、舗装状況の目視による調査を実施した。その場合、舗装の欠陥特にクラッキング、パッキング、その他について注意深く観測することとした。

この調査は1986年7月に実施した。

(1) 採点グループ

フィリピン人 3 - 道路技術者  
2 - 維持管理技術者  
1 - 施工技術者

日本人 1 - 道路技術者

フィリピン人技術者はDPWH本省の維持管理局、建設局および地方建設局から選出した。

(2) 採点方法

各エンジニアは100mごとの区間について技術的判断によって評価し、資料編13-1に示す様式にするよう指示された。測定のスPEEDは20km/時であった。

舗装路面状況の良否の判断基準は、次の通りである。

調査技術者は、現場の調査の前に舗装良否判定を習読するよう訓練された。

点数	路面状況	路面の基準
5-4	無損傷	クラックなし
4-3	軽微な損傷	数ヶ所の短かいクラック
3-2	かなりの損傷 しかし直ちに処理する必要はない	クラックあり しかし、ひどいものではない
2-1	かなりの損傷 直ちに処理する必要がある	かなりひどい 劣化
1-0	直ちに改築が必要	ひどい劣化

注 意

1. シーリング シーリングがあるか、必要であるか
2. パッテング パッテングがあるか、必要であるか

(3) 舗装修復必要度の点数

評価グループの平均点は、コンピューターで計算し100 m毎の舗装修復必要度の点数を明確にするために使用された。

(4) 許容性

評価グループのメンバーは、さらに区間が許容できるか否かの解答を求められ、そしてその許容性の平均的意見が計算された。

### 13.2.3 ラフネス調査

調査区間各方向の道路路面におけるラフネスは、公共事業道路省のトヨタランドフルーザーに備えつけられた、バンパイテグレーターにより1986年7月に測定した。このバンパイテグレーターは試験車の車体わくと車軸の間の動きの量を電氣的に測定する装置である。

(1) 調査法

ラフネスの調査について、長い経験を有する公共事業道路省の技術者が実施した。この試験車は観測に最も適切である、時速30 kmのスピードで運転された。測定値は資料編13-1に示されている様式にオーディオメータの読みとして100 mごとに記録された。

(2) ラフネス指数

試験車の後軸の単一方向の動きを、インチ数で表した読みはラフネス値(PV)に次式で変換された。

$$PV = \frac{\text{実際の読み値} \times 25.4}{\text{区間長 (km)}}$$

PV: ラフネス値 (cm/km)

### 13.2.4 舗装損傷調査

舗装損傷調査は1986年7月、主観的な評価(PRSとRRR)点数と舗装の物理的な損傷の測定値との間の相関を明らかにするために実施した。損傷の調査は目視によった。

(1) 観測メンバー

日本人技術者1人を含む経験に富む道路技術者とした。

(2) 観測された舗装損傷

各種の舗装損傷のタイプのみならず、下記のような損傷についても調査した。

- ・クラック
- ・パッチング
- ・段差
- ・目地シールの破損
- ・ボンピング

(3) クラック調査

舗装クラックの長さは、個々の舗装版の、縦もしくは横の寸法から見た割り合いで概略見積った。調査は20 km/時の速度で行ないクラックは次の4タイプに分類した。

- ・縦クラック
- ・横クラック
- ・隅角部のクラック
- ・不規則クラック

個々の舗装版のクラック長は、7つのランク(0 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m, 300 m)に分けて記録し、1車線100 m当りの平均クラック長を計算した。

テープは使用しなかったが、実用的な目的では十分な精度で調査できた。観測メンバーは最初の段階において、クラッキング状況を図示したもので訓練された。

本調査におけるクラックの定義は、次のとおりである。

(a) クラックスのクラス

クラックスはAASHTO道路試験に従って分類した。

クラス1；クラス1の細クラックは乾燥路面で、15フィートの距離から、肉眼で見ることが出来ないもの。

クラス2；15フィートの距離から見ることが出来るクラックであるが、角欠けは小さく開口部が1/4インチ以下のもの。

クラス3；クラックの角欠けが少なくとも、クラック長の1/2の長さにわたって1/4インチあるいはそれ以上の幅であるもの。

クラス4；クラックが全てシールされているもの。

本調査においては、クラス1及び2に属するクラックをファイン・クラック、クラス3及び4に属するものをワイド・クラックとした。

(b) クラッキング

クラッキングは、舗装路面のクラック数量として定義し、舗装表面積1,000 m<sup>2</sup>当りのクラス3と4の量まで表現した。

(c) クラッキング指数

クラッキング指数は、舗装表面積1,000 m<sup>2</sup>当りでクラス1, 2, 3, 4に属する、すべてのクラックの合計長さとした。

(4) パッチング

パッチング面積は、観測者の判断によって見積られ、舗装表面積100 m<sup>2</sup>当りのパッチング面積で表した。

(5) 段 差

段差は、ジョイントあるいはクラック部において垂直にずれているものを言い、インチで表現した。

(6) 目地シールの損傷

目地シールの損傷は非圧縮性の材料や、水の浸透によってひき起されるジョイントシールの損傷を云う。水の浸透は、ポンピング、スパリング、ブローアップを引き起す。シールの損傷は、有り、無しで表現した。

(7) ポンピング

ポンピングとは、舗装路面下の水、路盤材、盛土材の噴出を云い、ヶ所数で集計した。測定結果は、資料編13-1の様式に記録され、分析のためコンピューターにインプットした。

### 13.2.5 その他の調査

舗装供用性の評価に必要なその他の項目についても調査し、資料編13-1にまとめ記録した。

- ・ 地 形 — 平地, 起伏地, 山地
- ・ 周辺状況 — 米作地域, 畑作地, ココナツ産地, 森林, 荒地
- ・ 区間のタイプ — 切土, 盛土, 切盛土
- ・ 土地利用
- ・ 排水状況 — 良好, 普通, 悪い
- ・ 施工年月日



### 13.3 舗装路面状況測定値の相関分析

#### 13.3.1 測定変数の相互関係

RRR（舗装修復必要度指数）とPSI（現況サービス性能指数）式の誘導の最初の段階において、RRR及びPSIと測定変数、すなわちラフネス、クラック、パッチングなどとの相関関係が分析されなければならない。この分析は、測定変数のうちどの変数が大きく影響し、どの変数が無視して良いかの決定を可能とする。

測定変数は図13.3-1(a),(b)の中に、RRR/PSR値と対応してプロットされている。図中の線は、変数の各レベルにおけるRRRまたはPSR値の平均値と標準偏差を示す。また、図13.3-2に測定変数間の相関関係を示す。詳細は、資料編13-2に示す。

2つの変数の組み合わせによる、相関係数は表13.3-1に示すとおりである。

TABLE 13.3-1 COEFFICIENT OF CORRELATION BETWEEN TWO VARIABLES

	RRR	PSR	Roughness	Crack <sup>1/</sup> 6 mm	Crack <sup>2/</sup> All	Patching	Faulting	Pumping
RRR	1.00		-.46	-.63	-.66	-.25	-.55	-.52
PSR		1.00	-.59	-.57	-.58	-.22	-.52	-.50
Roughness			1.00	.43	.37	.13	.41	.38
Crack, 6 mm				1.00	.90	.06	.67	.65
Crack, all					1.00	.11	.65	.62
Patching						1.00	.07	.05
Faulting							1.00	.86
Pumping								1.00

NOTE:      <sup>1/</sup> Cracking  
              <sup>2/</sup> Cracking Index  
                  (Center)

#### 13.3.2 相関分析結果

相関分析の結果、次の諸点が明らかとなった。

- 1) RRRとの相関度においては、クラッキングが最大で(0.63)、次いで段差(0.55)、ポンピング(0.52)、ラフネス(0.46)の順となった。他の要素すなわち、パッチング、地形、道路のタイプ、土地利用、排水状況等はRRRと間に相関関係は認められなかった。
- 2) PSRとの相関度においては、クラッキングとラフネスがほぼ同じ相関係数にあった。係数(0.57と0.59)と他の変数との相関はRRRとほぼ同じ度合で、相関関係は認められなかった。

- 3) AASHTOのPSI式では、ラフネスが舗装サービス性能に対して最も卓越した要素とされている。しかし、フィリピンでは道路利用者は、道路の質をラフネスよりも舗装路面の劣化状況で判定している。
- 4) ラフネスと舗装路面の劣化との間にはほとんど相関はなく、クラッキング水準とは無関係な値となっている。
- 5) 段差とポンピングは両方ともクラッキングに密接に関連している。

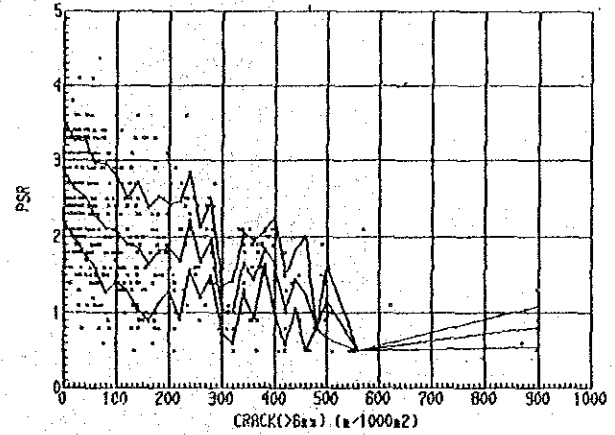
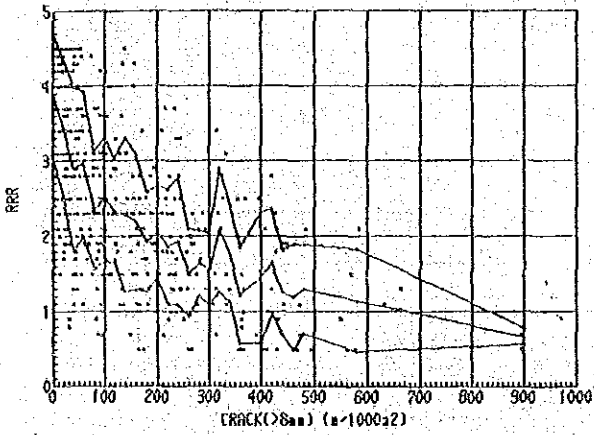
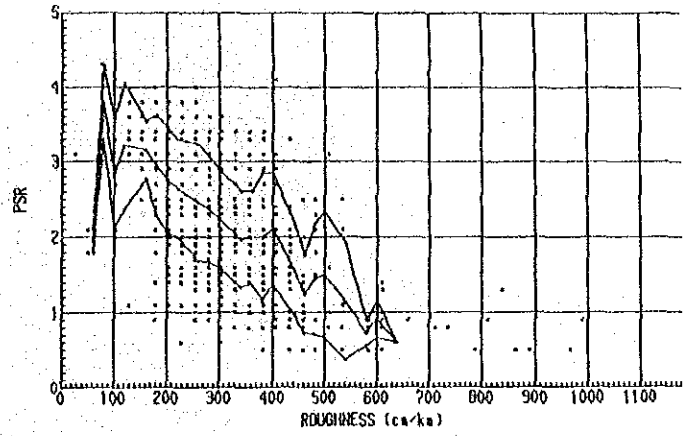
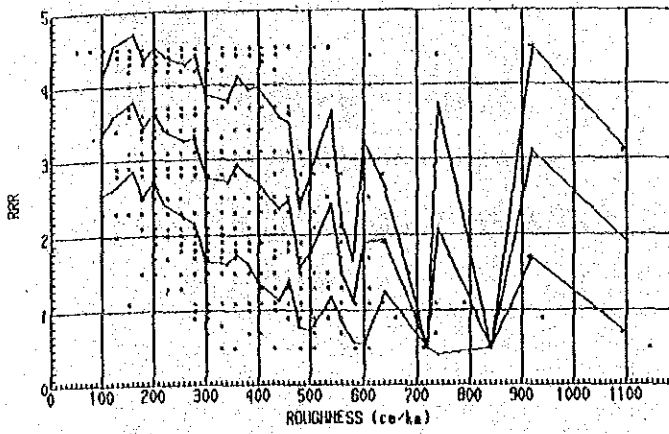


FIGURE 13.3-1 (a) RRR/PSR VS. MEASUREMENT VARIABLES (1)

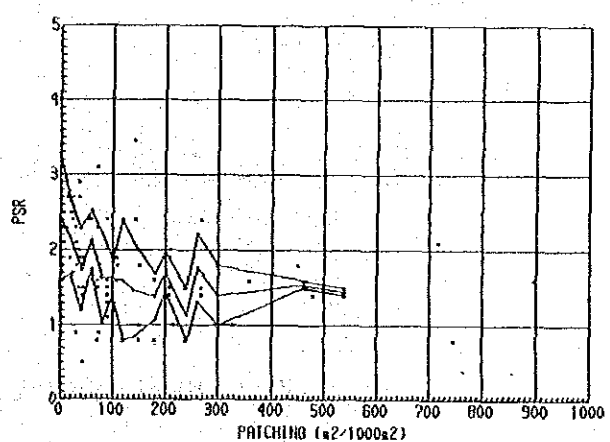
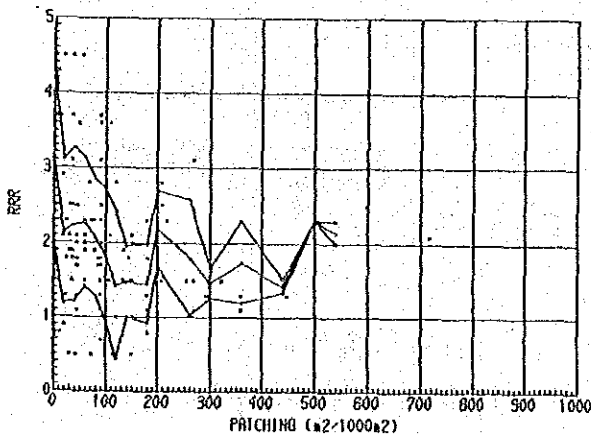
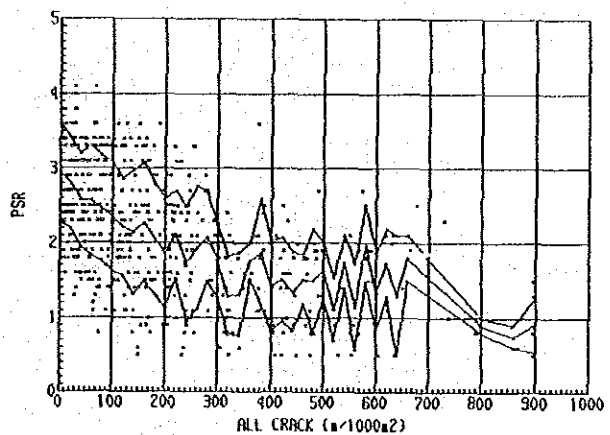
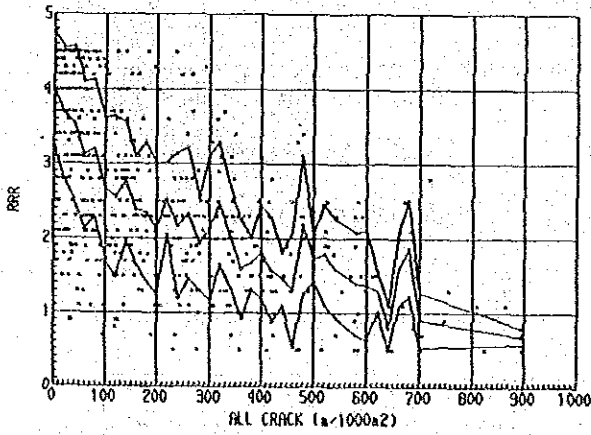


FIGURE 13.3-1 (b) RRR/PSR VS. MEASUREMENT VARIABLES (2)

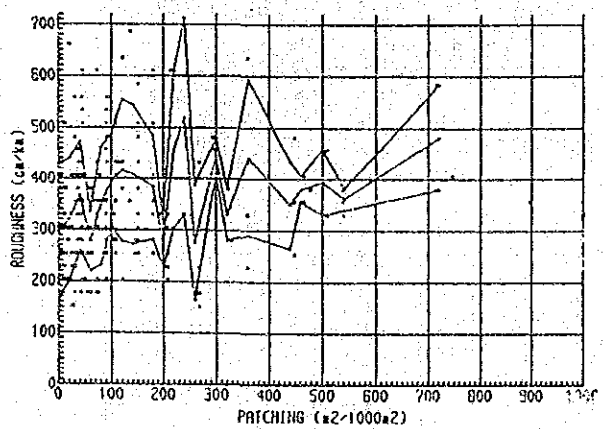
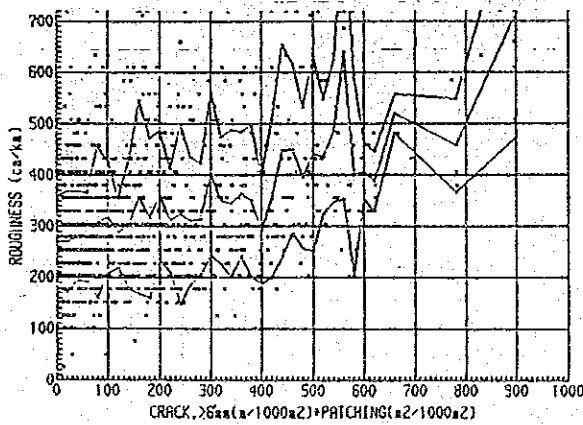
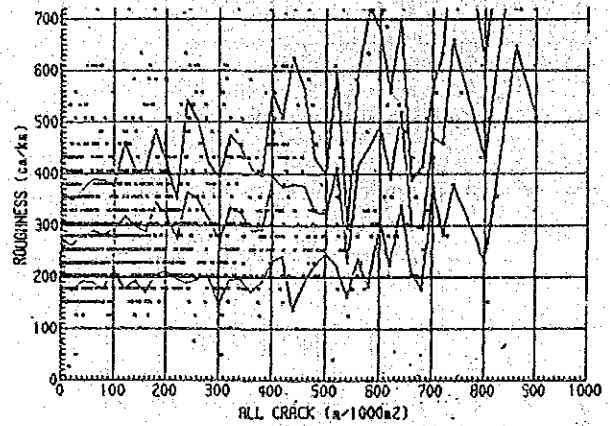
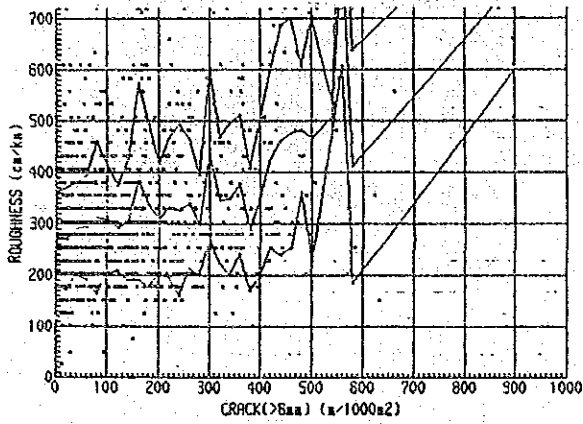
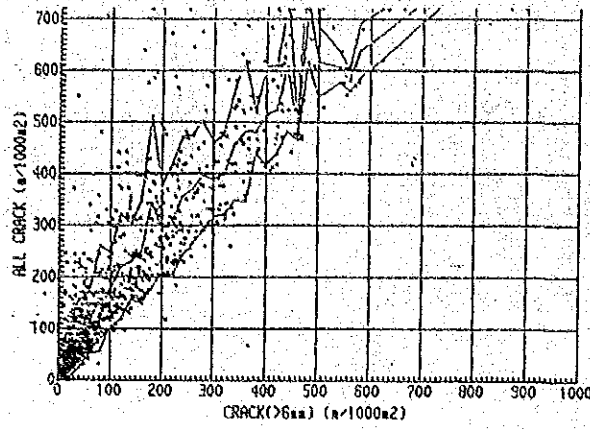


