

c) 観測方法

損傷のあるおおまかな面積を200m毎に測定して、全体の面積に占める損傷の面積の比率を計算した。

(6) 調査の結果

現況サービス性能度 (PSR)、舗装修復必要度 (RRR)、ラフネス、パッチング、ポットホールのおもな結果を、図7.2-3に示した。PSIおよびRRI値については7.2.5で詳しく述べる。

7.2.4 舗装路面状況測定値の相関分析

舗装修復必要度指数 (RRI) と現況サービス性能指数 (PSI) の相関式の誘導の前にRRI及びPSIと測定変数との相関分析がな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、どの変数を無視して良いのか決定するために行うものである。

図7.2-4から7.2.7にPSR及びRRRとそれに対応する測定変数の値をプロットしたものを示した。これらの相関係数の値を表7.2-4に示した。

以上の結果から次の諸点が明らかとなった。

- i) 砂利道 RとPSRとの間に相関が認められたが、さほど高くなかった。
- ii) DBST PSRとRとの相関はPSRとPとの相関より高かった。
RRRとR及びRRRとPとの相関の程度は同じであった。
- iii) BMP PSRとP及びPSRとCの両方に高い相関が認められた。
RRRとPの相関はRRRとRの相関より高かった。
- iv) AC R、P、Cの順でPSRとの間に高い相関が認められた。
RRRとR、P、Cの間には同程度の相関が認められた。

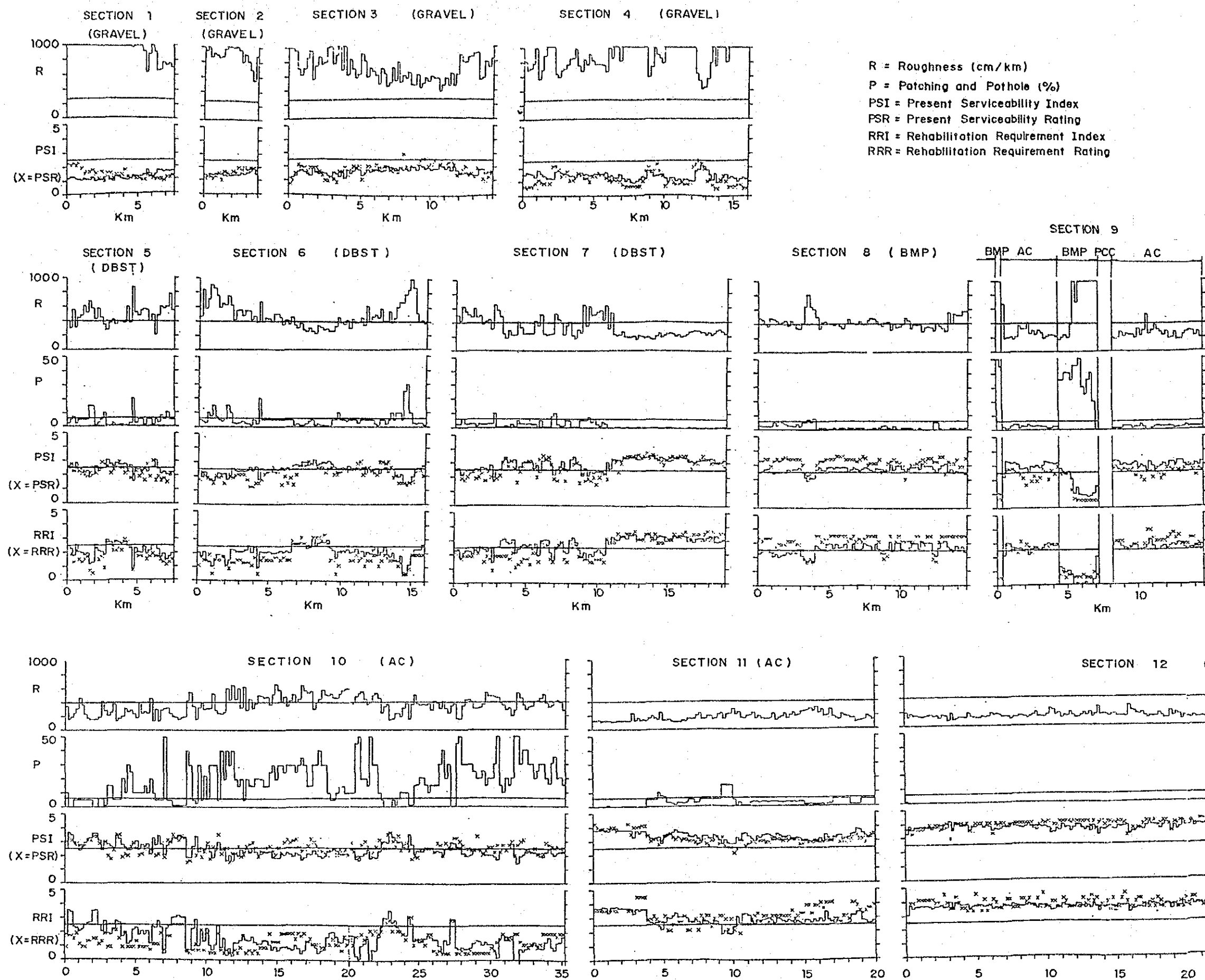


図7.2-3 調査区間の路面状況

v) 共通

測定変数のなかではRがPSRと最も高い相関になった。

RとPはRRRとほぼ同程度の相関があった。

測定変数相互の相関はさほど高くなかった。

PSR : 現況サービス性能度

RRR : 舗装修復必要度

R : ラフネス

P : パッチング

C : クラス2、3のクラック

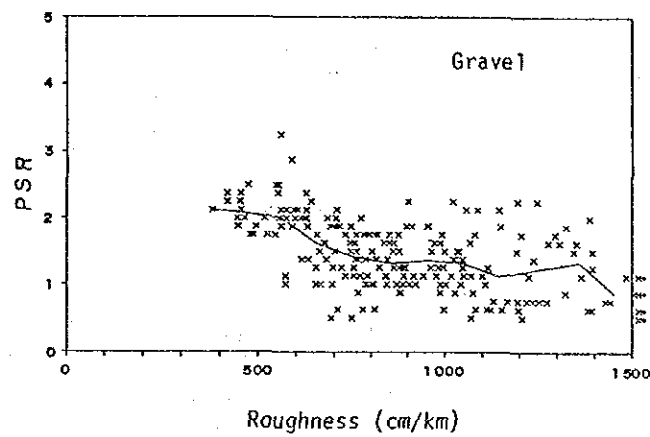


図7.2-4 PSRとラフネスの関係：砂利道

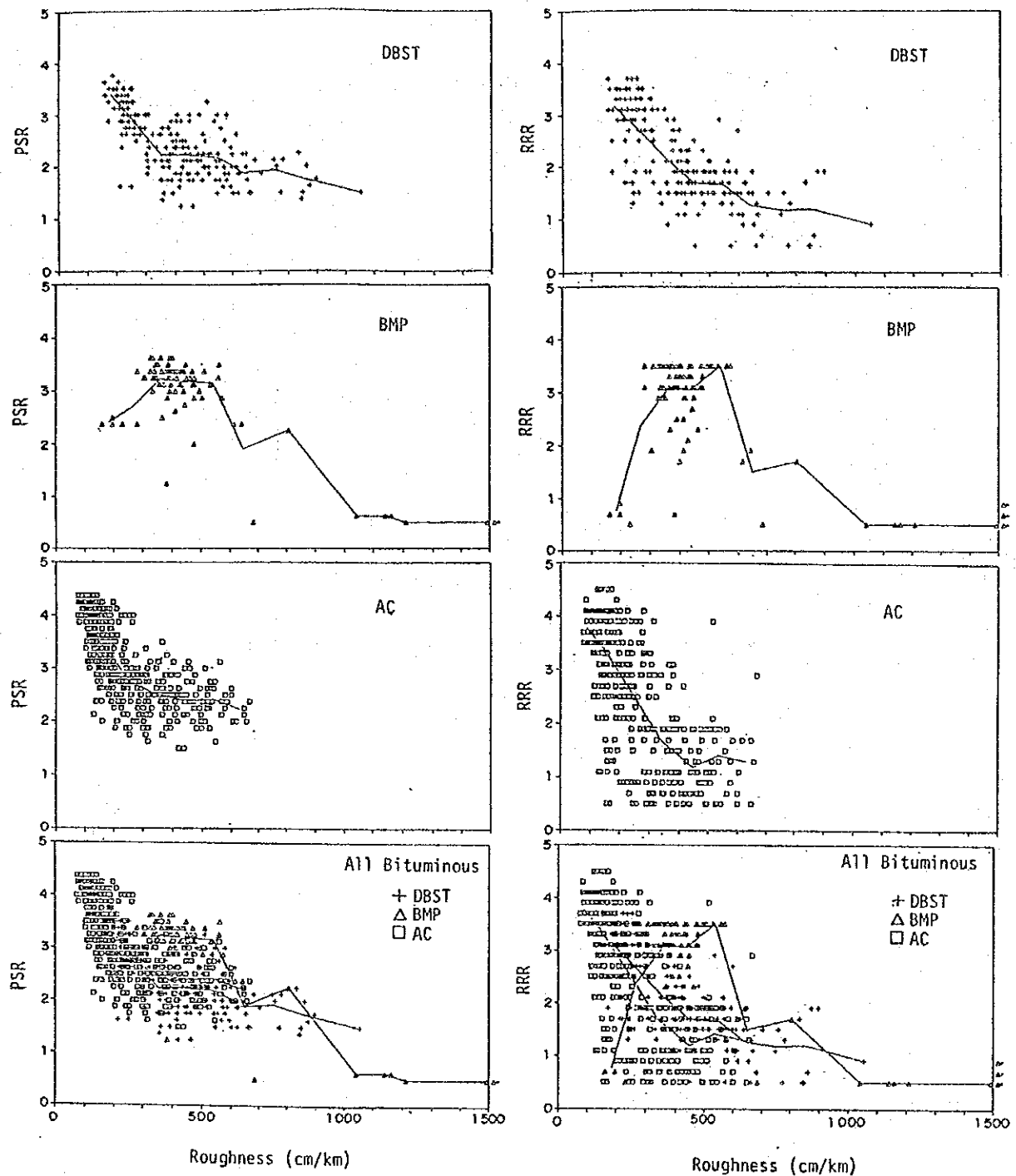


図7.2-5 PSR/RRRとラフネスの関係：アスファルト舗装

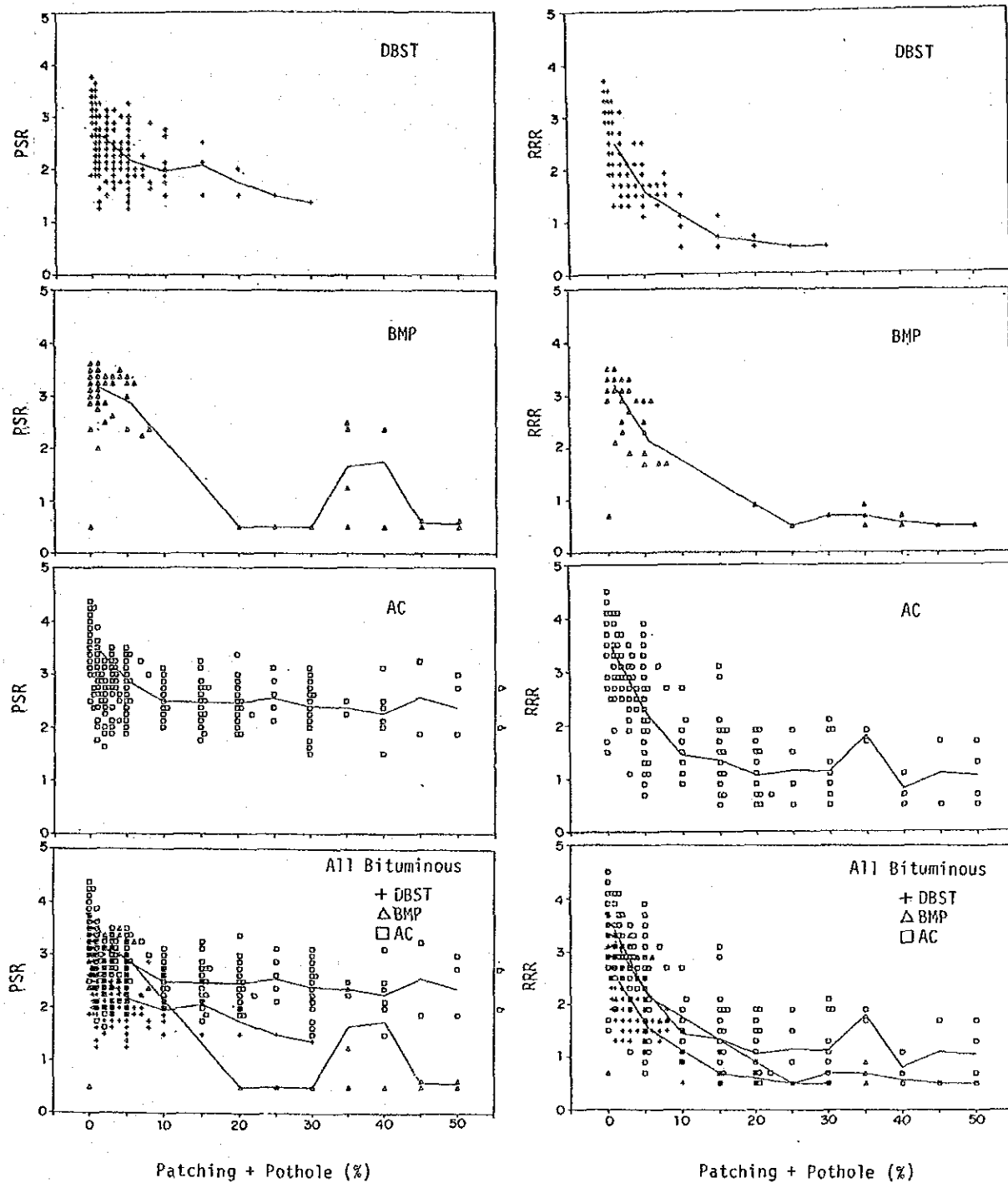


図7.2-6 PSR/RRRとパッチング+ポットホールの関係：アスファルト舗装

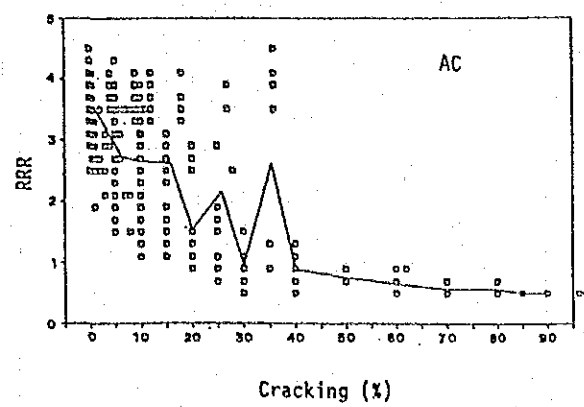
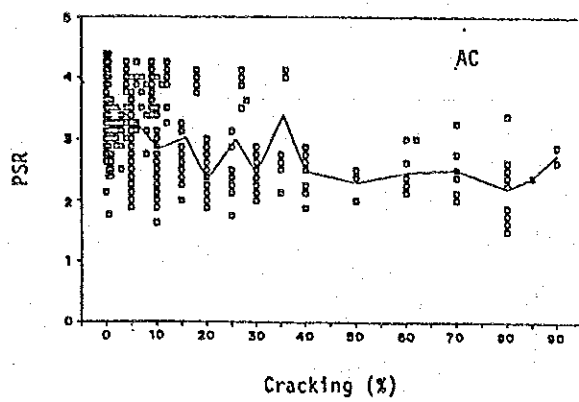


図7.2-7 PSR/RRRとクラックの関係：AC舗装

表7.2-4 舗装路面の評価点 (PSR、RRR) と測定変数の相関係数

Gravel

	PSR	Roughness
PSR	1.00	- 0.51
Roughness		1.00

DBST

	PSR	RRR	Roughness	Patching + Pothole
PSR	1.00	0.67	-0.67	-0.49
RRR		1.00	-0.70	-0.71
Roughness			1.00	0.65
Patching + Pothole				1.00

BMP

	PSR	RRR	Roughness	Patching + Pothole
PSR	1.00	0.85	-0.83	-0.80
RRR		1.00	-0.62	-0.88
Roughness			1.00	0.49
Patching + Pothole				1.00

AC

	PSR	RRR	Roughness	Patching + Pothole	Cracking
PSR	1.00	0.75	-0.72	-0.58	-0.43
RRR		1.00	-0.71	-0.72	-0.69
Roughness			1.00	0.66	0.45
Patching + Pothole				1.00	0.53
Cracking					1.00

All Bitumious (DBST, BMP, AC)

	PSR	RRR	Roughness	Patching + Pothole	Cracking
PSR	1.00	0.76	-0.72	-0.49	-0.15
RRR		1.00	-0.59	-0.66	-0.45
Roughness			1.00	0.42	0.01
Patching + Pothole				1.00	0.46
Cracking					1.00

7.2.5 舗装評価式の確立

(1) PSI式とRRI式の確立

a) 現況サービス性能指数 (PSI) と舗装修復必要度指数 (RRI)

PSIとRRIは現況サービス性能度 (PSR) と舗装修復必要度 (RRR) を推定するため、測定変数より数学的に導かれた指数である。これらの指数は、様々な測定をすることなしに舗装一般のサービス性能の評価、特に試験舗装の経年変化の評価に使うことができる。

b) 測定変数の選定

次の測定変数が選定された。

R : ラフネス (cm/km)

P : パッチングとポットホール (%)

C : クラス2、3のクラック (%)

c) 測定変数の変換

図7.2-4から7.2-7から分かるようにPSR及びRRRと測定変数とは非線形的な関係にあるが、実用上の観点からできるだけ線形的な関係になるのが望ましいので予備解析の結果をもとに、測定変数を次のように変換を行った。

$$\begin{aligned} & \text{Log } R \\ & \sqrt{P} \\ & \sqrt{C} \end{aligned}$$

RRI/PSIの評価式は一般的に次のように表される。

$$\begin{aligned} \text{PSI/RRI} &= A_0 + A_1 \text{Log}(R + A_2) + A_3 \sqrt{P + A_4} + A_5 \sqrt{C + A_6}, \\ \text{PSI/RRI} &= A_0 + A_1 \text{Log}(R + A_2) + A_3 \sqrt{P + A_4 C + A_5} \end{aligned}$$

A_0 から A_6 は、最小二乗法による回帰分析によってもとめられる係数である。

d) 提案するRRI式とPSI式

様々な式が回帰分析によって導かれたが、次の式が簡便にして高い相関を示す式として選定された。

PSI : Gravel	$PSI = 7.49 - 2.06 \log R$	$(r=0.542)$
DBST	$PSI = 7.76 - 1.99 \log R - 0.11\sqrt{P}$	$(r=0.739)$
BMP	$PSI = 9.80 - 2.46 \log R - 0.25\sqrt{P}$	$(r=0.917)$
AC	$PSI = 7.32 - 1.68 \log R - 0.14\sqrt{P}$	$(r=0.817)$
RRI : DBST	$RRI = 6.22 - 1.29 \log R - 0.51\sqrt{P}$	$(r=0.874)$
BMP	$RRI = 5.80 - 0.89 \log R - 0.42\sqrt{P}$	$(r=0.917)$
AC	$RRI = 6.04 - 1.12 \log R - 0.39\sqrt{P}$	$(r=0.859)$

PSI : 現況サービス性能指数

RRI : 舗装修復必要度指数

R : ラフネス値 (cm/km)

P : パッチング、ポットホール (%)

r : 相関係数

上記式で計算されたPSI/RRIとPSR/RRRの関係を図7.2-8と7.2-9に示した。表7.2-5に回帰分析によって導かれ、検討した式を示す。

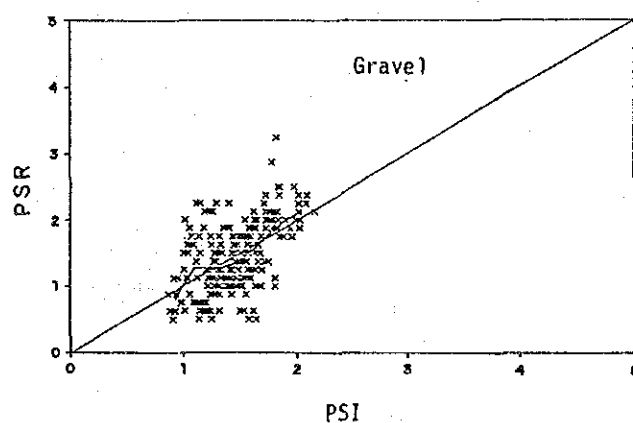


図7.2-8 PSIとPSRの関係：砂利道

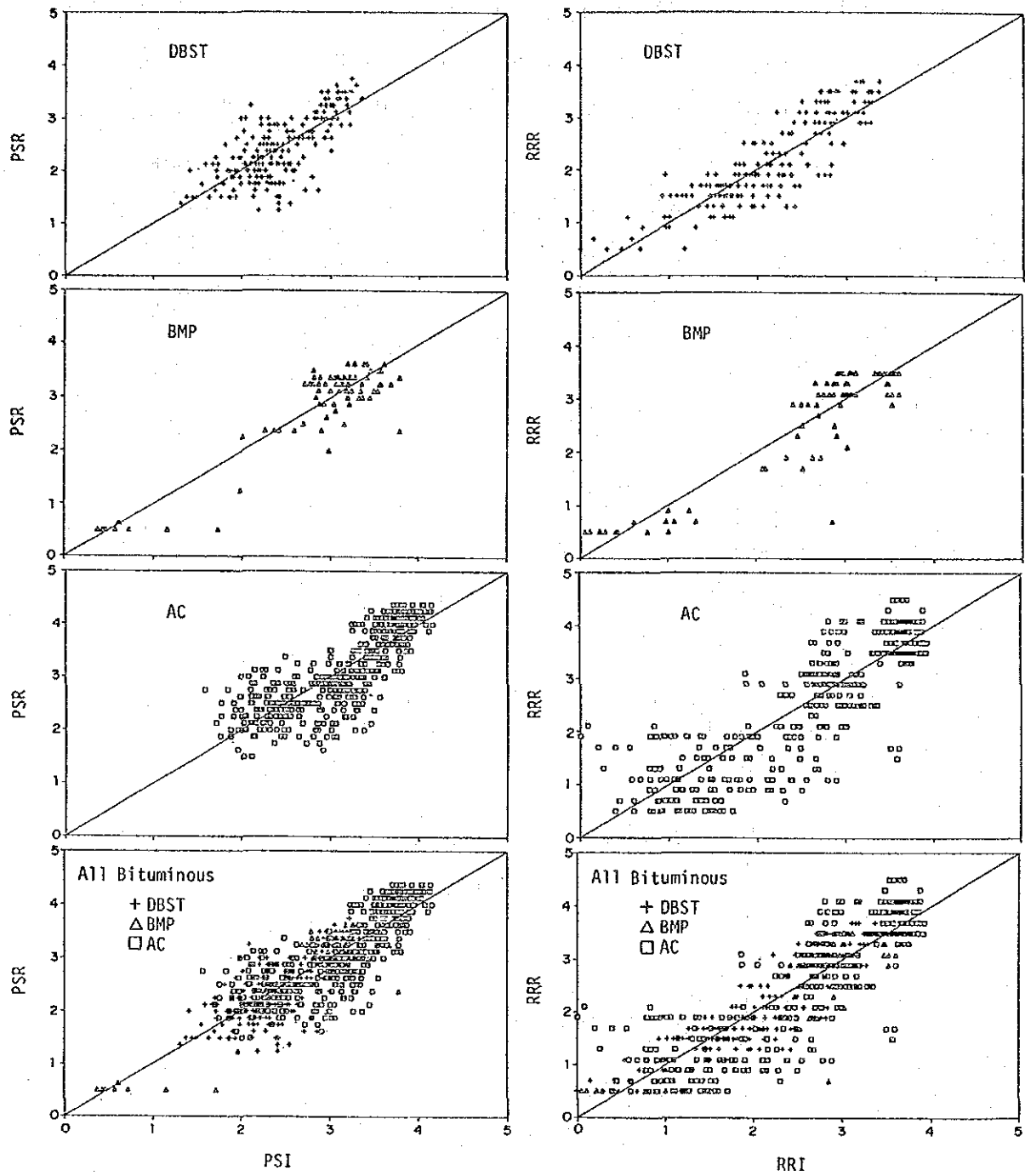


図7.2-9 PSR/RRRとPSI/RRIの関係：アスファルト舗装

表7.2-5 PSI式とRRI式

PSI	Gravel	PSI = 7.49-2.06 log R PSI = 4.73-1.21 log (R-309)	d = 0.357, r = 0.542 d = 0.357, r = 0.552
	DBST	PSI = 7.76-1.99 log R-0.11√P PSI = 5.35-1.16 log (R-135)-0.11√P	d = 0.312, r = 0.739 d = 0.307, r = 0.752
	BMP	PSI = 9.80-2.46 log R-0.25√P PSI = 6.68-0.63 log (R-608)-0.44√P+60	d = 0.277, r = 0.917 d = 0.235, r = 0.940
	AC	PSI = 7.32-1.68 log R-0.14√P PSI = 8.23-2.08 log R-0.06√P+C PSI = 7.28-1.65 log R-0.13√P-0.02√C PSI = 5.78-1.10 log (R-64)-0.13 P-0.01√C	d = 0.348, r = 0.817 d = 0.366, r = 0.799 d = 0.348, r = 0.818 d = 0.340, r = 0.826
	Common to DBST BMP/AC	PSI = 7.83-1.92 log R-0.14√P PSI = 6.84-1.57 log (R-42)-0.14√P	d = 0.351, r = 0.739 (DBST) d = 0.529, r = 0.911 (BMP) d = 0.350, r = 0.817 (AC) d = 0.369, r = 0.821 (All) d = 0.350, r = 0.742 (DBST) d = 0.549, r = 0.910 (BMP) d = 0.344, r = 0.823 (AC) d = 0.368, r = 0.822 (All)
RRI	DBST	RRI = 6.22-1.29 log R-0.51√P RRI = 4.81-0.81 log (R-125)-0.51√P	d = 0.309, r = 0.874 d = 0.303, r = 0.877
	BMP	RRI = 5.80-0.89 log R-0.42√P RRI = 3.74-0.29 log (R-571)-0.42√P+1	d = 0.302, r = 0.917 d = 0.285, r = 0.932
	AC	RRI = 6.04-1.12 log R-0.39√P RRI = 7.25-1.56 log R-0.26√P+C RRI = 5.51-0.76 log R-0.31√P-0.17√C RRI = 5.56-0.74 log (R-14)-0.30 P-0.19√C+1	d = 0.454, r = 0.859 d = 0.446, r = 0.872 d = 0.382, r = 0.094 d = 0.381, r = 0.904
	Common to DBST BMP/AC	RRI = 6.61-1.40 log R-0.38√P RRI = 4.47-1.35 log (R-9)-0.38√P	d = 0.421, r = 0.872 (DBST) d = 0.570, r = 0.912 (BMP) d = 0.457, r = 0.858 (AC) d = 0.460, r = 0.851 (All) d = 0.422, r = 0.873 (DBST) d = 0.569, r = 0.912 (BMP) d = 0.457, r = 0.858 (AC) d = 0.460, r = 0.851 (All)

Note : PSI = Present Serviceability Index

RRI = Rehabilitation Requirement Index

R = Roughness (cm/km)

P = Patching + Pothole (%)

C = Cracking, class 2 and class 3 (%)

d = Average difference between PSR/RRR and PSI/RRI (calculated value)

r = correlation coefficient

(2) 他の調査におけるPSI式とRRI式

a) 剛性舗装におけるPSI式とRRI式

1987年に実施した日比友好道路・道路改善計画調査においてサンタリタ－アリタオ間と、カランバ－カラワグ間で、同様の調査がなされた。調査道路はセメントコンクリート(PCC)舗装であった。

この時のPCC舗装に対するPSI式とRRI式は次のように設定された。

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

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

R : ラフネス値 (cm/km)

C : クラス3とクラス4クラック (m/1,000m²)

P : パッチング (m²/1,000m²)

b) ASSHOのPSI式

次の式がASSHOの道路試験チームによって1957年に設定された。

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + \overline{SV}) - 0.01\sqrt{C+P} - 1.38RD^2 \quad (\text{たわみ性舗装})$$

$$PSI = 5.41 - 1.80 \log(1 + \overline{SV}) - 0.09\sqrt{C+P} \quad (\text{剛性舗装})$$

$\overline{SV}$: 外側と内側車輪通過位置の両者の凹凸の分散の平均値

C : クラス2、クラス3のクラック (ft²/1,000ft²) - たわみ性舗装

C : クラス3、クラス4のクラック (ft²/1,000ft²) - 剛性舗装

P : パッチング (ft²/1,000ft²)

RD : わだち堀の深さ (in)

(3) PSI式RRI式の特徴

舗装損傷とラフネスの関係を調べるため、ラフネス値とパッチング+ポットホール及び、ラフネス値とパッチング+ポットホール+クラックの関係をプロットした図を図7.2-10(1)と図7.2-10(2)に示す。この図には次の2種類の線が示されている。