FIGURE 13.3-2 CORRELATION BETWEEN MEASUREMENT VARIABLES

## 13.4 舗装状況評価式の確立

### 13.4.1 RRIとPSI式の確立

#### (1) RRIとPSIに関連する要素の選定

次の理由により、3つの変数すなわちラフネス、クラッキング、パッチングをRRIとPSI式に適用する要素として選定された。

- 1) RRRとPSRの相互関連がある変数は、ラフネス、クラス3及び4のクラック（クラッキング）、すべてのクラック（クラッキング指数）、段差そしてポンピングである。以上の変数の中ですべてのクラック、段差、そしてポンピングはクラス3及び4のクラックに密接に関係している。従って前者の3つの変数（すべてのクラック、段差、そしてポンピング）は、後者（クラス3,4のクラック）で表わされるため、クラス3と4のクラックが含まれているRRI式とPSIを用いれば、これらを適用する必要はない。段差とポンピングを無視するもう一つの理由は、これらの舗装欠陥は何時いかなる方法で修復すべきかの検討よりも前に、維持管理作業において修理されるべきものであると考えられるからである。
- 2) RRRとPSRとパッチングの間には、わずかな相関関係があるがパッチングは舗装の欠陥においてはクラッキングと同じ性質のものであることを考えると、RRIとPSIの中に含まれているとして良い。

#### (2) 要素の関数の選定

RRI/PSIの標価式は一般的に次のように表わされる。

$$RRI/PSI = A_0 + A_1 \times R' + A_2 \times D'$$

R'とD'はそれぞれにラフネスと舗装劣化の関数であり、係数A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>そしてA<sub>2</sub>は、最小2乗法で決定される。

予備解析に基づき、ラフネスと舗装路面劣化に対して次の関数を選定した。

$$R' = \log(R)$$

$$D' = \sqrt{C+P}$$

ここに；R：ラフネス (cm/km)

C：クラッキング（ワイドクラックの長さ、m/1,000 m<sup>2</sup>）

P：パッチング (m<sup>2</sup>/1,000 m<sup>2</sup>)

#### (3) 提案するRRI式とPSI式

回帰分析の結果、相関係数の高い式として次に示す式が設定された。

$$RRI = 7.53 - 1.5 \log(R) - 0.11 \sqrt{C+P} \quad (r = 0.756)$$

$$RRI = 7.97 - 1.7 \log(R) - 0.11 \sqrt{C} \quad (r = 0.740)$$

$$RRI = 10.89 - 3.2 \log(R) \quad (r = 0.448)$$

$$RRI = 3.93 - 0.12 \sqrt{C+P} \quad (r = 0.731)$$

$$RRI = 3.87 - 0.13 \sqrt{C} \quad (r = 0.706)$$

$$PSI = 7.75 - 2.0 \log(R) - 0.06 \sqrt{C+P} \quad (r = 0.745)$$

$$PSI = 8.05 - 2.2 \log(R) - 0.06 \sqrt{C} \quad (r = 0.728)$$

$$PSI = 9.33 - 2.9 \log(R) \quad (r = 0.566)$$

$$PSI = 2.93 - 0.07 \sqrt{C+P} \quad (r = 0.642)$$

$$PSI = 2.88 - 0.08 \sqrt{C} \quad (r = 0.601)$$

ここに、 $r$ は相関係数

これらの式の中から、次式を本調査において採用した。

$$RRI = 7.53 - 1.5 \log(R) - 0.11 \sqrt{C+P}$$

$$PSI = 5.75 - 2.0 \log(R) - 0.06 \sqrt{C+P}$$

また、ラフネスの測定装置がない場合には、RRI式は次のように表わすことができる。

$$RRI = 3.93 - 0.12 \sqrt{C+P}$$

一方、ラフネスを外したPSI評価式は、精度が低くなるため設定できなかった。

#### 13.4.2 確立したRRI/PSIとAASHTOのPSIとの比較

##### (1) AASHTOのPSI式

次式はAASHTO道路試験の結果に基づき、設示されたPSI評価式である。

$$PSI = 5.41 - 1.8 \log(0.40R - 33) - 0.09 \sqrt{C+P}$$

(剛性舗装)

ここに；R：ラフネス (inch/mile)

C：クラッキング (ワイドクラック, ft/1,000 ft<sup>2</sup>)

P：パッチング (ft<sup>2</sup>/1,000 ft<sup>2</sup>)

AASHTO式におけるラフネスは、「Bureau of Public Roads Roughometer」により測定されたが、本調査ではバンポイントグレーターで測定されている。

両装置による測定値の間には、公式的に認められた関係はない。TRRLは、舗装路面の凹凸と、走行性には非常にわずかな相関性しかないと言っている。

2つのラフネスの測定値の間のおおむね相関から、AASHTOのPSI式を次のように変換した。(資料編13-3参照。)

$$PSI = 5.41 - 1.80 \log(0.20R - 30) - 0.05 \sqrt{C + 3.3P}$$

(剛性舗装)

上記の式は、ラフネス値の変換が含まれているので、精度は保証されない。

(2) 平均クラッキングとラフネス状況

AASHTOの道路試験における、平均クラッキングと平均ラフネスは、資料編13-3に述べられているように算定されている。この調査区間における、舗装路面状況の調査にもとづき、平均のクラッキングおよびラフネスが、RRIとPSIの各レベルについて設定された。

表13.4-1と図13.4-1にRRI/PSIとAASHTOのPSIの比較をまとめた。

これらより以下の諸点が明らかとなった。

- 1) RRIとAASHTOのPSIでの比較においては、RRIは指数が3より低い場合より長いクラッキング長により高いラフネスを示す。
- 2) PSIとAASHTOのPSIでの比較においては、PSIは指数が3より低い場合より短いクラック長とより高いラフネスを示す。
- 3) RRIとPSIでの比較においては、RRIは常により長いクラッキングとより高ラフネスを示す。

TABLE 13.4-1 AVERAGE CRACKING AND ROUGHNESS CONDITION

PSI	AASHTO Road Test			The Study in the Philippines				
	Cracking (m/1000 m <sup>2</sup> )	Roughness (Cm/Km)	RRI	Cracking	Roughness	PSI	Cracking	Roughness
4.0	12	175	4.0	5	160	4.0	0	80
3.5	28	190	3.5	12	270	3.5	0	130
3.0	50	220	3.0	60	290	3.0	4	220
2.5	110	260	2.0	140	320	2.5	35	280
2.0	220	300	2.0	250	340	2.0	150	320
1.5	390	360	1.5	400	370	1.5	360	360

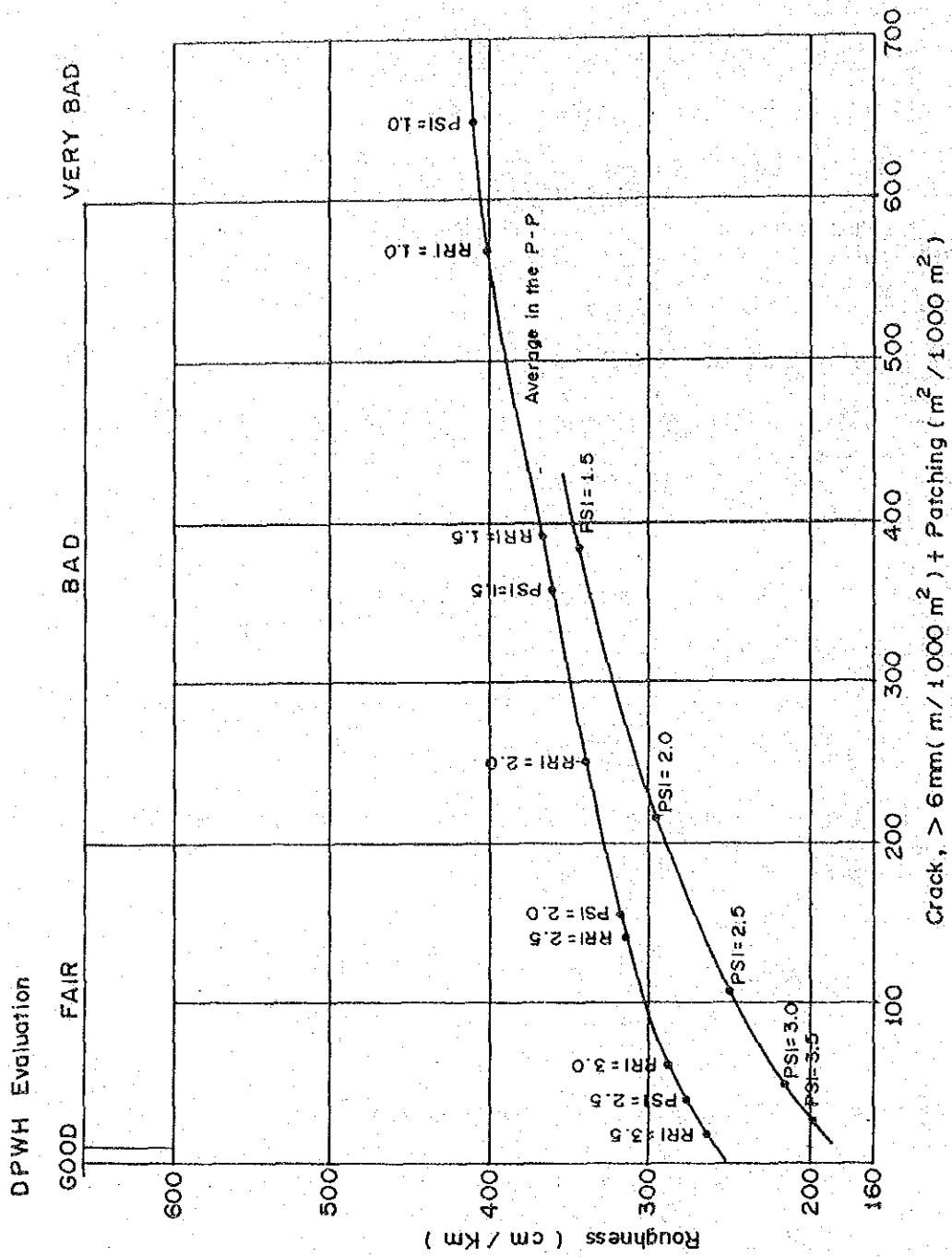
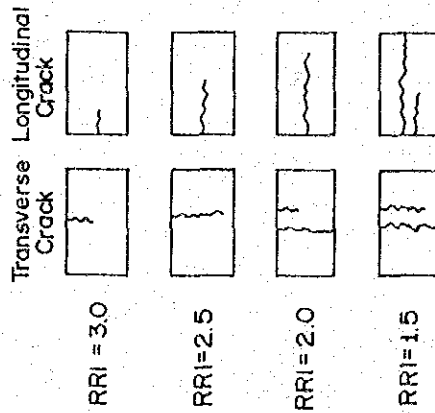


FIGURE 13.4-1 AVERAGE RELATIONSHIP BETWEEN RRI AND ROUGHNESS, CRACKING, CRACKING, PATCHING





### 13.4.3 RRI式とPSI式の評価

#### (1) 初期のRRIとPSIの推定

フィリピンにおけるコンクリート舗装の平均ラフネスを知るために、マニラ南高速道路においてラフネスを測定した。

結果は下記のとおりである。

車線	ラフネスのレンジ	平均値
マニラ行き (古いPCC舗装)	120～200	160 <i>cm/km</i>
南行き (新しいPCC舗装)	200～350	250 <i>cm/km</i>
南行き (古いPCC舗装)	120～200	160 <i>cm/km</i>

南行き車線の内側車線(新しいPCC舗装)のラフネスは、一部高い値を示す部分があり、これを除くと120～200 *cm/km*の範囲にあった。マニラ南高速道路の舗装の状態が、フィリピンにおける舗装の初期の状況を表わしていると仮定すると、初期のRRI及びPSIは、次のように想定される。

ラフネス ; 120 から 200, 平均 160 *cm/km*  
クラッキング ; 0  
パッチング ; 0  
RRI ; 4.5 から 4.1 平均 4.2  
PSI ; 3.8 から 3.2 平均 3.3  
AASHTOのPSI ; 5.0 から 3.6 平均 4.8

#### (2) RRI式とPSI式の特徴

指数(RRI, PSI, AASHTOのPSI)と舗装状況(クラッキングとパッチング)との相互関係を図13.4-2に示す。

この関係から、次のことが言えよう。

- 1) RRIはクラッキングとパッチングに密接に関係するが、ラフネスとの関係は明らかでない。
- 2) PSIはクラッキングとパッチングには余り密接な関係はない。ラフネスも同様である。
- 3) AASHTOのPSIはクラッキングとパッチングにはわずかな関係しかなく、ラフネスには少し関係する。

- 4) 指数の全ての値において、PSIはRRIよりも低い。これはフィリピンの道路利用者が、道路の供用性を評価する時には高い要望を出す、修復の必要性についてはかなり控え目になっていることを示している。

(3) RRI式とPSI式の評価

RRIとPSI、2つの指数はAASHTOのPSIと同時に比較検討された。

これらの指数の中で、RRIは舗装の修復が道路区間を選定するためには良い評価法として推奨される。その理由は下記のとおりである。

- 1) 舗装構造の供用性は、機能上の供用性より、優位とすることが望ましい。
- 2) RRIは構造の供用性と密接に関係するが、PSIは舗装の劣化との関係はあまり密接ではない。
- 3) 初期のRRIとPSIは、各々4.2と3.3と推定されている。RRI4.2は合理的であるが、PSI3.3は実用的とは思えない。(AASHTOの初期PSIは剛性舗装では4.5である)。
- 4) AASHTOのPSIとの比較において、RRIは、ほとんど同じ長さのクラッキングと同レベルのラフネスを示すが、PSIは短いクラック長と低いラフネスを示す。
- 5) RRIはAASHTOのPSIと合理的に適応しているが、PSIは適合しない。
- 6) RRIはAASHTOガイド1986年度版の舗装構造設計において設定した、PSIとほぼ同じ舗装状況を示すものと思われる。

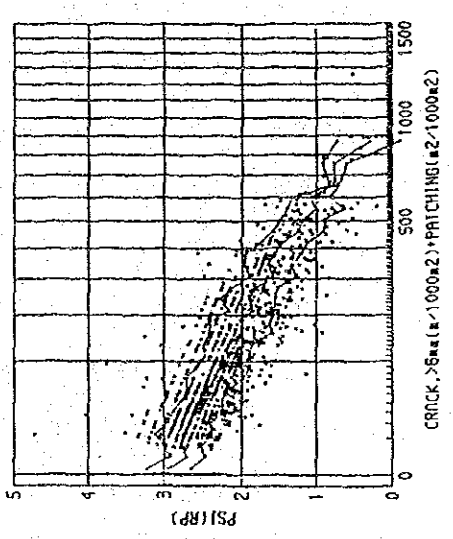
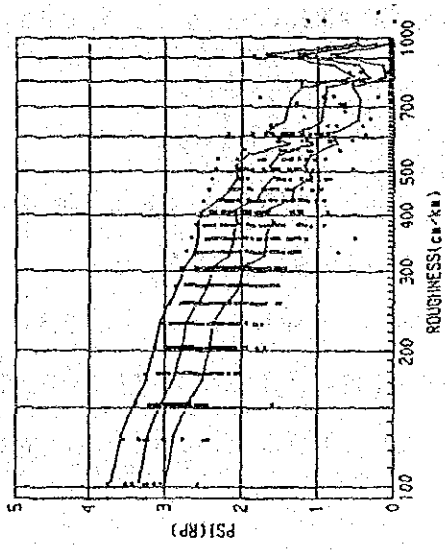
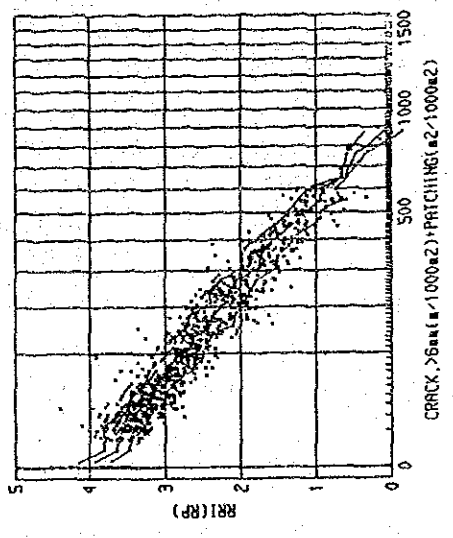
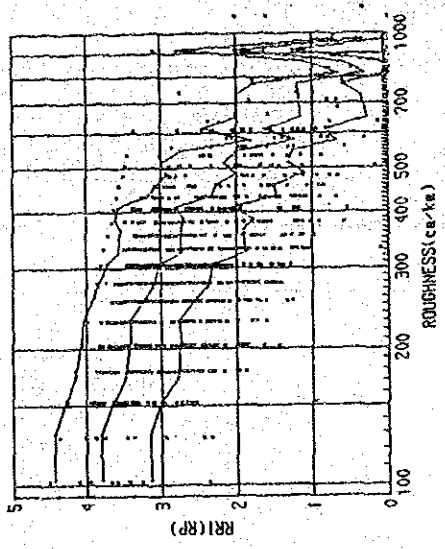
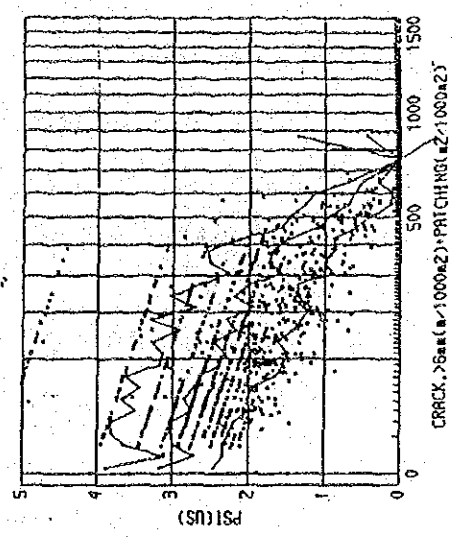
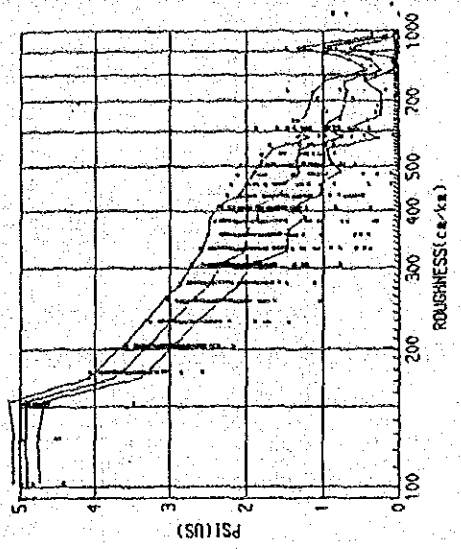