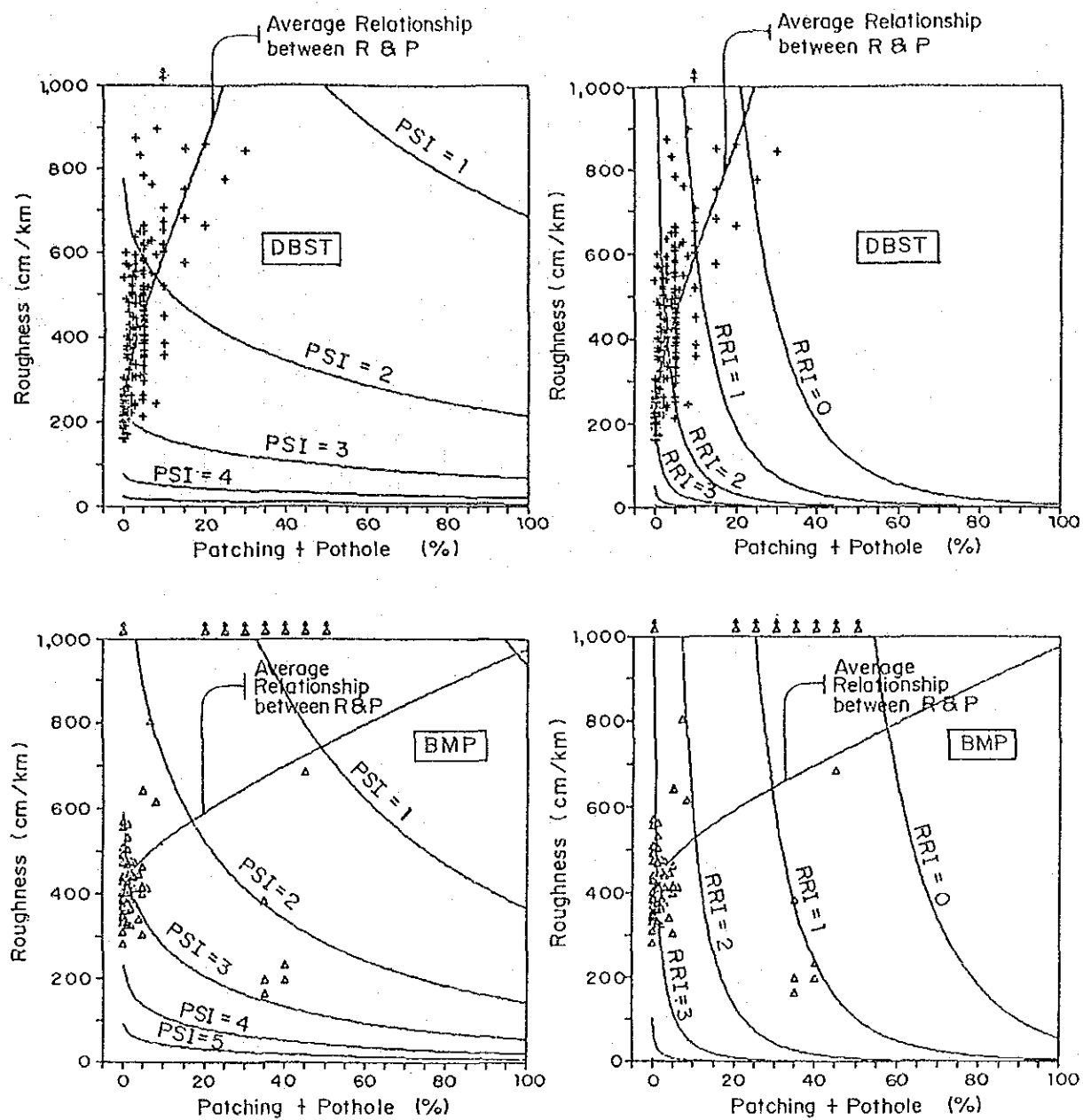


図7.2-10(1) ラフネス(R)とパッチング+ポットホール(P)の関係

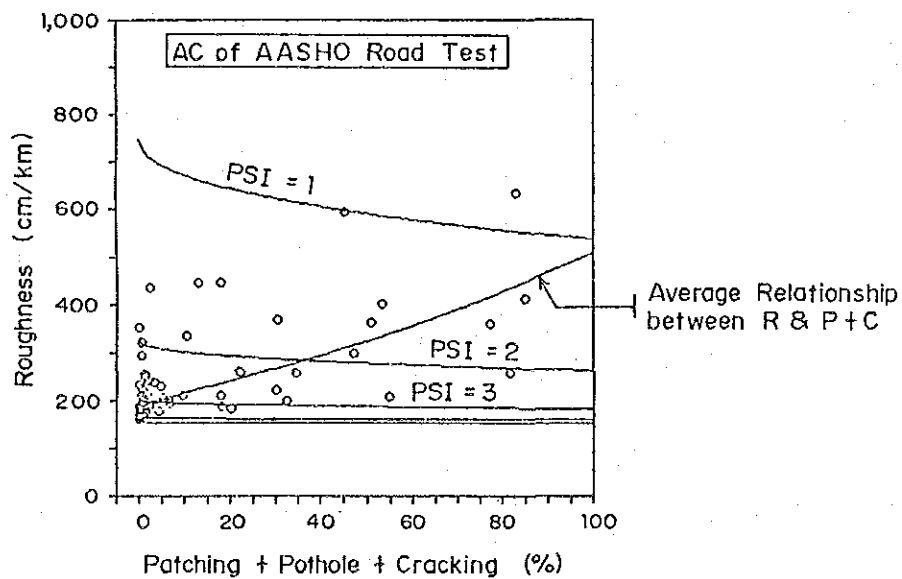
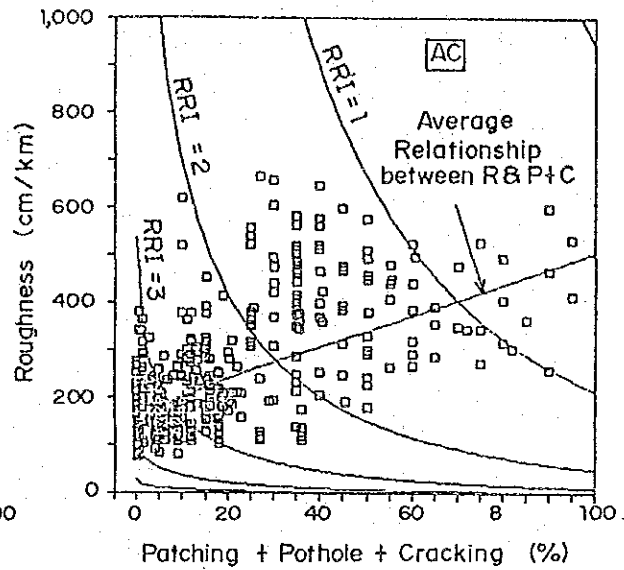
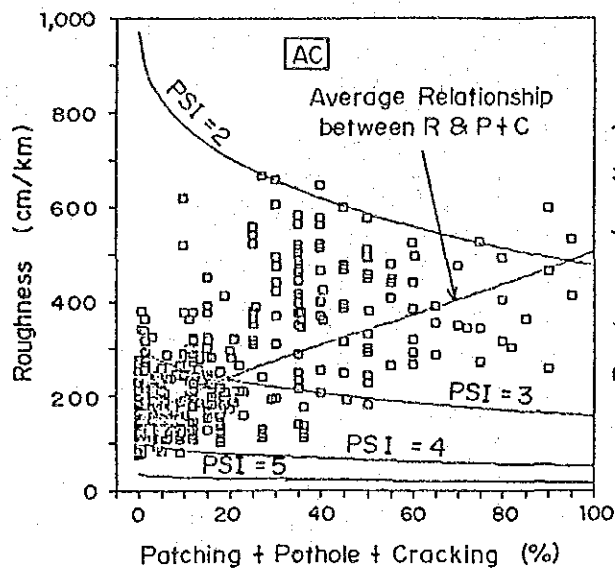


図7.2-10(2) ラフネス(R)とパッチング+ポットホール+クラック(P+C)の関係

- ・回帰分析から得られたラフネスと舗装損傷の平均的關係
- ・PSI / RRI等値線

注 AASHTOの道路テストにはプロファイルメータがラフネスの測定に使われているが、本調査においてはバンプインテグレーターを使用した。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が、TTLの1977版「道路舗装の設計とその供用性」に示された関係をもとにAASHTOのプロファイルメータの値をバンプインテグレーター値に換算した。これにより同じスケールでプロットでき、比較することができるようになった。

これらの図からPSIとRRIの間に次の関係があることが分かった。

- PSIの値に最も大きな影響を及ぼすものはラフネスである。ただし、BMPにおいてはラフネスと舗装損傷ともPSIに及ぼす影響の割合は同じであった。
- RRIの値に最も大きな影響を及ぼすものは舗装損傷である。ただし、ACにおいてはラフネスと舗装損傷ともRRIに及ぼす影響の割合は同じであった。
- RRIの値はPSIの値より低い、これはつぎのような理由によるものとおもわれる。
 - ・地方道路における許容性の下限が低い。
 - ・利用者にとって許容しうるレベルであっても早期の修復作業がなされている。
- AASHTOのPSIは本調査のPSIより低い、これは道路の規格と国民性の違いによるものと思われる。

7.2.6 舗装修復／改築必要度の評価基準

(1) AASHTO舗装設計要領（1986）の基準

最終サービス性能指数（Pt）とは舗装の修復あるいは改築が必要となる直前のサービス性能指数であり、AASHTOの舗装設計要領（1986）では次の値を提唱している。

主要道路	: 2.5 から3.0
中級道路	: 2.0
低級道路	: 1.5

許容性の点数は次の値を使用している。

現況サービス性能度	利用者の許容率（％）
3.0	88
2.5	45
2.0	15

(2) 日比友好道路・道路改善計画調査での基準

この調査で提唱された評価基準は次のようなものである。

主要道路	: RRI = 2.5
中級道路	: RRI = 2.0
低級道路	: RRI = 1.5

(3) 本調査における結果

観測メンバーが調査対象の路面状況が許容しうるものかどうかを記録した結果と、それに対するPSIの値をグラフに表したものを図7.2-11に示す。

調査の結果の概要を表7.2-6に示す。

表7.2-6 許容性評価基準

PSI	利用者の許容率
3.0	90
2.5	80
2.0	60
1.8	50
1.5	30

PSIの各レベルにおける許容率がAASHTOの値より高いのは、調査した道路の規格の相違と国民性の違いによるものと判断される。

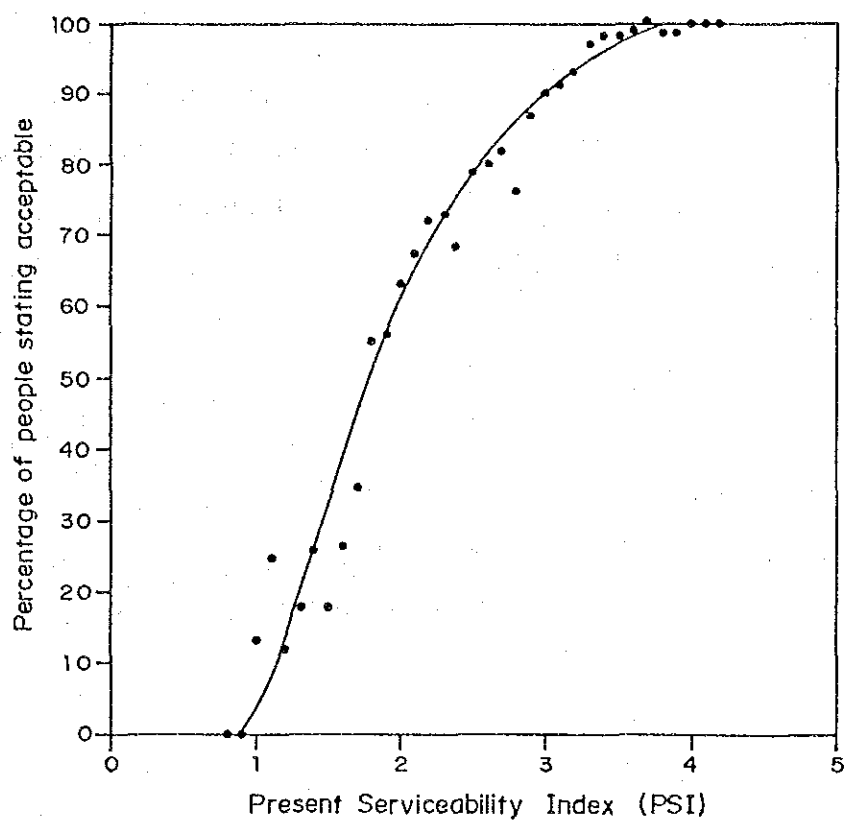


図7.2-11 許容率とPSIの関係

(4) 提案された舗装修復／改築必要度の評価基準

以上の結果を検討して地方道路網調査における最終サービス性能度（ P_t ：許容しうる最低のサービス性能度）を次のように設定した。

$P_t = 2.0$ 上級道路

$P_t = 1.5$ 下級道路

7.3 低級舗装における舗装損傷の解析

7.3.1 アプローチ

解析の一般的なアプローチを図7.3-1に示す。舗装損傷の原因を解明するため、解析に適した区間を選定し種々の調査を実施した。これらのデータをもとに舗装損傷の解析を行う一方、舗装サービス性能に最も大きな影響を及ぼす要因を理論的に解析することを試みた。

7.3.2 調査区間の選定

調査区間選定の基準は次のとおりである。

- ・できるだけ多くの種類の低級舗装があること
- ・それぞれの種類の舗装にできるだけ多くの路面状態があること
- ・供用年数にできるだけ多くの種類があること
- ・極端に堅固な路床がある区間、頻繁に冠水する区間、交通の状況が急変する区間などのような、局部的に特異な状況がないこと
- ・メトロマニラになるべく近いところ

以上の基準を考慮のうえ次のような15の区間を選定した。これらの区間には4種の舗装に、2つないし3つの路面状態がそれぞれある。

Pavement Type	Number of Location	Pavement Surface Condition
Gravel Surface	3	Good (1), Fair (1), Bad (1)
Double Bituminous Surface Treatment	6	Good (2), Fair (2), Bad (2)
Bituminous Penetration Macadam	3	Fair to Bad (2), Bad (1)
Asphalt Concrete	3	Very Good (1), Fair to Bad (2)

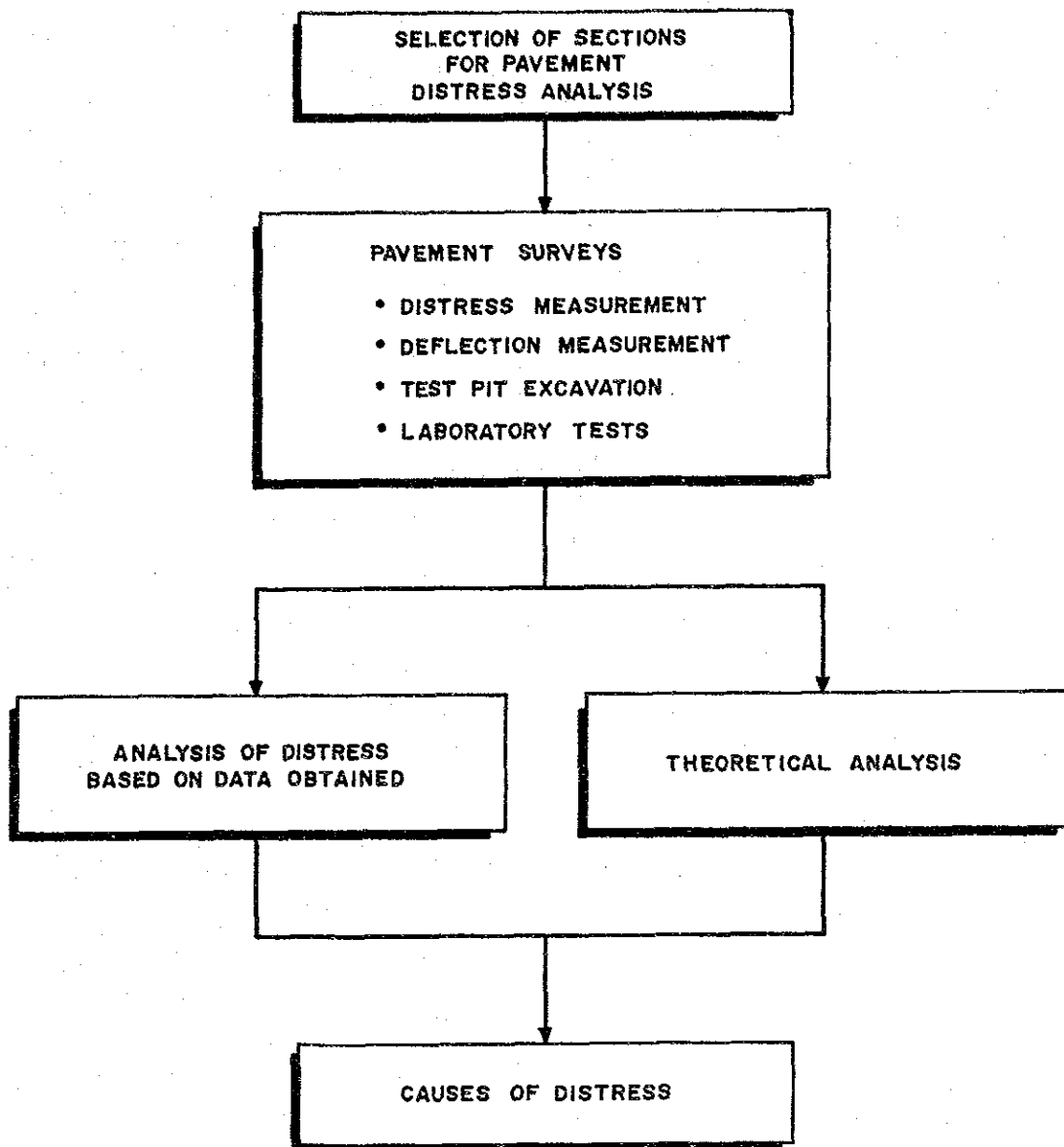


図7.3-1 舗装損傷解析のアプローチ

メトロマニラの近辺ではSBSTを含む区間は見当らなかった。

選定された調査区間の位置を図7.3-2に、それぞれの区間の具体的状況を表7.3-1に示す。

一区間の長さを50mとした。

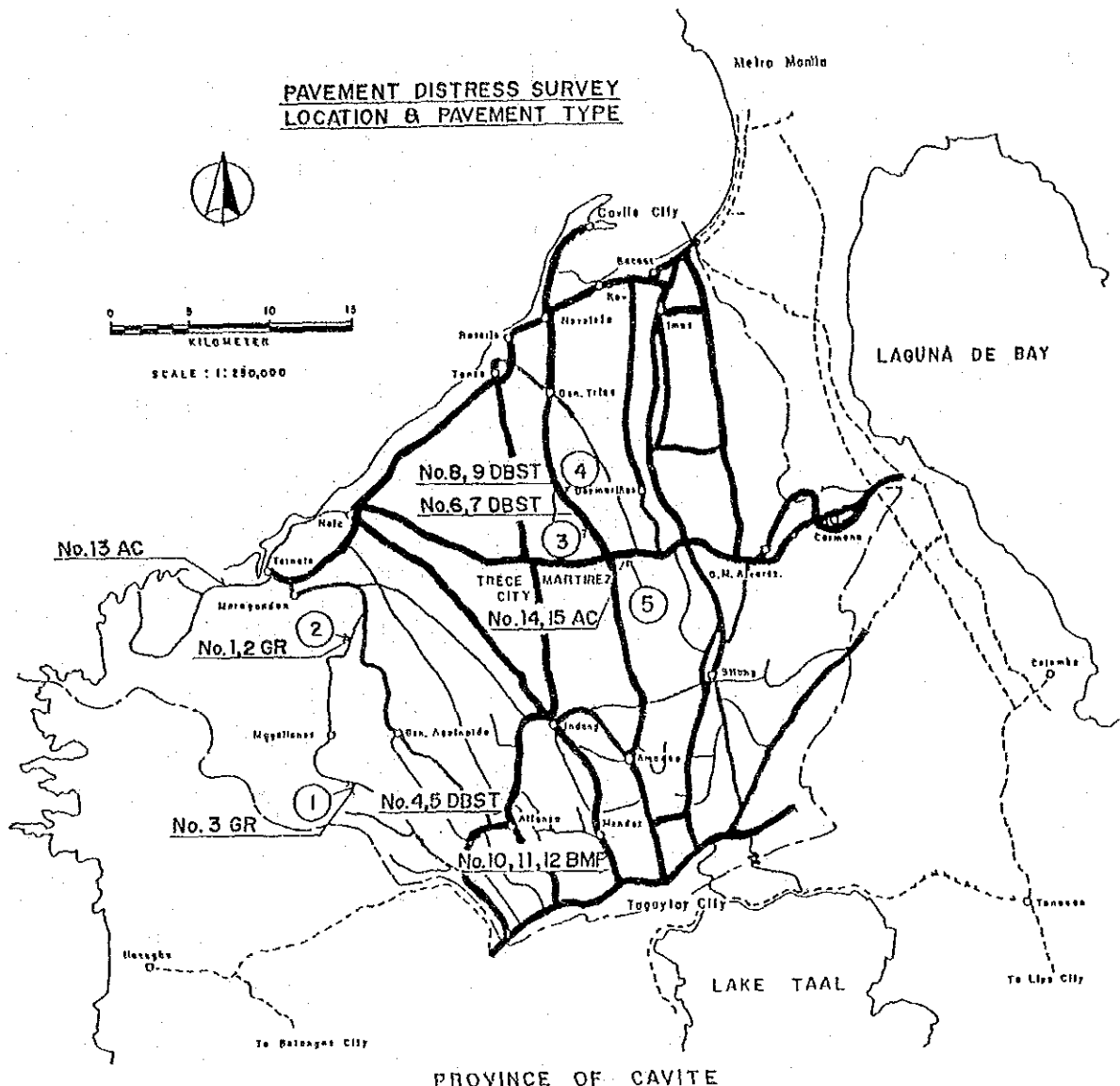
7.3.3 舗装損傷調査

(1) 調査項目

表7.3-2に示す項目について調査を行った。

表7.3-2 舗装損傷調査の調査項目

Items	Remarks
Construction record	Construction data: Maintenance and repair record
Road inventory Traffic	Road cross section Daily traffic, vehicle type composition Commercial vehicle: percentage/axle load distribution
Pavement structure	Thickness and materials: surface/ base/sub-base
Shoulder Drainage condition	Thickness and materials Road side ditch/gutter, water table
Deterioration Surface condition	Type and severity Roughness, Crack %, Patching %
Structural Adequacy	Surface (Benkelman beam: Deflection mm)
Test Pit Excavation	Pavement Composition observation Sampling/test: Subgrade soil, pavement layer materials



LEGEND :

TRAFFIC VOLUME : AADT

> 400
 200-400
 < 200

PROPOSED EXPERIMENTAL PAVEMENT CONSTRUCTION SECTIONS

SECT. NO.	TRAFFIC VOLUME ADT *	SUBGRADE CONDITION	TYPE OF EXPERIMENTAL PAVEMENT
1	106	GOOD	GR SBST DBST BMP
2	80	POOR	GR SBST DBST BMP
3	654	GOOD	DBST BMP HAC (4cm) HAC (5cm) /
4	654	POOR	DBST BMP HAC (4cm) HAC (5cm) /
5	2068	GOOD	HAC (5cm) PCC (18cm)

* AS OF NOVEMBER 1989

REMARKS :

GR : GRAVEL SURFACING
 SBST : SINGLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
 DBST : DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
 BMP : BITUMINOUS PENETRATION MACADAM
 HAC : HOT MIX ASPHALT CONCRETE
 PCC : PORTLAND CEMENT CONCRETE

図7.3-2 舗装損傷調査の調査区間

表7.3-1 舗装損傷調査区間の概要

Section No.	Pavement Type	Pavement Condition	Road and Survey Section	Traffic Volume (ADT)	Survey Section Environment	Pavement Const. Year
1	GR	Good	Provincial Rd.	Low	Rising slightly from	Unknown
2	GR	Fair	Magallanes to Maragondon on EPC Sec. No. 2	(114)	flat to hill area. Vegetated, some portion being rice field.	
3	GR	Bad	Provincial Rd. JCT. Alfonso to Magallanes on EPC Sec. No. 1	Low (106)	Ridge of high land, Plantation area for coconut, pineapple, coffee and banana.	Unknown
4	DBST	Good	Provincial Rd.	Low	Highland, residential	Oct. 1983
5	DBST	Good	Alfonso to Gen. Aguinaldo	(268)	and coffee plantation.	
6	DBST	Fair	Provincial Rd.	Medium	Flat and alluvium area	Aug. 1983
7	DBST	Fair	Gen. Trias to Amadeo on EPC Sec. No. 3	(654)	surrounded with wide rice field, some portion along the road is residential area.	
8	DBST	Bad	Provincial Rd.	Medium	Flat and alluvium area	Aug. 1983
9	DBST	Bad	Gen. Trias to Amadeo on EPC Sec. No. 4	(654)	surrounded with wide rice field, some portion along the road is residential area.	
10	BMP	Fair to Bad	National Rd.	Medium	Highland, grassy and	1981
11	BMP	Fair to Bad	Tagaytay to	(669)	pasture land.	
12	BMP	Bad	Mendez			
13	AC	Very Good	National Rd. Ternate to Puerto Azul, Jct. to Puerto Azul	High (1338)	Highland, grassy and residential.	1981
14	AC	Fair to Bad	National Rd.	High	Hill and grass land	1978
15	AC	Fair to Bad	Trece Martirez to G.M. Alvarez on EPC Sec. No. 5	(2068)	alluvium area.	

Length of each survey location = EPC Sec.: Experimental pavement construction section

(2) 舗装損傷の分類

舗装損傷の種類を表7.3-3のように分類した。

表7.3-3 舗装損傷の種類

Type of Pavement	Types of Deterioration	
	Surface Deterioration	Structural Deterioration
Gravel Surface Road	a) Surface Cracks	a) Alligator Cracks
	b) Deformation . Rutting . Longitudinal unevenness . Corrugation c) Potholes	b) Depressions
Bituminous Pavement	a) Cracks . Transverse cracks . Longitudinal cracks . Shrink cracks	a) Alligator Cracks b) Depressions
	b) Deformations . Rutting . Longitudinal unevenness . Corrugation (washboarding) c) Abrasion d) Potholes e) Bleeding	

各損傷の定義は資料編7-1に掲載した。

(3) 舗装損傷の測定

舗装損傷の測定は以下の方法で行った。

a) クラック面積

クラック面積の測定は舗装面に0.5m×0.5mのグリッドを設け損傷箇所をチョークでマークし、その面積を計って計算した。クラック率は下記の式にて算出した。

$$\text{クラック率} = (\text{Cr}/\text{A}) \times 100 (\%)$$

Cr : クラックのあるグリット面積の総計

1つのグリットに1つのクラックがあった場合、面積を0.15㎡とし、2つ以上ある場合は0.25㎡とした。

A : 調査総面積

b) パッチング、ポットホール、剝離（ラベリング）、変形、沈下の面積

パッチング、ポットホール、剝離、変形などの実測面積を全面積で除した比を計算した。

c) 縦方向ラフネス

縦方向ラフネスは車両の内輪軌跡方向に沿って3.0mのストレートエッジで測定した。ストレートエッジを舗装面に置きストレートエッジと舗装面の最大距離を1.5mごとに測定した。この測定値の標準偏差を縦方向ラフネスとした。

(4) ベンケルマンビームによる舗装面のたわみ

車軸直下の舗装面のたわみ量は、車両荷重にたいする舗装の耐荷力を示す指標である。舗装の耐荷力を測定するため、ベンケルマンビームによるたわみ測定を下記のような方法で行った。

・荷重

タイヤ空気圧80psi、後部軸重8.16トンのダンプトラックを使用。

・測定箇所

内輪軌跡、外輪軌跡各方向とも10mおきに測定。

・測定値

$\bar{X}$ = 個々のたわみの平均値 (0.01mm)

σ = 標準偏差

V = 変動係数 (%)

$V = (\sigma / \bar{X}) \times 100 (\%)$

上記の測定箇所のほかに下記の箇所でも50m毎にたわみ測定が行われた。

Pavement Type	Condition	Measured Length	Remarks
GR	Good to Fair	800 m	EPC Sec. No. 2
DBST	Good	400 m	
DBST	Good to Fair	800 m	EPC Sec. No. 3
DBST	Bad	800 m	EPC Sec. No. 4
BMP	Bad	400 m	
AC	Fair to Bad	400 m	EPC Sec. No. 5

EPC Sec: Experimental Pavement Construction Section

(5) 試掘

各測定区間ごとに、代表的な損傷のある箇所の試掘（60cm×60cm、路床まで掘削）を行い、舗装材料の厚さ及び品質を検査した。路盤と路床から試料を採取しBureau of Research and Standardsで材料の室内試験を行った。

(6) 室内試験

現場から採取された試料はBureau of Research and Standardsで次の項目の試験を行った。

- ・含水量
- ・ふるい分け試験
- ・液状限界、塑性指数
- ・CBR

(7) 現地調査の結果

すべての測定結果は表7.3-4に示す調査票に記入された。舗装路面調査とベンケルマンビームによるたわみ測定結果の概要を表7.3-5に、室内試験の結果を表7.3-6にそれぞれ示す。舗装路面調査とベンケルマンビームたわみ測定の結果の詳細を資料編7-2、7-3、7-4に示す。

表7.3-4 鋪裝損傷調查用調查票

No. 8 Survey Date, Dec. 8-23, 1989

Pavement Type ☐ GRAVEL ☐ SBST ☐ DBST ☐ BMP ☐ AC	Pavement Construction Year August, 1983	Location Province : Cavite Provincial Road San. Titus to Amado (ZPO Section No. 4) Station : 0+350—0+400	Traffic Data and Characteristics as of Nov. 1989 Both Direction ADT : 554 Trucks : 37 Buses : 2	Environmental condition Flat area Both sides of road are rice field Drainage condition Surface drainage : grassy side ditch Underground water table : Not observed Maintenance operation Potholes patching & AC overlay is scheduled for rehabilitation of this pavement road. Photo showing representative condition
Pavement Existing Condition Rating & Type of deterioration, Severity Alligator Cracks : Mostly not segregated, some are become potholed and patched Abrasion : Longitudinal streak ravelling of seal coat and DBST layers * See Rating Sheet		Probable Cause of Deterioration Alligator cracks : Mostly structural failure due to weak subgrade and weak subbase Abrasion : Inadequate skills for asphalt binder spraying and cover aggregate spreading		
Road Cross Section 		Surface Condition Roughness mm : 5.9 * 7.3 * mm : 3.2 2.2 Cracking % : 20.6 9.4 Patching % : 3.8 4.2 Potholes % : 1.5 1.2 Abrasion % : 12.9 20.1 Depression % : 0 5.5		
Pavement Cross Section DBST with Seal coat 15cm Base 10cm Subbase Subbase Crushed stone, sand and silt Silty sand with bed gravel Silty fine sands or clayey fine sands		Pavement Material Properties Surface : In some portion, under size and contaminated aggregates were used Base : Well graded aggregate Material W(n) % Max size mm 2.0 mm pass % 37.5 31 0.074 mm pass % PI, CBR 10 NP 67		
Subgrade Soil Properties Soil Classification ML or MH W(n) % : 31.8 Max. size mm : 2.0 0.074mm pass % : 54 LL : NP PI : NP CBR : 4		Evaluation 1. Serviceability Performance 2. Design Adequacy 3. Materials Quality 4. Construction Skills 5. Necessary Measures for Maintenance		
1. Bad : Rather severely cracked, some cracked portions are already become potholed and were patched. Bumpy riding 2. For high underground table, weak subgrade condition that is close to rice field section, more thicker pavement design would be required. 4. Not well trained skills for asphalt binder spraying and cover aggregate spreading 5. Partial replacement of pavement, then AC overlay				

* Some Potholes and Depressed areas were patched and roller compacted by soil-rock fragments aggregates several day before.

表7.3-5 路面調査の概要

Survey No.	Pavement Type	Condition Rating	Pavement Deterioration						Roughness σ mm	Deflection Value		
			Cracks %	Potholes %	Patching %	Abrasion %	Deformation %	Depression %		X 0.01mm	σ 0.01mm	V %
1	GR	G - F	-	-	-	-	-	8.6	5.2	86	22	25.2
2	GR	G - F	-	-	-	-	-	9.0	9.4	112	26	22.8
3	GR	B	8.9	-	-	-	33.6	40.3	11.9	132	36	27.5
4	DBST	G	-	-	-	5.6	-	-	2.4	64	24	36.9
5	DBST	G	-	-	-	12.5	-	-	1.5	74	7	9.7
6	DBST	F	21.9	0.2	-	6.5	-	-	3.9	85	18	20.1
7	DBST	F	8.7	0.1	-	20.3	-	-	2.8	83	14	16.6
8	DBST	B	10.0	1.4	4.0	16.5	-	3.3	2.8	179	17	9.3
9	DBST	B	10.3	1.4	3.9	22.6	-	8.0	3.6	152	32	19.4
10	BMP	F - B	5.9	-	7.3	-	-	7.6	4.3	138	47	34.2
11	BMP	F - B	4.6	-	4.0	-	4.5	7.6	5.7	131	44	33.8
12	BMP	B	10.5	-	23.4	4.1	-	14.6	7.1	233	35	14.8
13	AC	VG	-	-	-	-	-	-	0.9	75	15	19.9
14	AC	F - B	22.7	-	9.5	-	-	15.9	7.7	113	19	17.0
15	AC	F - B	25.5	-	5.4	-	-	13.8	6.4	124	37	29.2

* Some Potholed and Depressed area were patched and roller compacted several days before

表7.3-6(1) 土質試驗結果

Survey No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Type	GR	GR	GR	DBST	DBST	DBST	DBST	DBST
Pavement Condition	Good to Fair	Good to Fair	Bad	Good	Good	Fair	Fair	Bad
Road Section	EPC Section No. 2	EPC Section No. 2	EPC Section No. 1	Alfonso to Gen. Aguinaldo	EPC Section No. 3	EPC Section No. 3	EPC Section No. 3	EPC Section No. 4
Base Course	Gravel	Gravel	Gravel	Crushed stone, Sand and silt	Crushed stone, Sand and silt	Crushed stone, Sand and silt	Crushed stone, Sand and silt	Crushed stone, Sand and silt
Material Type	Surfacing	Surfacing	Surfacing	Sand and silt	Sand and silt	Sand and silt	Sand and silt	Sand and silt
Grading	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm
19	97	93	93	100	100	100	100	100
4.75	68	77	81	79	63	76	76	72
2.00	49	69	61	52	40	47	47	44
0.425	42	61	54	40	27	32	32	31
0.075	20	37	40	20	14	17	17	19
LL	9	17	22	11	7	8	8	10
PI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CBR %	29	18	14	106	82	75	75	67
Subbase Course	No Subbase	No Subbase	No Subbase	Crushed stone, Sand and silt	Crushed stone, Sand and silt	Sand and silt with pea gravel	Sand and silt with pea gravel	Silty sand with pea gravel
Material Type	No Subbase	No Subbase	No Subbase	Sand and silt	Sand and silt	Sand and silt with pea gravel	Sand and silt with pea gravel	Silty sand with pea gravel
Grading	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm	37.5 mm
19	100	83	100	100	100	99	99	100
4.75	96	72	95	89	77	91	91	96
2.00	83	63	89	69	56	74	74	80
0.425	60	37	75	55	42	58	58	63
0.075	45	23	54	23	21	32	32	32
LL	41	29	50	14	12	19	19	17
PI	13	7	12	NP	NP	NP	NP	NP
PI	21.5	9.1	45.1	NP	NP	NP	NP	NP
W(n) %	4	6	4	13.9	13.2	17.9	17.9	31.8
CBR %	4	6	4	17	11	9	9	4
Subgrade Soil	Silty fine sands	Silty fine sands	Clayey and silty fine sands	Silty sands with pea gravel	Silty sands with pea gravel	Sands and silty fine sands	Sands and silty fine sands	Silty or clayey fine sands
Soil Type	Silty fine sands	Silty fine sands	Clayey and silty fine sands	Silty sands with pea gravel	Silty sands with pea gravel	Sands and silty fine sands	Sands and silty fine sands	Silty or clayey fine sands
Grading	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm
19	100	83	100	95	93	92	92	-
4.75	96	72	95	84	79	81	81	95
2.00	83	63	89	67	62	71	71	91
0.425	60	37	75	35	32	51	51	74
0.075	45	23	54	15	13	23	23	54
LL	41	29	50	NP	NP	NP	NP	NP
PI	13	7	12	NP	NP	NP	NP	NP
PI	21.5	9.1	45.1	NP	NP	NP	NP	NP
W(n) %	4	6	4	13.9	13.2	17.9	17.9	31.8
CBR %	4	6	4	17	11	9	9	4

EPC Section No. : Experimental Pavement Construction Section No.

表7.3-6(2) 土質試驗結果

Survey No.	9	10	11	12	13	14	15
Type	DBST	BMP	BMP	BMP	AC	AC	AC
Pavement Condition	Bad	Fail to Bad	Fail to Bad	Bad	Very Good	Fail to Bad	Fail to Bad
Road Section	EPC Section No. 4	Tagaytay to Mendes	Tagaytay to Mendes	Macadam stone base	Puerto Azul	EPC Section No. 5	EPC Section No. 5
Base Course	Crushed stone, Sand and silt	Macadam stone base	Macadam stone base	Macadam stone base	Crushed stone, Sand, silt-clay	Crushed stone, Sand, silt-clay	Rock fragments, Sand-silt-clay
Material Type	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm
Grading	100	81	83	80	90	100	93
19	79	46	51	41	74	80	83
4.75	49	25	20	21	55	51	56
2.00	38	18	18	15	47	43	45
0.425	23	10	7	6	30	27	26
0.075	9	5	4	2	16	14	16
LL	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CBR %	78	-	-	-	61	45	37
Subbase Course	Silty sand with pea gravel	Rock fragments, Sand and silt	No Subbase	No Subbase	Silty sand with gravel	Crushed rock, Sand and silt	Silty sands with pea gravel
Material Type	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm	Grading 37.5 mm
Grading	100	100	92	95	92	95	95
19	97	65	78	85	78	87	85
4.75	82	45	57	69	57	73	69
2.00	80	35	41	51	41	67	51
0.425	39	16	21	40	21	40	30
0.075	18	11	11	16	11	16	14
LL	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CBR %	15	20	29	11	29	11	19
Subgrade Soil	Silty or clayey fine sands	Silty fine sands	Silty or clayey fine sands	Silty fine sand	Silty fine sand	Silty fine sand	Silty or clayey fine sands
Soil Type	Grading 19 mm	Grading 19 mm	Grading 19 mm	Grading 19 mm	Grading 19 mm	Grading 19 mm	Grading 19 mm
Grading	100	85	96	95	93	99	100
19 mm	94	74	93	78	77	91	96
4.75	86	64	88	70	68	85	92
2.00	64	44	76	57	48	70	83
0.425	43	30	66	46	31	53	71
0.075	NP	NP	NP	NP	NP	NP	42
LL	NP	NP	NP	NP	NP	NP	12
PI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	31.6
W(n) %	23.6	20.0	44.0	20.1	8.3	32.1	5
CBR %	6	10	7	5	8	6	5

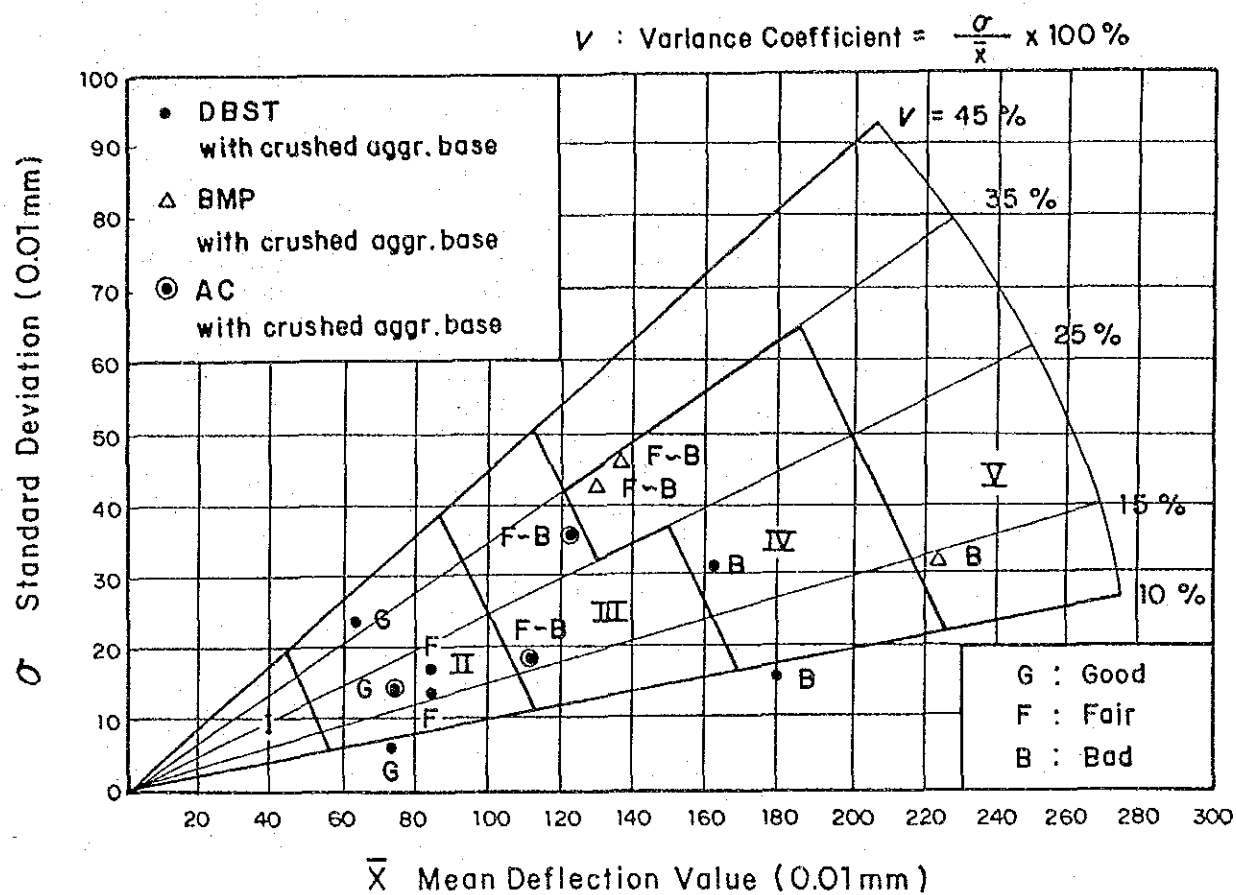
7.3.4 舗装損傷の分析

(1) 舗装損傷とたわみの関係

DBST、BMPおよびACの良好、普通、不良の各区間において舗装の構造的な機能を検査し、たわみ量の平均値、標準偏差値、変動係数を計算し、たわみと舗装路面状況の評価との関係が図7.3-3のようにもとめられた。

舗装路面の比較的良好区間ではたわみ量が少なく、舗装路面の悪い区間ではたわみ量が多いことが観測された。また、供用年数の長い区間ほどたわみ量も多いことが観測された。舗装面のたわみと構造的な機能との関係は下記のように要約される。

Surface Condition	Deflection Value (0.01 mm)	Structural Performance
Good to Fair	< 100	Adequate
Fair to Bad	100 - 140	Requires maintenance work according to deterioration condition, by sealing, seal coat, AC patching, or partial replacement.
Fair to Bad	140 - 200	Requires partial replacement of deteriorated portions, then followed by an AC overlay.
Bad	> 200	Requires total reconstruction.



Evaluation on the Surveyed Pavements

Zone	Structural Performance Evaluation
I	Maybe no existence or over design
II	Shows adequate structural performance
III	Requires sealing, seal coat, AC patching partial replacement according to distress level.
IV	Requires partial replacement of structural distressed portion, then AC overlay
V	Requires total reconstruction

図7.3-3 たわみ量と舗装路状況の評価

DBSTの区間ではさらに詳細に分析し、下記のような結果が得られた。

	DBST Pavements in		
	Good Condition	Fair Condition	Bad Condition
Surface Course	DBST with Seal Coat	DBST with Seal Coat	DBST with Seal Coat
Base Course	15 cm Crushed Stone	15 cm Crushed Stone	15 cm Crushed Stone
Subbase Course	10-15 cm granular material	10-15 cm granular material	10-15 cm granular material
CBR	8 %	5-8 %	3-5 %
Traffic (ADT)	268	948	948

舗装路面の状況が良好、普通、悪いの各区間におけるベンケルマンビームのたわみ量を図7.3-4に示した。この図から舗装路面のコンデションとたわみ量との関係を下表のように要約できる。

Surface Condition	Structural Adequacy	$\bar{X}$	σ	$\bar{X} + S$
Good	Adequate, Repair not required.	68.8	18.2	87.0
Fair	Needs sealing, seal coat, AC patching	84.0	17.3	101.3
Bad	Needs overlay with AC, replacement for structurally deteriorated portion.	166.5	26.4	192.9

$\bar{X}$: mean value in 0.01 mm
 σ : standard deviation

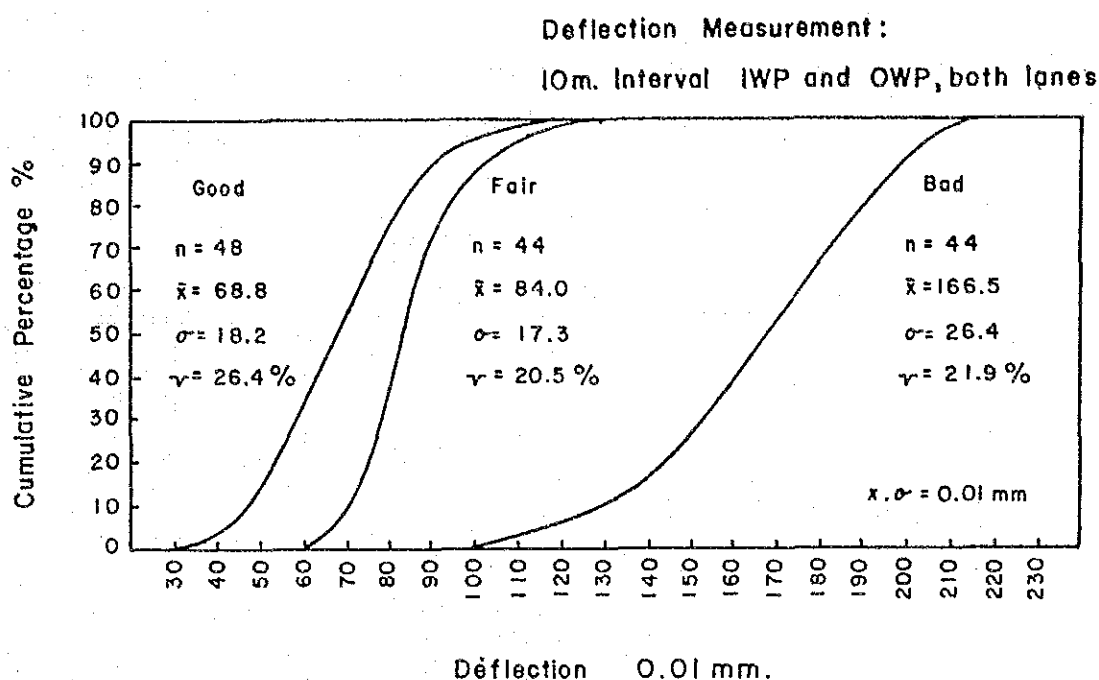


図7.3-4 DBST舗装におけるたわみ量

Surveyed DBST Pavement Surface Conditions

Surface Condition Rating		Good	Fair	Bad
Survey Location		Alfonso to Gen. Aguinaldo Road	Gen. Trias to Amadeo Road	
			EPC Sec. No 3	EPC Sec. No. 4
Survey Length		2 @ 50 m	2 @ 50 m	2 @ 50 m
Surface Distress	Cracks	— %	15.3 %	10.1 %
	Potholes	— %	0.2 %	1.4 % *
	Patching	— %	— %	4.0 %
	Abrasion	7.1 %	13.4 %	19.6 %
	Depression	— %	— %	9.7 % *
Longitudinal Roughness σ	Right Lane	2.9, 1.9 mm	4.5, 2.8 mm	3.3, 2.2 mm *
	Left Lane	1.4, 1.7 mm	3.3, 2.8 mm	2.2 4.0 mm *
ADT as of June 1988		268	948	
DBST Pavement Road Construction Completion Year		Oct. 1983	Aug. 1983	

* Some potholes and depressions were patched and roller compacted several days before.

(2) ラフネスとたわみの関係

ラフネス値の程度とたわみ量の大きさの関係を図7.3-5に示す。たわみの大きい所ではラフネス値も大きく、舗装の状態が悪いが、たわみ量が小さい所ではラフネス値は小さく、舗装の状態は良い。

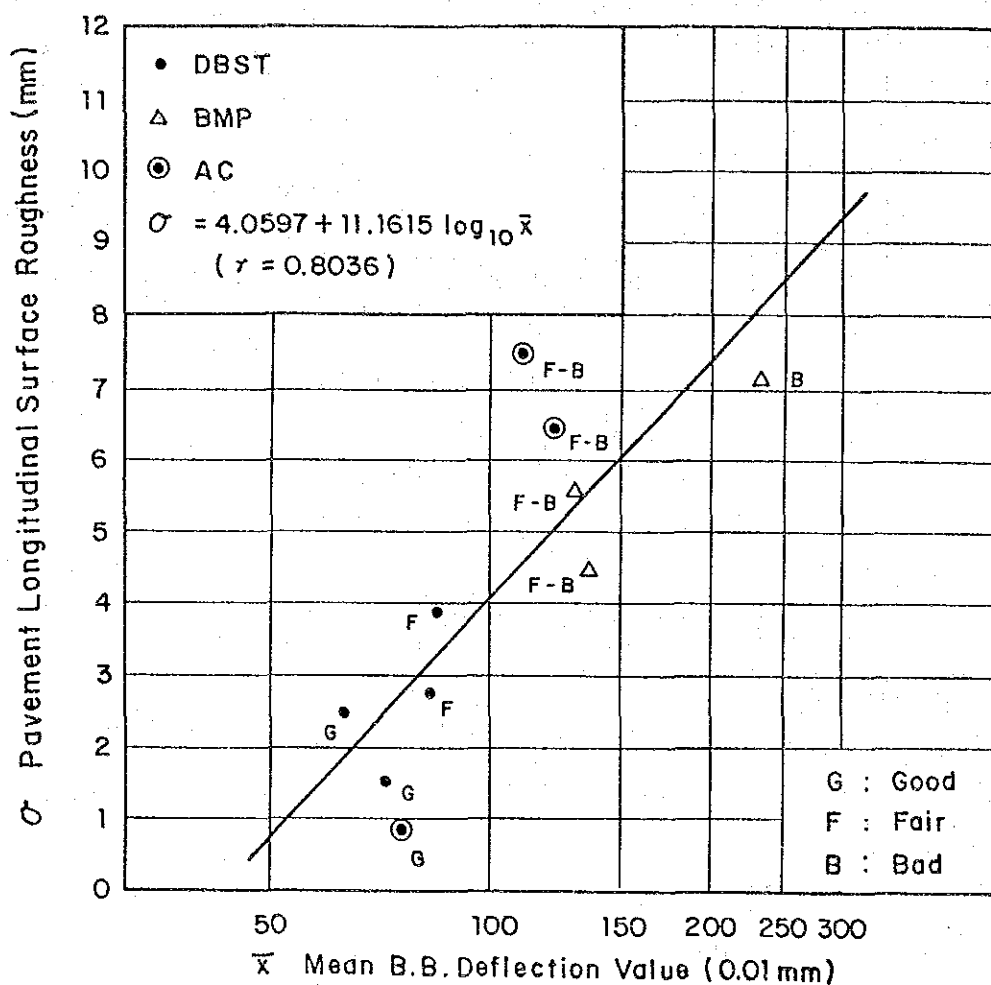


図7.3-5 縦方向ラフネスとたわみ量の関係

(3) 舗装のサービス性能

舗装のサービス性能の低下の要因となるものに交通量、路床材料の状態、供用年数、天候などが考えられる。この調査では路床材料の支持力の低下と繰返し交通による舗装サービス性能の低下をAASHTOのをたわみ性舗装設計の基本公式を使って解析してみた。

次のような代表的解析モデルを設定し理論的な解析を試みた。

舗装構造と舗装構造指数SN

Traffic	Pavement Structure						Total Thickness	SN
	Surface		Base		Subbase			
Low	DBST	1.5cm	CS	10cm	AG	10cm	21.5cm	1.0
Low	DBST	1.5	CS	15	AG	10	26.5	1.5
Medium	AC	5	SC	15	AG	10	31	2.0
Heavy	AC	10	SC	15	AG	10	35	3.0
Heavy	AC	10	ATB	15	AG	10	40	4.0
Extra Heavy	AC	10	ATB	15	CTSB	15	46	5.0

CS : Crushed stone base

AG : Aggregate subbase

ATB: Asphalt treated base

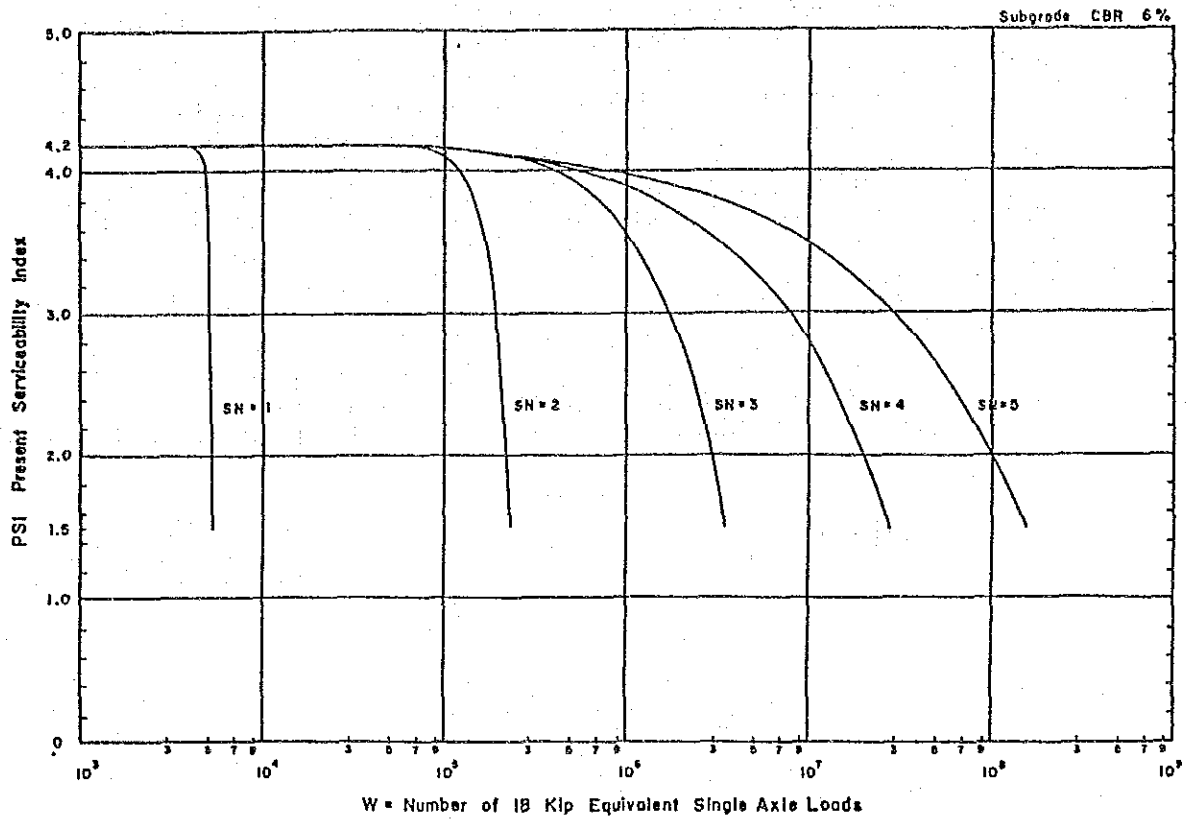
CTSB: Cement treated subbase

図7.3-6にPSI低減曲線を、図7.3-7に最終サービス性能指数2.5と1.5における舗装構造指数(SN)とESALとの関係をそれぞれ示した。

表7.3-7 舗装構造指数とESAL

SN	Number of ESAL (W)			
	(1)	(2)	(3)	(3)/(1)*100
	W Pt=2.5	W Pt=1.5	W Pt=1.5 - W Pt=2.5	
1.0	5.18×10^3	5.26×10^3	0.08×10^3	1.5
1.5	4.05×10^4	4.25×10^4	0.20×10^4	4.9
2.0	2.09×10^5	2.34×10^5	0.25×10^5	12.0
2.5	7.09×10^5	9.91×10^5	2.01×10^5	25.4
3.0	2.37×10^6	3.46×10^6	1.09×10^6	46.0
4.0	1.38×10^7	2.79×10^7	1.41×10^7	102.1
5.0	6.10×10^7	1.54×10^7	9.30×10^7	152.5

PSI Decrease vs. Wheel Loads Repetition



PSI = 2.5 Level Rehabilitation Work such as Bituminous Overlay will be required for Main Highways
 PSI = 2.0 Level Rehabilitation Work such as Bituminous Overlay will be required for Rural Roads
 PSI = 1.5 Level Reconstruction will be required

図7.3-6 たわみ性舗装のサービス性能低下曲線（AASHTOの式による）

Example of Pavement Structure and Structure Number SN

SN=1.0	DBST Low Traffic Pavement	15 x 0.20	SN
	Aggr. Base 10 cm	10 x 0.14	
	Aggr. Subbase 8 cm	8 x 0.10	
		2.50/2.54=1.0	

SN=1.5	DBST Low Traffic Pavement	15 x 0.20	SN
	Aggr. Base 15 cm	15 x 0.14	
		14 x 0.10	
	Aggr. Subbase 14 cm	3.80/2.54=1.5	

SN=2.0	Medium Traffic Pavement	5 x 0.40	SN
	As. Con. 5 cm	5 x 0.40	
	Aggr. Base 15 cm	15 x 0.14	
	Aggr. Subbase 10 cm	11 x 0.10	
		5.10/2.54=2.0	

SN=3.0	Heavy Traffic Pavement	4 x 0.40	SN
	As. Con. 4 cm	4 x 0.40	
	As. Con. 6 cm	6 x 0.40	
	Aggr. Base 15 cm	15 x 0.14	
	Aggr. Subbase 10 cm	15 x 0.10	
		7.60/2.54=3.0	

SN=4.0	Heavy Traffic Pavement	4 x 0.40	SN
	As. Con. 4 cm	4 x 0.40	
	As. Con. 6 cm	6 x 0.40	
	As. Treated Base 15 cm	15 x 0.14	
		15 x 0.10	
		10.10/2.54=4.0	

SN=5.0	Extra Heavy Traffic Pavement	4 x 0.40	SN
	As. Con. 4 cm	4 x 0.40	
	As. Con. 6 cm	6 x 0.40	
	As. Treated Base 15 cm	15 x 0.30	
		21 x 0.20	
		12.70/2.54=5.0	
	Cem. Treated Subbase 21 cm		

上記の解析から低いSNの舗装では急速にサービス性能が低下することが分かる。従ってSNが高い舗装に比べ、寿命の短い他SNの舗装では、適度なサービス性能を維持するため、適切な時期に舗装の強化をする必要があると考えられる。

図7.3-7にサービス性能低下に及ぼす路床材料の支持力の影響を示した。この図からSN=1.5の舗装を取り出し、まとめたものを下表に示す。これから分るとおり路床材料の支持力に大きく影響されていることが分かる。

CBR of Subgrade	Number of ESAL at Pt=1.5	
3%	8.51×10^3	(1.00)
6%	42.5×10^3	(4.99)
10%	139×10^3	(16.3)

(4) たわみ性舗装の構造的破壊

舗装の表層材の役割は交通荷重によってもたらされる応力及びすりへり作用に抵抗し、雨水の浸透を防ぎ、平坦で滑りにくく快適な走行を保持するものである。上層および下層路盤は路床に集中的な力が加わって破壊しないよう荷重を分散するのがおもな役割である。舗装材料の機能的役割から舗装破壊はつぎのように分類される。

- ・ 構造的破壊
- ・ 表層の損傷からもたらされる破壊

a) 構造的破壊

構造的破壊とは、舗装を構成する一つ以上の層が交通荷重により破損し舗装構造全体が路面にかかる荷重を支持できなくなる破壊である。図7.3-8にたわみ性舗装における応力の分布と深さの関係を示す。

舗装表面部において車両荷重による応力は最も高く、下層に行くに従って減少する。深さ t_1 における応力は σ_1 で深さ t_2 における応力は σ_2 すると、強度が σ_1 以上ある路床に敷設する舗装全体の厚さは t_1 で済むことになり、 σ_2 しかないとする舗装厚は t_2 以上必要になる。深さが増すにしたがって応力も減少するので、舗装の上層部には良質の材料を使用し、路床に近い下層部には低い材質のものを使用するのが一般的である。

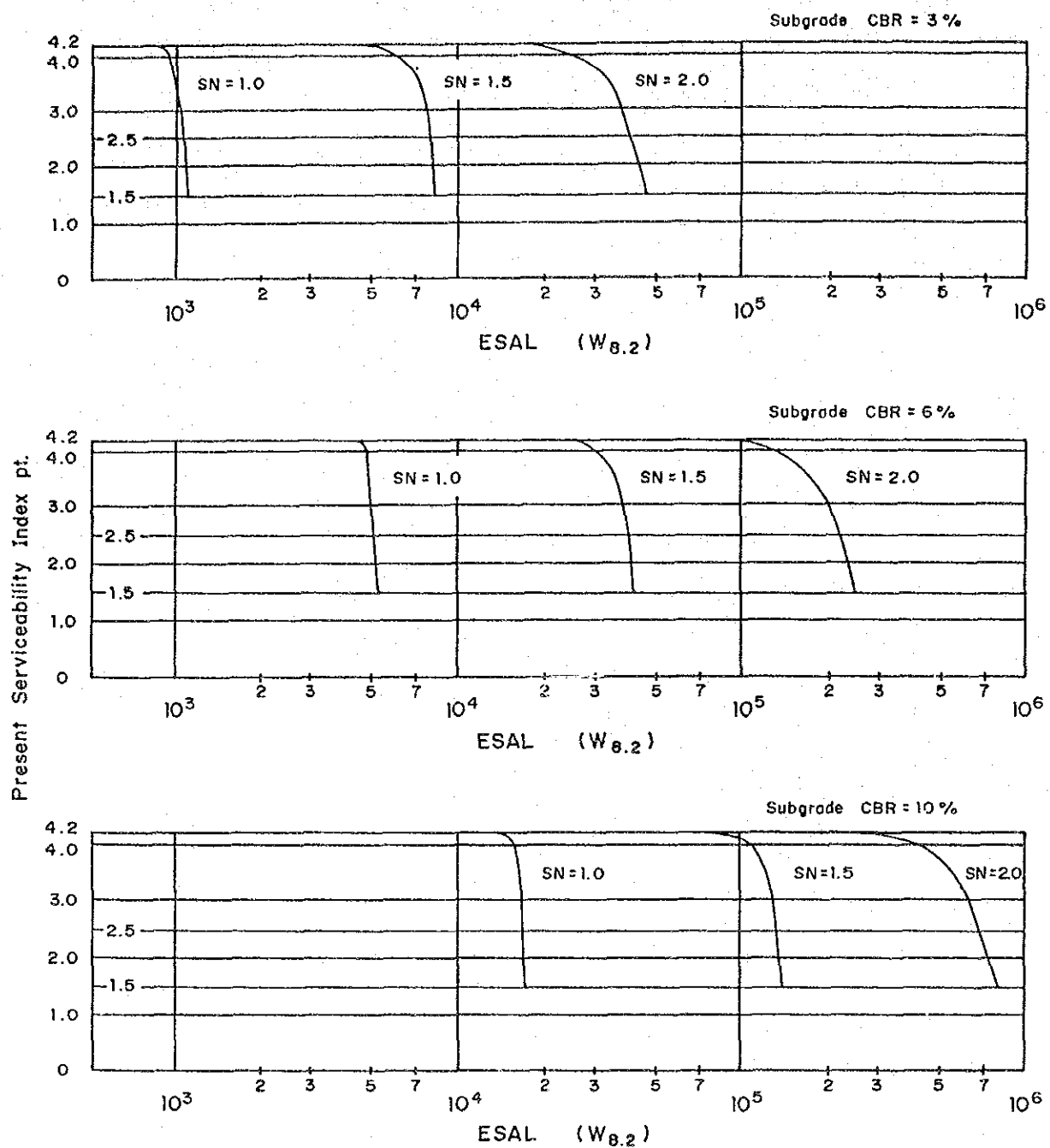


図7.3-7 サービス性能低下曲線

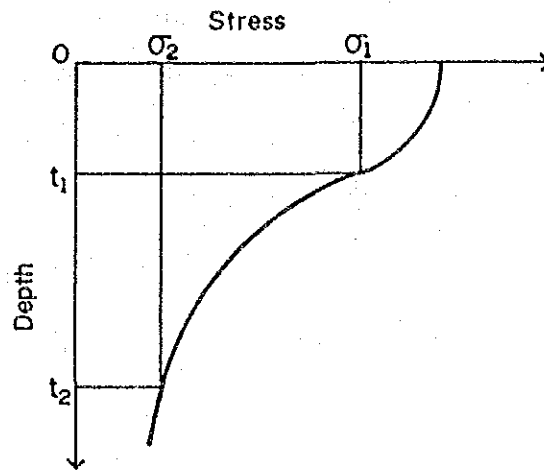


図7.3-8 たわみ性舗装路盤の応力分布

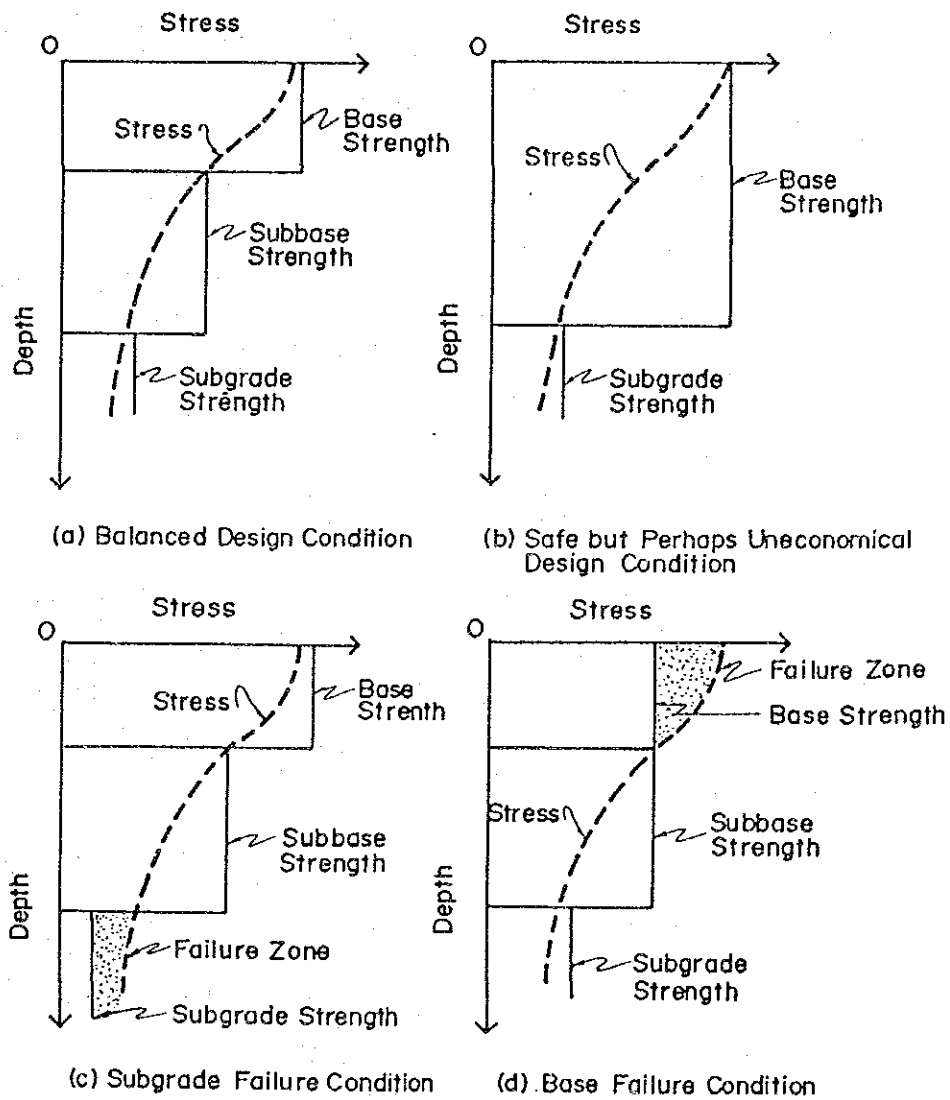


図7.3-9 たわみ性舗装路盤の応力と路盤材の関係

図7.3-9(a)は路床から表層に至る各層に、順次高い材質のものが使用される設計を示したものである。品質の高い層がアスファルト舗装の上層路盤となればよいので、図7.3-9(b)のように舗装厚全体にわたって上質の材料を使うことは不経済となる。図7.3-9(c)と図7.3-9(d)に低品質の材料による路床の破壊と上層路盤の破壊をそれぞれ表した。

b) 表層の破壊

表層の機能として必要なことは、舗装路面に直接かかる車両荷重によるせん断力に耐え路面の安定性を保ち、雨水が路盤に浸透し材料が劣化するのを防ぎ、様々な気象条件においても安定な表層性能を保つことである。