FIGURE 13.4-2 EVALUATION BY RRI AND PSI

### 13.5 舗装路面状況の評価

#### 13.5.1 RRI 各レベルの舗装の標準状況

RRI の各レベルにおいての、舗装の標準状況を表 13.5-1 に示す。

(図 13.4-1 参照。)

TABLE 13.5-1 TYPICAL CONDITION OF PAVEMENT AT EACH LEVEL OF RRI

	Roughness	Surface Deterioration in terms of Class 3 and Class 4 Crack $\frac{1}{2}$	PSI (The Study)	PSI (AASHO)
RRI = 3.0	290 cm/km	60 m/1000 m <sup>2</sup> Transverse crack; 1/4 width of slab, longitudinal crack; 1/5 length of slab. Fatigue failure is appearing.	2.4	2.9
RRI = 2.5	320 cm/km	140 m/1000 m <sup>2</sup> Transverse crack; 2/3 width of slab, longitudinal crack; 1/2 length of slab. Fatigue failure is about to occur.	2.1	2.3
RRI = 2.0	340 cm/km	250 m/1000 m <sup>2</sup> Transverse crack; 1.2 width of slab, longitudinal crack; 0.8 length of slab. Fatigue failure has occurred	1.7	1.9
RRI = 1.5	370 cm/km	400 m/1000 m <sup>2</sup> Transverse crack; 1.8 width of slab, longitudinal crack; 1.3 length of slab. Slab has been destroyed	1.5	1.5

$\frac{1}{2}$  Patching is converted to equivalent length of crack

#### 13.5.2 全般的評価

南部調査区間のそれぞれにおいて測定されたラフネス、クラッキング、パッチングと RRR/PSR 北部調査区間とを資料編 13-4 に示す。

図 13.5-1 は、RRI の各レベルについての延長を示す。

北部調査区間 (サンタ・リタ〜アリタオ) では、平均 RRI はマニラ方向で 2.47、カガヤン方向で 3.17 となっている。

この調査区間の RRI は、1 から 4 の値がほぼ均等に分布している。

マニラ方向の車線での RRI が 2.47 と、カガヤン方向にと比較して著しく低いことは、マニラ方向の車線では緊急な修復の必要があることを示唆している。

一方、南部調査区間 (カランバ〜カルワグ) における平均 RRI はマニラ方向で 3.23、ビコール方向で 3.33 である。この調査区間の RRI は、均等には分布しておらず 3.9 附近に集中している。調査区間の大半は、許容できる状況にあり、両方向の RRI の間には著しい差異はない。

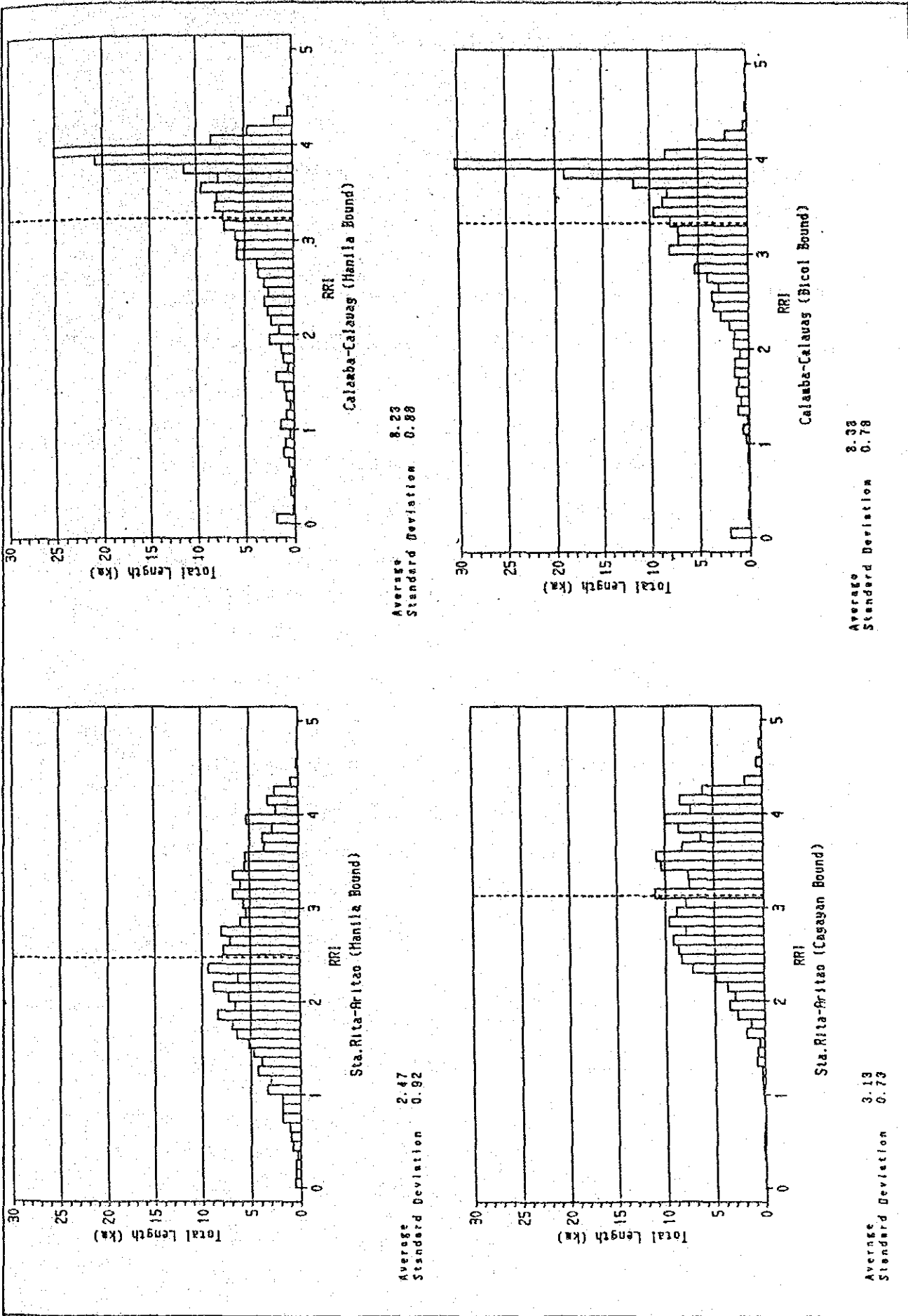


FIGURE 13.5-1 SUMMARY OF PAVEMENT LENGTHS BY LEVEL OF RRI



## 第14章 舗装の劣化状況の調査及び解析

### 14.1 アプローチ

舗装の劣化状況調査は、北部調査区間で9、南部調査区間で6、合計15の舗装版を選んで行なった。

#### (1) 交通荷重

交通荷重に関するデータはIBRDの援助によって1985年10月公共事業道路省が行なった「舗装及び軸重に関する調査」の結果を利用した。

#### (2) 解析手法

舗装に関する技術は次第に且つ確実に経験に基づく段階から科学的解析に基づく段階に移りつつあるが、なお現実には経験と技能に基づく段階にあると思われる。現在、採用されている舗装の設計法の多くは、過去の経験や既存の舗装から得られたデータに基づいた経験的設計法である。

近年、これらの経験的な設計手法の進歩と共に、舗装の応力ひずみ又はたわみについてのデータを解析、評価する理論的アプローチが開発されてきた。これらの理論的アプローチは、現在は現場から得られたデータの意味を解釈し、それより演繹するという段階にあると云えよう。

前者の経験的設計法の代表的な例はAASHTOの設計法で、AASHTOの道路試験で開発された「サービス供用性」の考え方にもとづくものである。一方、後者の理論的設計法には、ウェスタガードの理論解析あるいはセメントコンクリート舗装の疲労クラックに対するポルトランドセメント協会（PCA）の方法等が含まれる。

従って、本調査では舗装劣化の原因解析に次の6つの設計または解析法を適用した。

- ・ MPWH法 (AASHTO 中間ガイド1972)
- ・ AASHTO法 1986 (AASHTO ガイド 1986)
- ・ PCA法
- ・ TRRL法
- ・ JRA法
- ・ ウェスタガードの方法

### (3) 調査の手順

舗装の劣化調査の手順は図 14.1 - 1 に示す。

調査は 4 つのステップに分けられる。

#### ステップ 1 調査

- 交通荷重の資料集収
- 舗装破壊調査
- その他の技術調査

#### ステップ 2 基本要素の解析

- 交通荷重の解析
- 舗装材料の材質の解析

#### ステップ 3 舗装の構造強度の解析

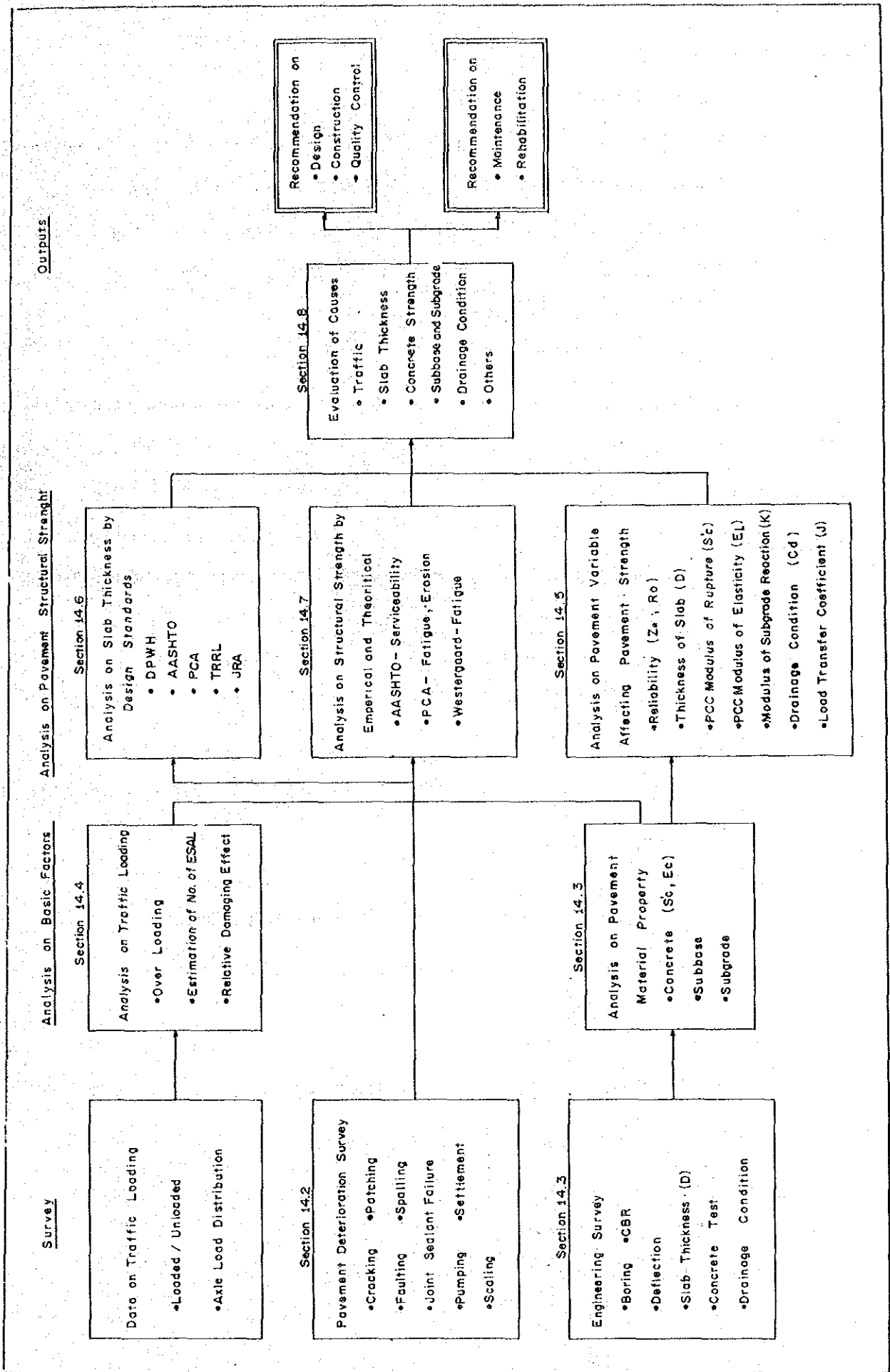
- 設計基準による版厚の解析
- 経験的方法及び理論的方法による構造強度の解析
- 舗装の強度に影響する舗装要素の解析

#### ステップ 4 評価

- 劣化原因の評価



TABLE 14.1-1 STUDY FLOW ON PAVEMENT DETERIORATION SURVEY AND ANALYSIS



## 14.2 舗装の劣化調査

### 14.2.1 調査対象舗装版の選定

本調査の主目的の一つは、舗装劣化の原因評価である。この目的のために、舗装の劣化調査が北部区間で3、南部区間で2、合計5地点において詳細に行なわれた。

調査地点の選定は、各地点が地形的・環境的条件、路盤のタイプ、劣化の種類、版の状態及び交通性状等について、調査全区間を代表するように留意して行なわれた。

選定に当っては特に以下の要素を配慮した。

#### (1) 地質条件

北部調査区間には、ブラカン州のバリワグ (*km 50*—*km 60*) に軟弱地盤地帯が見られる。そして舗装が著しく破損している区間は、サンイルデフォンソーサンミゲール間 (*km 70*—*km 80*) 及びサンホセーサンタ・フェ間 (*km 166*—*km 220*) である。

南部調査区間については、バグビラオーアティモナン間 (*km 140*—*km 190*) にフィリップン断層に基づく断層地帯が見られる。そしてこの間では、舗装が特別な形(陥没)でこわれている。

図14.2-1は、目比友好道路(ルセナーダエット)の地質図である。

一方、アラミノスーティアオグ間 (*km 70*—*km 90*) では、横断クラックが非常にはつきり認められている。

舗装劣化調査の地点は、基本的には上記の区間から選定したが、更に以下の要素を加えて選定した。

#### (2) 路床のタイプ

調査地点は、次の2種類の路床タイプ区間それぞれから選定した。

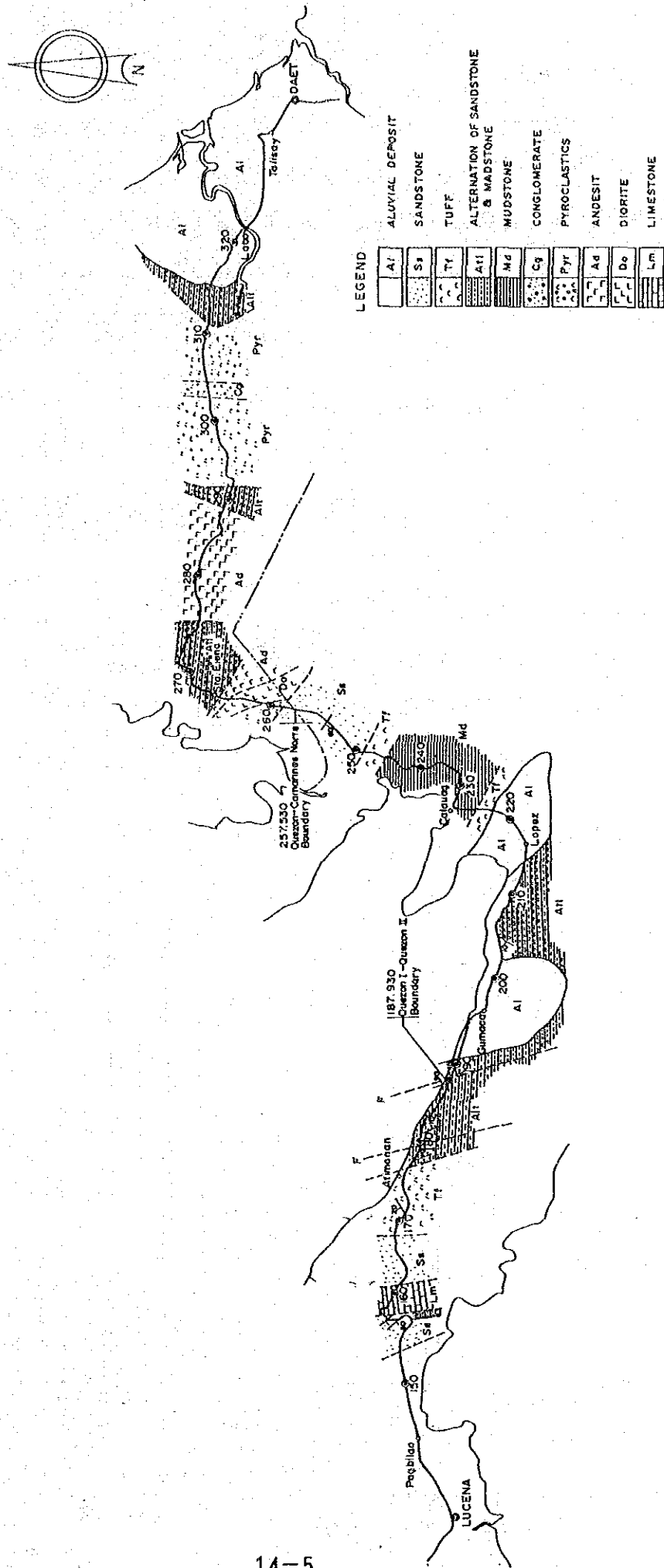
- 代表的な盛土区間
- 代表的な切土区間

#### (3) クラックのタイプ

コンクリート舗装の主な欠陥はクラックである。下記の3タイプのクラックがそれぞれ顕著にみられる区間から調査地点を選定した。

- 縦クラックの多い区間
- 横クラックの多い区間
- 塊状あるいは不規則なクラックの多い地点

FIGURE 14.2-1 GEOLOGICAL MAP OF PAN-PHILIPPINES HIGHWAY (Lucena — Daet)



(4) 舗装版の状況

過去の交通量及びその荷重分布に差のない区間で、舗装版の損傷に差があることが認められた。すなわち、一方は良好な状況を保っているのに、あるものは殆ど完全に破壊されていた。劣化の原因は、これらの舗装版の状況の差を評価することによって、究明することが出来る。従って、上記の視点で選んだ代表区間より、版の状態が良いもの、中程度のもの、悪いものという3枚の版を選定した。

(5) 建設歴

- 区間の中で建設時期が同じもの
- 最近、補修を行なわなかったもの

最終的に5区間それぞれから状態の違う3枚の版を選び、調査した版の総数は15となった。

1.4.2.2 調査対象舗装版の状況

調査の対象舗装版の状況は、表 14.2-1 に簡単な説明をつけて総括した。

(資料編 14-1 参照)

舗装版の現況の状態をラフネス、クラッキング及びパッチングから求める RRI 式で評価した。

各版の RRI を図 14.2-2 に示す。

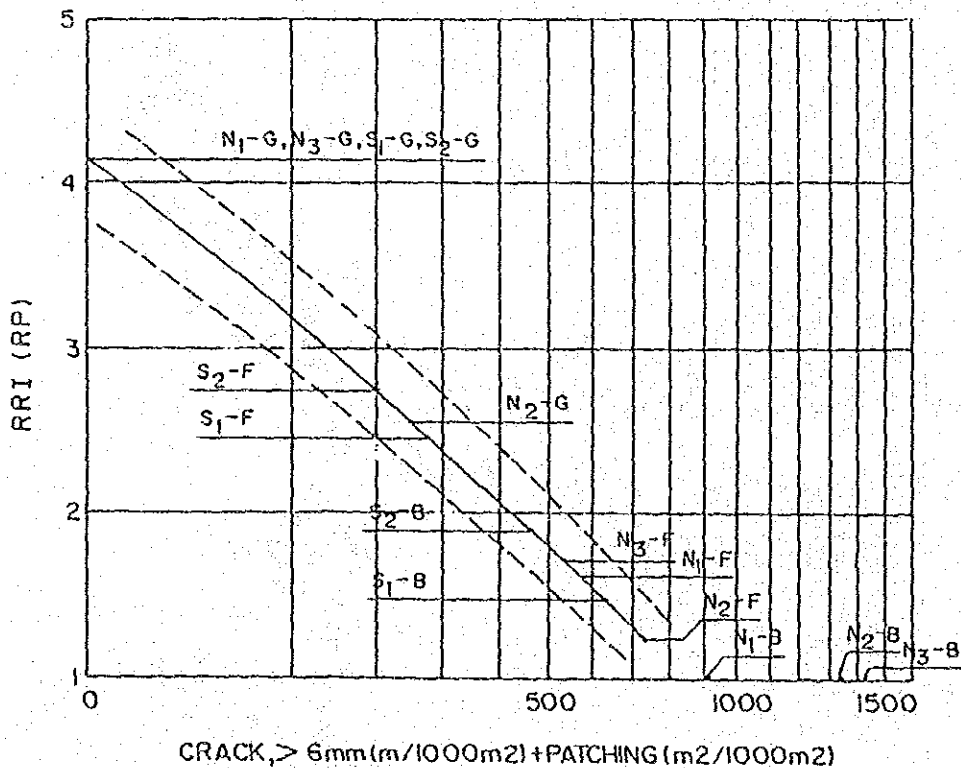


FIGURE 14.2-2 RRI VS. CRACKING SLABS FOR DETERIORATION SURVEY

LEGEND:

- Average
- Standard Deviation

TABLE 14.2.1 SLABS SELECTED FOR DETERIORATION SURVEY

Section Construction Year	Geological Conditions and Road Bed Type	Main Deficiency	No. of Survey Slab	Cracks (m)		Patching	Pumping	Sealant Failure	Settlement	Others
				Wide	Fine					
50+000-50+500 Sta. Rita-Gapan 1975	- Soft Ground - Embankment	Transverse Crack	N <sub>1</sub> -G	none	a little	none	none	broken sealant	none	
			N <sub>1</sub> -F	8.60 m.		none	none	broken sealant	none	Spalling
			N <sub>1</sub> -B	13.80 m.	1.9 m.	none	none	broken sealant	Yes	Spalling
76+600-76+800 Sta. Rita-Gapan 1976	- Embankment	Longitudinal Crack	N <sub>2</sub> -G	3.60 m.		none	none	broken sealant	none	
			N <sub>2</sub> -F	10.90 m.		none	none	broken sealant	none	Spalling
			N <sub>2</sub> -B	20.30 m.	7.30 m.	none	none	yes	none	Spalling
168+300-168+400 San Jose-Aritao 1978	- Cut	Block/Random Crack	N <sub>3</sub> -G	none	a little	none	none	lack of sealant	none	
			N <sub>3</sub> -F	8.10 m.	3.40 m.	none	none	broken sealant	none	Spalling
			N <sub>3</sub> -B	22.10 m.	3.30 m.	none	none	no sealant	none	Joint Shattering
79+200-79+300 Sto. Tomas-Tiaong 1972	- Embankment	Transverse Crack	S <sub>1</sub> -G	none	a little	none	none	broken sealant	none	
			S <sub>1</sub> -F	4.10 m.	4.30 m.	none	minor	broken sealant	none	
			S <sub>1</sub> -B	9.50 m.	5.30 m.	none	minor	broken sealant	Yes	
160+200-160+300 Lucena-Gumaca 1978	- Fault Zone - Cut	Block/Random Crack	S <sub>2</sub> -G		4.60 m.	none	yes	no sealant	Yes	Spalling
			S <sub>2</sub> -F	3.0 m.		none	none	broken sealant	none	
			S <sub>2</sub> -B	6.70 m.	7.20 m.	none	none	broken sealant	Yes	

NOTE: All slabs selected were in Manila bound lanes.

### 14.3 その他の技術調査

舗装劣化の原因解析に必要な資料を得るために、各舗装版について次の技術調査を行った。

- 地質調査 : BH-1 及び 2
- CBR 試験 : TP-1 ~ TP-16
- コンクリート強度試験 : 3点 × 15版
- たわみ測定 : 6点 × 15版
- 排水調査

調査結果は、資料編 14-2 に示した。

#### 14.3.1 地質調査

サンタ・リターサン・ホセ間 (km 39+000 - kms 159+000) 約 120 km は、ルソン中央平野の平坦な沖積層を通っている。特にブラカン州 (kms 39+000 - kms 84+500) の約 45.5 km の区間は、地形外観から明らかに軟弱地盤であると思われる。

この地帯では、多くの区間で舗装がひどく破壊されている。軟弱地盤による沈下が舗装の破壊に影響しているかどうかを調べるために 2 つの地点、N1-G (km 50+020) と N1-B の路肩 (km 50+100) でボーリング調査を行った。

ボーリング調査では標準貫入試験と試験用の土試料の採取を行った。そして、次の各項目の室内試験を各層の試料について行った。

- 自然含水比
- アッターベルグ限界
- フルイ分け
- 一軸圧縮試験
- 圧密試験

N1-G 及び N1-B のボーリング柱状図は資料編 14-2 に示す。

2 つの地点のボーリング結果は殆んど同一で、砂、砂利及び粘土質シルトの互層からなる典型的な海洋性堆積物の特長を持っている。SPT 30 以上の密な砂及び砂利の層は深土約 6.0 m の所から続いており、圧密試験の対象となるシルトの非常に軟弱な層は、深土 4.0 m ~ 6.0 m の間にだけ認められる。

室内試験の結果は資料編 14-2 にまとめた。

資料にもとづいて、 $N_1-G$ および $N_1-B$ の沈下量の解析を行なったが、沈下量は2.0cmで、沈下は37～45日(90%圧密)で終了すると算定された。したがって圧密沈下は、盛土完了直後舗装工事前に終了するものと考えられる。

#### 14.3.2 CBR試験

CBR試験の試料採取は、選定した調査対象コンクリート版の自由端に接する総計15の路肩部で行なった。更に版の支持力の均一性を調べるために、 $S_2-B$ の縦目地付近の完全に破壊された部分から、追加の試料を採取した。各点の試料採取は、コンクリート版下の路盤及び路床の2層について行なった。

採取した試料について以下の試験を行なった。

- 自然含水量
- コンシステンシー
- 粒度分布
- 比重
- 自然含水状態での圧縮試験
- 自然含水状態でのCBR

CBR試験は、JRAのセメントコンクリート舗装要綱1980に定める試験法に従って行なった。この方法は、室内試験において調整した密度及び含水量で、現地の路盤及び路床の概略のCBRを推定するものである。試験手順の概要は以下の通りである。

- 37.5mmフルイ通過の自然含水量の試料を内径180mmの型にほぼ同厚の3層に分けて入れる。
- 各層は45cmの高さから4.5kgのハンマーを67回自由落下させ、均一に締め固める。
- 試料を数日浸水した後に貫入試験を行なう。

土質試験及びCBR試験の結果を、資料編14-2に示した。

路盤について、CBRの最低値は $N_1-B$ の3で最高値は $N_2-B$ の53であり、路床については最低1.0( $S_2-B$ )最高46( $N_3-B$ )であった。平均して、北部調査区間では南部調査区間に比して、路盤、路床共に高いCBR値を示している。

路盤及び路床のCBR及びK値の推定値を、表14.3-1に示した。

推定方法は、第16章に説明する。

TABLE 14.3-1 ESTIMATED COMBINED CBR AND K VALUE

Station	Location	Slab Condition	CBR <sub>m</sub> Value	K-Value (Psi)
North Study Section				
Km 50	TP-2	G	6	160
	TP-3	F	16	230
	TP-1	B	5	140
Km 76	TP-4	G	38	400
	TP-6	F	27	310
	TP-5	B	46	470
Km 168	TP-7	G	12	210
	TP-9	F	43	440
	TP-8	B	47	480
South Study Section				
Km 79	TP-10	G	2	80
	TP-12	F	6	160
	TP-11	B	7	170
Km 160	TP-13	G	23	280
	TP-14	F	3	100
	TP-15	B	2	80
	TP-16	B	2	80
Average			18	250

#### 1.4.3.3 コンクリート強度試験

各調査舗装版の3点でコンクリートの強度と版の厚さを調べるために、コアの採取を行なった。

コアの試料は、長さ及び直径を綿密に測定した後圧縮試験を行なった。結果は資料編14-2に示してある。

コアの圧縮試験の降伏強度は、 $233.15 \text{ kg/cm}^2 \sim 359.92 \text{ kg/cm}^2$ であった。又コアの長さ(版の厚さを示す)も  $8.125 \text{ in} (20.7 \text{ cm})$  から  $11.5625 \text{ in} (29.4 \text{ cm})$  の変化があった。算定したコンクリートの圧縮試験強度、曲げ強度及び弾性係数は表14.3-2に示してある。算定方法は第16章に示す。



TABLE 14.3-2 ESTIMATED STRENGTH OF CONCRETE

Survey Slab	Thickness of Slab	Estimated Compressive Strength psi		Estimated Modulus of Rupture psi		Estimated Elastic Modulus psi x 10 <sup>6</sup>	
		(kg/cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )	
N <sub>1</sub> -G	9.98	2,999	(211.3)	525	(36.9)	3.12	(0.22)
N <sub>1</sub> -F	9.40	3,456	(243.5)	605	(42.6)	3.35	(0.24)
N <sub>1</sub> -B	8.81	3,598	(253.5)	630	(44.4)	3.42	(0.24)
N <sub>2</sub> -G	10.02	2,564	(180.6)	449	(31.6)	2.89	(0.20)
N <sub>2</sub> -F	9.96	2,600	(183.2)	455	(32.1)	2.91	(0.21)
N <sub>2</sub> -B	9.44	2,531	(178.32)	443	(31.2)	2.87	(0.20)
N <sub>3</sub> -G	9.38	2,912	(205.2)	510	(35.9)	3.08	(0.22)
N <sub>3</sub> -F	9.23	3,132	(220.7)	548	(38.6)	3.19	(0.22)
N <sub>3</sub> -B	8.60	2,451	(172.7)	429	(30.2)	2.82	(0.19)
S <sub>1</sub> -G	11.25	2,734	(192.6)	478	(33.7)	2.98	(0.21)
S <sub>1</sub> -F	8.63	2,576	(181.5)	451	(31.8)	2.89	(0.20)
S <sub>1</sub> -B	8.71	2,557	(180.2)	447	(31.5)	2.88	(0.20)
S <sub>2</sub> -G	9.77	3,163	(222.8)	554	(39.0)	3.21	(0.23)
S <sub>2</sub> -F	9.60	2,978	(209.8)	521	(36.7)	3.11	(0.22)
S <sub>2</sub> -B	9.27	3,293	(232.0)	576	(40.6)	3.27	(0.23)
Average	9.47	2,903	(204.5)	508	(35.8)	3.07	(0.22)

## 14.3.4 たわみ調査

各舗装版の数点（平均6点）でベンゲルマンビームを用いて、復元たわみ試験を行なった。復元たわみは道路試験レポート5に記す方法に従って、以下のように行なった。

- 測定に使用したトラックの輪荷重：4080kg
- ベンゲルマンビームの支点は、支点が動かぬように路肩においた。
- 測定は、舗装の自由端、ジョイント、クラック及び破壊された版の上で行ない、荷重の影響範囲については、調査班が定めて指示した。

結果は、資料編14-2に示してある。

最高のたわみは1.8mm（S<sub>1</sub>-B）で最小は0（N<sub>3</sub>-B）で、平均は0.28mmである。

#### 14.3.5 排水状況調査

排水状況調査は、舗装の劣化状況の目視調査と共に行なった。

調査道路の排水状況は、良好(G)、普通(F)、悪い(B)の3つに分類した。

全調査区間を通じて、一部の市街地部を除き、側溝等の路面排水施設は見うけられなかった。従って、路面水だけでなく山の斜面からの水も路面を流れ、おそらく舗装の内部に浸水することが考えられる。

横断管のような地下排水施設も山側の水が集中して是非設けなければならない所にも、設置されていない場合があった。

#### 1.4.4 交通荷重の解析

交通車輛は、全積載、無積載あるいはその中間と種々ある。路面にあたる荷重は軸荷重であり、舗装の損傷は積載の大きさに影響される。交通が舗装の損傷に与える影響度を評価するために、軸重の大きさの分布を調べることが必要である。AASHO道路試験では、軸重を9つのレンジに分類した相対損傷影響度を定めている。各軸荷重の通過回数を標準軸荷重 18,000 lb (1960 kg) の1通過が舗装に及ぼす影響と同等の影響を与える回数 (18 kip ESAL) により換算した。

##### 1.4.4.1 既往交通量

道路が完成してから今日までの過去の交通量は、1968、1980及び1986の9代表地点(北部4、南部5)の日平均交通量(ADT)から求めた。

日平均交通量及び全交通量は、図14.4-1に示してある。(資料編14-3参照)

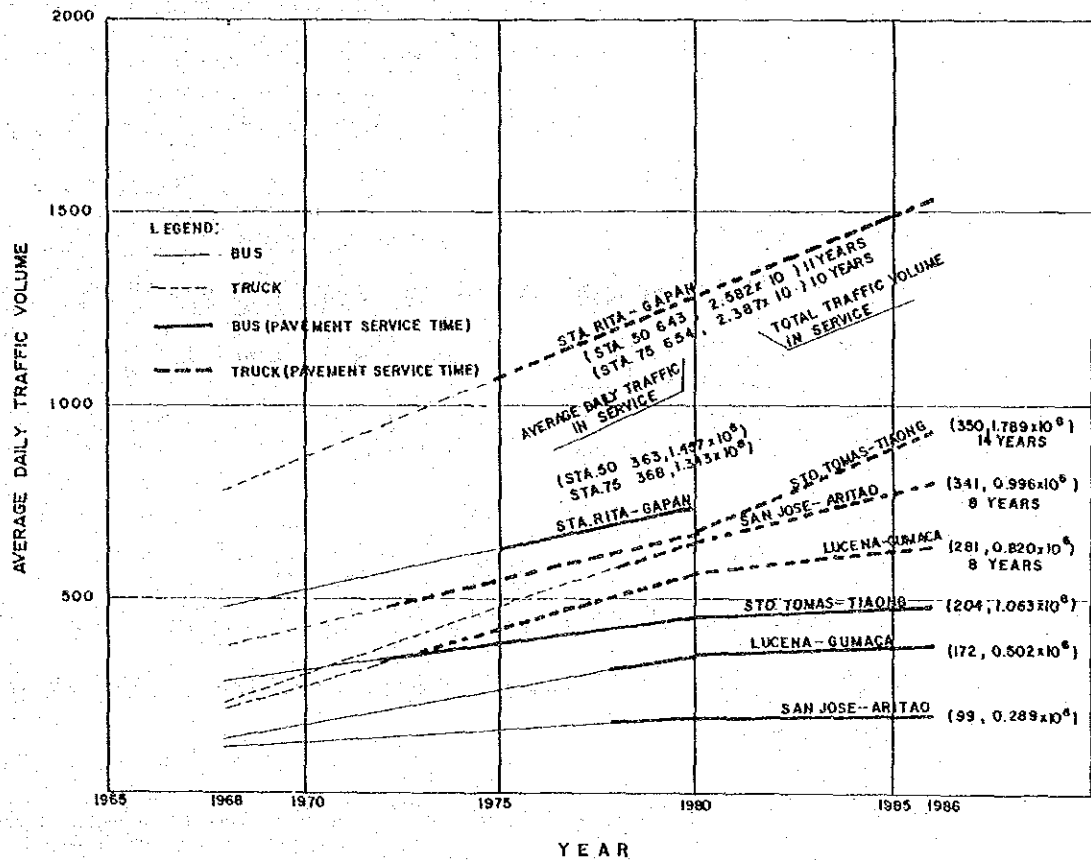


FIGURE 14.4-1 AVERAGE DAILY TRAFFIC VOLUME OF TRUCKS AND BUSES (BOTH DIRECTION)

#### 14.4.2 軸重分布

公共事業・道路省がIBRDの援助によって1985年に実施した全国規模の軸荷重調査があり、「舗装と軸重に関する調査」として報告されている。

調査では、荷重分布及び軸重を多くの区間で観測しており、中でも本調査に関係するものとして、次の地点で行なっている。

- ・ ステーション01 : サンタ・フェーサン・ホセ間
- ・ ステーション02 : ガボン・ブラリデル間
- ・ ステーション07 : カランバーサント・トーマス間
- ・ ステーション29 : ルセナーロペス間

本調査の各区間に適用する荷重分布については、上記の区間のデータに基づいて定めた。(資料編14-3参照。)

軽量車輛の舗装に対する影響は少ないので、一般に舗装設計については、重トラック及びバスだけを荷重としてとりあげており、舗装劣化の原因解析についても同様とした。「舗装と軸重に関する調査」では、積載トラックの荷重分布だけをとりあげているので、本調査では、各種トラックの空車の重量と空車率より空車トラックの軸重分布を推定した。バスの軸重分布については、上記4地点では適当なデータが得られなかったため、ルソン島の全地点のデータを用いて推定した。

舗装劣化の原因解析に用いた設計法の中には、軸重を単軸とタンデム軸に分けるものもあるので、単軸及びタンデム軸の分布は、「舗装と軸重に関する調査」から引用した。各区間の上下線のトラック及びバスの軸重分布は、資料編14-3に示してある。

#### 14.4.3 ESALの算定

道路の完成から今日までの18kip換算の1軸荷重の累積数は、図14.4-1に示す交通量及び資料編14-3に示す軸重分布から算定した。算定はトラック及びバスについてのみ行なった。舗装劣化の原因を評価するための標準設計に基づく版厚解析用に、道路完成後20年間のESALも併せて算定した。

算定結果は、トラックに対して表14.4-1、バスに対して表14.4-2、合計は表14.4-3に示してある。

使用した軸重の等値係数は、版厚9インチ(23cm)、 $P_T$ (終極、サービス性能指数)2.0に対するもので、表14.4-4に示してある。

**TABLE 14.4-1 NUMBER OF AXLES AND ESAL OF HEAVY TRUCKS**

	Sta. Rita-Gapan		San Jose-Aritao		Sto. Tomas-Tiaong		Lucena-Gumaca	
	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Bicol Bound	Manila Bound	Bicol Bound
Average Truck Volume/day <sup>1/</sup>	643	643	341	341	350	350	281	281
Single Axle <sup>2/</sup>								
1. Max. Load (tons)	19	16	18	16	15	15	16	16
2. No. of Axles/day	1,200	1,400	600	766	680	708	522	554
a. within load limit	945	1,320	514	728	598	660	444	510
b. overloaded	255	80	86	38	82	46	78	44
3. No. of ESAL/day	2,432	510	812	241	608	276	568	259
a. within load limit	135	136	86	70	72	64	60	54
b. overloaded	2,997	374	726	171	536	212	508	205
Tandem Axles <sup>3/</sup>								
1. Max. Load (tons)	38	32	34	30	28	26	28	26
2. No. of Axles/day	162	100	158	72	80	66	81	68
a. within load limit	6	14	8	28	8	12	8	12
b. overloaded	156	86	150	44	72	54	73	56
3. No. of ESAL/day	2,885	1,221	2,600	656	794	456	819	468
a. within load limit	4	10	2	32	8	4	8	2
b. overloaded	2,881	1,211	2,598	624	786	452	811	466
Total No. of ESAL/day								
1. Total	5,317	1,731	3,412	897	1,402	732	1,387	727
a. axles within load limit	139	146	88	102	80	68	68	56
b. axles overloaded	5,178	1,585	3,324	795	1,322	664	1,319	671

NOTES: 1/ Average daily truck traffic since completion of construction to date  
 2/ Loaded and empty trucks  
 3/ Loaded trucks only (empty trucks are induced in single axle class)

**TABLE 14.4-2 NUMBER OF AXLES AND ESAL OF BUSES**

	Sta. Rita-Gapan		San Jose-Aritao		Sto. Tomas-Tiaong		Lucena-Gumaca	
	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Bicol Bound	Manila Bound	Bicol Bound
Average Bus Volume/day <sup>1/</sup>	363	363	99	99	204	204	172	172
Maximum Loads (tons)	11	11	11	11	11	11	11	11
Number of Axles/day	726	726	198	198	408	408	344	344
a. within load limit	568	568	154	156	320	320	270	270
b. overloaded	158	158	44	42	88	88	74	74
Number of ESAL/day	475	475	131	129	268	268	226	226
a. within load limit	178	178	50	48	100	100	84	84
b. overloaded	297	297	81	81	168	168	142	142

NOTES: 1/ Average daily bus traffic since completion of construction to date. All buses are single axles.