(5) 舗装損傷の原因

表層の破壊とその原因については舗装の種類ごとに以下の項で述べる。

a) 砂利道

i) 舗装構造

調査した3つの区間の舗装厚は7 cmから15 cmで、CBR値は3から6 %であった。極端に舗装面の悪化している箇所がセクション3に観測された。

ii) 表層砂利の品質

セクション3の材料検査の結果は下記の通りであった。

表層砂利の品質検査結果

Item	Gravel Surface No. 3	DPWH Spec. 300 Grading
Max. size	50 mm	25 mm
Gravel <4.75 mm	31 %	35 - 65 %
Sand 4.75 - 0.075 mm	31 %	
Silt/Clay 0.075 mm	22 %	4 - 15 %
LL	NP	< 35
PI	NP	4 - 9
CBR	14 %	-

図7.3-10 表層砂利の粒度分布

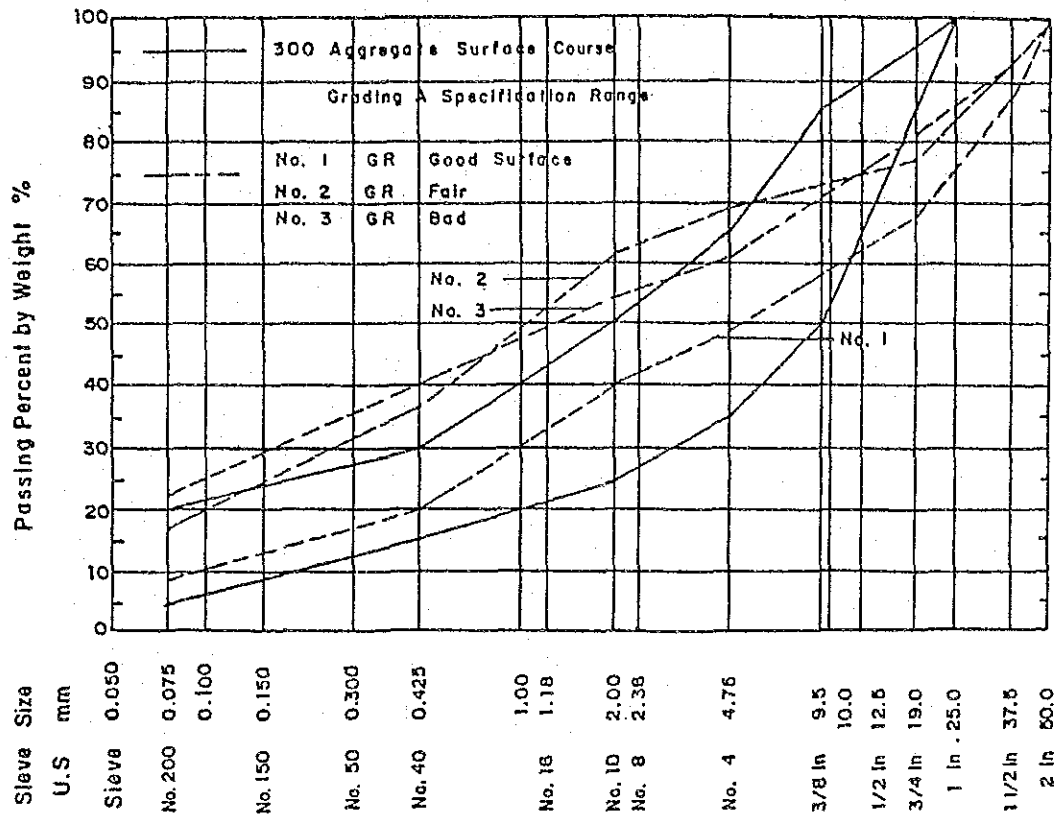


表7.3-8 表層砂利の検査結果

Surface Condition Rating		Good	Fair	Bad
Survey No.		No. 1	No. 2	No. 3
Location		Magallanes to Maragondon Rd.		Jct. Alfonso to Magallaness Rd.
ADT		80		106
Distress	Cracks	— %	— %	8.9 %
	Potholes	— %	— %	— %
	Abrasion	— %	— %	— %
	Deformation	— %	— %	33.6 %
	Depression	8.6 %	9.0 %	40.3 %
Roughness σ	Right Lane	5.9 mm	9.7 mm	9.7 mm
	Left Lane	4.4 mm	9.0 mm	14.1 mm
Benkelman Beam $\bar{X}$		86	112	132
Deflection (0.01mm) σ		22	26	36
Subgrade Soil Condition		Silty or clayey fine sands CBR = 4 ~ 6 %		Silt and clay CBR = 3 ~ 4 %
Time from last regroding operation		About one month		Not known
Rutting , Longitudinal uneveness , Corrugation				

砂利道の材料の重要な性状は、次の2点である。

- ・材料の粒度分布すなわち砂利、砂、シルト、粘土の配合比
- ・0.425mmのふるいを通過する細粒土の塑性

適切に粒度調整され適度な塑性をもつ細粒土を含んだ表層材料は骨材表層上に直接作用する交通荷重に対して、せん断抵抗力、粘着力及び摩擦抵抗力に優れている。

iii) 破壊の原因

- ・表層クラック（2mm以下）

粘土分を多く含んだ材料は乾季に乾燥収縮によるクラックが発生する。

- ・わだち堀、縦方向の不陸、波状不陸

不適切な粒度分布及び細粒土部の、粘着力が不足すると砂利層として必要な結合性と耐せん断力が低下して、次第に骨材粒子が分離する。

- ・亀甲状クラック、沈下

この種の損傷は路床のCBRが3%程度の道路でよく観測された。支持力不足の路床上に直接に砂利層表層を設けたための路床からの破壊である。

b) 二層式アスファルト散布表面処理（DBST）

表7.3-9に調査の結果と破損の原因について示した。

i) 舗装構造

二層式アスファルト散布表面処理（DBST）は6つの区間で調査を行い、下記のような舗装構造であった。

表層	DBSTとシールコート
上層路盤	15cm厚 碎石と砂の混合材
下層路盤	10cm厚 碎石と砂の混合材
路床	CBR値は4から17%

上記のDBST舗装は建設されてから6年を経過していた。

表7.3-9 舗装路面調査の結果と損傷の原因: DBST

I t e m	DBST in Good Condition		DBST in Fair Condition		DBST in Bad Condition	
	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9
Section No.						
ADT (Vehicle/day)	268	268	654	654	654	654
Period in Service	6 years	6 years	6 years	6 years	6 years	6 years
Subgrade CBR (%)	17	11	8	5	4	6
Deterioration						
Cracks (%)	-	-	-	-	10.3	10.1
Patching (%)	-	-	-	-	4.0	3.9
Abrasion (%)	5.6	12.5	21.9	8.7	16.5	22.6
Depression (%)	-	-	-	-	5.3	8.0
Other Distress (%)	-	-	6.5	20.3	-	-
Roughness (σ) (mm)	2.4	1.5	3.9	2.8	2.8 *	3.6 *
B. B. Deflection (0.01mm)	84	74	85	83	119	162
Description of Condition and Causes of deterioration	The surface texture is dense, smooth and water-proof like a well finished asphalt concrete surface. The aggregates and binder of the DBST layer are properly applied, and by test pit excavation, the layer was found to have sufficient flexibility. Skill for binder and cover aggregate application work is adequate. Benkelman Beam deflection value is very low. It was confirmed that a well constructed DBST pavement has a performance period of more than 6 years under low-volume traffic and good subgrade conditions.					
	Both good surfaces and deteriorated surfaces exist. The causes of surface deterioration are: (i), partial weak subbase materials, and (ii) insufficient binder and cover aggregate application. The pavement structure is DBST with a 15 cm base course and 10 cm subbase course. The number of years in service is 6 years. B.B. deflection values show that this pavement structure has good structural adequacy. However, due to the above deterioration, an asphalt concrete overlay is required to prevent further progress of surface deterioration. Therefore, it can be said that the performance period up to overlay rehabilitation for this DBST structure under medium-volume traffic and fair subgrade condition is about 6 years.					
	Some potholes and depressed area were patched and roller compacted several days before this survey. Alligator cracks and depressions due to subgrade failure caused by partially weak subgrade soil were found where the underground water table is high in areas close to rice fields. DBST work skill is insufficient. B.B. deflection value shows that the present pavement structure of DBST with 15 cm base course and 10 cm subbase course has poor structural adequacy. Therefore, reconstruction is required. In this case, the performance period up to reconstruction is 6 years.					

ii) 上層路盤と下層路盤の材質

上層路盤の粒度分布は適度なものであった。塑性指数はNPの場合が多く、CBRの値は67から82%であった。

iii) DBST材料

バインダー	アスファルト乳剤DBST用		
	カットバックアスファルトシールコート用		
カバー碎石	碎石	3/4in. (20~10mm)	DBST第1層用
	碎石	3/8in. (10~5mm)	DBST第2層用
	砂	1/4in. (6~0mm)	シールコート用

材料使用量

層	バインダー	カバー碎石
DBST 第1層	1.3 ~ 1.4 ℓ / m^2	18kg / m^2
DBST 第2層	1.6 ~ 1.8 ℓ / m^2	11kg / m^2
シールコート	1.0 ℓ / m^2	6kg / m^2

上記のデータはDBSTの建設報告書から得られたものである。

表7.3-10はDPWIIの標準示方書に規定されているDBSTの使用材料の割合を示したものである。

iv) 二層式アスファルト散布表面処理

アスファルト表面処理はアスファルト乳剤から液状アスファルトまでの各アスファルト材料と骨材の散布施工による表面処理の総称で、普通舗装厚は25mm以下である。

一層式アスファルト散布表面処理とは路盤の上にアスファルト材料を散布し、この上に粒径の揃った碎石を一層に敷きならべたものをいう。

二層式アスファルト散布表面処理とはこの表面処理を二層にわたって行うもので、二層目の碎石の最大粒径は一層目の半分程度で、舗装の全体厚は一層目の碎石の最大粒径とほぼ同じである。二層式処理の方が一層式処理より密度の高い表層ができるので、耐水性と強度に優れている。二層式処理の寿命は、大きな補修なしに5年から10年は確保できるものと期待できる。二層式処理の品質は材料の選定と、施工管理の良否、天候に大きく影響される。

表7.3-10 DBST材料の使用量 (DPWH標準示方書)

Sequence of Operations	Bituminous Materials lit/m ²	Aggregate kg/m ²
First Layer :		
Bituminous Materials	1.58	
Application		
Aggregates Spreading		27.20
Grading B (10-5 mm)		
Second Layer :		
Bituminous Materials	2.04	
Aggregates Spreading		10.88
Grading B (5-2 mm)		
Totals :		
Bituminous Materials	3.62	
Cover Aggregate		38.08
Aggregate Specific Gravity :	2.65	

高い品質を確保するための留意点

- ・ アスファルトと碎石を均一に散布し、一定の厚さの表層を形成すること。一般にアスファルト散布量は各層0.6から1.8 ℓ/m^2 (0.6から1.8mm厚) 程度である。
- ・ アスファルトの散布後、粘性が低下しないうちにすみやかにカバー碎石を散布すること。
- ・ バインダーと碎石の間に均等な吸着ができるよう、カバー碎石の粒径がそろっていること。
- ・ 碎石とアスファルトの付着を良くするため、碎石には不純物が混入しないこと。

表面処理に使われるアスファルト材料の種類を表7.3-11に示す。このアスファルト材料に要求される品質は、

- ・ 散布しやすく、均等に流れるよう、流動性に富んでいること。
- ・ 散布カバーした碎石によく付着する粘性を保有すること。
- ・ 散布後速やかに付着力を発現すること。

表7.3-11 表面処理用のアスファルト材料

Types of Construction	Asphalt Cements		Liquid Asphalts																							
	120/150	200/300	Rapid Curing (RC)				Medium Curing (MC)				Slow Curing (SC)				Emulsified (Anionic)				Emulsified (Cationic)							
			70	250	800	3000	30	70	250	800	3000	70	250	800	3000	RS-1	RS-2	MS-2	SS-1	SS-1h	CRS-1	CRS-2	CMS-2s	CMS-2	CSS-1	CSS-1h
Surface Treatments With Cover Aggregates	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X			X	X					
Seal Coats	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				X	X		X ¹	X ¹	X	X				X ¹	X ¹
Slurry Seal																		X	X						X	X
Fog Seal																			X ²							X ²
Tack Coat			X												X ²		X ²	X ²	X ²					X ²	X ²	
Prime			X	X			X	X	X			X	X													
Dust Laying							X	X				X					X ²								X ²	

¹ SS grades can be used when sand is used for cover.

² Water diluted.

v) 破壊の原因

最も頻繁にみられる破壊には次のものがある。

・ ひびわれ

弱い路床により舗装全体の支持力が低下したために起こる。

・ 亀甲状クラック、沈下

地下水位が高く路床の支持力が低下したために起こる。

・ 剥離

シーラントの磨耗により砕石とアスファルトが分離することにより起こる。

バインダーの散布量が十分でなかったり、未熟な散布法によることが多い

c) 浸透式アスファルトマカダム

表7.3-12に調査の結果と破損の原因について示した。

i) 舗装構造

浸透式アスファルトマカダム (BMP) の調査は3つの区間で行われ下記のような舗装構造であった。

表7.3-12 舗装路面調査の結果と損傷の原因: BMP舗装

I t e m	BMP Pavement in Fair to Bad Condition		BMP Pavement in Bad Condition	
	No. 10	No. 11	No. 12	
Section No.				
ADT (Vehicle/day)	668	668	668	
Prior in Service	8 years	8 years	8 years	
Subgrade CBR (%)	10	7	5	
Deterioration				
Cracks (%)	5.9	4.6	10.5	
Patching (%)	7.3	4.0	23.4	
Abrasion (%)	-	4.5	4.1	
Depression (%)	7.6	7.6	14.6	
Roughness $-\{ \sigma \}$ (mm)	4.3	5.7	7.1	
S. B. Deflection (0.01mm)	138	131	233	
Description of Condition and Causes of deterioration	Because of many patched areas and depressions, the riding quality is bumpy. However, most part of the surface shows a dense and waterproof surface texture. The "good" BMP layer has adequate flexibility and the asphalt in the layer that was observed by test pit excavation has not aged. The cause of depression due to partial weak subgrade soil was also observed. The Benkelman Beam deflection value is high, calling for an overlay with asphalt concrete. If properly constructed, it is anticipated that BMP surface course would have an adequate performance period of about 8 years under medium-volume traffic.			
	The surface in this location is severely deteriorated and riding quality is very bumpy. B.B. deflection is great. Reconstruction is required, for the reason that: (i) The absence of a subbase course has caused structural failure. (ii) BMP surface course abrasion because of aging and oxidation of the asphalt in the layer due to less amount of asphalt application.			

表層	BMP	3 cm～4 cm厚
上層路盤	水締めマカダム	5 cm～10 cm厚
下層路盤	区間No. 10 クラシャーラン	14 cm厚
	区間No. 11 & 12 路盤なし	

施工後 8 年を経過している。

ii) 上層路盤と下層路盤の材料

BMPの路盤材料には最大粒径50mmの碎石が使われていた。

iii) 表層の材料

アスファルト材料 ストレートアスファルト 80/120

碎石

主碎石 30～10mm

くさび碎石 20～10mm

目潰し碎石 5～3mm

iv) 浸透式アスファルトマカダム

あらかじめ施工された路盤の上に最大粒径50mmから30mmの主碎石を敷き並べ転圧した後、アスファルトを散布し主碎石に浸透させる。次に粒径20mmから10mmのくさび碎石を敷き並べ転圧し、アスファルトを散布浸透させ、これを1回以上繰返す。最後に粒径5mmから3mmの目潰し碎石を敷き並べ転圧して仕上げる。以上がBMPの一般的な作業手順である。アスファルトや碎石の散布量は国によってまちまちである。表7.3-13にDPWHの標準示方書に規定されている散布量を示す。

アスファルト材料はおもに下記のものが使われている。

ストレートアスファルト 針入度 100-120, 120-150, 150-200

カットバックアスファルト MC-800, MC-3000, RC-800, RC-3000

アスファルト乳剤 カチオンアスファルト乳剤

通常、粘性の高いアスファルト材料は気温の高い地方か、交通量の多い道路に用いられる。

表7.3-13 BMP舗装のアスファルト、碎石散布量

	Bituminous Material lit/m	Aggregate kg/m		
		Coarse (50-13mm)	Key (13- 5mm)	Cover (10- 3mm)
First Spreading First Applicatoin	4.0	90		
Second Spreading Second Application	1.8		13	
Third Spreading Third Application	1.4		11	
Fourth Spreading				8
Total	7.2		122	

v) 損傷の原因

BMP舗装は8年程度前まで施工されていたが、加熱混合アスファルトコンクリート舗装の普及により以後ほとんど用いられなくなった。

損傷の原因は下記のとおりである。

ー クラック

表層アスファルトの粘着力が低下し、せん断抵抗力和安定性を失うために起こる。不十分なアスファルト散布による酸化と老化が原因と思われる。

ー 表層の変形

碎石の敷き並べが適切でなかったため、せん断抵抗力和むらが生ずるために起こる。

また、主碎石及びくさび碎石の敷き並べが適切でなかったり、アスファルトの散布量が多すぎたりして碎石間の固着が十分でないのも原因と思われる。

ー 亀甲状クラック、沈下

軟弱な路床による路体の破壊が原因と思われる。

d) アスファルトコンクリート舗装

表7.3-14に調査の結果と破損の原因について示した。

i) 舗装構成

アスファルトコンクリート (AC) の調査は国道でADTが2,000以上の3つの区間で実施した。舗装構成は下記の通りであった。

表層	密粒アスファルトコンクリート、	6cm～8cm
上層路盤	碎石	7cm～8cm
下層路盤	クラッシャーラン	7cm～14cm
路床 CBR		5%～8%

ii) 上層、下層路盤材の品質

上層路盤の碎石は良好な粒度分布であった。塑性指数はNP、CBR値は31から61%であった。

下層路盤の碎石は上層路盤よりも細粒度が多かった。塑性指数はNP、CBR値は11から21%であった。

iii) 表層材の品質

アスファルトコンクリートの骨材の最大粒径は19mmであった。密粒アスファルトコンクリートの標準的な粒度分布を表7.3-15に示す。バインダーには針入度60/70のアスファルトセメントが使われていた。

表7.3-15 密粒アスファルトコンクリート材の粒度分布 (DPWH標準示方書)

Sieve Designation mm	Percent Passing Sieve by Weight	
	Type D	Type F
19 (3/4 Inch)	100	100
12.5 (1/2 Inch)	95-100	—
9.5 (3/8 Inch)	74-92	—
4.75 (No. 4)	48-70	45-65
2.36 (No. 8)	33-53	33-53
1.18 (No. 16)	22-40	—
0.600 (No. 30)	15-30	—
0.300 (No. 50)	10-20	10-20
0.075 (No. 200)	4-9	3-8

表7.3-14 舗装路面調査の結果と損傷の原因: AC舗装

I t e m		AC in Very Good Condition		AC in Fair to Bad Condition	
Section No.		No. 13	No. 14	No. 15	
ADT (Vehicle/day)		1,336	2,968	2,964	
Period in Service		3 years	11 years	11 years	
Subgrade CBR (%)		8	6	5	
Deterioration					
Cracks (%)		-	22.7	25.5	
Patching (%)		-	9.5	5.4	
Depression (%)		-	15.9	13.8	
Roughness (σ) (mm)		0.9	7.7	6.4	
I. B. Deflection (0.01mm)		75	113	124	
Description of Condition and Causes of deterioration		No deterioration in this section.	The deterioration type, amount of deterioration and cause of the deterioration are mostly same as AC pavement on location No. 14. For a long lasting asphalt concrete pavement, the consideration for a design and construction of stable and durable asphalt concrete surface course should be given.		

iv) 損傷の原因

最も頻繁に観測された損傷の種類と原因を下記に述べる。

- ・クラック

車両の繰返し荷重による疲労性破壊。

建設時における安定性の不足

供用年数を越えたためのアスファルトの老化。

上層路盤及び下層路盤の支持力の不均等性。

- ・亀甲状クラック、沈下

軟弱な路床による路床の破壊

重量車両の繰返し荷重による、アスファルトコンクリートの塑性変形によって起るわだち堀れ、或いは表面流動は観測されなかった。損傷ヶ所はパッチングなどで補修されていた。

第8章 試験舗装

8.1 計画と設計

8.1.1 試験舗装施工区間の選定

(1) 選定基準

試験舗装施工の目的は様々なタイプの舗装を施工し、施工後5年間にわたって追跡調査し交通荷重にたいする機能的な供用性の変化を解析することにある。これによって、路床の状態や交通条件に応じた舗装タイプの選定や設計に関する基本的な資料を集収することを目的としている。

限られた時間内にこのような目的を達するため、試験舗装区間の選定は、つぎの基準に従って行った。

a) 施工地域の選定

- ・ 施工地域は道路や交通に関するデータが得られやすいことから、フェーズⅠ調査または今回の調査の対象プロビンスから選定する。
- ・ 建設後の経年変化調査に公共事業道路省の職員が都合良くに行ける所。
- ・ 試験舗装区間が相互に近接していること、できれば1プロビンス内にあること。
- ・ すべての区間がおなじ気候に属すること。

b) 舗装区間に必要な条件

i) 交通量

交通量によって舗装の種類を決定するのが経済的である。一般に砂利道、SBSTは交通量の低い道路に、DBSTとBMPは低交通量から中程度の交通量の道路に、ACとPCCは中程度から高い交通量の道路に使用されるので、試験舗装の区間は交通量が低い所から高い所までを選ぶ。

ii) 路床の状態

路床の状態は舗装の強度を決める重要な要因であるので、試験舗装区間には路床状態の良い箇所と悪い箇所の2種類をそれぞれの交通量に対して選定する。

c) 試験舗装区間の選定

試験舗装区間の選定基準を次の通りとした。

- ・ b) で述べた交通量と路床の状態をできる限り満足する
- ・ 既存の舗装の状態が悪いか未舗装
- ・ 建設器材を搬入できる
- ・ 所定の長さにわたって道路の状況が一定
- ・ 急な勾配や平面曲線がない
- ・ 将来極端に交通量が変化しない

(2) 試験舗装区間の選定

a) 試験舗装地域の選定

次の理由によりカビテプロビンスとその近隣が対象地域として選定された。

- ・ カビテはフェーズ I 調査の対象プロビンスで、道路及び交通量のデータがそろっている。
- ・ メトロマニラに近い。

b) 試験舗装区間の選定

数多くの候補地から図8.1-1に示す5つの区間を現地踏査の結果選定した。各区間の交通量と道路の状況は下記の通りである。

セクション1	交通量 低	路床 良
セクション2	交通量 低	路床 不良
セクション3	交通量 中～高	路床 良
セクション4	交通量 中～高	路床 不良
セクション5	交通量 高	路床 良

交通量が高く路床の弱い所は選定基準を満たすような適切な区間が見当たらなかった。

(3) 選定された区間の概要

試験舗装の施工区間に選定された道路の概要を表8.1-1に示す。

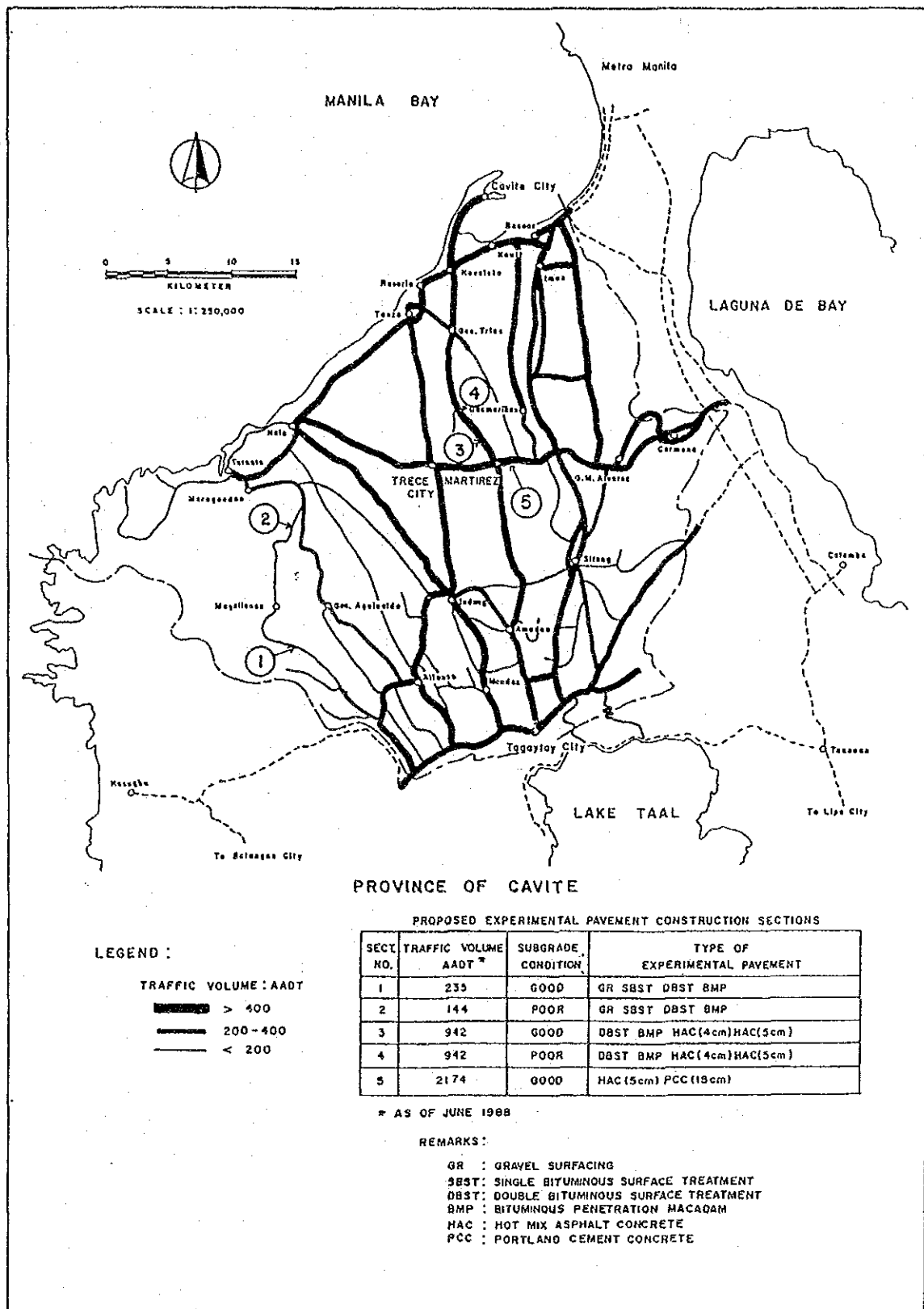


図8.1-1 試験舗装区間の位置

表8.1-1 試験舗装区間の概要

Experimental Pavement Construction Road Section No.	Road Classifi- cation	Location	Typical Cross- Section (m)	Traffic Volume (AADT)	Present Condition of Pavement	Subgrade Condition	Land Use	Remarks
No. 1	Provincial Road	Jct. Alfonso Magallanes Road	CW-6.0 ROW-12.0	174	TP-Gravel	Good	Coconut and Pineapple Plantation	Gravel Surface: In some portion, subgrade materials are appeared and outcrop boulders are seen on the surface
No. 2	Provincial Road	Magallanes- Maragondon	CW-6.0 ROW-12.0	123	TP-Gravel SC-Bad	Poor	Ricefield	Gravel Surface: Scattered potholes on surface in some portion No shoulder on both side
No. 3	Provincial Road	Gen. Trias- Jct. Carmona Trece Martirez Road	CW-6.0 Sh-2x1.25 ROW-12.0	784	TP-DBST SC-Bad Deteriorated	Good	Ricefield Residential	DBST Surface: Deteriorated with some cracks and potholes.
No. 4	Provincial Road	Gen. Trias- Jct. Carmona Trece Martirez Road	CW-6.0 Sh-2x1.25 ROW-12.0	784	TP-DBST SC-Bad Deteriorated	Poor	Ricefield	DBST Surface: Deteriorated with some cracks.
No. 5	National Road	Trece Martirez- G.M.Alvarez	CW-6.0 ROW-12.0	2,404	TP-HAC SC-Bad	Good	Sugarcane Plantation on both sides	- with scattered potholes on road surface - alligator cracks on DBST pavement

Legend: CW - Carriageway with (m) TP - type of Pavement
Sh - Shoulder (m) SC - Surface Condition
Row - Road right of way (m)

8.1.2 試験舗装モデルのタイプ

(I) 選定基準

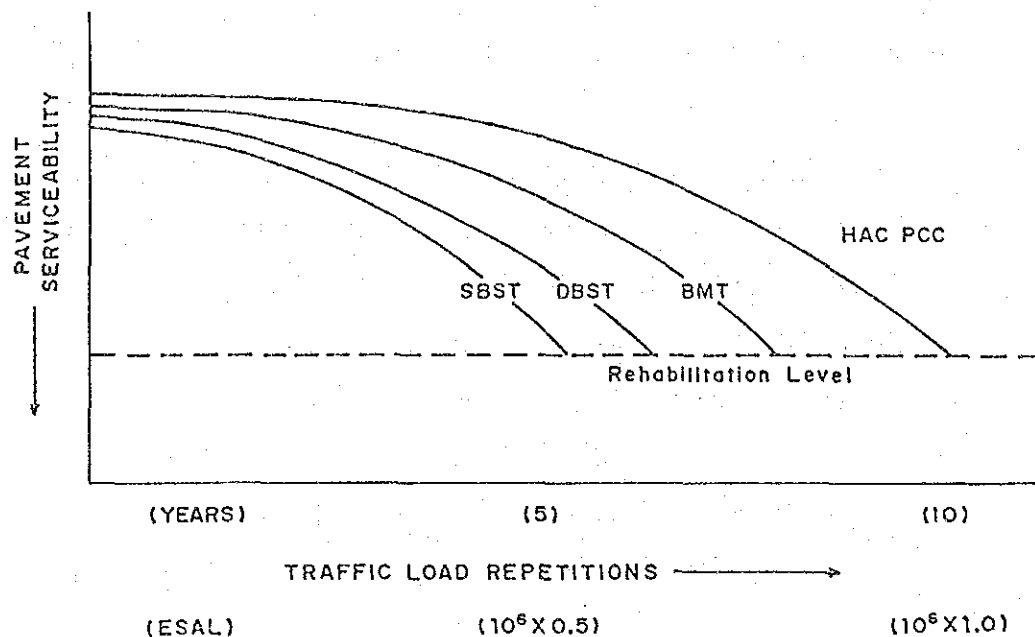
試験舗装モデルの選定にあたっては、次の点を考慮した。

- i) それぞれの舗装タイプにおいて、供用年限の決定に必要なデータが得られること。
- ii) DPWH/DLGの設計基準に交通量に対応した舗装の種類が表8.1-2のように示されている。試験舗装のモデルはこの基準をできる限り尊重する。
- iii) 経年変化調査は5年を予定しているので、この期間内で舗装の供用年限を推定できること。各舗装タイプのサービス性能の低下は図8.1-2に示した。
- iv) 7章の7.1で述べたようにSBSTとBMPはフィリピンにおいてほとんど施工されていないが、この種の舗装のより有効的な使用方法を当試験舗装で調査する。
- v) PCCの舗装厚は通常20cm以上であるが、PCCの最小厚と考えられている15cmの舗装の機能を調査する。

表8.1-2 DPWH/DLG設計基準の交通量別舗装種別

Class of Roads	AADT in Opening Year				
	Under 100	100-200	200-400	400-2000	Over 2000
Primary Major Road	GR	DBST/BMP	DBST/BMP	HAC	PCC
Secondary Major Road	GR	GR	DBST/BMP	HAC	HAC

Class of Roads	AADT in Opening Year		
	Under 200	200-400	Over 400
Collector Road	GR	DBST/BMP	HAC
Feeder Road	GR	DBST/BMP	HAC



ESAL : Cumulative Equivalent 8.2-ton Single Axle Loads

Serviceability of GR surfacing may be recovered by routine maintenance operation (once a year or so).

図8.1-2 低級舗装におけるサービス性能の低下

試験舗装は下記の理由により一区間の長さを200mとした。

i) 区間長が200m以下の場合

- ・舗装の機能がその区間の特異的な条件によって変わり、普遍的な成果が得られない。
- ・試験舗装の両端は隣り合う舗装の影響を受けやすく、200mの区間においても実質150mしか調査対象とならない。

ii) 区間長が200m以上の場合

交通量、路床の状態、排水状態とも同一な区間を、長い距離に渡って確保することは困難である。

(2) 試験舗装モデルの選定

下記の5つの区間が試験舗装に選定された。

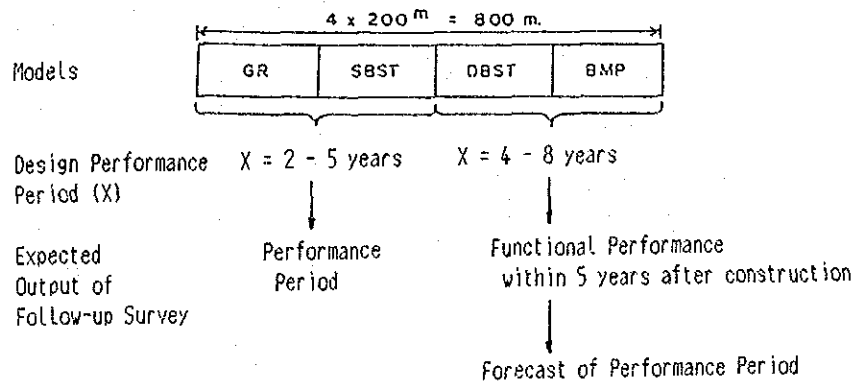
セクション1	交通量	低	路床	良
セクション2	交通量	低	路床	不良
セクション3	交通量	中	路床	良
セクション4	交通量	中	路床	不良
セクション5	交通量	高	路床	良

各区間の試験舗装タイプの概要を表8.1-3に示す。上記の各区間に以下に示すタイプの舗装を建設した。

セクション No. 1

AADT=170, Heavy Vehicle=14/day

Subgrade condition=good



セクション No. 2

AADT=120, Heavy Vehicle=12/day

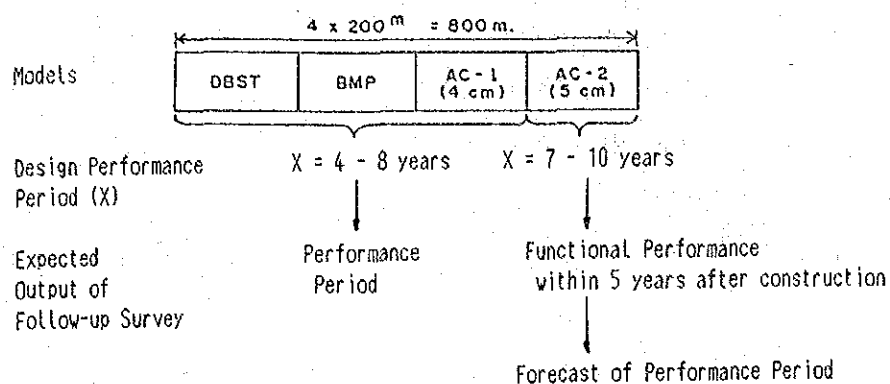
Subgrade condition=poor

舗装モデルはセクション1と同様とした。

セクション No. 3

AADT=780, Heavy Vehicle=50/day

Subgrade condition=good



セクション No. 4

AADT=780, Heavy Vehicle=50/day

Subgrade condition=poor

舗装モデルはセクション3と同様とした。

セクション No. 5

AADT=2,400, Heavy Vehicle=390/day

Subgrade condition=good

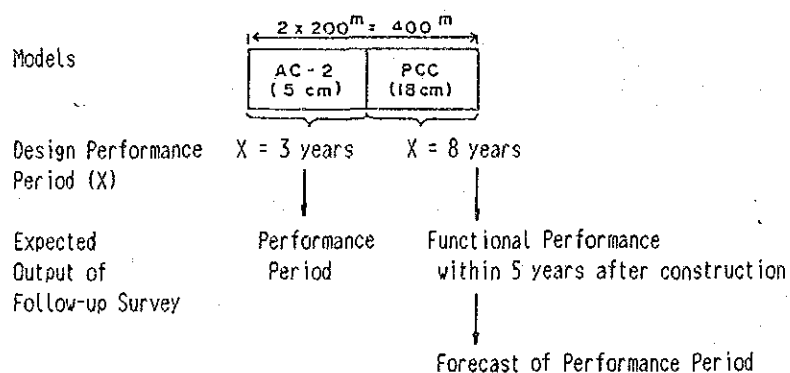


表8.1-3 試験舗装モデルの概要

Road Section	Traffic Condition	Subgrade Condition	Pavement Surface Type	No. of Models	Length (m)
No. 1	Low	Good	GR,SBST,DBST,BMP	4	800
No. 2	Low	Poor	GR,SBST,DBST,BMP	4	800
No. 3	Medium	Good	DBST,BMP,HAC (4 cm), HAC (5 cm)	4	800
No. 4	Medium	Poor	DBST,BMP,HAC (4 cm), HAC (5 cm)	4	800
No. 5	High	Good	HAC (5 cm), PCC (15 cm)	2	400
TOTAL : 5 Road Sections				18	3600

8.1.3 交通調査

下記に述べる2種類の交通調査を試験舗装区間の道路において行った。

(1) 交通量調査

方向別車種別の12時間交通量を試験舗装区間の4ヶ所で3日間計測した。観測した場所は次のとおりである。

観測点 1	アルフォンソ交差点～マカリヤネス	(試験舗装区間 1)
観測点 2	マカリヤネス～マラゴンドン	(試験舗装区間 2)
観測点 3	マンガハン交差点～ゲネラルタリス	(試験舗装区間 3、4)
観測点 4	マンガハン交差点～カロマ	(試験舗装区間 5)

交通量調査の結果を表8.1-4に示す。

表8.1-4 交通量調査の結果

(1989年11月7日～9日の調査による)

Survey Station	EPC Section	Car/Jeep	Van	Jeepney	Bus	Truck	Total
1	1	26	64	70	0	14	174
2	2	28	14	69	0	12	123
3	3&4	171	242	319	4	48	784
4	5	784	606	622	118	274	2,404

Note : EPC Section = Experimental Pavement Construction Section

(2) 軸重調査

交通量調査と同一の箇所で軸重調査を2日間にわたって行った。観測点2は観測点1と同様な交通状態なので観測点2の軸重調査は実施しなかった。軸重を計測した車両の数を表8.1-5に示す。

表8.1-5 軸重を計測した車両数

Survey Station	EPC Section	Direction	Number of Vehicles Weighed	
			Trucks	Buses
1	1 & 2	1: To Magallanes	5	-
		2: To Jct. Alfonso	5	-
3	3 & 4	1: To Jct. Mangahan	75	2
		2: To Gen. Trias	86	2
4	5	1: To Jct. Mangahan	151	24
		2: To Carmona	122	25

トラックとバスの車両重量を等値8.2トン軸重数に換算する車両重量換算係数は調査した軸重分布とAASHO道路試験による軸重換算係数により算定した。

$$VLF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (n_i \times e_i)$$

VLF : 車両重量換算係数

n_i : 軸重グループ i の軸数

e_i : 軸重グループ i の車両換算係数

n : 総軸数

N : 総車両数

アスファルト舗装とPCC舗装の車両重量換算係数の計算結果を表8.1-6と8.1-7に示す。

表8.1-6 車輛重量換算係数 (アスファルト舗装)

Survey Station	EPC Section	Direction	Trucks		Bus	
			Number of Vehicles	Load Factor	Number of Vehicles	Load Factor
1	1 & 2	1	5	0.456	-	-
		2	5	0.551	-	-
		Average		0.503	-	-
3	3 & 4	1	75	0.533	2	0.038
		2	86	1.375	2	0.038
		Average		0.992	Average	0.038
4	5	1	151	2.003	24	0.431
		2	122	0.281	25	0.787
		Average		1.233	Average	0.613

Note: Based on the (AASHTO road Test) axle equivalency factors for flexible pavements, $pt = 2.0$ and $SN = 2.0$.

表8.1-7 車輛重量換算係数 (PCC舗装)

Survey Station	EPC Section	Direction	Trucks		Bus	
			Number of Vehicles	Load Factor	Number of Vehicles	Load Factor
4	5	1	151	0.225	24	0.407
		2	122	0.339	25	0.706
		Average		1.362	Average	0.559

Note: Based on the (AASHTO road Test) axle equivalency factors for rigid pavements, $pt = 2.0$ and $D = 7$ in.

8.1.4 現地調査

(1) 地形測量

試験舗装区間の地形、平面、断面の測量を実施し、下記の図面を作成した。

地形図	縮尺 1 : 1,000
縦断図	縮尺 1 : 1,000 (水平)
	1 : 100 (垂直)
横断図 (20m間隔)	縮尺 1 : 50

(2) 土質調査

試験舗装施工区間の土質に関する現地調査、室内試験を実施し、舗装設計に必要な資料を収集した。実施項目は表8.1-8に示す。採取した試料はBureau of Research and Standardで試験された。試験結果は表8.1-9に示す。道路現況調査、ボーリング調査の結果を資料編8-1、8-2、8-3にそれぞれ示す。

表8.1-8 土質調査及び室内試験の実施項目

Survey/Test		Items
Field Survey	Road Condition	100 m intervals: Cross section Condition of carriage way Shoulder, drainage
	Auger boring and Sampling	100 m intervals, 1.0 m depth: observation of soil properties water table
Laboratory Tests		. Natural water content . Sieve analysis . Consistency: LL, PL, PI . Soaked CBR

各試験舗装区間の道路現況は下記の通りである。

a) セクション No.1

表層は玉石を含む粒度分布が不良な砂利・砂であり、路面は凹凸が激しい。

b) セクション No.2

この区間はシルトや粘土を含んだ弱い路床の部分もあるが、全体的には良好な路面状態である。砂利道の路面は良く保守されているが、一部の区間には玉石などが含まれており、凹凸の激しい所もある。

c) セクション No.3、4

路面は大部分が普通から不良の状態、水田地帯では路面が悪化している箇所もある。

表8.1-9(1) 試験舗装区間の土質試験結果

Experiment Section No. Length	Boring No.	Sieve Analysis (Passing % by wt.)						Liquid Limit	Plasti- city Index	Natural Moisture Content %	% Soaked CBR	Swell %	Soil Classification	>2.00 mm	200 - 0.075 mm	<0.075 mm
Section No. 1 L = 800 m. Jct. Alfonso to Magallanes road The project road at this point run through flat terrain passing across the level of grassy, coffee, banana, corn, coconut, pineapple plantation and some trees around.	No. 1	100	94	91	88	82	74	56	36	36.43	12	0	SM	26	38	36
	No. 2			100	99	98	97	89	77	36.20	5	0.17	ML	3	20	77
	No. 3	100	98	92	90	84	71	46	26	29.17	19	0	SM	29	45	26
	No. 4			100	99	99	97	93	86	65.93	3	0.065	MH	3	11	86
	No. 5	100	91	87	83	75	58	41	30	48.62	9	0	SM	42	28	30
	No. 6				100	99	99	97	92	36.50	7	2.42	MH	1	7	92
	No. 7		100	98	98	97	95	92	81	47.13	6	2.03	MH	5	14	81
	No. 8		100	98	96	97	96	94	92	60.56	5	0.15	MH	4	4	92
Section No. 2 L = 800 m. Magallanes to Maragondon The road generally run on the ridge through grassy, young corn, mango, banana and bamboo trees. The vertical alignment is rolling above the surrounding land and the surface is gravel.	No. 1	93	91	90	86	82	73	64		24.26	4	0.28	MH	18	18	64
	No. 2	100	98	96	92	81	53	24		29.88	15	0	SM	19	57	24
	No. 3	100	99	99	98	94	86	75		51.55	2	0	MH	6	19	75
	No. 4	100	99	98	96	90	78	63		33.22	10	0.39	ML	10	25	63
	No. 5		100	99	98	96	85	71		28.62	11	0.39	ML	4	25	71
	No. 6		100	99	95	89	77	67		22.98	3	5.45	MH	11	22	67
	No. 7		100	97	96	93	87	74	53	50.14	10	0.24	MH	13	34	53
	No. 8		100	98	97	96	91	78	66	45.54	2	0	ML	9	25	66

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION

LEGEND: SM Silty sands, silty gravelly sands
 SC Clayey sands, clayey gravelly sands
 ML Silts, Very fine sands, silty or clayey fine sands
 MH Micaceous silts, diatomaceous silts, volcanic ash
 CL Low plasticity clays, Sandy or silty clays
 CH High plasticity clays, sandy clays

NOTE: * Natural Water Content
 67 blows per each 3 layer
 4 days soaking

表8.1-9(2) 試験舗装区間の土質試験結果

Experiment Section No. Length	Boring No.	Sieve Analysis (Passing % by wt.)							Liquid Limit	Plasticity Index	Natural Moisture Content %	# Soaked CBR %	Swell %	Soil Classification	>2.00 mm	200 - 0.075 mm	<0.075 mm
		37.5	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075								
Section No. 3 L = 800 m. Gen. Trias lo Amadeo Through this area of flat terrain the alignment standard are quite good. The profile however is generally low with water standing in the shallow ditch depression. Both sides is residential and vegetated area.	No. 1	100	95	88	86	80	74	65	53	51	45.10	3	0	MH	26	21	53
	No. 2	100	96	93	90	84	71	50	43	NP	24.32	8	0	SM	29	28	43
	No. 3	100	94	91	88	82	72	51	30	NP	29.05	4	0	SM	28	42	30
	No. 4	100	93	91	87	79	68	54	44	52	36.44	4	0	SC	32	24	44
	No. 5	100	98	97	93	84	70	59	44	44	28.57	10	0.54	ML	16	25	59
	No. 6	100	95	93	92	86	71	43	24	NP	26.18	7	0	SM	29	47	24
	No. 7	100	90	82	79	71	60	41	22	NP	17.32	68	0	SM	40	38	22
	No. 8	100	86	80	77	67	57	42	29	NP	31.96	17	0	SM	43	28	29
Section No. 4 L = 800 m. Gen. Trias lo Amadeo The road crosses through rice field on both sides with generally good vertical and horizontal alignment.	No. 1	100	90	87	85	77	64	45	28	NP	19.86	12	0	SM	36	36	28
	No. 2	100	99	96	96	96	88	67	43	NP	22.34	11	0	SM	12	45	43
	No. 3	100	90	89	86	81	71	57	44	40	32.54	8	0.13	SC	29	27	44
	No. 4	100	97	97	94	88	77	60	51	51	39.91	5	0.22	MH	12	28	60
	No. 5	100	99	97	93	93	84	63	36	NP	39.93	3	0	SM	16	48	36
	No. 6	100	80	78	76	73	66	47	26	NP	24.76	14	0	SM	34	40	26
	No. 7	100	99	99	95	89	76	59	42	15	39.49	5	0.13	ML	11	30	59
	No. 8	100	97	96	93	88	78	63	51	41	37.98	5	0.13	ML	22	27	51

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION

LEGEND: SM Silty sands, silty gravelly sands
SC Clayey sands, clayey gravelly sands
ML Silts, Very fine sands, silty or clayey fine sands
MH Micaceous silts, diatomaceous silts, volcanic ash
CL Low plasticity clays, Sandy or silty clays
CH High plasticity clays, sandy clays

NOTE: * Natural Water Content
67 blows per each 3 ipyer
4 days soaking

表8.1-9(3) 試験舗装区間の土質試験結果

Experiment Section No. Length	Foring No.	Sieve Analysis (Passing % by wt.)										Liquid Limit	Plasti- city Index	Natural Moisture Content %	*Soaked CBR %	Swell %	Soil Classification	>2.00 mm	200 0.075 mm	(0.075 mm
Environmental Condition		37.5	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075											
Section No. 5 L = 400 m. Trace Martinez to G. M. Alvarez The road run up across the ridge through level of grassy pasture land.	No. 1	100	98	98	96	90	81	71	59	54	16	39.49	4	0		MH	19	22	59	
	No. 2	100	91	81	78	68	57	42	28	38	13	19.88	19	0		SC	43	29	28	
	No. 3	100	92	89	86	76	66	49	33	29	8	19.90	7	0		SC	34	33	33	
	No. 4		100	99	98	93	88	79	71	50	17	34.51	8	0.26		MH	12	17	71	

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION

LEGEND: SM Silty sands, silty gravelly sands
 SC Clayey sands, clayey gravelly sands
 ML Silts, Very fine sands, silty or clayey fine sands
 MH Micaceous silts, diatomaceous silts, volcanic ash
 CL Low plasticity clays, Sandy or silty clays
 CH High plasticity clays, sandy clays

NOTE:

* Natural Water Content
 67 blows per each 3 layer
 4 days soaking

d) セクション No.5

この区間はパッチングなどにより頻繁に保守されているが、大型トラックの通行が多いので破壊の速度も速い状況である。

(3) 材料調査

a) 材料試験の実施

試験舗装に使用する舗装材料はBureau of Research and Standardで試験した。試験項目は表8.1-10の通りである。

表8.1-10 材料試験の試験項目

Test Items		Materials
Materials Standard Properties	Surface Course	Straight Asphalt Cut-back Asphalt Emulsified Asphalt Portland Cement Gravel, Sand Crushed Stone
	Base and Sub-base Course	Combined Crushed Stone Crushed Stone river-run, sandy, gravel
Mixture Design		Cement Concrete

b) 材料試験の結果

i) 上層、下層路盤材

上層路盤に使われる粒度調整碎石および、下層路盤に使われる川切込み砂利の試験結果は付属資料8-4に掲載した。試験結果はDPWHの基準を満たしている。

ii) 表層材

表層用細骨材と粗骨材の試験結果を、付属資料8-4に記載した。試験結果は、DPWHの基準を満たしている。

iii) コンクリート

コンクリートの配合試験を実施した。試験結果を付属資料8-4に示した。試験結果はDPWHの基準を満たしている。

iv) ストレートアスファルト、カットバックアスファルト、アスファルト乳剤

アスファルト材料の品質はBureau of Research and Standard の試験室にある種々の試験報告書を調査し検査した。ほとんどの試験結果がDPWHの標準示方書(AASHTO M20, AASHTO M82, AASHTO M140) の基準を満たしている。代表的な試験結果を付属資料8-4に記載した。

v) セメント

PCC舗装用セメントの試験結果を付属資料8-4に記載した。試験結果はDPWHの示方書を満たしている。

8.1.5 舗装設計

(1) 設計方法

a) アスファルト舗装の設計方法

下記に述べる設計要領を検討した。

i) AASHTO舗装設計要領 (1986)

ii) Road Note 29 新設舗装の設計要領 (TRRL 1970)

iii) Road Note 31 熱帯および亜熱帯地方におけるアスファルト舗装の設計要領 (TRRL 1977)

iv) アスファルト舗装の設計施工要領 (日本道路協会 1988)

各々の設計要領の概要を以下に述べる。

・ AASHTO舗装設計要領

交通量が高い道路 (8.2トンESAL 5,000以上) におけるアスファルトコンクリート舗装とアスファルト表面処理の設計に関する式とチャート図が紹介されている。

インプット (設計条件)

W : 8.2トンESALの累計値

M_r : 路床の弾性係数 (PSI)

p_t : 設計最終サービス性能指数

ΔPSI : 初期サービス性能指数と最終サービス性能指数の差 ($\Delta PSI = P_o - P_t$)

アウトプット (舗装構造)

舗装構造指数 SN

舗装構造指数の式より得られる舗装厚

$$SN = \sum (D_i \times a_i)$$

D_i : i 番目の層の厚さ

a_i : i 番目の層の舗装厚係数

AASHTOの設計要領による設計の手順を図8.1-3に示す。

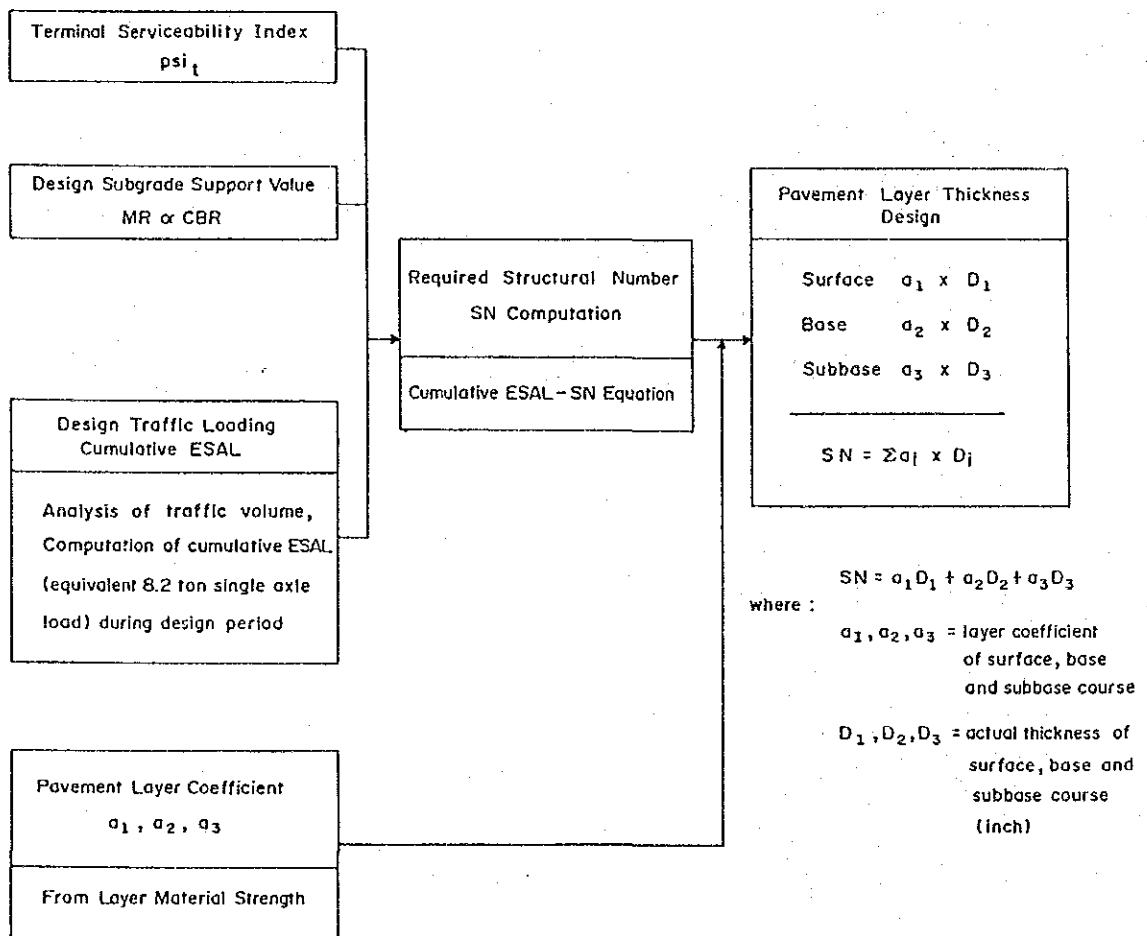


図8.1-3 AASHTOの設計要領 (1986) による

たわみ性舗装の設計手順

・ Road Note 29

交通量が8.2トンESALで1万～8,000万の場合のアスファルト舗装とマカダム舗装の設計方法が記されている。

下記のようなチャート図が記載されている。

設計ESALに対する表層と基層厚

コールドアスファルト基層厚

デンスマカダム基層厚

リーコンクリート、ソイルセメント及びセメント処理基層厚

ウェットミックス及び碎石マカダム基層厚

設計ESALと路床の設計CBRに対する下層路盤厚

・ Road Note 31

交通量が8.2トンESAL 5,000～250万に対するアスファルト表面処理とアスファルトコンクリート舗装の設計法について記されている。

下記に示す設計ESALに対する上層路盤厚とアスファルト表層の種類、および設計ESALと路床のCBR値に対する下層路盤厚をもとめるチャート図が記載されている。

設計ESAL50万以下

上層路盤厚15cmのアスファルト表面処理

設計ESAL50万以上

段階施工の場合：

5 cm厚のアスファルトコンクリートのオーバーレイを追加施工

7.5cm厚の碎石とアスファルト表面処理の追加施工

同時施工の場合：

15cm厚の碎石路盤に5 cmのアスファルトコンクリート表層

20cm厚の碎石路盤にアスファルト表面処理

・ 日本道路協会 アスファルト舗装設計要領

低交通量から重交通量のアスファルトコンクリート舗装に対する設計要領で、舗装設計のチャート図と式が記載されている。

インプット（設計条件）

供用N年間の5トン輪荷重換算輪数の累計値

路床のCBR値

アウトプット（舗装構造）

基準舗装厚 H (cm)

換算舗装厚 TA (cm)

TA ：表層全体に加熱アスファルトコンクリートを使用した場合の舗装厚

表層、上層路盤および下層路盤の厚さは、下記の式によりもとめる。

$$TA = (a_i \times T_i)$$

a_i : i 番目の層の舗装厚係数

T_i : i 番目の層の厚さ

舗装厚係数

加熱アスファルトコンクリート使用の表層 $a_1 = 1.0$

CBR=80の碎石使用の上層路盤 $a_2 = 0.35$

CBR=25のクラッシャーラン使用の下層路盤 $a_3 = 0.25$

供用年数10年の交通量別、CBR値別の標準舗装構造が示されている。

b) PCC舗装の設計方法

PCC舗装の設計にはAASHTO舗装設計要領（1986）の剛性舗装の基本式を使用した。

c) 砂利道の設計方法

砂利道の設計にはAASHTO舗装設計要領（1986）の低交通量道路の設計と砂利道の設計チャートを使用した。

以上の設計要領を検討した結果、AASHTOの舗装設計要領（1986）を採用することにした。

設計に使用されたAASHTO舗装設計要領の設計公式および設計チャートを第30編の付属資料8-5に記載した。

(2) 試験舗装の構造設計

a) 設計条件

以下に述べる個々の条件について検討した。

交通条件

交通量調査と軸重調査から表に示す条件を採用した。

表8.1-11 交通条件

Section	Truck		Bus		Traffic Growth Rate p.a.
	Number of Vehicles*	Load Factor	Number of Vehicles*	Load Factor	
No. 1, No. 2	7	0.503	-	-	3.0%
No. 3, No. 4	24	0.922	2	0.038	3.0%
No. 5	137	1.233	59	0.613	5.0%
No. 5	137	1.362**	59	0.559**	5.0%

* 車輻重量換算係数 (アスファルト舗装)

** 車輻重量換算係数 (PCC舗装)

注：交通量の伸率は推定値である。

・設計供用年数

各舗装タイプについて表8.1-12に示される設計最終サービス性能指数 $P_t=1.5$ および $P_t=2.0$ に至るまでの年数を設計供用年数とした。

表8.1-12 設計供用年数

Section	Traffic Condition	Pavement Model	Terminal Serviceability Index pt	Design Performance Period
No. 1	Low and Medium	GR	*RD=2.5 in	5 years
through		SBST	1.5	2 years
No. 4		DBST	1.5	4 - 5 years
		BMP	1.5	7 - 8 years
		AC (4 cm)	2.0	7 - 8 years
		AC (5 cm)	2.0	9 - 10 years
No. 5	Heavy	AC (5 cm)	2.0	3 years
		PCC (18 cm)	2.0	8 years

* RD : Allowable Rutting Depth

中程度交通量用のAC (5 cm) 舗装とPCC (18cm) 舗装に対する供用性能の経年変化調査が5年間で十分できるように、交通量の多いセクション5で施工することにした。

舗装厚 5 cmのAC (pt=2.0)には3年、18cmのPCC (pt=2.0)には8年を設計供用年数とした。

路床の設計CBR値

路床材料の現地調査と室内試験の結果から下記のCBR値を採用した。

表8.1-13 設計CBR値

Section	Pavement Model		Design CBR	Section	Pavement Model		Design CBR
No. 1	No. 1	GR	4 %	No. 2	No. 5	GR	3 %
	No. 2	SBST	4 %		No. 6	SBST	3 %
	No. 3	DBST	4 %		No. 7	DBST	3 %
	No. 4	BMP	4 %		No. 8	BMP	3 %
No. 3	No. 9	DBST	3 %	No. 4	No. 13	DBST	8 %
	No. 10	BMP	3 %		No. 14	BMP	5 %
	No. 11	AC (4cm)	8 %		No. 15	AC (4cm)	3 %
	No. 12	AC (5cm)	8 %		No. 16	AC (5cm)	3 %
No. 5	No. 17	AC (5cm)	5 %				
	No. 18	PCC (18cm)	5 %				

試験舗装各セクションの路床の設計CBR値は第30編の付属資料8-6に示した。

舗装構造指数SNの計算に必要な路床材料の弾性係数 M_r (psi) は $M_r = 1500 * CBR$ の相関式を用いて計算した。

材 料

カビテプロビンスは舗装用骨材が乏しく、下層路盤用材料の切込砂利が工事現場近くで見出されるだけである。

試験舗装工事に、利用可能の地方材料を上層路盤および、または砂利道表層に使用することは、舗装コスト節減追求のため有意義ではあるが、当工事の目的は現行示方書により従来材料と従来の方法により建設された各舗装モデルの機能的および構造的供用性を解析することであることを考慮して、地方産材料の使用は下層路盤のみに限った。

従ってすべての材料は、工事現場近くの採取場から入手可能の下層路盤材料を除いてはメトロマニラおよびリザールプロビンスから調達された。

舗装厚換算係数

たわみ性舗装設計にAASHTO設計要領（1986年）は舗装厚換算係数（a 値）を提案している。a 値は舗装厚を舗装構造指数に換算するのに用いられる。

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

a_i = i 番目の層の舗装厚換算係数

D_i = i 番目の層の厚さ (in)

m_i = i 番目の層の排水係数

AASHTOの標準舗装厚係数を表8.1-14に示す。

表8.1-14 標準舗装厚換算係数

(AASHTO設計要領)

Materials	Material Strength	Layer Coefficient, a
Surface;	Elastic Modulus (psi)	a_1
Deruse Graded	400,000	0.42
Asphalt Concrete	350,000	0.39
	300,000	0.38
Base;	CBR	a_2
Granular	100	0.14
Aggregates	80	0.135
	60	0.12
Subbase;	CBR	a_3
Granular	30	0.110
Aggregates	25	0.10
	20	0.095

試験舗装の構造設計には、材料試験結果と表8.1-14の舗装厚換算係数にもとづいて、表8.1-15に示される舗装厚換算係数が採用された。

表8.1-15 設計に用いた舗装厚係数

Pavement	Construction Material and Method	Conditions	Layer
Surface	Hot mix AC	Marshall stability: 1600 lb. or more	0.39
	BMP		0.25
	DBST		0.25
	SBST		0.25
Base	Crushed stone	CBR value: 80 %	0.135
Subbase	Granular aggregates	CBR value: 25 %	0.10

Note: Layer coefficients for SBST/DBST/BMP surface courses, $A_1 = 0.20 - 0.30$ were assumed and $a_1 = 0.25$ were adopted.