TABLE 14.4.3 SUMMARY OF TRAFFIC VOLUME

Section Bound	Sta. Rita-Gapan Station 50		Sta. Rita-Gapan Station 75		San Jose-Aritao Station 168		Sto. Tomas-Tiaong Station 79		Lucena-Gumaca Station 160	
	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Bicol Bound	Manila Bound	Bicol Bound
Average Daily Traffic to Date	T 643 B 363 TL 1,006	643 368 1,022	654 368 1,022	654 368 1,022	341 99 440	341 99 440	350 204 554	350 204 554	281 172 453	281 172 453
Average Daily Traffic for 20 yrs	T 761 B 416 TL 1,177	788 429 1,217	788 429 1,217	788 429 1,217	512 120 632	512 120 632	407 222 629	407 222 629	401 240 641	401 240 641
Traffic Volume	T 2.582x10 <sup>6</sup> B 1.457x10 <sup>6</sup> TL 4.039x10 <sup>6</sup>	2.582x10 <sup>6</sup> 1.457x10 <sup>6</sup> 4.039x10 <sup>6</sup>	2.387x10 <sup>6</sup> 1.343x10 <sup>6</sup> 3.730x10 <sup>6</sup>	2.387x10 <sup>6</sup> 1.343x10 <sup>6</sup> 3.730x10 <sup>6</sup>	0.996x10 <sup>6</sup> 0.289x10 <sup>6</sup> 1.285x10 <sup>6</sup>	0.996x10 <sup>6</sup> 0.289x10 <sup>6</sup> 1.285x10 <sup>6</sup>	1.789x10 <sup>6</sup> 1.042x10 <sup>6</sup> 2.831x10 <sup>6</sup>	1.789x10 <sup>6</sup> 1.042x10 <sup>6</sup> 2.831x10 <sup>6</sup>	0.821x10 <sup>6</sup> 0.502x10 <sup>6</sup> 1.323x10 <sup>6</sup>	0.821x10 <sup>6</sup> 0.502x10 <sup>6</sup> 1.323x10 <sup>6</sup>
Cumulative Traffic to Date	T 2.134x10 <sup>7</sup> B 0.191x10 <sup>7</sup> TL 2.325x10 <sup>7</sup>	0.695x10 <sup>7</sup> 0.191x10 <sup>7</sup> 0.88x10 <sup>7</sup>	1.959x10 <sup>7</sup> 0.016x10 <sup>7</sup> 1.975x10 <sup>7</sup>	1.959x10 <sup>7</sup> 0.016x10 <sup>7</sup> 1.975x10 <sup>7</sup>	0.996x10 <sup>7</sup> 0.038x10 <sup>7</sup> 1.034x10 <sup>7</sup>	0.996x10 <sup>7</sup> 0.038x10 <sup>7</sup> 1.034x10 <sup>7</sup>	0.716x10 <sup>7</sup> 0.137x10 <sup>7</sup> 0.853x10 <sup>7</sup>	0.716x10 <sup>7</sup> 0.137x10 <sup>7</sup> 0.853x10 <sup>7</sup>	0.405x10 <sup>7</sup> 0.066x10 <sup>7</sup> 0.471x10 <sup>7</sup>	0.405x10 <sup>7</sup> 0.066x10 <sup>7</sup> 0.471x10 <sup>7</sup>
E S A L	T 5.555x10 <sup>6</sup> B 3.037x10 <sup>6</sup> TL 8.592x10 <sup>6</sup>	5.555x10 <sup>6</sup> 3.037x10 <sup>6</sup> 8.592x10 <sup>6</sup>	5.752x10 <sup>6</sup> 3.132x10 <sup>6</sup> 8.884x10 <sup>6</sup>	5.752x10 <sup>6</sup> 3.132x10 <sup>6</sup> 8.884x10 <sup>6</sup>	3.738x10 <sup>6</sup> 0.876x10 <sup>6</sup> 4.614x10 <sup>6</sup>	3.738x10 <sup>6</sup> 0.876x10 <sup>6</sup> 4.614x10 <sup>6</sup>	2.971x10 <sup>6</sup> 1.621x10 <sup>6</sup> 4.592x10 <sup>6</sup>	2.971x10 <sup>6</sup> 1.621x10 <sup>6</sup> 4.592x10 <sup>6</sup>	2.927x10 <sup>6</sup> 1.752x10 <sup>6</sup> 4.679x10 <sup>6</sup>	2.927x10 <sup>6</sup> 1.752x10 <sup>6</sup> 4.679x10 <sup>6</sup>
Traffic Volume	T 4.591x10 <sup>7</sup> B 0.398x10 <sup>7</sup> TL 4.98x10 <sup>7</sup>	1.495x10 <sup>7</sup> 0.398x10 <sup>7</sup> 1.893x10 <sup>7</sup>	4.721x10 <sup>7</sup> 0.037x10 <sup>7</sup> 4.758x10 <sup>7</sup>	4.721x10 <sup>7</sup> 0.037x10 <sup>7</sup> 4.758x10 <sup>7</sup>	0.980x10 <sup>7</sup> 0.115x10 <sup>7</sup> 3.853x10 <sup>7</sup>	0.980x10 <sup>7</sup> 0.115x10 <sup>7</sup> 3.853x10 <sup>7</sup>	1.190x10 <sup>7</sup> 0.213x10 <sup>7</sup> 1.403x10 <sup>7</sup>	1.190x10 <sup>7</sup> 0.213x10 <sup>7</sup> 1.403x10 <sup>7</sup>	1.444x10 <sup>7</sup> 0.230x10 <sup>7</sup> 1.674x10 <sup>7</sup>	1.444x10 <sup>7</sup> 0.230x10 <sup>7</sup> 1.674x10 <sup>7</sup>
Cumulative Traffic for 20 years	T 4.591x10 <sup>7</sup> B 0.398x10 <sup>7</sup> TL 4.98x10 <sup>7</sup>	1.495x10 <sup>7</sup> 0.398x10 <sup>7</sup> 1.893x10 <sup>7</sup>	4.721x10 <sup>7</sup> 0.037x10 <sup>7</sup> 4.758x10 <sup>7</sup>	4.721x10 <sup>7</sup> 0.037x10 <sup>7</sup> 4.758x10 <sup>7</sup>	0.980x10 <sup>7</sup> 0.115x10 <sup>7</sup> 3.853x10 <sup>7</sup>	0.980x10 <sup>7</sup> 0.115x10 <sup>7</sup> 3.853x10 <sup>7</sup>	1.190x10 <sup>7</sup> 0.213x10 <sup>7</sup> 1.403x10 <sup>7</sup>	1.190x10 <sup>7</sup> 0.213x10 <sup>7</sup> 1.403x10 <sup>7</sup>	1.444x10 <sup>7</sup> 0.230x10 <sup>7</sup> 1.674x10 <sup>7</sup>	1.444x10 <sup>7</sup> 0.230x10 <sup>7</sup> 1.674x10 <sup>7</sup>

Average daily traffic were projected based on annual growth rate from 1968-1986

T: Trucks (Single and tandem axle); B: Buses

**TABLE 14.4-4 AXLE LOAD EQUIVALENCY FACTOR**  
 Slab Thickness = 9 in; Pt = 2.0

Kips	Axle Load		Axle Load Equivalency Factor	
	Tons	KN	Single	Tandem
2	0.907	8.889	.002	.0001
4	1.814	17.778	.002	.0005
6	2.721	26.667	.010	.002
8	3.628	35.556	.032	.005
10	4.535	44.444	.081	.012
12	5.442	43.333	.175	.025
14	6.349	62.222	.338	.047
16	7.256	71.111	.601	.081
18	8.163	80.000	1.00	.132
20	9.070	88.889	1.58	.204
22	9.977	97.778	2.38	.305
24	10.884	106.667	3.47	.441
26	11.791	115.556	4.88	.620
28	12.698	124.444	6.70	.850
30	13.605	133.333	8.98	1.14
32	14.512	142.222	11.8	1.50
34	15.420	151.111	15.3	1.95
36	16.327	160.000	19.5	2.49
38	17.234	168.889	24.6	3.13
40	18.141	177.778	30.7	3.89
42	19.048	186.667	38.0	4.78
44	19.955	195.556	46.6	5.82
46	20.862	204.444	56.7	7.02
48	21.769	213.333	68.4	8.40
50	22.676	222.222	82.0	9.98
52	23.583	231.111		11.8
54	24.490	240.000		13.8
56	25.397	248.889		16.1
58	26.304	257.778		18.7
60	27.211	266.667		21.6
62	28.118	275.556		24.9
64	29.025	284.444		28.5
66	29.932	293.333		32.6
68	30.839	302.222		37.1
70	31.746	311.111		42.1
72	32.653	320.000		47.6
74	33.560	328.889		53.6
76	34.467	337.778		60.3
78	35.374	346.667		67.7
80	36.281	355.556		75.7
82	37.188	364.444		84.4
84	38.095	373.333		94.0
86	39.002	382.222		104.0
88	39.909	391.111		116.0
90	40.816	400.000		128.0

図 14.4-2 (a), (b)及び 14.4-3 (a), (b)は、サンタ・リターガベン区間及びルセナーカ  
ラッグ区間の重量トラックの軸重分布(単軸及びタンデム軸)をそれぞれ示している。

2つの図は、調査区間の代表として示してある。(全区間の値は、資料編 14-4  
に示してある。)

図(a)は、軸数による各荷重の分布(%)を示し、図(b)は、ESALの数による荷重分布  
を示している。

図(a)と図(b)を比較して見ると、軸数による各軸重とESALの数によるそれとは、大き  
な差があることが判る。

#### 14.4.4 相対損傷影響度

各軸重による舗装に対する損傷の影響は、軸重の等値係数によって表わされる。

1964年に公布されたパブリックファクト4136は、貨物車の許容軸重を単軸 8 tons,  
タンデム軸 14.5 tonsと定めている。これらの車輛による損傷度と実測のそれと比較し  
た。

		軸 重	損 傷 影 響 度 (t=9インチ, Pt=2.0)
規 制 値	単 軸	8 トン (18 kip)	1.0
	タンデム軸	14.5 トン (32 kip)	1.5
実 測 値	単 軸	19 トン (42 kip)	3.80
	タンデム軸	38 トン (84 kip)	9.40

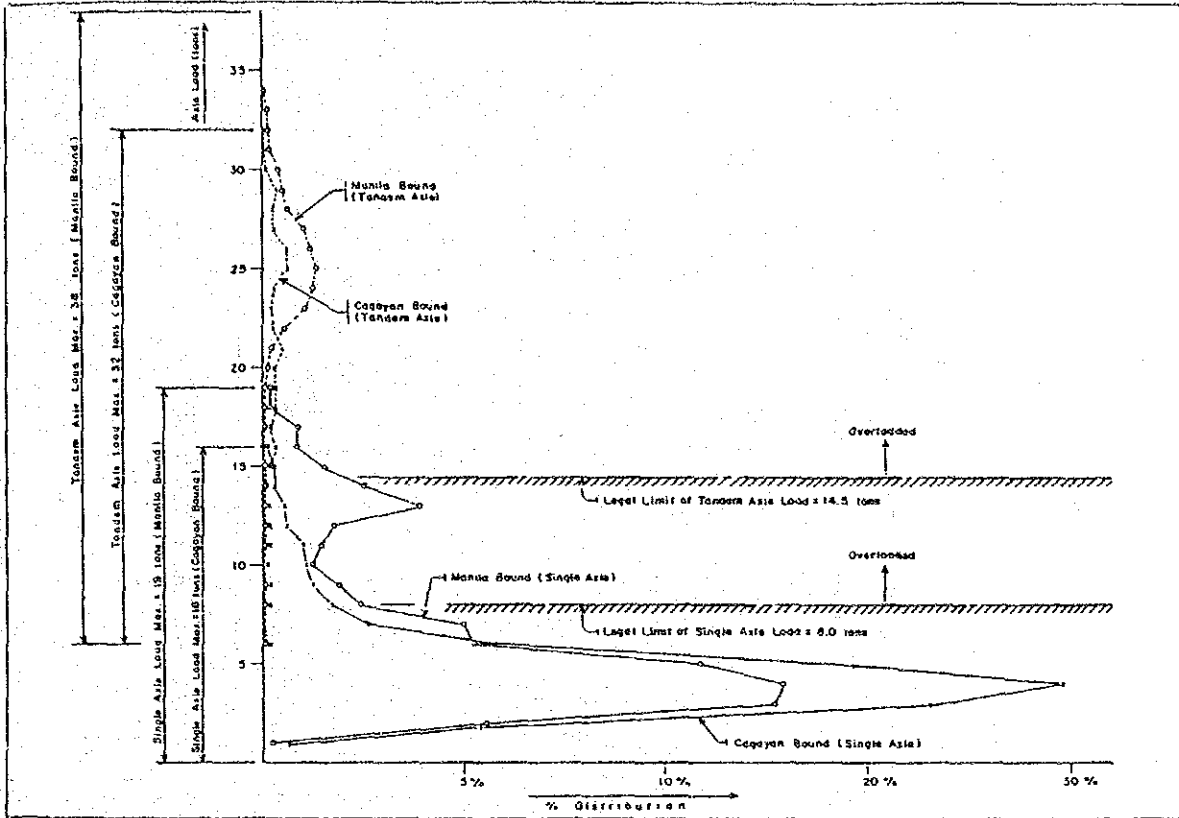
相対損傷影響度(RDE)は、調査区間の各方向に対して、次の式によって計算した。  
損傷度の解析結果は表 14.4-5に総括してある。

$$RDE = \frac{18 \text{ kip ESAL数}}{\text{実際の交通量の数}}$$

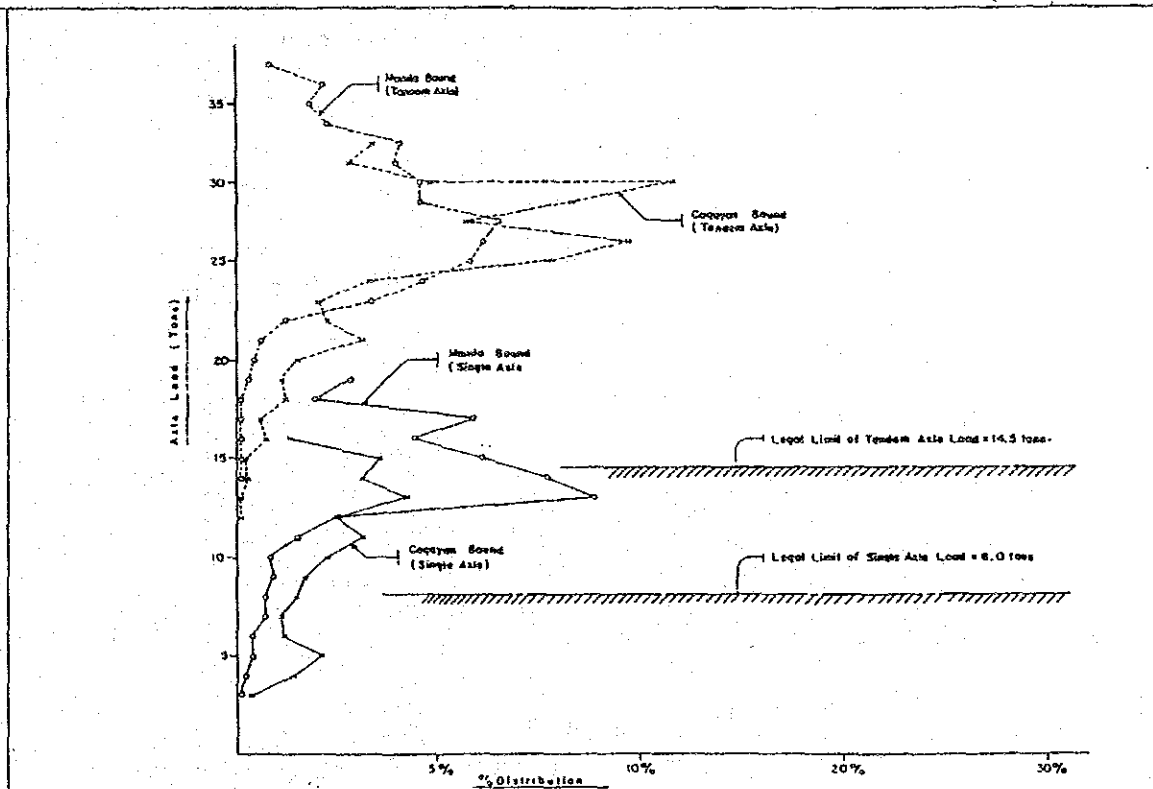
表 14.4-5に示してあるように、最高のRDEは8.0で、サン・ホセーアリタオ区間のマニ  
ラ方向に見られ、最低は1.8で、サント・トーマス・ティアオン区間のピコール方向に見られる。  
これは、舗装設計を行なう時に、交通車輛数を単純に8倍及び1.8倍することを意味す  
る。