排水係数

たわみ性舗装の排水係数 $m_1=0.9$ 、コンクリート舗装の排水係数 $C_d=0.9$ が採用された。

設計安全率ZとS

AASHTOの設計基本公式に使われる安全率SとZは、

Z_R : 標準偏差値

S_o : 交通予測及び供用性能予測に対する標準誤差

当設計では安全率50%レベルとして $Z_R=0$ が採用されている。

b) 試験舗装モデルの舗装構成

18の試験舗装モデルの舗装構成を表8.1-16に示す。設計計算の詳細は付属資料8-6に掲載した。図8.1-4にセクション別の標準断面における舗装構成を示す。

表8.1-16(1) 試験舗装モデルの舗装構成

EPC Sec. No.	Design Traffic Volume		Model No. Pavement Type	Design Subgrade CBR %	Design Period Year	Design ESAL	Design SN	Surface		Base		Subbase		Total	
	Bus	Truck Day-direction						cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
No. 1	-	7	No. 1 GR	4.0	5	6.82×10^3	-	GR	15	-	-	5	5	20	
	Vehicle Load Factor		No. 2 SBST	4.0	2	2.55×10^3	1.046	SBST	0.5	15	15	8	8	23.5	
	-	0.503	No. 3 DBST	4.0	4	4.71×10^3	1.184	DBST	1.5	15	15	9	9	25.5	
			No. 4 BMP	4.0	8	1.08×10^3	1.387	BMP	5	15	15	5	5	25	
No. 2	-	6	No. 5 GR	3.0	5	6.82×10^3	-	GR	15	-	-	8	8	23	
	Vehicle Load Factor		No. 6 SBST	3.0	2	2.52×10^3	1.192	SBST	0.5	15	15	12	12	27.5	
	-	0.503	No. 7 DBST	3.0	4	4.99×10^3	1.361	DBST	1.5	15	15	14	14	30.5	
			No. 8 BMP	3.0	8	1.08×10^3	1.564	BMP	5	15	15	10	10	30	
No. 3	2	24	No. 9 DBST	3.0	4	3.74×10^4	1.928	DBST	1.5	15	15	30	30	46.5	
	Vehicle Load Factor		No. 10 BMP	3.0	7	7.00×10^4	2.131	BMP	5	15	15	26	26	46	
	0.038	0.922	No. 11 AC 4 cm	8.0	8	7.31×10^4	1.472	AC	4	12	12	8	8	24	
			No. 12 AC 5 cm	8.0	10	9.90×10^4	1.554	AC	5	12	12	6	6	23	
No. 4	2	24	No. 13 DBST	8.0	5	4.22×10^4	1.326	DBST	1.5	15	15	13	13	29.5	
	Vehicle Load Factor		No. 14 BMP	5.0	7	6.61×10^4	1.742	BMP	5	15	15	16	16	36	
	0.038	0.922	No. 15 AC 4 cm	3.0	7	6.89×10^4	2.147	AC	4	15	15	23	23	42	
			No. 16 AC 5 cm	3.0	9	8.70×10^4	2.229	AC	5	15	15	21	21	41	

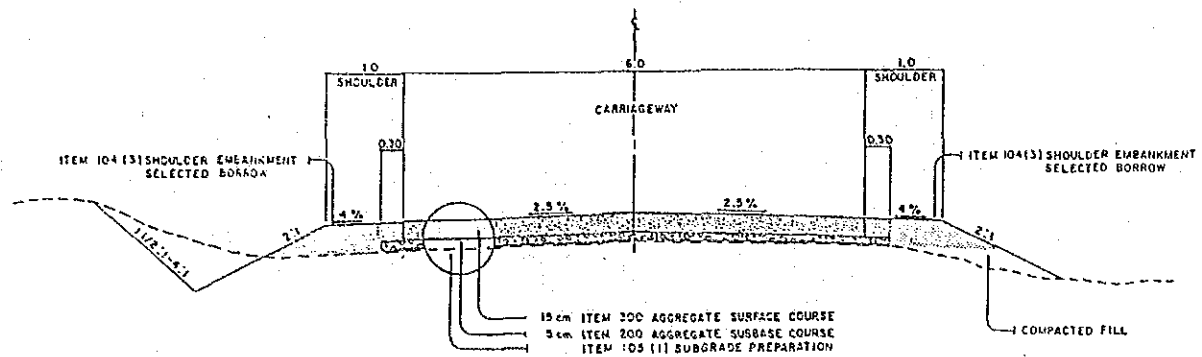
Traffic Growth Rate: 3 percent p.a.
EPC: Experimental Pavement Construction

表8.1-16(2) 試験舗装モデルの舗装構成

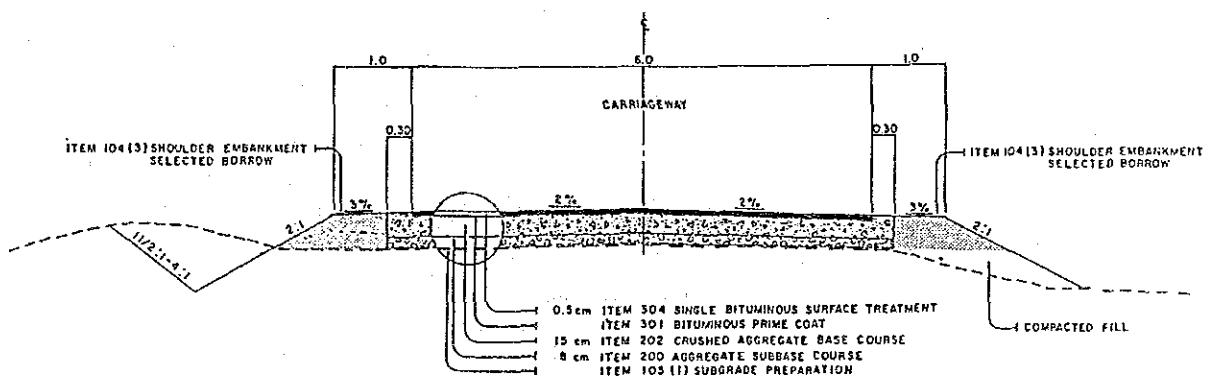
EPC Sec. No.	Design Traffic Volume		Model No. Pavement Type	Design Subgrade CBR %	Design Period Year	Design ESAL	Design SN	Surface cm	Base cm	Subbase cm	Total cm	
	Bus	Truck Day-direction										
No. 5	59 Vehicle Load Factor (for Flexible Pavement) 0.613	137 1.233	No. 17 AC 5 cm	5.0	3*	2.33×10^5	2.158	AC	5	15	19	39
No. 5	59 Vehicle Load Factor (for Rigid Pavement) 0.559	137 1.362	No. 18 PCC 18 cm	5.0	8*	7.55×10^5	-	PCC	18	-	20	38

Traffic Growth Rate: 5 percent p.a.

* for the experiment of serviceability performance of medium-traffic type AC and PCC pavement by accelerated accumulating heavy traffic of this road section.

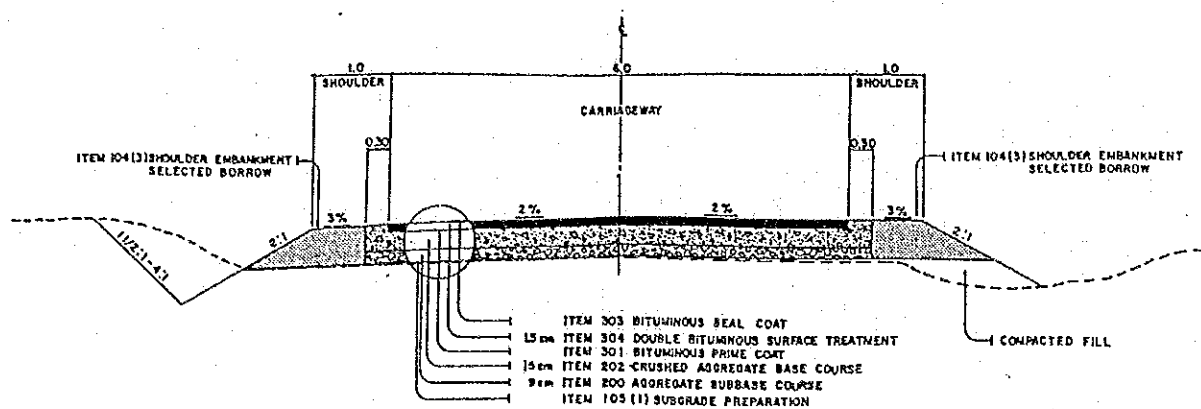


MODEL No. 1 GRAVEL
STA. 0 + 600 - STA. 0 + 800

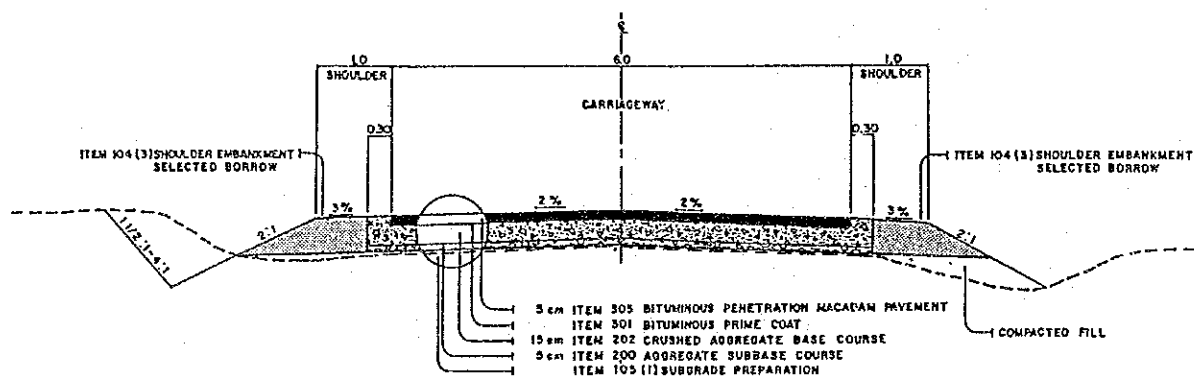


MODEL No. 2 SINGLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
STA. 0 + 400 - STA. 0 + 600

図8.1-4(1) 標準断面 (セクション 1)

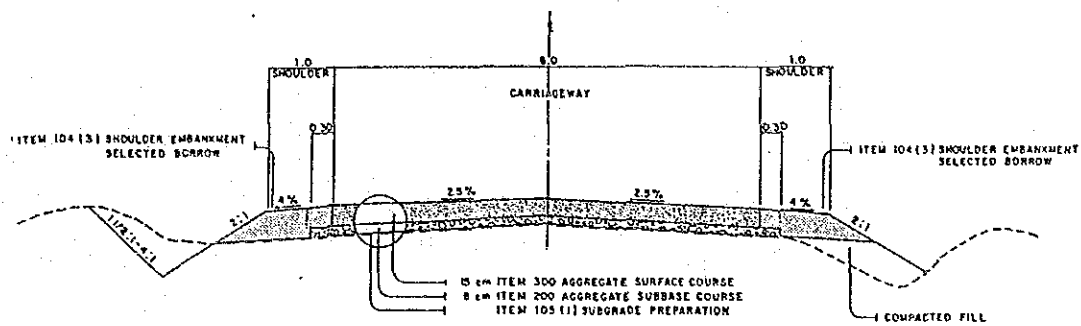


MODEL No. 3 DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
STA. 0 + 200 - STA. 0 + 400

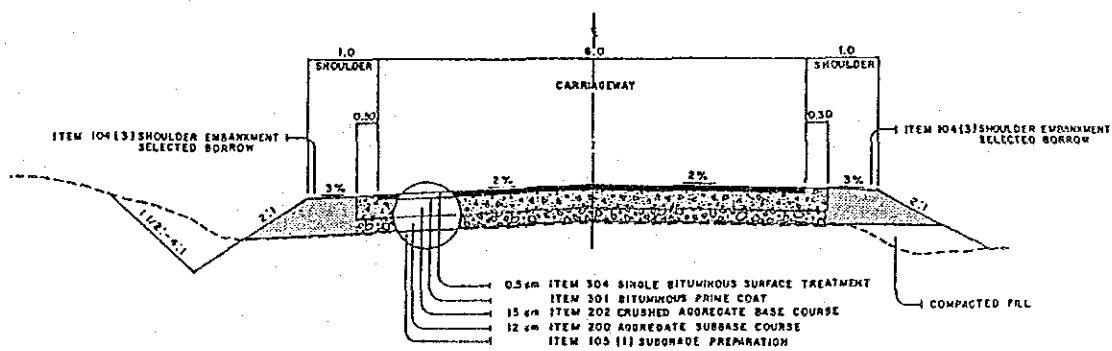


MODEL No. 4 BITUMINOUS PENETRATION MACADAM
STA. 0 + 000 - STA. 0 + 200

図8.1-4(2) 標準断面 (セクション 1)

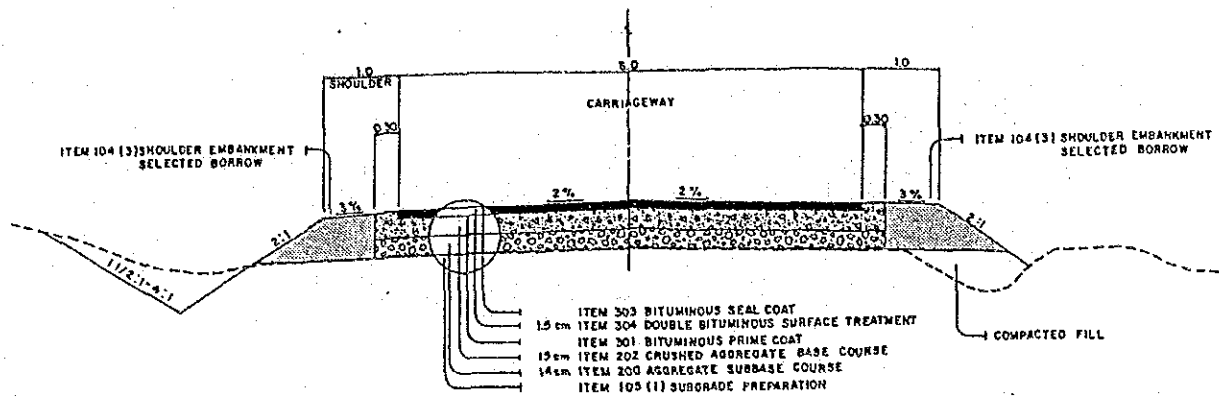


MODEL No. 5 GRAVEL
STA. 0 + 600 - STA. 0 + 800

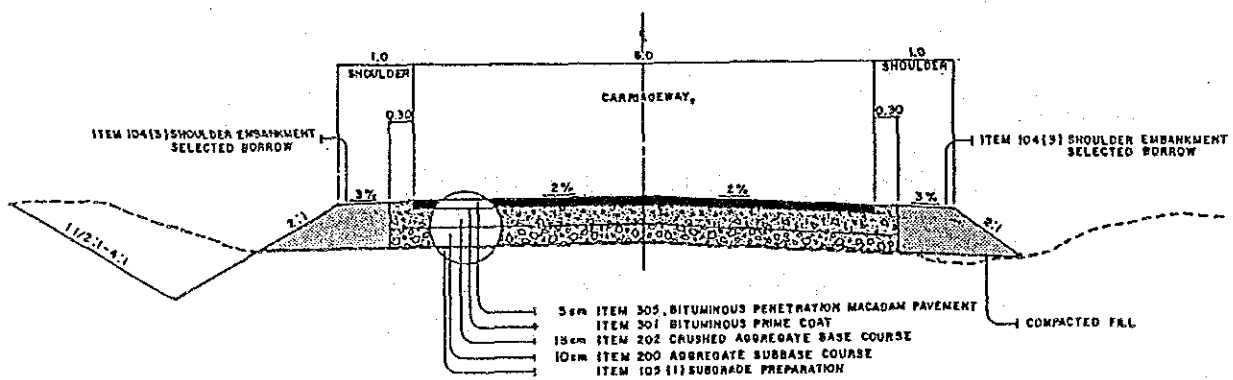


MODEL No. 6 SINGLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
STA. 0 + 400 - STA. 0 + 600

図8.1-4(3) 標準断面 (セクション 2)

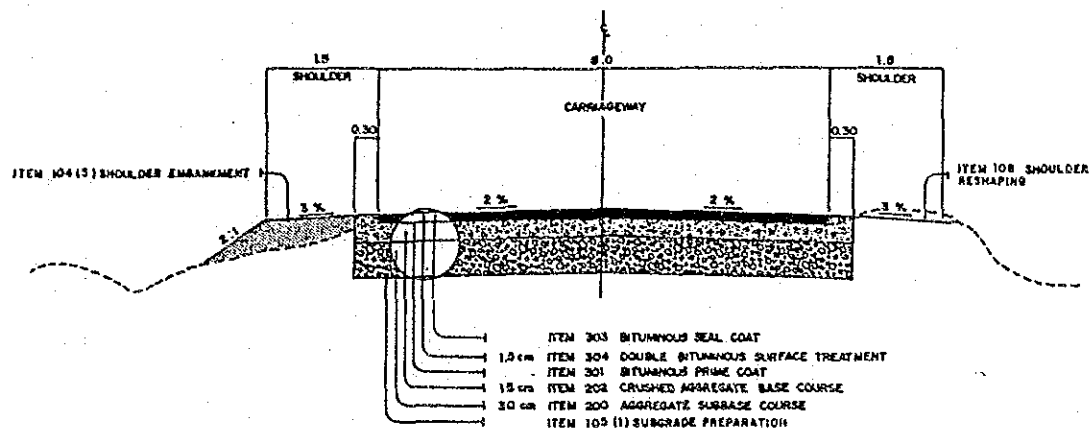


MODEL No. 7 DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
STA. 0 + 200 - STA. 0 + 400

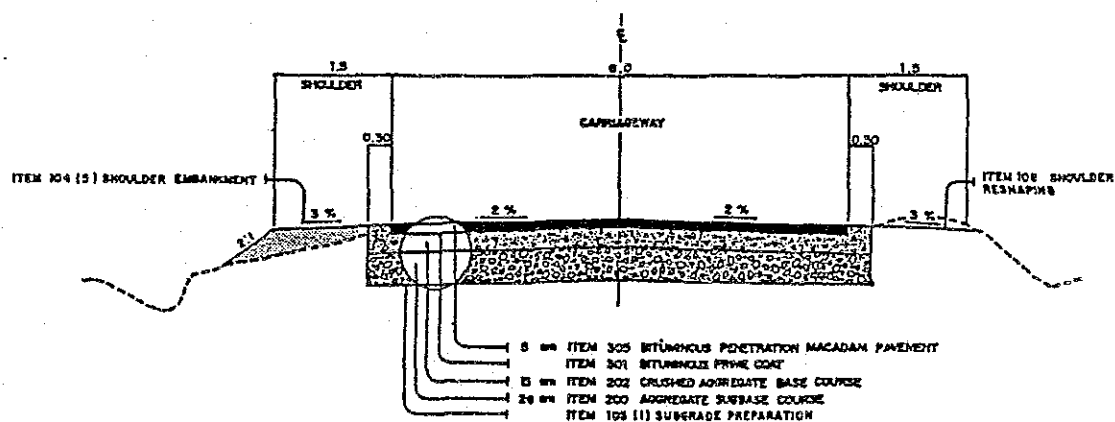


MODEL No. 8 BITUMINOUS PENETRATION MACADAM
STA. 0 + 000 - STA. 0 + 200

図8.1-4(4) 標準断面 (セクション 2)

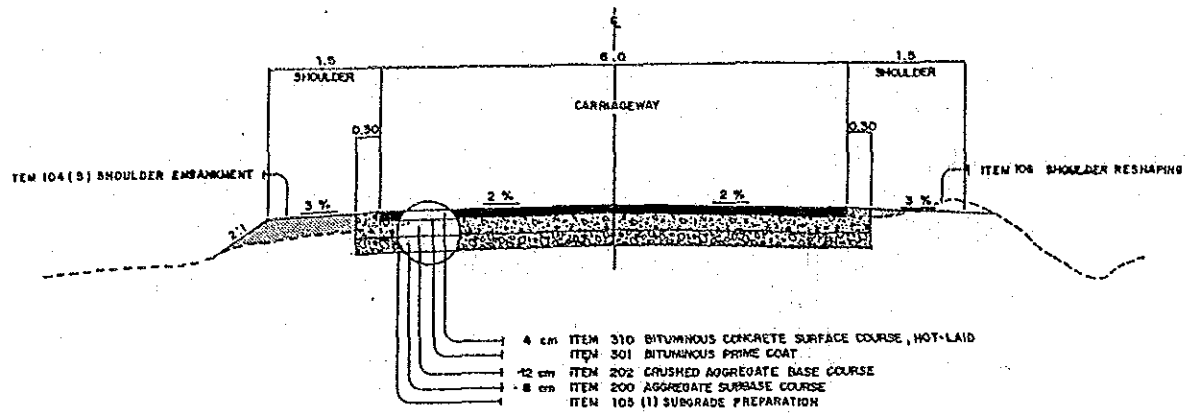


MODEL No. 9 DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
STA. 0+000 - STA. 0+200

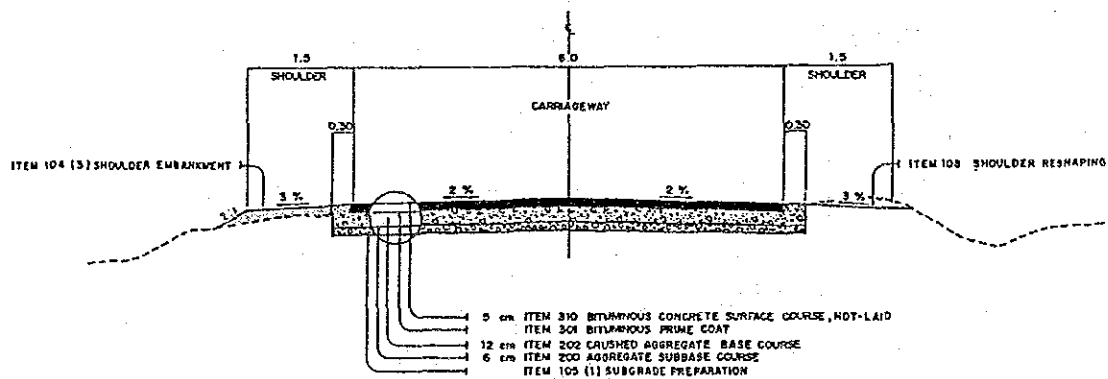


MODEL No. 10 BITUMINOUS PENETRATION MACADAM
STA. 0+200 - STA. 0+400

図8.1-4(5) 標準断面 (セクション 3)

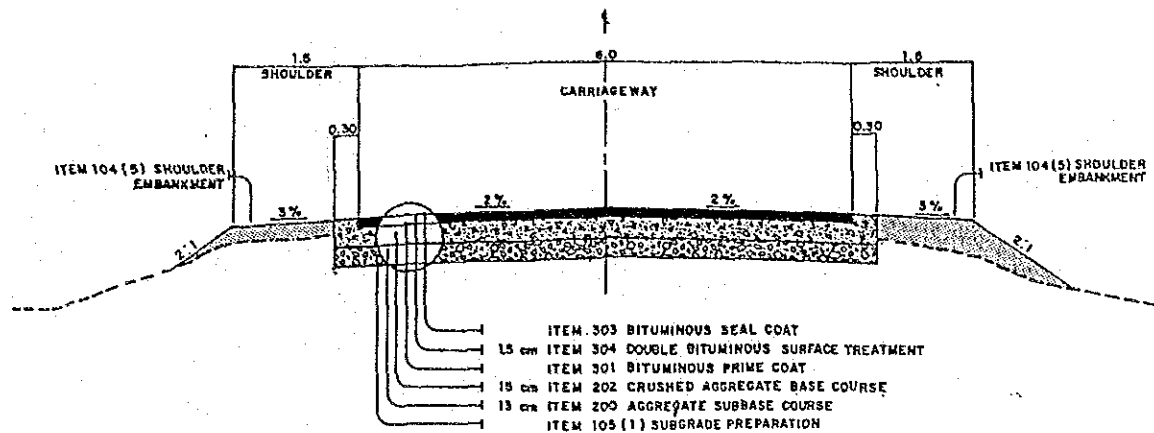


MODEL No. 11 ASPHALT CONCRETE (4 cm)
STA. 0+400 - STA.0+600

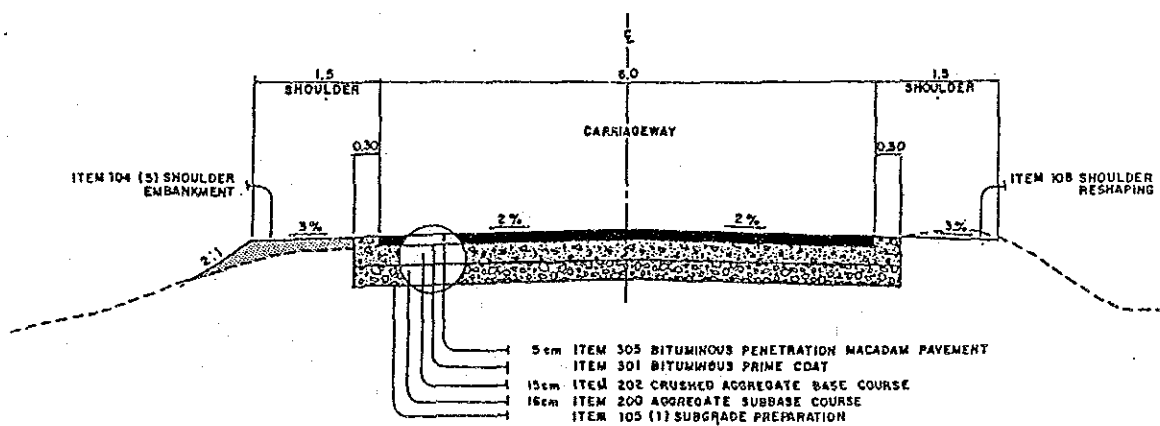


MODEL No. 12 ASPHALT CONCRETE (5 cm)
STA. 0+600 - STA.0+800

図8.1-4(6) 標準断面 (セクション 3)

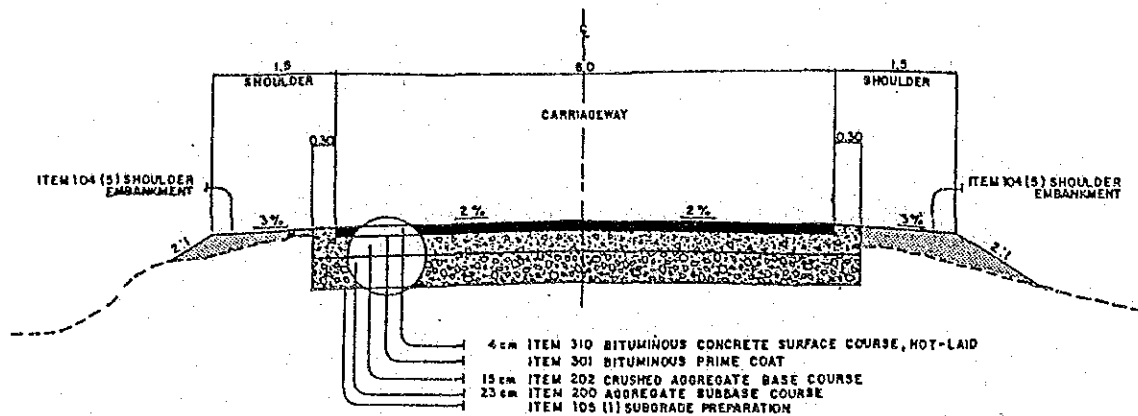


MODEL No. 13 DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
STA. 0+000 - STA. 0+200

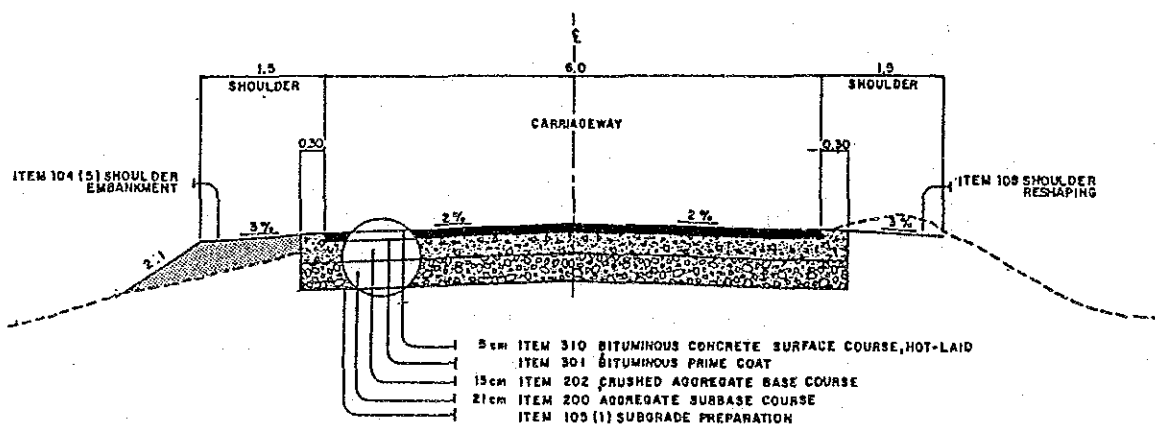


MODEL No. 14 BITUMINOUS PENETRATION MACADAM
STA. 0+200 - STA. 0+400

図8.1-4(7) 標準断面 (セクション 4)

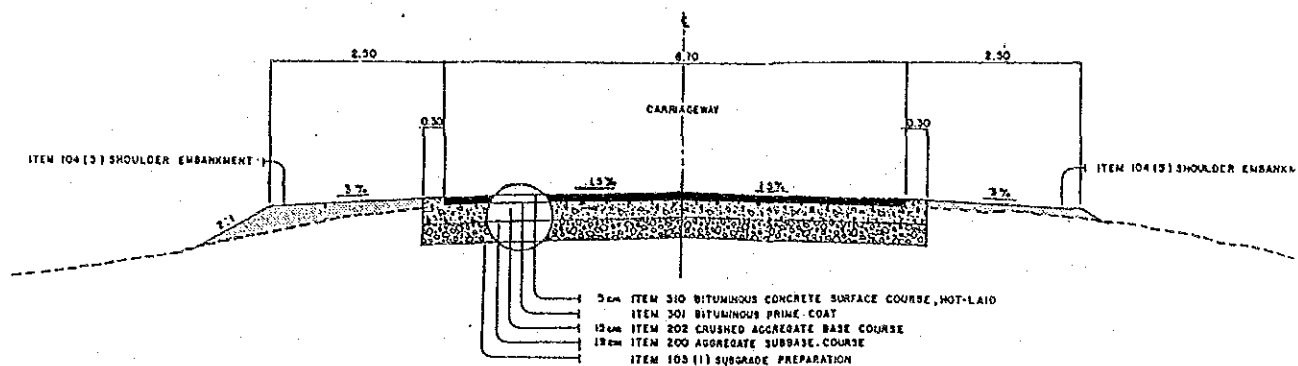


MODEL No. 15 ASPHALT CONCRETE (4 cm)
STA. 0 + 400 - STA. 0 + 600

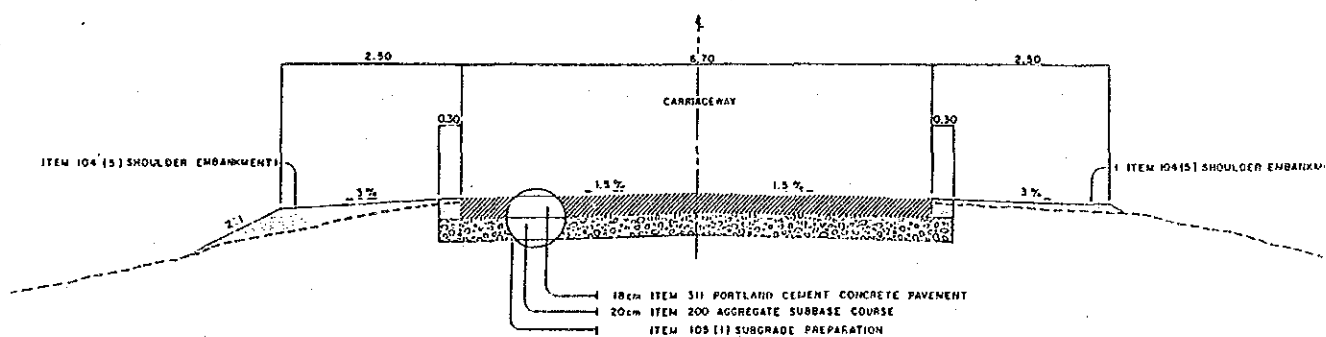


MODEL No. 16 ASPHALT CONCRETE (5 cm)
STA. 0 + 600 - STA. 0 + 800

図8.1-4(8) 標準断面 (セクション 4)



MODEL No. 17 ASPHALT CONCRETE
STA. 0 + 200 - STA. 0 + 400



MODEL No. 18 PORTLAND CEMENT CONCRETE
STA. 0 + 000 - STA. 0 + 200

図8.1-4(9) 標準断面 (セクション 5)

8.1.6 施工計画

試験舗装の施工は以下に述べるように計画された。

(1) 設計図書の作成

- i) 設計図
- ii) 数量表
- iii) 特記示方書

特記示方書は公共道路事業省の標準示方書第2編“Highway, Bridges and Airport (1988)”に従って作成した。この特記示方書には材料の品質管理検査の項を特に記した。検査項目は標準示方書に記されているものと同一にした。この検査結果を経年変化調査の資料の一部とするため、各セクションの両車線において50m間隔に実施することにした。

(2) 建設資金

下記の機関による建設資金で計画された。

セクション1、2、3、4	JICA
セクション5	DPWH

(3) 工程

施工は下記の3つの区域に分け、同時に施工することにし、工期は45日を計画した。

- セクション1、2
- セクション3、4
- セクション5

工程表を図8.1-5に示す。

(4) 施工機械

工事に必要な機械を表8.1-17に示す。

(5) 工事費

工事費は794万ペソと見積られた。セクション1から4までが約655.1万ペソ、セクション5が約138.9万ペソである。工事単価の決定および工事費の算出根拠は付属資料8-7に示した。

図8.1-5(1) 試験舗装工事工程表：セクション1、2

Construction Item		CONTRACT DURATION - 45 DAYS																																													Remark																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Section No. 1 length = 800m		Mobilization	█																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

図8.1-5(3) 試験舗装工事工程表：セクション5

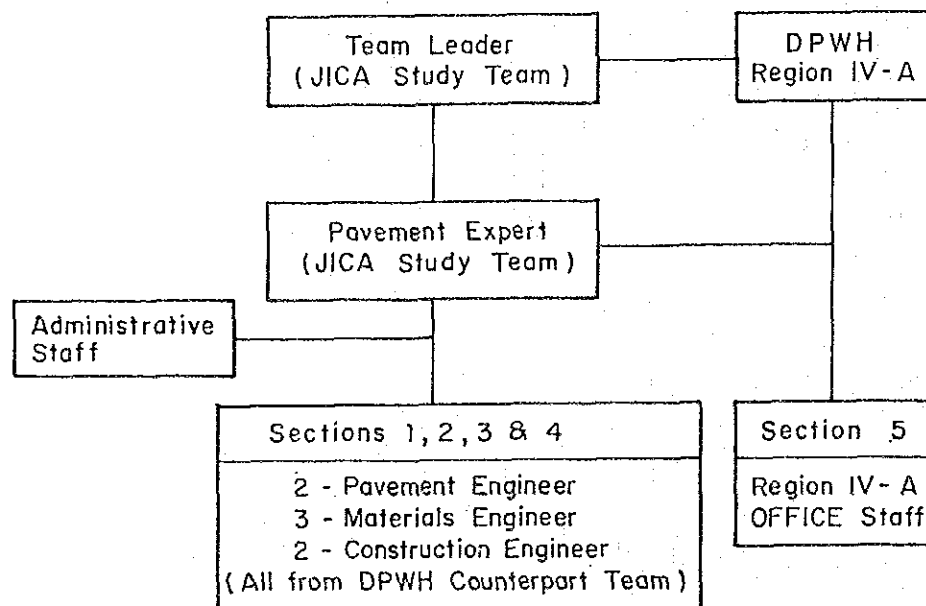
Construction Item	CONTRACT DURATION - 45 DAYS																																													Remark
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
Mobilization																																														
Excavation																																														
Subgrade Preparation																																														
Subbase Course																																														
Base Course																																														(AC)
Surface Course																																														
Shoulder Embankment																																														
Material Source																																														
List of Equipment																																														Excavator, Road Grader, Vibration Roller/ 3 steel wheel Roller, Asphalt Distributor Asphalt Finisher, 2 Steel Wheel Roller, Concrete Mixer, Concrete Finisher, Vibrator

表8.1-17 機 械

Section	Earth Work and Subgrade Preparation	Base Subbase and GR Surface	Asphaltic Surface and Cement Concrete Surface
No. 1 and No. 2	. Backhoe Crawler . Wheel Loader . Road Grader	. Road Grader . Vibratory Roller/ Three Steel Wheel	(SBST, DBST, BMP) . Asphalt Distributor, Chip Spreader . Pneumatic Tired Roller, Tandem Roller
No. 3	Same as Above	Same as Above	(DBST, BMP, AC) . Asphalt Distributor, Chip Spreader . Pneumatic Tired Roller, Tandem Roller
No. 5	Same as Above	Same as Above	(AC) . Asphalt Distributor, Asphalt Finisher . Pneumatic Tired Roller, Tandem Roller (PCC) . Concrete Mixer . Concrete Finisher, Vibrator

(6) 施工管理体制

試験舗装の目的を達成しDPWHのカウンターパートと密なる連携がとれるように、下記に示すような施工管理体制をとった。



8.2 工事

8.2.1 工事実施にあたっての留意点

試験舗装の施工は、フィリピンにおいて建設される一般的な舗装の品質を代表するよう、現行仕様書を適用し、フィリピン国請負業者の一般的な、能力を考慮に入れて計画された。具体的には下記の点に留意した。

- ・特記示方書はDPWHの標準仕様書第2編 “Highways, Bridges and Airport (1988)” に準じて作成する。
- ・施工業者はフィリピンの業者とする。
- ・特殊な材料、機械を使用しない。
- ・経年変化調査に必要なデータを得るため、品質管理試験はDPWHの標準仕様書に規定されているよりも頻繁に行う。

8.2.2 工事実施の概要

(1) 契約

工事資金が2機関から出資されるので、工事は以下の2契約にて実施された。

・セクション1、2、3および4 (16モデル)

資金提供機関	JICA
施工業者	Fischer Engineering and Maintenance Co., Inc. (FEMCO)
契約金額	6,551,005.38ペソ
施工管理者	JICA調査チーム、DPWHカウンターパート

・セクション5 (2モデル)

資金提供機関	DPWH
施工業者	Atari Constructtion and Developmemnt Corporation
契約金額	1,355,750.47ペソ
施工管理者	DPWH Region IV-A (JICA 調査チーム技術協力)

工事各工種の単価および、舗装各モデルの建設費は資料編8-7に示されている。

(2) 工事の進捗状況

工事の進捗状況は資料編8-8に示されている。セクション1から4は4月27日に着工し7ヶ月後に完成した。セクション5は5月1日に着工し6ヶ月後に完成した。

以下に示す理由により工事完成が遅れた。

- ・天候不順

工事を乾季の間に完成させる予定であったが、雨季が例年より早く始まった。

- ・機械が頻繁に故障した。

- ・雨により下層路盤採取場の通行が困難になった。

- ・メトロマニラにおける建設ブームの影響で砕石場からの骨材供給が円滑でなかった。

- ・建設資材、機械類の準備が適切でなかった。

- ・セクション1と2においては路床掘削前の排水措置が十分でなく、路床工に支障をきたした。

(3) 天 候

今年の雨季は例年より早く5月中旬に始った。6月から8月までの月別の施工不能日は月当たり16日から20日であった。DPWHカビテプロビンス地方事務所に計測された月当たり降雨量および施工不能日を表8.2-1に示す。天候データは資料編8-9に示されている。

表8.2-1 月当り降雨量と施工不能日

Month	Rainfall (mm)	Unworkable days	%	Remarks	
May	180	13	42		
June	436	20	63	Typhoon Aking	June 13-15
				Typhoon Bising	June 18-23
				Typhoon Claring	June 24-25
July	379	16	52	Typhoon Deling	July 6-15
				Typhoon Emang	July 28
August	632	18	58	Typhoon Gading	Aug. 15-20
				Typhoon Heling	Aug. 28
				Typhoon Iling	Aug. 28
September	314	16	53	Typhoon Loleng	Sept. 6- 7

8.2.3 材料

(1) 材料の採取場と納入業者

表8.2-2(A) および8.2-2(B) に舗装材料の採取場と納入業者を示した。カビテプロビンスには適切な採取場がなく、下層路盤材料以外はメトロマニラとリザールプロビンスより運搬した。

(2) 材料試験結果

工事に使用された下記の材料の試験結果は資料編8-10に示されている。

下層路盤および上層路盤用骨材

砂利道表層用骨材

アスファルト散布表面処理および浸透式アスファルト

マカダム用骨材

プライム・コート、アスファルト表面処理および浸透式アスファルトマカダム用バインダー

加熱アスファルトコンクリート用アスファルトセメント

アスファルトコンクリート

セメントコンクリート

8.2.4 建設機械

工事に使用された主要機械を表8.2-3(A) および8.2-3(B) に示す。

8.2.5 品質管理と検査

各舗装モデルについて、上下各車線50mごとに品質管理試験が実施された。

舗装構成各部の試験項目、検査項目は下記の通りである。

i) 下層路盤および上層路盤

試験項目

粒度分布

含水量

締固め度

必要に応じて液性限界

および塑性指数

検査項目

各層の厚さ

舗装面の高さ

舗装面の平坦性

横断勾配

表8.2-2(A) 舗装材料の採取場と納入業者：I セクション1～4

Material		Material Sources / Suppliers
Subbase Course	River-run Sandy Gravel	Mabato Quarry, Maragondon, Cavite (Section No. 1 & No. 2)
	River-run Sandy Gravel	Mamba Quarry, Maragondon Cavite (Section No. 3 & No. 4)
Base Course	Crushed Stone	Unirock Quarry, Antipolo, Rizal
Cover Aggregate for Type 2 Seal Coat	Manufactured Sand	Concrete Aggregate Corp. Angono, Rizal
Aggregate for Bituminous Surface Treatment and Bituminous Penetration Macadam	Crushed Stone 3/8"	Concrete Aggregate Corp. Angono, Rizal
	Crushed Stone 3/4"	
	Crushed Stone 1-1/2"	
	Crushed Sand	
Aggregate for Asphalt Concrete	Crushed Stone 3/4"	Golden Hills, Taytay, Rizal
	Crushed Stone 3/8"	Golden Hills, Taytay, Rizal
	Crushed Sand	Golden Hills, Taytay, Rizal
	Natural Sand	Bulacan
Bituminous Materials for Prime Coat, Seal Coat, Surface Treatment for SBST, DBST & BMP	Cationic Emulsified Asphalt (CSS-1h)	Rigid Sales Corporation
Bituminous Materials for Asphalt Concrete	Asphalt Cement 60/70	Petron Phil Corporation
Aggregate Surface Course	Crushed Stone	Unirock Quarry, Antipol, Rizal

表8.2-2(B) 舗装材料の採取場と納入業者：I セクション5

Material		Material Sources / Suppliers
Subbase Course	Blended	Angono Rizal Trece Martrez City, Cavite Cegeo, Antipolo, Rizal
	Crushed Stone	
	Natural Sand	
	Soil Binder	
Base Course	Crushed Stone	Antipolo, Rizal
Bituminous Material for Prime Coat	Emulsified Asphalt SS-1	Petron Phil Corporation
Bituminal Material Asphalt Cement	Asphalt Cement Pen. 60/60	Petron Phil Corporation
Aggregate for Asphalt Concrete	Crushed Stone 3/4"	Marocco, Antipolo, Rizal
	Crushed Stone 3/8"	Marocco, Antipolo, Rizal
	Sand	Montelban, Rizal
	Mineral Filler	Guanzon, Quzon
Portland Cement	Type 1	Iland Cement, Antipolo, Rizal
Aggregate for Portland Cement Concrete	Crushed Aggregate	Marocco, Antipolo, Rizal
	Fine Aggregate	Porac, Pampanga

表8.2-3(A) 舗装工事に使用された主要機械：I セクション1～4

Activity	Sections No. 1 & 2/Sections No. 3 & 4	
	Name of Equipment	Type
Excavation	1 - Bulldozer	Caterpillar D60A
	1 - Wheel Loader	Caterpillar Payloader
	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	3 - Dump Trucks	
Subgrader	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	1 - Roller	Kawasaki, 12 tons
	1 - Water Truck	
Subbase Course	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	1 - Roller	Kawasaki, 20 tons
	1 - Water Truck	
Base Course	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	1 - Vibratory Roller	Kawasaki, 20 tons
	1 - Water Truck	
Prime Coat	1 - Asphalt Distributor	Hanta (6,000 ltr. capa.)
Bituminous Macadam and Surface Treatment	1 - Aggregate Spreader	Tail-Gate Type
	1 - Asphalt Distributor	Hanta (6,000 ltr. capa.)
	1 - Pneumatic Roller	Watanabe, 15 tons
	1 - Vibratory Roller	Ingersoll-Rand, 12 tons
	1 - Light Cargo Truck	Isuzu, ELF
Asphalt Concrete Surface Course	1 - Asphalt Mixing Plant	Nigata, 3,000 kg/batch
	1 - Asphalt Paver	Barber Greene
	1 - Pneumatic Roller	Watanabe, 15 tons
	1 - Tandem Roller	Watanabe, 8 tons
	7 - Dump Trucks	

表8.2-3(B) 舗装工事に使用された主要機械：I セクション5

Activity	Section No. 5	
	Name of Equipment	Type
Excavation	1 - Bulldozer	Caterpillar D7
	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	1 - Wheel Loader	Caterpillar
Subgrader	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	1 - Road Roller	Kawasaki, 12 tons
	1 - Water Truck	Isuzu
Subbase Course	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 2H
	1 - Road Roller	Watanabe, 15 tons
Base Course	1 - Motor Grader	Mitsubishi LG 3
	1 - Vibratory Roller	Ingersoll-Rand 12 tons
	1 - Water Truck	Isuzu
Prime Coat	1 - Asphalt Distributor	Water Tank Type
Asphalt Concrete Surface Course	1 - Asphalt Mixing Plant	Barber Greene, 2ton/Batch
	1 - Asphalt Paver	Nigata, NF 220
	1 - Pneumatic Roller	Asahi, 15 tons
	1 - Tandem Roller	Watanabe, 15 tons
Portland Cement Concrete Surface Course	1 - Concrete Batching Plant	
	8 - Truck Mixer	5-Isuzu, 2-Hino 3-Fuso 5.5 cu.m. capa.
	1 - Water Truck	Isuzu
	1 - Concrete Vibrator	2φ Vibrate head 3 HP
	1 - Concrete Cutter	Kawasaki KF 100D 10 HP

ii) プライムコート

試験項目

バインダーの散布量

iii) SBST、DBST、BMP表層

試験項目

各層の碎石散布量

各層のバインダー散布量

検査項目

各層の厚さ

舗装面の高さ

舗装面の平坦性

横断勾配

iv) アスファルトコンクリート表層

試験項目

敷均し温度

骨材粒度

アスファルト量

厚さ

締固め度

検査項目

層の厚さ

舗装面の高さ

舗装面の平坦性

横断勾配

v) セメントコンクリート表層

試験項目

細骨材および粗骨材

粒度、ならびに水セメント比

(コンクリート混合開始前)

スランプ試験

(各トラックミキサー現場到着時)

曲げ強度試験

検査項目

層の厚さ

舗装面の高さ

舗装面の平坦性

横断勾配

品質管理試験結果は資料編8-11に示されている。

8.2.6 施工：セクション1、2、3および4

(1) 掘削

・セクション1、2

在来の砂利道を所定の路床高まで掘り下げ、側溝を掘削し、切土部ではのり面を整えた。掘削土は現場付近に仮置きして、良質材は再使用した。玉石および転石は取り除かれた。

・セクション3、4

在来の二層式アスファルト表面処理表層および、上層路盤、下層路盤を取り除き所定の路床高まで掘削、飽和状態にある土や、有機物を含んだ土は除去された。路肩部盛土には掘削土のうち品質が適切なものが使用された。

(2) 路床整備

所定の高さと形状は整正された後、散水し道路全幅にわたって所定の水準になるまで締固められた。

(3) 下層路盤

下層路盤材は切込砂利採取場から現場に運搬された。路盤厚が150mm以下のときは一層で仕上げ、150mm以上のときは一層の厚さが150mmを越えない範囲に分けて敷均し転圧して仕上げた。含水量を調整するため散水しながら行い、道路全幅に渡って締固めた。締固め終了後、現場密度試験が実施された。

使用した材料の品質は以下のとおり仕様書規格に適合している。

セクション1、2 切込砂利；マバト採取場カビテプロビンス

項 目	試験結果	仕様書規格
最大粒径	50mm	50mm
液性限界	29	<35
塑性指数	5	<12
水浸CBR（最大乾燥密度）	50%	>25%

セクション3、4 切込砂利；マバト採取場カビテプロビンス

項 目	試験結果	仕様書規格
最大粒径	50mm	50mm
液性限界	NP	<35
塑性指数	NP	<12
水浸CBR（最大乾燥密度）	53%	>25%

(4) 上層路盤

上層路盤用碎石はリザールプロビンスのユニロック碎石場から運搬された。材料は所定の高さ、厚さに敷設し所定の締固め度になるまで散水締固めが行われた。

使用された材料の品質は以下のごとくであり、仕様書規格に適合していた。

項 目	試験結果	仕様書規格
最大粒径	37.5mm	37.5mm
液性限界	23	<35
塑性指数	4	<12
水浸CBR	117%	>80%
(最大乾燥密度)		

(5) 碎石表層

砂利道表層用碎石はリザールプロビンスのユニロック碎石場から運搬された。

材料は敷均し後、ほぼ最適含水量で所定の幅員と厚さ、および締固め度に仕上げられた。使用された材料の品質は以下のごとくであり、仕様書規格に適合していた。

項 目	試験結果	仕様書規格
最大粒径	25mm	25mm
液性限界	16	<35
塑性指数	8	4 - 9

(6) プライムコート

仕上がった上層路盤面を清掃した後、CSS-1hアスファルト乳剤を水と1 : 1で混合し1.2 ℓ/m²の割合で散布し養生した。一部の区間はプライムコートを通過交通から保護するためバインダーを散布した後、粗砂を散布した。

CSS-1hアスファルト乳剤は湿った路盤表面部によく浸透してその成分であるアスファルトと水とに分解する。そのアスファルトは、路盤、骨材に良く付着し水分は蒸発する。最終的に安定なプライムコートが形成され、走行荷重のせん断作用および降雨水の浸蝕作用から上層路盤が保護される。

(7) アスファルト散布表面処理および浸透式アスファルトマカダム

各表面処理および浸透式マカダム施工のアスファルトバインダーの散布はアスファルトディストリビューターにより、また骨材の散布はアグリゲートスプレッダーによって行われた。指定されたアスファルト散布量を確保するため、図8.2-1に示されている「アスファルトディストリビューターの散布走行速度とバインダー散布量の関係」にもとずいて、アスファルトディストリビューターの必要走行速度が注意深く管理された。

a) 一層式アスファルト表面処理 (SBST)

仕上り厚さ：5 mm

アスファルトバインダーとしてアスファルト乳剤CSS-1hがプライムコートされた路盤面上に、 $1.4 \ell / \text{m}^2$ 散布された。次いで粒径10～5 mmの碎石が散布されたローラーにより適切に定着と締固めがなされた。最後に、降水から路面を保護するためにシールコートがなされた。シーリングはCSS-1hアスファルトバインダー $1.0 \ell / \text{m}^2$ 、砂 $8 \text{ kg} / \text{m}^2$ がそれぞれ散布されローラーにより十分に締固められた。

骨材散布量とバインダー散布量はトレイ試験法（40cm角の盆を路面において散布量を求める方法）により、それぞれ50mm間隔で計測検査され、所要散布量確保の管理が行われた。

b) 二層式アスファルト表面処理 (DBST)

仕上り厚さ：15mm

アスファルト乳剤CSS-1hおよび骨材の散布量と施工順序は表8.2-4に示した。トレイ試験法により、バインダーと骨材の散布量が検査された。散布量に不十分な点があった場合には、直ちに修正作業がなされた。各層とも骨材散布後すみやかに締固めがなされた。

c) アスファルト浸透式マカダム

仕上り厚さ：50mm

アスファルト乳剤CSS-1hおよび骨材の散布量と施工順序は表8.2-5に示した。トレイ試験法により、バインダー骨材の散布量が検査された。散布量あるいは作業技量に欠陥が認められた場合には、直ちに修正作業がなされた。各層とも骨材散布後すみやかに締固めが行われた。

(8) アスファルトコンクリート表層 (AC)

仕上り厚さ : 50mm

加熱アスファルトコンクリートはカビテのカルモナにあるソコール社のアスファルトプラントで製造され、混合温度は145-165℃であった。現場に運搬された混合物は130℃を下回らない温度でアスファルトフィニッシャーにより敷均され、次いでタイヤローラーとタンデムローラーにより十分に転圧され締固められた。

使用されたアスファルトコンクリートの品質は以下のごとくであり、仕様書規格に適合していた。

混合物タイプ	密粒度アスファルトコンクリート
	骨材最大粒径 19mm
	(DPWH仕様書、粒度タイプF)
アスファルト等級	針入度 60/70
アスファルト量	5.7%

マーシャル安定度試験値

項 目	試験結果	仕様書規格
安定度 ℓ b	1,920	>1,200
フロー 0.01 in	11.8	8-16
空げき率 %	4.2	3-6
飽和度 %	73	70-80

表8.2-4 アスファルト乳剤および骨材の散布量 (DBST)

Bituminous Binder		Aggregates		
		1st Layer 20-10 mm	2nd Layer 10-5 mm	Cover Layer Sand
		kg/m2		
lit/m2				
First Layer Spray Binder Spread Aggregate	1.4	22		
Second Layer Spray Binder Spread Aggregate	1.2		12	
Seal Coat Layer Spray Binder Spread Aggregate	1.5			6
Total	4.1	40		

Remarks : These quantities don't include handling loss.

表8.2-5 アスファルト乳剤および骨材の散布量 (BMP-5 cm厚)

Bituminous Binder		Aggregates			
		Base 40-20mm	Key 20-10mm	Choker 10-5mm	Cover Sand
		lit/m2			
		kg/m2			
First Layer Spread Aggregate Spray Binder	2.7	80			
Second Layer Spread Aggregate Spray Binder	1.8		13		
Third Layer Spread Aggregate Spray Binder	1.5			11	
Fourth Layer Spread Aggregate					6
Total	6.0	110			

Remarks : These quantities don't include handling loss.