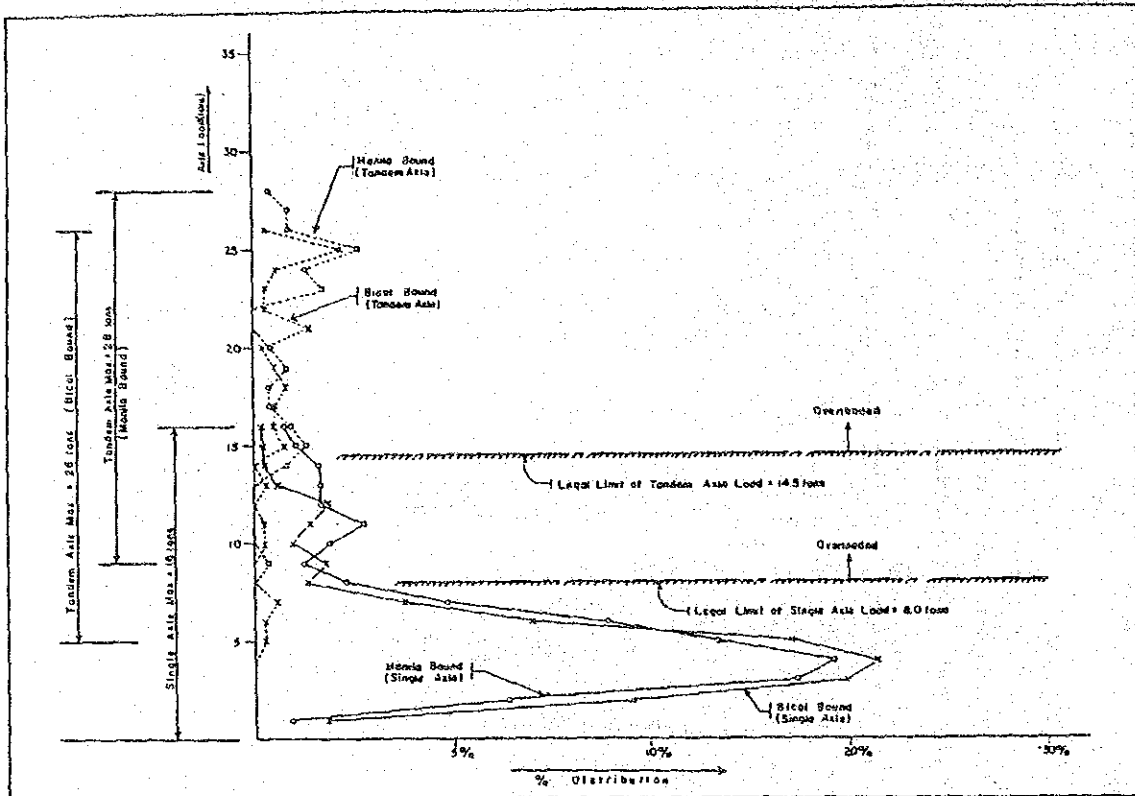
**FIGURE 14.4-2 (a) HEAVY TRUCKS  
AXLE LOAD DISTRIBUTION (NO. OF AXLES)  
STA. RITA – GAPAN SECTION**



**FIGURE 14.4-2 (b) HEAVY TRUCKS  
AXLE LOAD DISTRIBUTION (ESAL)  
STA. RITA – GAPAN SECTION**



**FIGURE 14.4.3 (a) HEAVY TRUCKS  
AXLE LOAD DISTRIBUTION (NO. OF AXLES)  
LUCENA – CALAUAG SECTION**



**FIGURE 14.4-3 (b) HEAVY TRUCKS  
AXLE LOAD DISTRIBUTION (ESAL)  
LUCENA – CALAUAG SECTION**

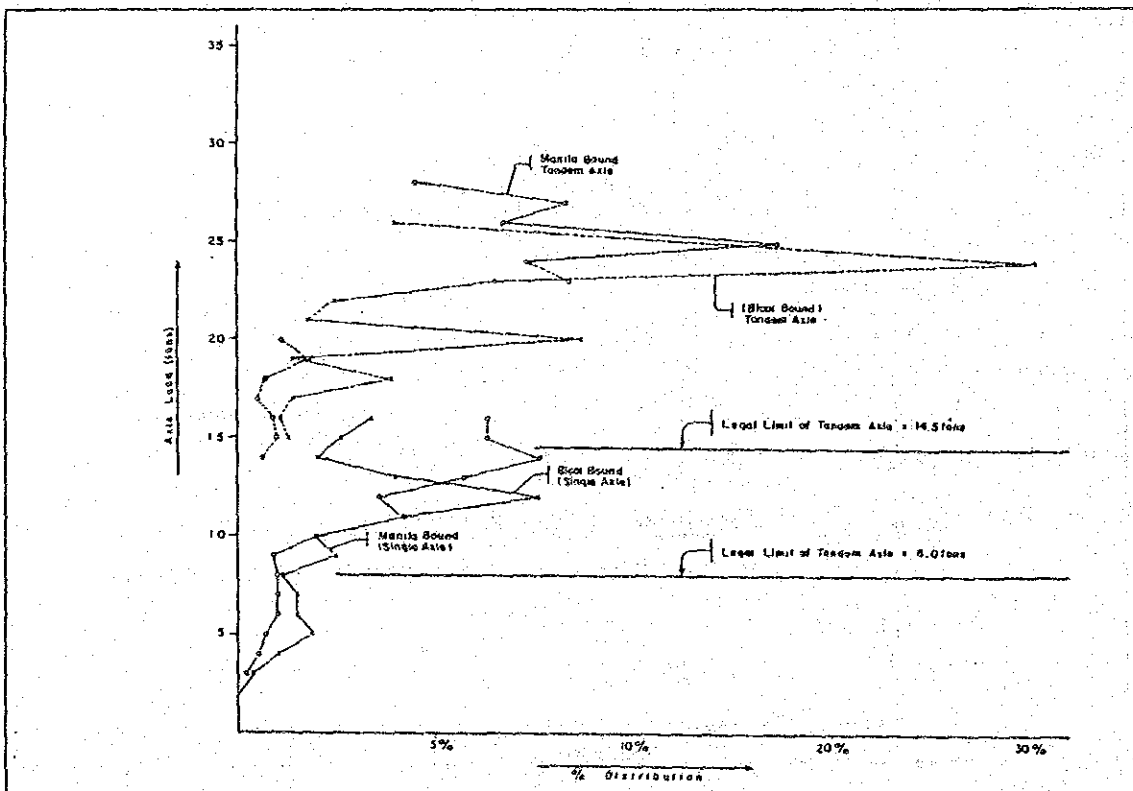


TABLE 14.4-5 RELATIVE DAMAGING EFFECTS (PER DAY)

Section Bound	Sta. Rita-Gapan		San Jose-Aritao		Sto. Tomas-Tiaong		Lucena-Gumaca	
	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Cagayan Bound	Manila Bound	Bicol Bound	Manila Bound	Bicol Bound
Truck	643	643	341	341	350	350	281	281
Bus	363	363	99	99	204	204	172	172
Total (B)	1,006	1,006	440	440	554	554	453	453
Truck (Single)	1,200	1,400	600	776	680	706	522	544
Truck (Tandem)	162	100	158	72	80	66	81	68
Bus	726	726	198	198	408	408	344	344
Total (C)	2,088	2,226	956	1,036	1,168	1,180	947	966
Truck (Single)	2,432	510	812	241	608	276	568	259
Truck (Tandem)	2,885	1,221	2,600	656	794	456	819	468
Bus	475	475	131	129	268	268	226	226
Total (A)	5,792	2,206	3,543	1,026	1,670	1,000	1,613	953
No. of ESAL/Actual Volume (A/B)	5.76	2.19	8.05	2.33	3.01	1.81	3.56	2.10
No. of ESAL/No. of Axle (A/C)	2.77	0.99	3.71	0.99	1.43	0.85	1.70	0.99

NOTE: Relative Damaging Effects = A/B

## 14.5 舗装強度に影響する変数の解析

### 14.5.1 変数の平均及び変動範囲

舗装の供用及び供用寿命に影響する変数はいくつかあるが、中でも影響の大きいものと、それほどでないものがある。舗装劣化の原因を評価するにあたって、舗装強度に対するこれらの変数の影響を算定することは非常に重要である。

これらの影響の程度/重要さを算定するのにAASHTOの設計式をモデルとして採用したが、それはこの式が他のものに比して多くの変数を含んでいるからである。

変数の平均値は、調整した舗装版の算術平均で求め、その変動範囲は、同様に調査舗装版の最大値及び最小値を考慮して定めた。(表 14.5-1 参照)

TABLE 14.5-1 AVERAGE AND VARIATION RANGE OF PAVEMENT VARIABLES

			Average	Range of Variation:		Remarks
				Poor	Good	
Reliability	ZR	Standard Normal Deviation	0	90% (-1.282) ~ 95% (-1.645)		
	So	Standard Error of Prediction	0	0.3		Constant
Initial Serviceability Index	Po(R)	Initial Psi Measured by Roughness	4.5(150)	4.1(250) ~ 4.5(150)		( ) Roughness
Concrete	D	Thickness of Slab (Inch)	9	8 ~ 1.2		
	S'c	Modulus of Rupture (Psi)	500	450(2600) ~ 650(3700)		( ) Compressive Strength
	Ec	Modulus of Elasticity (Psi)	3.05x10 <sup>6</sup>	2.87x10 <sup>6</sup> ~ 3.47x10 <sup>6</sup>		
Subgrade on Subbase	K	Modulus of Subgrade (Pci) Reaction	250	80(3) ~ 550(56)		( ) CBR
Transverse Joint	J	Load Transfer Coefficient	4.0	4.4 ~ 3.6		
Drainage System	Cd	Drainage Coefficient	0.9	0.7 ~ 1.1		

Note: 1.) Average values is the mathematics average obtained from slabs surveyed.

2.) When analyzing the affecting ratio of one variable, other variables were kept constant at average values.

### 14.5.2 舗装変数の影響の解析

舗装変数の影響評価のための解析は、AASHTOの設計法のプログラムを用いて、コンピュータで行なった。

1つの変数の影響の計算では、他の変数は平均値とした。

図14.5-1は、影響の程度を図示したものである。影響は変動による等値版厚を得るために、版厚に換算して示した。(資料編14-5参照。)

TABLE 14.5-2 EFFECTS OF PAVEMENT VARIABLES

	Range	In Case of D = 9 in.	In Case of D = 12 in.
Drainage Coefficient	0.7 - 1.1	2.36 in.	2.90 in.
Concrete	450 - 650 psi	1.86 in.	2.34 in.
Reliability	0 - 95%	1.67 in.	2.00 in.
Subgrade	80 - 550	1.24 in.	1.12 in.
Load Transfer	4.4 - 3.8	0.76 in.	0.94 in.
Initial RRI	4.1 - 4.5	0.32 in.	0.41 in.

フィリピンにおける舗装変数のレンジによる影響の大きさを表14.5-2にまとめた。変数の中で、排水に関する係数が最大の影響を示している。すなわち、排水係数が、0.7 (very poor) から 1.1 (excellent) に変化すると、版厚は 2.36 in (6.0 cm) の差を示すことになる。

コンクリートの強度及び信頼性は、殆んど同様の影響を示す。— 強度 450 psi (32 kg/cm<sup>2</sup>) と 650 psi (46 kg/cm<sup>2</sup>) の範囲で約 1.8 in (4.6 cm) の版厚の差を示す。

路床の強度は、やゝ影響が少ない。— K=80 (CBR=3) と K=550 (CBR=56) の範囲で版厚の差は、約 1.3 in (3.3 cm) である。

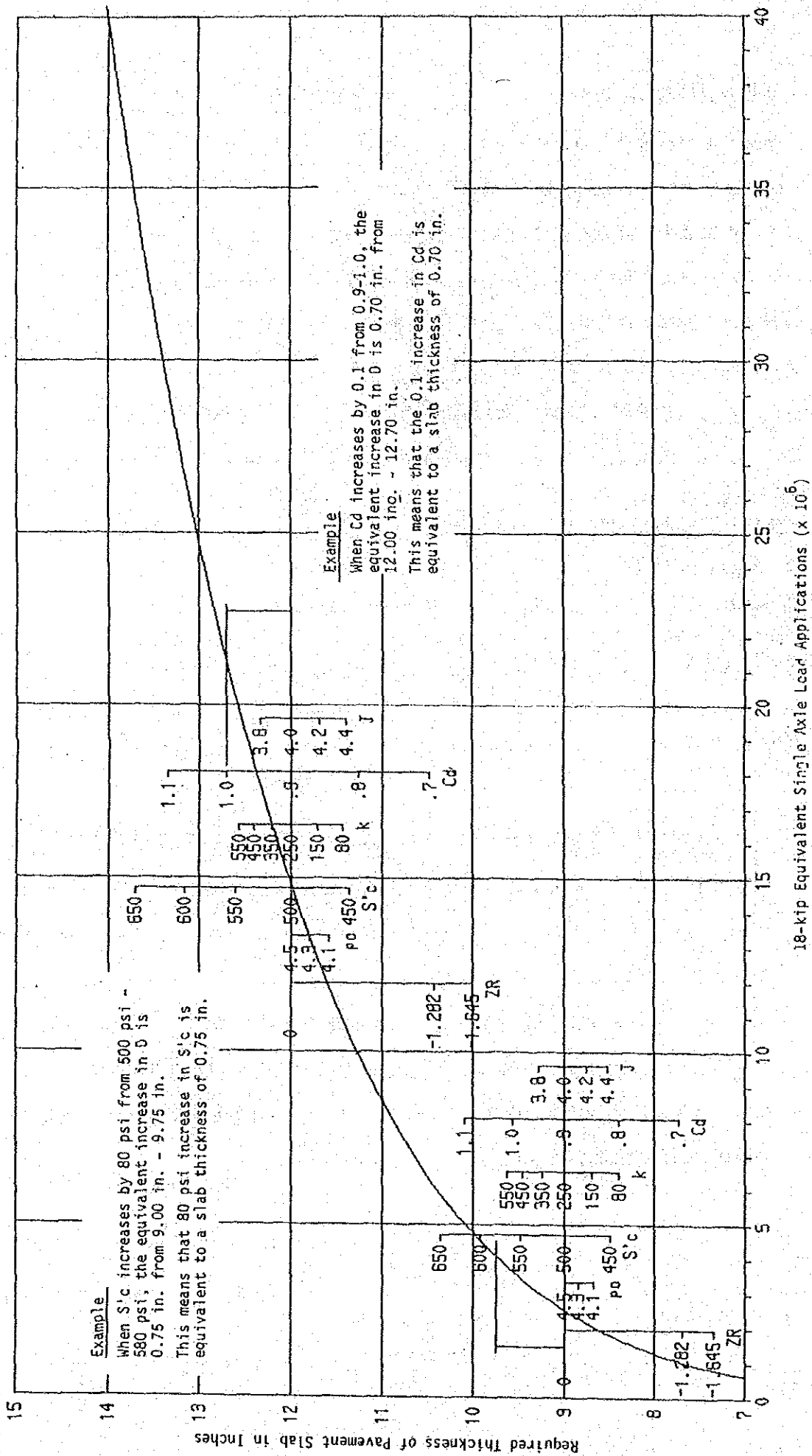


FIGURE 14.5-1 EQUIVALENT SLAB THICKNESS OF PAVEMENT VARIABLES

## 14.6 各種設計法による舗装版厚の解析

調査した各舗装版の厚さは、次の2つのケースについて解析した。

1) その区間の完成から今日までの供用期間

2) 20年の供用期間

20年は、舗装の平均供用期間として選定した。

### 14.6.1 設計法

解析にあたって、次の設計法を採用した。

各設計法の概要は、本調査報告書のVolumeⅥ「舗装修繕設計に関するガイド」に記載してある。

- MPWHの方法 : AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures, 1986 A.A.S.H.T.O.
- AASHTOの方法 : AASHTO Guid for Design of Pavement Structure, 1986 A.A.S.H.T.O.
- PCAの方法 : Thidcnness Design for Concrete Highway and Street Pavement, 1984 P.C.A.
- TRRLの方法 : Road Nate 29.A Guide to the Structure Design of Pavement for New Roods Thins Editor. 1970 (Departmant of the Enuiroment, Road Research Laboratory)
- JRAの方法 (Method 1)  
: Manual for Cement Concreto Pavement  
1984 : J.R.A.
- JRAの方法 (Method 2)  
: Modified Westevgard Methad

表 14.6-1 は、これらの方法の剛性舗装に対する設計条件をまとめたものである。

### 14.6.2 必要版厚の解析

表 14.6-2 は、版厚解析に用いた ESAL 数、路盤の K 値、コンクリート強度等をまとめ、且つ解析結果の必要版厚を示してある。

TABLE 14.6-1 SUMMARY OF DESIGN REQUIREMENT FOR RIGID PAVEMENT

	General			Materials					Factors in determining slab thickness		
	Performance Period (1)	Reliability (2)	Traffic (3)	Subgrade (4)	Subbase (5)	Concrete (6)	Provision of Reinforcing Bar (7)	Environment Impact (8)	Drainage (9)	Load Transfer (10)	
MPM Method (ASHTO 1972)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recommend 20 years performance period</li> <li><math>P_0 = 4.5</math></li> <li><math>P_t = 2.5</math> or 2.0</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>18 kip ESAL application for single and tandem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>D_{15}/D_{95} \leq 5</math></li> <li>Effective Modulus Subgrade (K value)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 type of subbase with no thickness requirement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>E_c = 4.2 \times 10^6</math> (psi)</li> <li>Working Stress (<math>f'_c</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plain concrete slab</li> <li>Reinforced concrete slab</li> </ul>	-	-	3.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1), (3), (4), (6)</li> </ul>
ASHTO Method (1986)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suggest 20 years of performance period</li> <li>30-50 years for analysis period</li> <li><math>P_0 = 4.5</math></li> <li><math>P_t = 2.5</math> or 2.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Error of traffic and performance prediction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>18 kip ESAL application for single, tandem and triple axes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No specific quality requirement</li> <li>Effective modulus of subgrade reaction (K value) combined with subbase modulus (ESB)</li> <li>Adjusted by seasonal factor, rigid foundation, relative damage of slab and loss of support of subbase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No specific quality requirement</li> <li>PCC Elastic Modulus (EC)</li> <li>PCC Modulus of Rupture (S'c)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plain concrete slab</li> <li>Reinforced concrete slab</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Loss of PSI due to Roadbed Swelling and Frost heave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Drainage coefficient 0.7 for very poor</li> <li>1.25 Excellent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Load Transfer coefficient by joint types and shoulder 2.3 ~ 4.4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1), (2), (3), (4), (6), (9), (10)</li> </ul>	
PCA Method (1984)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recommend 20 years performance period</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Truck Traffic only</li> <li>Load Safety Factor (LSF)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>K value 50 ~ 300 pci</li> <li>K value of subgrade and subbase combination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thickness 4 ~ 6 in.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No Specific quality requirement</li> <li>Modulus of Rupture for concrete (MR)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plain concrete slab</li> <li>Reinforced concrete slab</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Type of shoulder affect stress ratio factor</li> <li>Types of shoulder and joint affect erosion factor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fatigue Analysis stress ratio factor</li> <li>Erosion analysis (3)</li> <li>Erosion factor</li> </ul>
TRRL Method (1970)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recommend 20 years performance period</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commercial vehicle only</li> <li>Simplified from 18 kip ESAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classification weak (normal) stable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mini. thickness 0 ~ 150 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>28 MN/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unreinforced concrete slab</li> <li>Reinforced concrete slab</li> </ul>	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>(3), (4)</li> </ul>
JRA Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 years specified</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Truck traffic</li> <li>Traffic class L, A, B, C and D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CBR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mini. thickness 150 ~ 600 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>45 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Required 06 mm - 5 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thermal stress</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Load transfer coefficient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(3)</li> </ul>



TABLE 14.6-2 REQUIRED THICKNESS OF CONCRETE SLAB

SECTION CONST. YEAR	TRAFFIC				EXISTING PAVEMENT CONDITION				REQUIRED THICKNESS OF CONCRETE SLAB (inches)											
	NO. OF SURVEY SLAB	VEH.		20 YEARS		SUB GRADE AND BASE		CONCRETE SLAB		FROM CONSTRUCTION TO DATE					FOR 20 YEARS					
		TYPE	ADT (1)	ESAL (10 <sup>6</sup> )	ADT (2)	ESAL (10 <sup>6</sup> )	K (pci)	D (inches)	S'c	E <sub>c</sub> (10 <sup>6</sup> )	MPWH	AASHTO	PCA	TRRL	JRA	MPWH	AASHTO	PCA	TRRL	JRA
STA. RITA	N <sub>1</sub> -G	T	643	21.34	761	45.91	12	210	9.98	525	3.12	11.98	11.98	11.98	11.22	13.48	13.15	13.00	10.31	11.59
- GAPAN	N <sub>1</sub> -F	B	353	1.91	416	3.96	16	230	9.40	605	3.35	11.09	11.73	11.00	10.15	12.49	12.98	12.00	9.33	10.46
50+0-50+300	N <sub>1</sub> -B	TL	1006	23.25	1177	49.89	5	140	8.81	630	3.42	11.11	12.49	12.00	10.31	12.49	13.71	12.50	10.31	10.61
1975																				
STA. RITA	N <sub>2</sub> -G	T	654	19.59	788	47.21	38	400	10.02	449	2.89	12.22	12.95	12.50	11.70	14.06	14.59	13.00	9.29	12.08
- GAPAN	N <sub>2</sub> -F	B	368	0.16	429	0.37	27	310	9.96	455	2.91	12.32	13.89	12.50	11.83	14.14	15.63	13.00	9.29	12.36
75+6-76+8	N <sub>2</sub> -B	TL	1002	19.75	1217	47.58	46	470	9.44	443	2.87	12.19	13.78	12.00	11.63	14.04	15.57	12.50	9.29	12.09
1976																				
SAN JOSE	N <sub>3</sub> -G	T	341	9.96	512	37.38	12	210	9.38	510	3.08	10.70	10.16	11.00	10.98	13.14	12.17	12.00	9.88	11.63
- ARITAO	N <sub>3</sub> -F	B	99	0.38	120	1.15	43	440	9.23	548	3.19	9.80	11.15	10.00	7.44	12.20	13.48	10.50	8.90	10.34
168+3-168+4	N <sub>3</sub> -B	TL	440	10.34	632	38.53	47	480	8.60	429	2.82	11.12	12.61	11.50	7.44	13.79	15.31	12.50	8.90	12.11
1978																				
STO. TOMAS	S <sub>1</sub> -G	T	350	7.16	407	11.90	2	80	11.25	478	2.98	11.20	12.56	12.00	11.93	12.07	13.33	13.50	9.45	12.12
- TIAONG	S <sub>1</sub> -F	B	204	1.37	222	2.13	6	160	8.63	451	2.89	11.21	12.61	12.00	11.80	12.11	13.41	13.50	8.74	11.95
79+2-79+3	S <sub>1</sub> -B	TL	554	8.53	629	14.03	7	170	8.71	447	2.88	11.23	12.64	12.00	11.73	12.13	13.44	13.00	8.74	12.05
1972																				
LUCENA	S <sub>2</sub> -G	T	281	4.05	401	14.44	23	280	9.77	554	3.21	8.83	10.04	10.00	6.66	10.90	12.04	11.00	7.99	10.12
- GUMACA	S <sub>2</sub> -F	B	172	0.66	240	2.30	3	100	9.60	521	3.11	9.69	10.91	11.00	7.64	11.79	13.00	12.00	8.98	11.41
160+2-160+3	S <sub>2</sub> -B	TL	453	4.71	641	16.74	2	80	9.27	576	3.27	9.30	10.46	10.50	8.62	11.30	12.43	12.00	9.96	10.91
1978																				

N: North Study Section  
 S: South Study Section  
 G: Good Slab Condition  
 F: Fair Slab Condition  
 B: Bad Slab Condition  
 T: Trucks (Single and Tandem)  
 TL: Trucks (Single and Tandem)

ADT (1) : Average Daily Traffic (Trucks and Buses) After Completion To Date  
 ADT (2) : Average Daily Traffic (Trucks and Buses) For 20 Years  
 ESAL : Equivalent Single Axle Load Applications

CBR : California Bearing Ratio (%) (Natural Moisture Content)  
 K : Effective Modulus Of Subgrade (pci) (Subgrade and Subbase Combination)  
 D : Thickness Of Concrete Slab (inches)  
 S<sub>c</sub> : Modulus Of Rupture Of PCC (psi)  
 E<sub>c</sub> : Elastic Modulus Of PCC (psi)

AASHTO : AASHTO 1986  
 MPWH : AASHTO 1972  
 PCA : Portland Cement Association  
 TRRL : Road Note 29  
 JRA : Japan Road Association

解析の結果は、資料編 14-6 に示してある。

解析結果によると、既存のコンクリート版は、今日までの累積交通荷重に対して 1 ~ 2 in ( 2.5 ~ 5.0 cm ), 20 年間のそれに対しては、 3 ~ 4 in ( 7.5 ~ 10 cm ) 不足することになる。

図 14.6-1 は、コンクリート版厚の不足と、クラック発生割合とを示したものである。

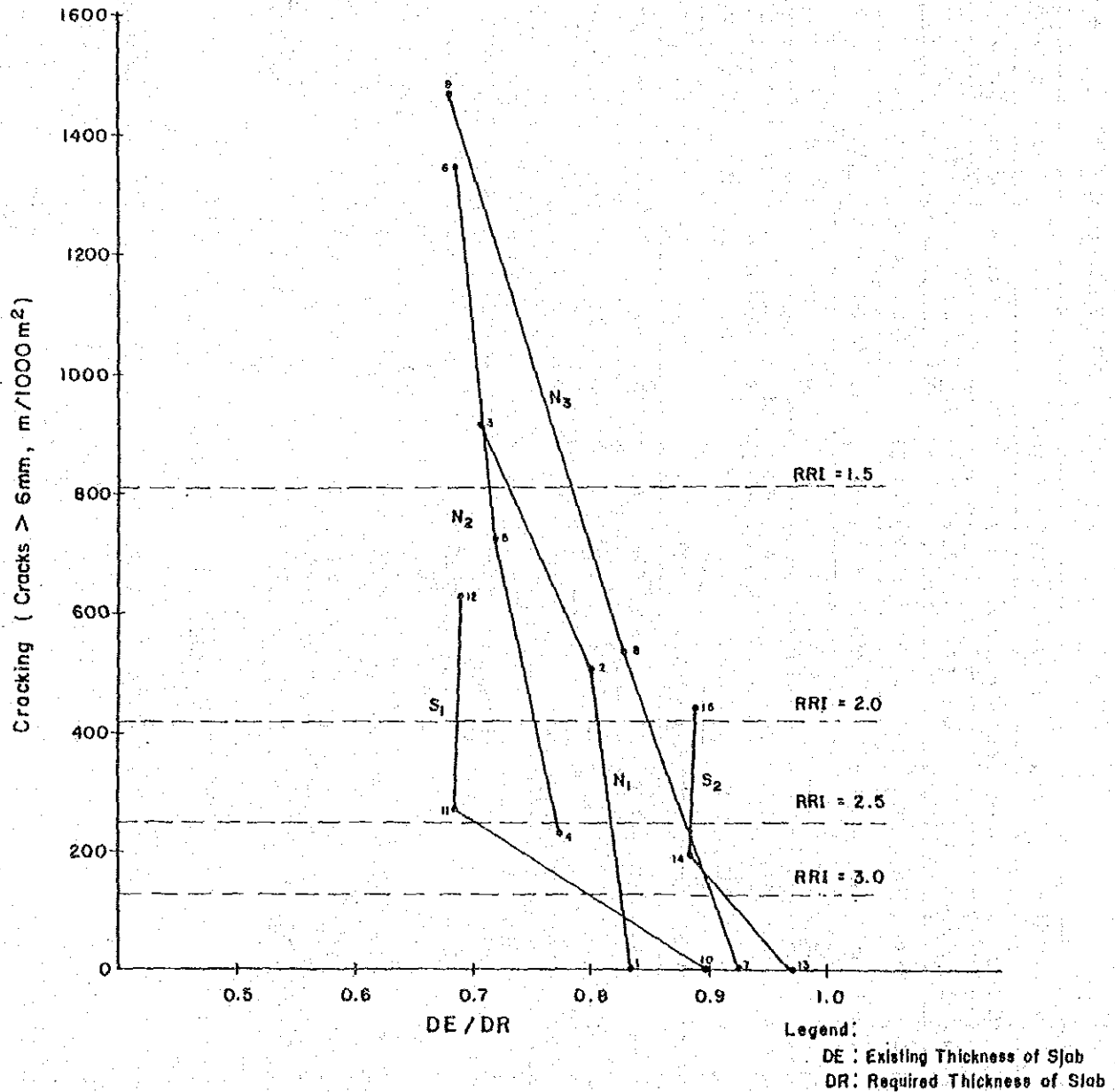


FIGURE 14.6-1 CRACKING THICKNESS OF SLAB

## 14.7 経験的及び理論的方法による版の構造強度の解析

### 14.7.1 AASHTOの方法による解析

調査対象舗装版の現状に対するサービス性能-供用性曲線は、AASHTO式のプログラムを使用してコンピューターによって作成し、資料編14-7に示してある。図14.7-1はサンタ・リタ〜ガパン間のN1版に対する供用性の例を示している。

#### (1) サービス性能-供用性カーブによる評価

作成したサービス性能-供用性カーブから、次のことが観測される。

##### RRIが2.0より小さな版について

N1-B, N1-F, N2-B, N2-F, N3-B, N3-F, S1-B, S2-Bの8個

サービス性能供用性カーブは、破壊又は著しく損傷されている版の現状を、充分説明している。

##### RRIが2.0~3.0の版

N2-G, S1-F, S2-Fの3個

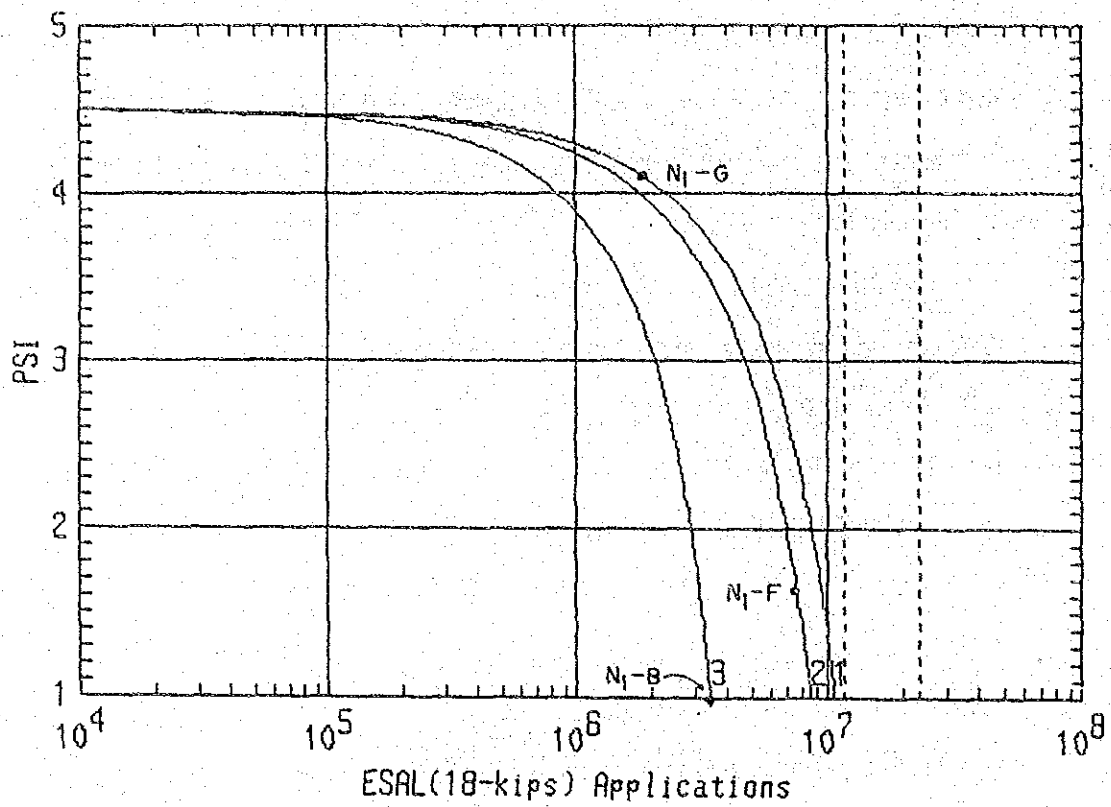
版の現状は必ずしも充分説明されていない。これらの版のカーブは“損傷”を示しているが、RRIは2.5に近い。この値は、55%の人が損傷を認めないことを意味している。

##### RRIが4.0より大きな版

N1-G, N3-G, S1-G, S2-Gの4箇

カーブは、RRIが大きいと考えられる版の現状を説明することは出来ない。しかしカーブは、損傷を予測している。

この方法による評価は、予想される原因と共に表14.8-2に総括してある。



	Curve 1	Curve 2	Curve 3
ZR	0	0	0
S <sub>o</sub>	0	0	0
D	9.98 in	9.4 in	8.81 in
S'c	525 psi	605 psi	630 psi
J	4	4	4
Cd	1	.9	.8
E <sub>c</sub>	3120 ksi	3350 ksi	3420 ksi
k	210 pci	230 pci	140 pci
P <sub>o</sub>	4.5	4.5	4.5

FIGURE 14.7-1 STA. RITA - GAPAN; N<sub>1</sub>

(2) クラックとESALとの相関

図14.7-2はクラックと、現在までに通過した実際のESAL数と $P_i=2.5$ に対するESAL数との比との相関を示してあるが、比較的比例相関が見られる。

以下に述べるスパングレー式に基づいたクラックと応力との相関は、図14.7-3に示してあるが、その相関は、あまり明確でない。

スパングレー式

$$\sigma = \frac{J \cdot P}{D^2} \cdot \left(1 - \frac{al}{r}\right)$$

ここで、

$\sigma$  = コンクリートの最大引張応力, psi

$P$  = 輪荷重, lb

$D$  = 版厚, インチ

$al$  = 版の縁辺と荷重中心との距離, インチ

( $a\sqrt{2}$ に等しい。  $a$  : タイヤ接地面積と等値の円の半径)

$J$  = 荷重伝達係数 (保護隅角部については3.2)

$$\tau = \left[ \frac{ZD^3}{22(1-\mu^2)} \right]^{0.25}$$

$Z$  =  $E/K$

$E$  = コンクリートの弾性係数 psi

$K$  = 路床反力係数 psi/in

$\mu$  = コンクリートのポアソン比 0.2

#### 14.7.2 PCA法による解析

PCAの設計法に従って、疲労及び摩耗について解析を行なった。結果は、資料編14-7及び図14.7-4に示してある。

疲労比が侵食比よりはるかに高い事が認められた。この比率は、舗装が破壊されるまでは、100%より小であることになっている。

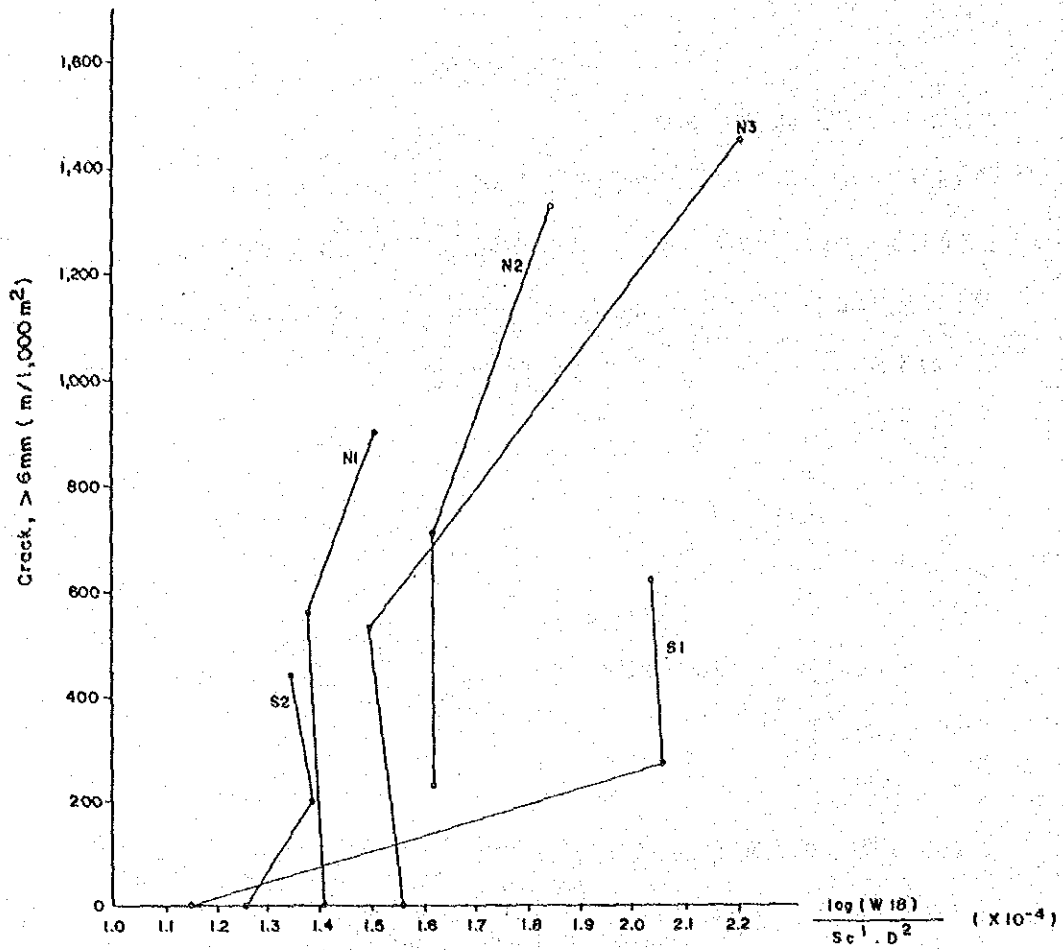


FIGURE 14.7-2 CRACKING VS. STRESS

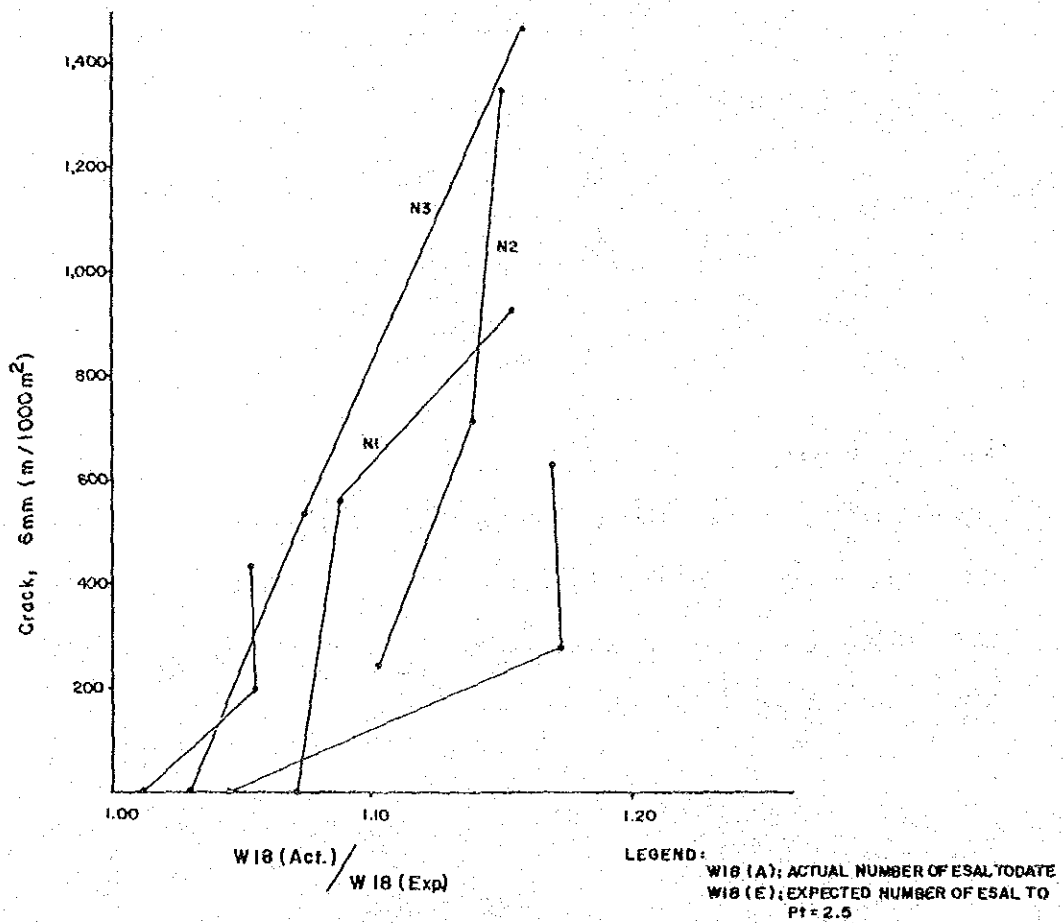


FIGURE 14.7-3 CRACKING VS. ESAL APPLICATIONS

### 14.7.3 修正ウェスターガード法による解析

修正ウェスターガード法に従って、車輛荷重および温度変化による応力と疲労比の関係をコンピューターで解析した。その結果は、資料編 14-7 及び図 14.7-4 に示してある。

PCA およびウェスターガードの両方法とも、クラックと疲労比との間には、比較的良い比例相関があるようである。

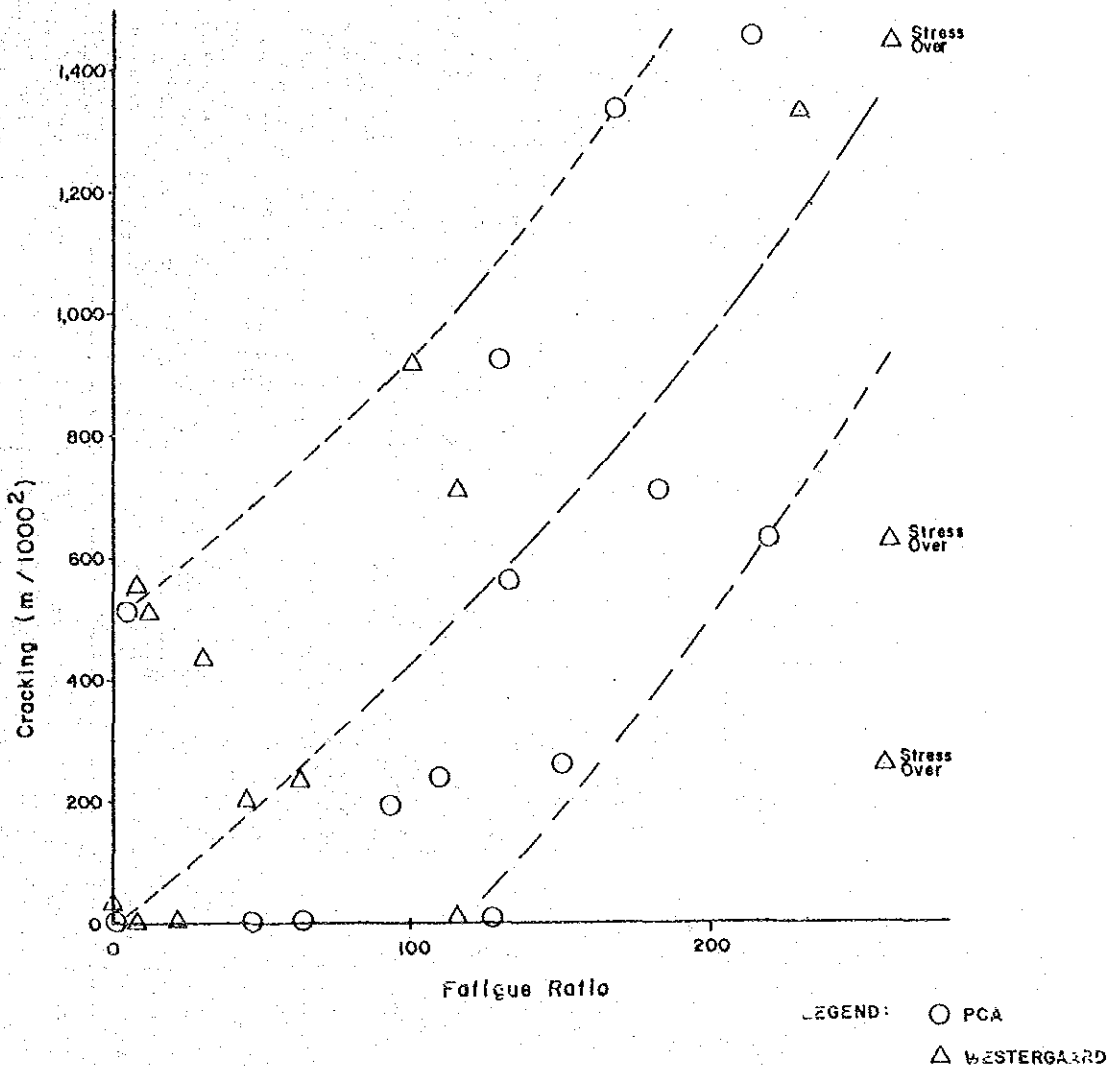


FIGURE 14.7-4 CRACKING VS. FATIGUE RATIO

### 14.8 舗装の劣化原因の評価

舗装の技術は、次第にそして着実に経験の段階から科学の段階に進んでいるが、現在はお経験の段階にあると云える。従って、舗装劣化の原因の解明も、解析と云うより推定の域にある。この事実をふまえて、舗装劣化の原因は、現場観測と先に述べた解析との両方から評価した。

舗装調査の結果と共に、表 14.8-1 にまとめてある。

TABLE 14.8-1 SUMMARY OF EXISTING CONDITION OF SURVEYED SLABS

Section (Station) Const. Yrs./Service Yrs.	Geological Condition, Road Bed Type	Daily Traffic Total ESAL (ESAL/Yrs)	Survey Slab	Cracks			Concrete Slab			Subbase and Subgrade		Drainage Factor	Load Transfer	
				Type Condition	Wide Fine Total	(Cracking) Cracking Index	D(m)	S <sub>c</sub> (psi)	E <sub>c</sub> (10 <sup>5</sup> )	Classification of Subbase Subgrade	CBR			k(psi)
Sta. Rila - Gapan (150+0 - 50+500) 1975 / 11 Yrs	Soft Ground Embankment	T: 643 B: 363 1006 23.25 X 10 <sup>6</sup> (2.11 X 10 <sup>6</sup> )	N <sub>1</sub> - G	Transverse Fine	0 2.0 2.0 m	(10) (132.4)	9.98	525	3120	Stone fragments Sand and gravel Silty soils	34.31 2.62 12.00	210	Cd	J
			N <sub>1</sub> - F	Trans./Longl. Severely Deteriorated	6.5 0.5 9.1 m	(569.3) (602.4)	9.40	605	3390	Stone fragments Sand and gravel Silty soils	53.05 9.61 15.00	230	0.9	4.0
			N <sub>1</sub> - B	Trans./Longl. Severely Deteriorated	13.8 1.9 15.7 m	(1913.6) (1039.3)	8.81	630	3420	Silty or clayey Gravel and sand Silty or clayey Gravel and sand	3.17 3.29 5.00	140	0.8	4.0
Sta. Rila - Gapan (75+6 - 76+8) 1976 / 10 Yrs	Embankment	T: 654 B: 368 1122 19.75 X 10 <sup>6</sup> (1.98 X 10 <sup>6</sup> )	N <sub>2</sub> - G	Transverse Deteriorated	3.6 1.0 4.6 m	(238.2) (304.5)	10.02	449	2890	Silty clayey sand Gravel and sand Stone fragments Sand and gravel	6.21 57.14 38.00	400	0.9	4.0
			N <sub>2</sub> - F	Trans./Longl. Considerably Deteriorated	10.9 1.0 11.9 m	(1721.6) (1787.6)	9.96	455	2910	Stone fragments Sand and gravel Stone fragments Sand and gravel	3.45 42.99 27.00	310	0.8	4.0
			N <sub>2</sub> - B	Trans./Longl. Very Severely Deteriorated	20.3 7.3 27.6 m	(1343.9) (1807.3)	9.44	443	2870	Stone fragments Sand and gravel Stone fragments Sand and gravel	53.79 43.48 46.00	470	0.8	4.0
San Jose - Arthoo (168+3 - 169+47) 1978 / 8 Yrs	Cut	T: 341 B: 99 440 10.34 X 10 <sup>6</sup> (1.29 X 10 <sup>6</sup> )	N <sub>3</sub> - G	Corner Fine	0 1.0 1.0 m	(10) (66.2)	9.38	510	3080	Stone fragments Sand and gravel Silty or clayey Sand and gravel	29.91 7.89 12.00	210	1.1	4.0
			N <sub>3</sub> - F	Trans./Longl./ Diagonal Severely Deteriorated	8.1 3.4 11.5 m	(536.3) (176.3)	9.23	548	3190	Stone fragments Sand and gravel Stone fragments Sand and gravel	39.33 40.05 40.00	440	0.8	4.0
			N <sub>3</sub> - B	Trans./Longl./ Diagonal Very Severely Deteriorated	22.10 3.30 25.40 m	(1463.0) (11681.5)	8.60	429	2820	Stone fragments Sand and gravel Stone fragments Sand and gravel	47.87 46.20 47.00	480	0.8	4.0
Sta. Tomas - Tlaang (179+2 - 79+3) 1972 / 14 Yrs	Embankment	T: 350 B: 204 554 9.53 X 10 <sup>6</sup> (0.61 X 10 <sup>6</sup> )	S <sub>1</sub> - G	Transverse Fine	0 2.0 2.0 m	(10) (132.4)	11.23	478	2960	Stone fragments Sand and gravel Clayey soils	5.36 1.52 2.00	80	0.8	4.0
			S <sub>1</sub> - F	Trans./Corner Deteriorated	4.1 4.3 8.4 m	(271.4) (556.1)	8.83	451	2890	Silty or clayey Gravel and sand Silty or clayey Gravel and sand	7.61 5.60 6.00	160	0.8	4.0
			S <sub>1</sub> - B	Trans./Corner	9.5 5.3 14.8 m	(629.9) (979.8)	8.71	447	2880	Silty or clayey Gravel and sand Silty or clayey Gravel and sand	4.58 7.70 7.00	170	0.8	4.0
Lucena - Gumaca (160+2 - 160+3) 1978 / 8 Yrs	Fault Zone Cut	T: 281 B: 172 453 4.71 X 10 <sup>6</sup> (0.59 X 10 <sup>6</sup> )	S <sub>2</sub> - G	Longitudinal Fine	0 4.5 4.5 m	(10) (297.9)	9.77	564	3210	Stone fragments Sand and gravel Sand and gravel	22.51 22.66 23.00	280	0.8	4.0
			S <sub>2</sub> - F	Trans./Longl./ Corner Deteriorated	3.0 13.0 26.0 m	(198.6) (1721.2)	9.60	521	3110	Stone fragments Sand and gravel Silty soils	7.17 2.02 3.00	100	0.8	4.0
			S <sub>2</sub> - B	Trans./Longl./ Corner Considerably Deteriorated	6.7 7.8 13.5 m	(443.6) (920.2)	9.27	576	3270	Stone fragments Sand and gravel Silty or clayey Gravel and sand	4.73 1.79 2.00	80	0.8	4.0



また、舗装劣化解析の結果は、表 14.8-2 に示してある。

図表には、劣化の原因に関する評価及び観測結果もまとめられている。AASHTO 指針 1986 に基づく解析には、コンクリート信頼性、排水状況、支持力の低下（コンクリート版の下の空隙）及び荷重伝達係数等の項目を含んでいるので、舗装劣化の原因評価については、すぐれていると考えられる。

舗装劣化の原因の評価は、以下のように総括される。

(1) 交通

第一の原因は、交通の過剰荷重と云える。

推定の根拠は、

- 疲労比が侵食比に比して著しく高い（PCA 及びウェスターガード）
- 横断クラックが卓越している
- 交通の損傷影響度が比較的高い。

（8.1. 北部調査区間のマニラ方向）

（3.6. 南部調査区間のマニラ方向）

(2) コンクリート版

コンクリートの品質のばらつきが大きく、曲げ強度は 430 psi から 630 psi まで変動している。必要強度は 525 psi（BPH Memo Circular NO. 48 における、14 日強度、28 日強度では 580 psi）である。

コンクリート版の厚さが一般に不足しており（8.60-11.25 in）且つばらつきが大きい。そしてこれは、算定 ESAL 数と比例していない。

(3) 路盤と路床

数区間で路盤の CBR の値が、路床の CBR より低い場合がある。これは、路盤が浸水で飽和しあるいは侵食されたためと思われる。コンクリート舗装では、路盤及び路床の弾力係数（resilient modulus）の舗装構造強度に対する影響は比較的少ないが、局所的な支持力低下及びコンクリート版の下の空隙は、舗装の供用性に著しい影響を持つと思われる。

(4) 排水施設

排水施設は変数の中でも舗装の供用性に最も著しい影響を持っており、AASHTO の云う排水係数は、区間又は地点で変動するものである。

調査区間では、排水係数は最大 1.1（良好、サン・ホセーアリタオ間）、最低 0.8（不良、多くの区間）である。

TABLE 14.8-2 SUMMARY OF EVALUATION OF PAVEMENT DETERIORATION

Survey Slab	Existing Condition			Results of Analysis					Probable Causes				Observation other than Traffic	
	Cracking Index (m/1000m)	Cracking Index (in/1000in)	R R I	Design Strength (MPa)	AASHTO W <sub>18</sub> /W <sub>18</sub> (Lab)	W <sub>18</sub> /W <sub>18</sub> (Field)	PCA Fatigue Ratio	PCA Erosion Ratio	Wear/Fatigue Ratio	Primarily due to Traffic	Quality of Concrete	Subgrade/Subbase		Drainage Condition
Sta. Rito Gapan 150+0 ~ 50+500 1975/11 yrs.	N <sub>1</sub> -G	0	132.4	4.1	0.633	1.072	Deteriorated	127	3.0	22	Fair	Weak Subgrade	Good	Relatively good condition because of fair concrete and good drainage.
	N <sub>1</sub> -F	569.3	602.4	1.7	0.801	1.089	Deteriorated	133	3.3	8	Good	Fair	Fair	Although good concrete and fair subbase are drainage, deteriorated due to thin slab.
	N <sub>1</sub> -B	913.6	1039.3	less than 1.0	0.705	1.153	Severely Deteriorated	139	6.3	101	Good	Both Poor	Poor	Although good concrete, deteriorated due to other poor conditions especially thin slab.
Sta. Rito Gapan 175+6 ~ 76+8 1976/10 yrs.	N <sub>2</sub> -G	238.2	304.5	2.6	0.775	1.102	Deteriorated	110	1.1	63	Poor	Weak Subbase	Fair	Condition is in near fatigue level. Probably deteriorated soon with evidence of cracking index. Fair drainage.
	N <sub>2</sub> -F	721.6	787.8	1.4	0.717	1.140	Deteriorated	84	1.4	117	Poor	Weak Subbase	Poor	Deteriorated due to all poor conditions, especially thin slab.
	N <sub>2</sub> -B	1343.9	1807.3	less than 1.0	0.685	1.147	Deteriorated	89	3.4	250	Poor	Fair	Poor	Although fair base, severely deteriorated due to all poor conditions, especially thin slab.
San Jose Arboz (168+3 ~ 68+4) 1978/8 yrs.	N <sub>3</sub> -G	0	66.2	4.1	0.923	1.031	Deteriorated	49	1.5	117	Fair	Fair	Poor	Relatively good condition because of other fair and good conditions. Slab is thick.
	N <sub>3</sub> -F	536.3	761.3	1.8	0.828	1.074	Deteriorated	6	1.1	5	Poor	Fair	Poor	Although fair concrete and subgrade, deteriorated due to poor drainage.
	N <sub>3</sub> -B	1463.0	1681.5	less than 1.0	0.692	1.157	Severely Deteriorated	213	1.5	Max. Stress over 3%	Poor	Fair	Poor	Severely deteriorated due to thin slab and other poor conditions except fair subgrade.
Sta. Tomas Tiling (79+2 ~ 79+3) 1972/14 yrs.	S <sub>1</sub> -G	0	132.4	4.1	0.896	1.047	Deteriorated	63	0.8	5	Poor	Both Weak	Poor	Relatively good conditions because of thick slab inspite of other poor conditions.
	S <sub>1</sub> -F	271.4	556.1	2.5	0.684	1.174	Deteriorated	150	1.4	Max. Stress over 3%	Poor	Weak Subbase	Poor	Condition is in near fatigue level. But, all indicator show deterioration. Probably deteriorated soon. High cracking index.
	S <sub>1</sub> -B	628.9	979.8	1.5	0.669	1.172	Deteriorated	220	2.4	Max. Stress over 3%	Poor	Weak Subbase	Poor	Severely deteriorated due to thin slab and other poor conditions.
Lucena Gumaca (160+2 ~ 160+3) 1978/8 yrs.	S <sub>2</sub> -G	0	297.9	4.1	0.973	1.011	Fair	0.3	0.2	0.6	Fair	Fair	Poor	Fair conditions. Analysis also shown fair condition because of thick slab and other fair conditions except drainage.
	S <sub>2</sub> -F	198.6	1721.2	2.7	0.880	1.055	Deteriorated	96	0.8	44	Fair	Both Weak	Poor	Condition is in near fatigue level. Probably deteriorated soon with evidence of high cracking index.
	S <sub>2</sub> -B	443.5	920.2	1.9	0.886	1.055	Severely Deteriorated	37	1.1	32	Fair	Both Weak	Poor	Severely deteriorated due to weak base and poor drainage inspite of fair concrete.