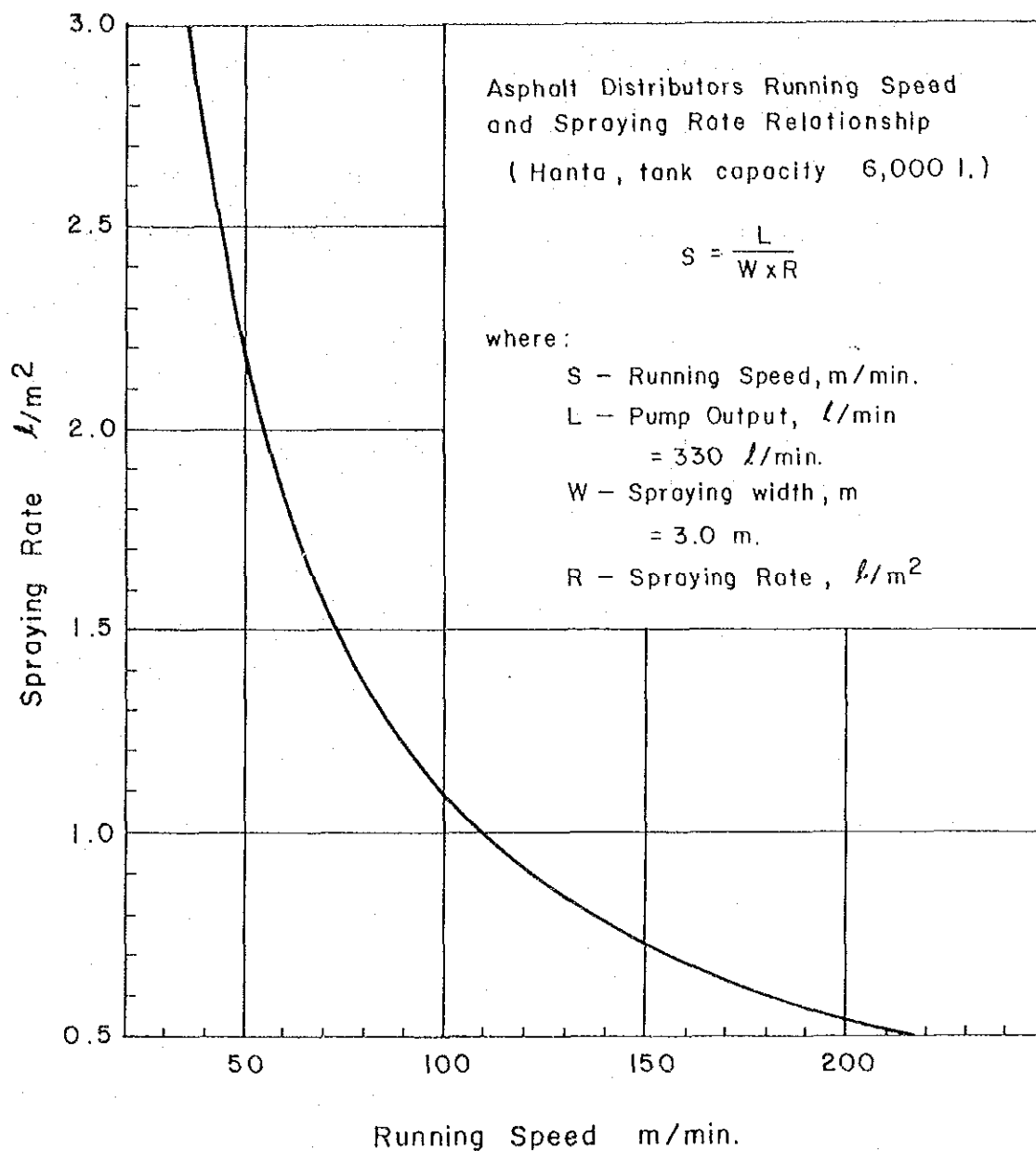


図8.2-1 アスファルトディストリビューターの運転速度とバインダーの散布量

8.2.7 施工：セクション5（2モデル）

(1) 掘削

従来のアスファルトコンクリート表層は掘削削除され廃材捨場に運搬された。既存の上層路盤、下層路盤を取り除き所定の路床高さまで掘削された。掘削土は路肩盛土に使用のため現場近くの置場に貯蔵された。

(2) 路床整備

所定の形状と高さに整正した後、道路全幅にわたって所定の水準まで締固めが行われた。

(3) 下層路盤

材料はトレスマルテスから現場に運搬、敷均された後に散水締固めにより、所定の高さ、厚さおよび締固度に仕上げられた。

使用された材料の性状は以下である。

項 目	試験結果	仕様書規格
最大粒径	50mm	50mm
液性限界	32	<35
塑性指数	12	<12

(4) 上層路盤

リザールプロビンスのユニロック砕石場から砕石路盤材が運搬された。材料は所定の高さ、厚さおよび締固め度になるまで、整形と散水および締固めにより仕上げられた。

使用材料の品質は以下のごとくであり、仕様書規格に適合していた。

項 目	試験結果	仕様書規格
最大粒径	37.5mm	37.5mm
液性限界	23	<25
塑性指数	4	4-9
水浸CBR	117%	>25%

(100%最大乾燥密度)

(5) アスファルトコンクリート表層 (AC)

仕上り厚さ : 50mm

加熱アスファルトコンクリートはマニラのレディ・コン社のアスフィルトプラントで製造、混合温度は140～145℃であった。運搬された混合物は130℃を下回らない温度でアスファルトフィニッシャーにより敷均され、次いでタイヤローラーとタンデムローラーにより充分に転圧され締固められた。

(6) セメントコンクリート表層 (PCC)

仕上り厚さ : 180mm

セメントコンクリートはカビテのイムスにあるイウサン・ビルダー社のパッチングプラントにて製造された。材料は計量されトラックミキサで混合された。混合開始時に細・粗骨材の含水量を測定してその結果にもとずいて配合設計による水セメント比に合うよう混合する骨材重量と水量の調整がなされた。

使用されたコンクリートの配合は下記のごとくである。

設計配合 (コンクリート 1 m ³ 当り)		仕様書規格
セメント*	379kg	約 380kg
細骨材	704kg	
粗骨材	1,194kg	
水	176kg	
合 計	2,453kg	
水セメント比	0.46	
スランプ	3in	1 1/2-3in

* ポルトランドセメント Type 1

コンクリートはトラックミキサーにて現場に運搬され打設された。人力敷き均し、棒状パイプレーターによる締固め後、縦断方向フロート、次いで横断方向フロートによって仕上げがなされた。コンクリート表面の水光りが消えるのを待って“ほうき”による最終仕上げがなされた。

コンクリート養生は、コンクリート表面に土砂による土がこいを造り、散水して、給湿養生が行われた。

横方向収縮目地は、コンクリートが硬化してからダイヤモンドブレードにより4.5m間隔に目地切り（深さ50mm、幅5mm）して、アスファルトシール材が注入された。

8.3 経年変化調査の計画

8.3.1 経年変化調査の目的

経年変化調査の目的は

- 1) 舗装タイプごとの供用年数の確認
- 2) 適切な改築時期の確認
- 3) 最適な舗装設計に必要な基礎データの集収
- 4) 上記3項をもとにした、最適舗装の選定基準と補修基準の確立

供用年数とは新設舗装が改築工事を必要とするのにかった年数をいい、初期サービス性能から最終サービス性能になるまでに要する時間と同じになる。経年変化調査は5年を予定しているので、ほとんどの舗装の供用年数が確認できるが、最終サービス性能に到達しない舗装に対する供用年数は、サービス性能の変化と交通量関係を解析し、推定するものとする。

低級舗装の供用年数は3年から8年程度なので改築の時期が重要となる。経年変化調査から舗装改築の時期とレベルを解析する。

AASHTOの舗装設計要領には表8.3-1に示すように種々の基礎データが要求されるので、これに必要なデータを経年変化調査から得られるものとする。

経年変化調査から得られたデータを用いて、ライフサイクルコスト解析を実施し、交通量及び路床の強度に応じた舗装の種類と改築のレベルを決定するものとする。

8.3.2 経年変化調査項目

経年変化調査の調査項目と頻度、時期を表8.3-2に示す。

8.3.3 調査結果の利用法

経年変化調査で得られたデータは表8.3-3に示すような項目について解析検討する。

8.3.4 調査方法

調査方法については“Follow-up Survey Manual”で詳しく述べる。

表8.3-1 舗装設計に必要なデータ

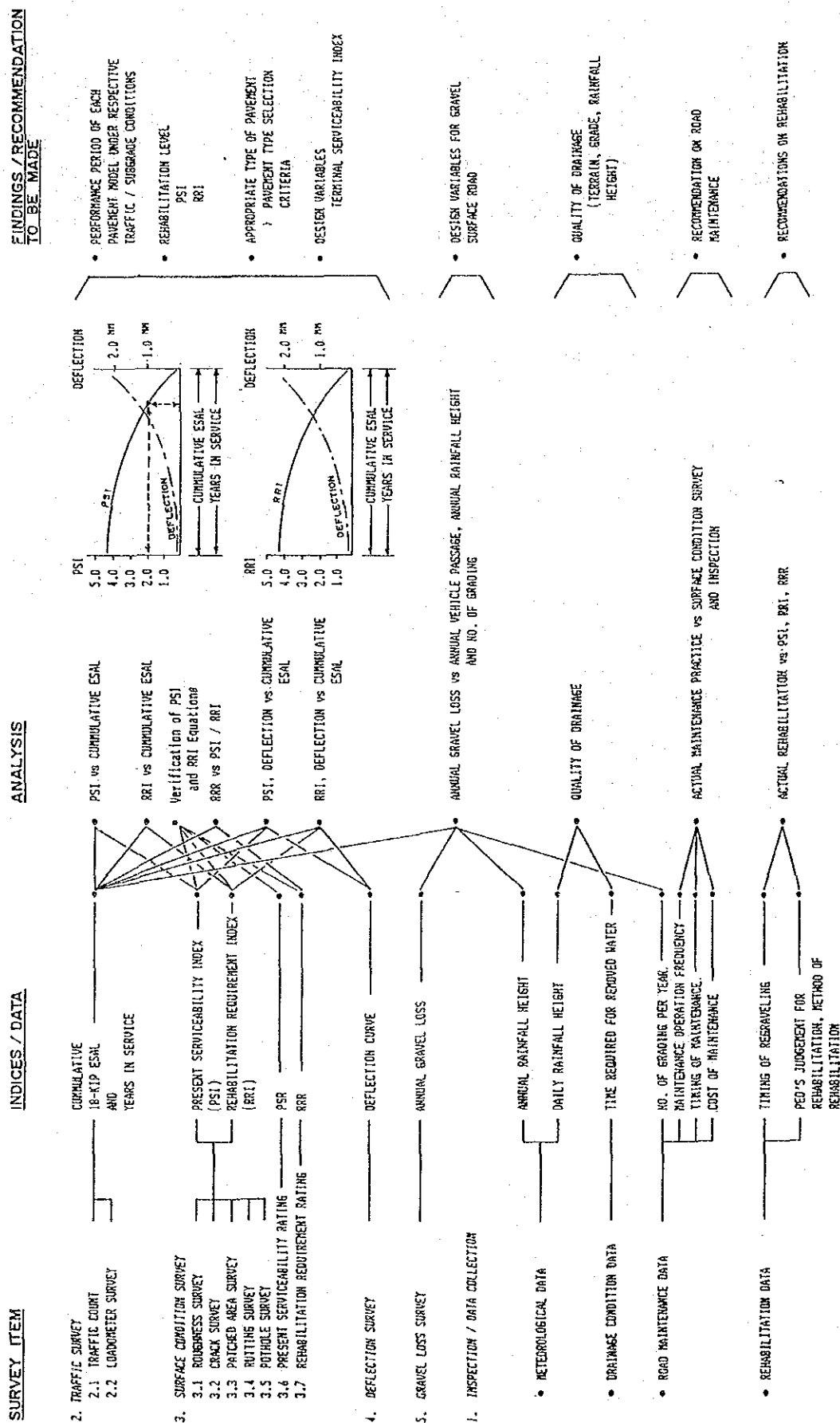
	Pavement Type				Data obtained by Follow-up Survey
	AC	Surface Treatment	PCC	Gravel	
DESIGN VARIABLES					
Time Constraints					●
Performance Period	○	○	○	○	—
Analysis Period	○	○	○	○	—
Traffic	○	○	○	○	●
Reliability	○	○	○	—	—
Environmental Impact					
Roadbed Swelling	△	△	△	—	—
PERFORMANCE CRITERIA					
Serviceability	○	○	○	○	●
Allowable Rutting	—	—	—	○	●
Aggregate Loss	—	—	—	○	●
MATERIAL PROPERTIES STRUCTURAL DESIGN					
Effective Roadbed Soil Resilient Modulus	○	○	—	○	—
Effective Modulus & Subgrade Reaction	—	—	○	—	—
Pavement Layer Materials Characteristics	△	△	○	○	—
PCC Modulus of Rupture	—	—	○	—	—
Layer Coefficients	○	○	—	—	—
PAVEMENT STRUCTURAL CHARACTERISTICS					
Drainage	○	○	○	—	●
Load Transfer	—	—	○	—	—
Loss of Support	—	—	○	—	—

NOTES: ○ Design input variable that must be determined
 △ Design variable that should be considered
 ● Data to be obtained by the follow-up survey

表8.3-2 経年変化調査の調査項目

Survey Items	Frequency	Timing
1. Inspection and Data Collection which includes meteorological data, road maintenance data, drainage condition data, and rehabilitation data.	Monthly	Second week of each month
2. Traffic Survey		
2.1 Traffic Count Survey	Quarterly	January, April, July and October
2.2 Loadometer Survey	Once a Year	October
3. Surface Condition Survey	Quarterly	January, April, July and October
3.1 Roughness Survey		
3.2 Cracking Survey		
3.3 Patching Survey		
3.4 Rutting Survey		
3.5 Pothole Survey		
3.6 Present Serviceability Rating (PSR)		
3.7 Rehabilitation Requirement Rating (RRR)		
4. Deflection Survey	Twice a Year	April and October
5. Gravel Loss Survey	Quarterly	January, April, July and October
6. Photo Taking	Quarterly	January, April, July and October

表8.3-3 経年変化調査の解析項目



8.3.5 調査チームの編成

調査チームはBureau of Research and Standards(BRS)とProject Management Office-Feasibility Study (PMO-FS) の混成チームとする。調査チームの編成を図8.3-1に示した。

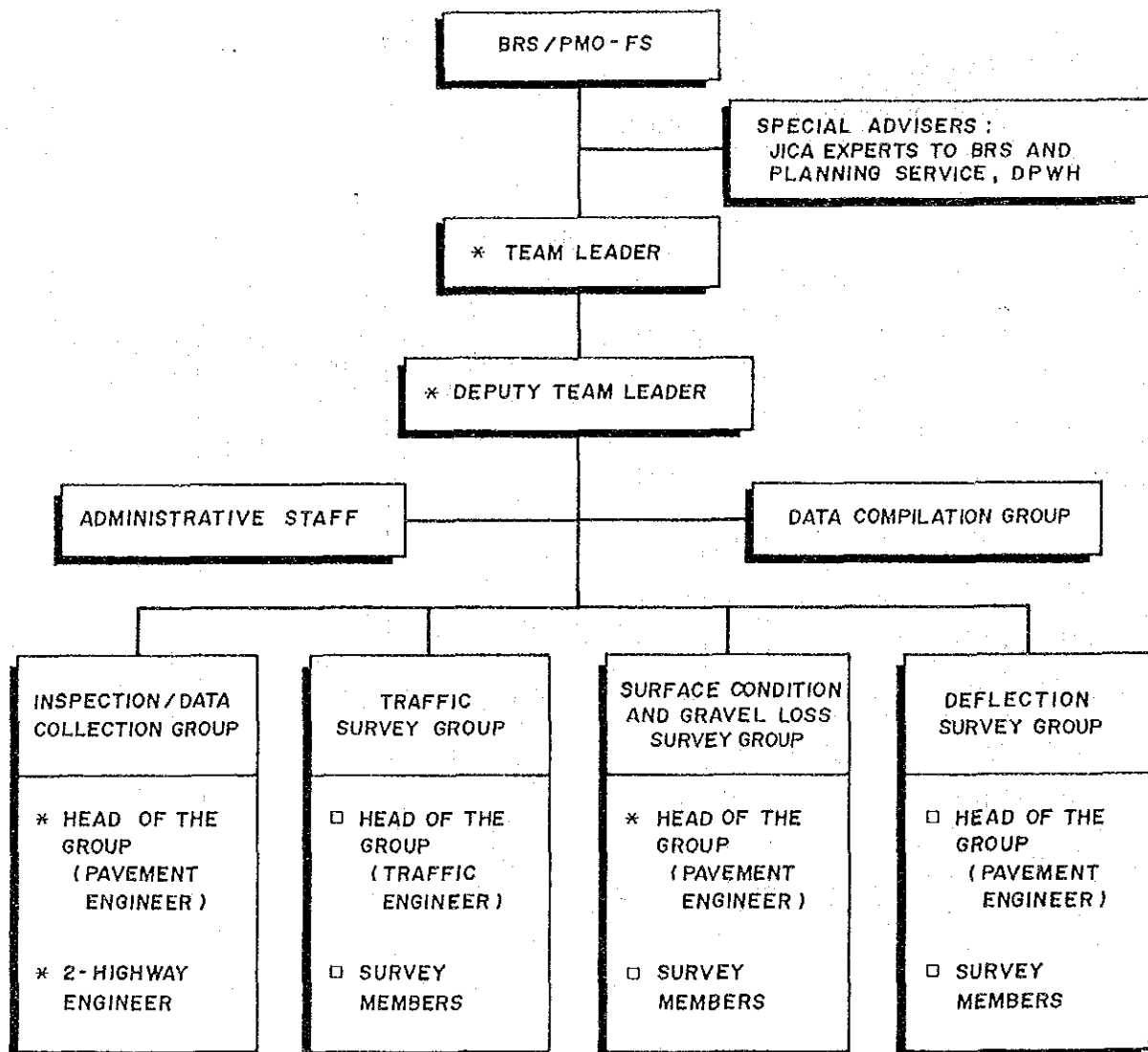
8.3.6 調査日程

表8.3-4に年間の調査日程を示した。

表8.3-4 年間調査日程

Survey Items	M O N T H											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1. Inspection and Data Collection	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Traffic Survey												
2.1 Traffic Count Survey	X			X			X			X		
2.2 Loadometer Survey										X		
3. Surface Condition Survey	X			X			X			X		
4. Deflection Survey				X						X		
5. Gravel Loss Survey	X			X			X			X		
6. Photo Taking	X			X			X			X		

NOTE: Inspection in the months of January, April, July and October is not required, however, data collection shall be undertaken.



- NOTE :**
- * Permanently Assigned.
 - Mobilized when the respective survey is undertaken.
 - Head of Inspection/Data Collection Group can be concurrently assigned to Head of Surface Condition/Gravel Loss Survey Group.
 - Existing PMO-FS organization can be utilized for Administrative Staff and Data Compilation Group

図8.3-1 経年変化調査チームの編成

第9章 低級舗装の標準設計

フィリピンの舗装を代表する材料性状と構造特性を用いて、地方道路における種々の交通量と路床状態に対する舗装の標準設計を行った。この章では低級舗装標準設計の概要を記した。詳細は第30編 “Manual for Design and Constructuion of Low-Class Pavements” に示した。

9.1 概 説

標準設計策定の手順を図9.1-1に示す。

標準設計用の舗装タイプの設定

厚さの異なる種々の舗装タイプを設定した。

設計基準と仮定

舗装設計に必要な設計変数、供用性能範囲、材料性状、構造特性（排水、構成舗装ジョイント荷重伝達）及び将来修復工事に関する基礎データがそれぞれ選定された。

標準設計が実際の設計に応用できるよう10種類の交通荷重と7種類の路床強度を設定した。

構造解析

構造解析は各舗装タイプごとにすべての交通荷重と路床強度について行った。

最適舗装タイプの選定

交通荷重と路床強度のそれぞれの組み合わせに対して最適な舗装タイプを選定した。

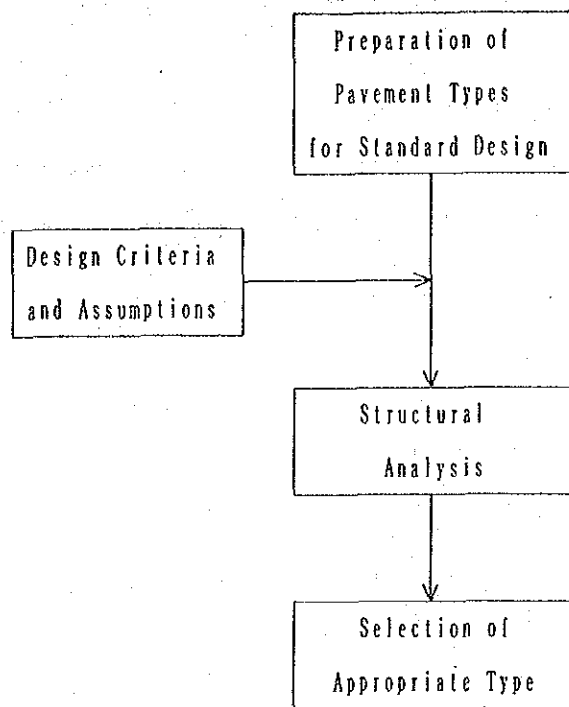


図9.1-1 標準設計の手順

9.2 標準設計用の舗装タイプの設定

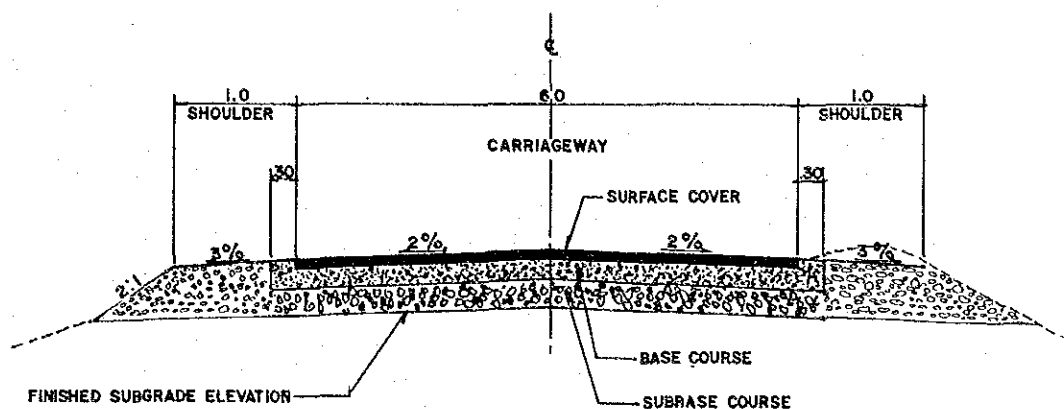
下記の種類の舗装に対して、5種類の厚さの舗装タイプをそれぞれ設定した。

・砂利道	GR-1 ～ GR-5
・一層式アスファルト散布表面処理	SBST-1 ～ SBST-5
・二層式アスファルト散布表面処理	DBST-1 ～ DBST-5
・浸透式アスファルトマカダム	BMP-1 ～ BMP-5
・アスファルトコンクリート	AC-1 ～ AC-5
・セメントコンクリート	PPC-1 ～ PCC-5

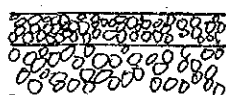
各種舗装タイプの詳細を表9.2-1に、標準断面図を図9.2-1、9.2-2にそれぞれ示す。

表9.2-1 標準設計用舗装タイプ

Type No.	Thickness (cm)			SN	Cost (MP/km)		
	Surface	Base	Sub-base		Construction	Rehabilitation	Annual Maintenance
GR-1	10	-	10		1.078	TX0.0275	0.004150 +0.000045 AADT
GR-2	15	-	10		1.186		
GR-3	15	-	15		1.274		
GR-4	15	-	20		1.363		
GR-5	15	-	25		1.454		
SBST-1	0.5	10	10	0.77	1.308	0.275	0.021 +0.0000075 AADT
SBST-2	0.5	15	10	0.95	1.435		
SBST-3	0.5	15	15	1.12	1.538		
SBST-4	0.5	15	20	1.29	1.643		
SBST-5	0.5	15	25	1.46	1.750		
DBST-1	1.5	10	10	0.89	1.491	0.45	0.021 +0.0000075 AADT
DBST-2	1.5	15	10	1.07	1.618		
DBST-3	1.5	15	15	1.24	1.722		
DBST-4	1.5	15	20	1.41	1.827		
DBST-5	1.5	15	25	1.58	1.934		
BMP-1	5	10	10	1.30	1.815	0.75	0.021 +0.0000075 AADT
BMP-2	5	15	10	1.49	1.945		
BMP-3	5	15	15	1.65	2.049		
BMP-4	5	15	20	1.82	2.156		
BMP-5	5	15	25	1.99	2.265		
AC-1	5	10	10	1.48	2.129	1.07	0.0183
AC-2	5	15	15	1.83	2.359		
AC-3	5	20	20	2.19	2.602		
AC-4	5	25	25	2.54	2.854		
AC-5	5	30	30	2.89	3.113		
PCC-1	13	-	20		2.260	1.07	0.0166
PCC-2	15	-	20		2.443		
PCC-3	18	-	20		2.706		
PCC-4	20	-	20		2.902		
PCC-5	23	-	20		3.167		

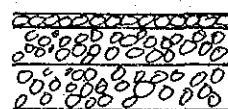


TYPICAL ROADWAY SECTION



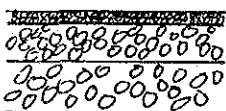
SURFACE (10-15 cm)
SUB BASE (10-25 cm)

**GRAVEL-SURFACED ROAD
(GR)**



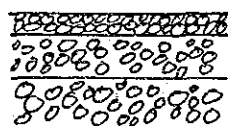
SURFACE (0.5 cm)
BASE (10-15 cm)
SUBBASE (10-25 cm)

**SINGLE BITUMINOUS
SURFACE TREATMENT
(SBST)**



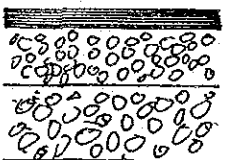
SURFACE (1.5 cm)
BASE (10-15 cm)
SUBBASE (10-25 cm)

**DOUBLE BITUMINOUS
SURFACE TREATMENT
(DBST)**



SURFACE (5 cm)
BASE (10-15 cm)
SUB BASE (10-25 cm)

**BITUMINOUS PENETRATION
MACADAM PAVEMENT
(BMP)**



ASPHALT (5 cm)
BASE (10-30 cm)
SUBBASE (10-30 cm)

**ASPHALT
CONCRETE PAVEMENT
(AC)**



CONCRETE (13-23 cm)
SUBBASE (20 cm)

**PORTLAND CEMENT
CONCRETE PAVEMENT
(PC)**

図9.2-1 舗装の標準断面

GRAVEL	SBST	DBST	BMP	AC	PCC																																						
GR-1 <table><tr><td>Crushed Aggregate Surface Course</td><td>100</td><td rowspan="2">200</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	Crushed Aggregate Surface Course	100	200	Aggregate Subbase Course	100	SBST-1 (SN=0.77) <table><tr><td>SBST</td><td>5</td><td rowspan="3">205</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>100</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	SBST	5	205	Crushed Aggregate Base Course	100	Aggregate Subbase Course	100	DBST-1 (SN=0.89) <table><tr><td>DBST</td><td>15</td><td rowspan="3">215</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>100</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	DBST	15	215	Crushed Aggregate Base Course	100	Aggregate Subbase Course	100	BMP-1 (SN=1.30) <table><tr><td>BMP</td><td>50</td><td rowspan="3">250</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>100</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	BMP	50	250	Crushed Aggregate Base Course	100	Aggregate Subbase Course	100	AC-1 (SN=1.48) <table><tr><td>AC</td><td>50</td><td rowspan="3">250</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>100</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	AC	50	250	Crushed Aggregate Base Course	100	Aggregate Subbase Course	100	PCC-1 <table><tr><td>Portland Cement Concrete Pavement</td><td>130</td><td rowspan="2">330</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	Portland Cement Concrete Pavement	130	330	Aggregate Subbase Course	200
Crushed Aggregate Surface Course	100	200																																									
Aggregate Subbase Course	100																																										
SBST	5	205																																									
Crushed Aggregate Base Course	100																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
DBST	15	215																																									
Crushed Aggregate Base Course	100																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
BMP	50	250																																									
Crushed Aggregate Base Course	100																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
AC	50	250																																									
Crushed Aggregate Base Course	100																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
Portland Cement Concrete Pavement	130	330																																									
Aggregate Subbase Course	200																																										
GR-2 <table><tr><td>Crushed Aggregate Surface Course</td><td>150</td><td rowspan="2">350</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	Crushed Aggregate Surface Course	150	350	Aggregate Subbase Course	100	SBST-2 (SN=0.95) <table><tr><td>SBST</td><td>5</td><td rowspan="3">255</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	SBST	5	255	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	100	DBST-2 (SN=1.07) <table><tr><td>DBST</td><td>15</td><td rowspan="3">265</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	DBST	15	265	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	100	BMP-2 (SN=1.49) <table><tr><td>BMP</td><td>50</td><td rowspan="3">300</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>100</td></tr></table>	BMP	50	300	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	100	AC-2 (SN=1.83) <table><tr><td>AC</td><td>50</td><td rowspan="3">350</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>150</td></tr></table>	AC	50	350	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	150	PCC-2 <table><tr><td>Portland Cement Concrete Pavement</td><td>150</td><td rowspan="2">350</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	Portland Cement Concrete Pavement	150	350	Aggregate Subbase Course	200
Crushed Aggregate Surface Course	150	350																																									
Aggregate Subbase Course	100																																										
SBST	5	255																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
DBST	15	265																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
BMP	50	300																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	100																																										
AC	50	350																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	150																																										
Portland Cement Concrete Pavement	150	350																																									
Aggregate Subbase Course	200																																										
GR-3 <table><tr><td>Crushed Aggregate Surface Course</td><td>150</td><td rowspan="2">300</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>150</td></tr></table>	Crushed Aggregate Surface Course	150	300	Aggregate Subbase Course	150	SBST-3 (SN=1.12) <table><tr><td>SBST</td><td>5</td><td rowspan="3">305</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>150</td></tr></table>	SBST	5	305	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	150	DBST-3 (SN=1.24) <table><tr><td>DBST</td><td>15</td><td rowspan="3">315</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>150</td></tr></table>	DBST	15	315	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	150	BMP-3 (SN=1.65) <table><tr><td>BMP</td><td>50</td><td rowspan="3">350</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>150</td></tr></table>	BMP	50	350	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	150	AC-3 (SN=2.19) <table><tr><td>AC</td><td>50</td><td rowspan="3">450</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>200</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	AC	50	450	Crushed Aggregate Base Course	200	Aggregate Subbase Course	200	PCC-3 <table><tr><td>Portland Cement Concrete Pavement</td><td>180</td><td rowspan="2">380</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	Portland Cement Concrete Pavement	180	380	Aggregate Subbase Course	200
Crushed Aggregate Surface Course	150	300																																									
Aggregate Subbase Course	150																																										
SBST	5	305																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	150																																										
DBST	15	315																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	150																																										
BMP	50	350																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	150																																										
AC	50	450																																									
Crushed Aggregate Base Course	200																																										
Aggregate Subbase Course	200																																										
Portland Cement Concrete Pavement	180	380																																									
Aggregate Subbase Course	200																																										
GR-4 <table><tr><td>Crushed Aggregate Surface Course</td><td>150</td><td rowspan="2">350</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	Crushed Aggregate Surface Course	150	350	Aggregate Subbase Course	200	SBST-4 (SN=1.29) <table><tr><td>SBST</td><td>5</td><td rowspan="3">355</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	SBST	5	355	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	200	DBST-4 (SN=1.41) <table><tr><td>DBST</td><td>15</td><td rowspan="3">365</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	DBST	15	365	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	200	BMP-4 (SN=1.82) <table><tr><td>BMP</td><td>50</td><td rowspan="3">400</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	BMP	50	400	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	200	AC-4 (SN=2.54) <table><tr><td>AC</td><td>50</td><td rowspan="3">550</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>250</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>250</td></tr></table>	AC	50	550	Crushed Aggregate Base Course	250	Aggregate Subbase Course	250	PCC-4 <table><tr><td>Portland Cement Concrete Pavement</td><td>200</td><td rowspan="2">400</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	Portland Cement Concrete Pavement	200	400	Aggregate Subbase Course	200
Crushed Aggregate Surface Course	150	350																																									
Aggregate Subbase Course	200																																										
SBST	5	355																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	200																																										
DBST	15	365																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	200																																										
BMP	50	400																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	200																																										
AC	50	550																																									
Crushed Aggregate Base Course	250																																										
Aggregate Subbase Course	250																																										
Portland Cement Concrete Pavement	200	400																																									
Aggregate Subbase Course	200																																										
GR-5 <table><tr><td>Crushed Aggregate Surface Course</td><td>150</td><td rowspan="2">400</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>250</td></tr></table>	Crushed Aggregate Surface Course	150	400	Aggregate Subbase Course	250	SBST-5 (SN=1.46) <table><tr><td>SBST</td><td>5</td><td rowspan="3">405</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>250</td></tr></table>	SBST	5	405	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	250	DBST-5 (SN=1.58) <table><tr><td>DBST</td><td>15</td><td rowspan="3">415</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>250</td></tr></table>	DBST	15	415	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	250	BMP-5 (SN=1.99) <table><tr><td>BMP</td><td>50</td><td rowspan="3">450</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>150</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>250</td></tr></table>	BMP	50	450	Crushed Aggregate Base Course	150	Aggregate Subbase Course	250	AC-5 (SN=2.89) <table><tr><td>AC</td><td>50</td><td rowspan="3">650</td></tr><tr><td>Crushed Aggregate Base Course</td><td>300</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>300</td></tr></table>	AC	50	650	Crushed Aggregate Base Course	300	Aggregate Subbase Course	300	PCC-5 <table><tr><td>Portland Cement Concrete Pavement</td><td>230</td><td rowspan="2">430</td></tr><tr><td>Aggregate Subbase Course</td><td>200</td></tr></table>	Portland Cement Concrete Pavement	230	430	Aggregate Subbase Course	200
Crushed Aggregate Surface Course	150	400																																									
Aggregate Subbase Course	250																																										
SBST	5	405																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	250																																										
DBST	15	415																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	250																																										
BMP	50	450																																									
Crushed Aggregate Base Course	150																																										
Aggregate Subbase Course	250																																										
AC	50	650																																									
Crushed Aggregate Base Course	300																																										
Aggregate Subbase Course	300																																										
Portland Cement Concrete Pavement	230	430																																									
Aggregate Subbase Course	200																																										

図9.2-2 標準設計用舗装タイプ

9.3 設計基準と仮定

標準設計の設計基準と仮定を表9.3-1に示す。

9.3.1 基礎データ

(1) 解析期間

解析期間とは解析の対象となる評価期間で、一般に25年が使われる。

(2) 供用期間

供用期間とは新設舗装が施工後修復を必要とするまでにかかる年数である。個々の舗装タイプに対するライフサイクルコスト解析（第30編第3章参照）からもとめた供用期間を表9.3-2に示す。

表9.3-2 舗装種類別供用期間

Pavement Type	Performance Period (Years)
Gravel Road	3 - 4
Single Bituminous Surface Treatment	3 - 5
Double Bituminous Surface Treatment	5 - 8
Bituminous Macadam Pavement	8 - 10
Asphalt Cement Pavement	10 - 15
Portland Cement Concrete Pavements	15 - 20

(3) 交通量

標準設計の解析は解析期間の18-kip ESAL累積値をもとにして行った。設計手順を簡便にするため、交通荷重を初年度のESAL値を用いて表9.3-3に示すように10のランクに分けた。

(4) 信頼性

交通量予想および供用性予想の変動に対する安全率として50%を採用した。これはAASHTOの設計要領（1986）で提唱されている最低値である。

表9.3-1 設計基準と仮定

	GR	SBST	DBST	BMP	AC	PCC
1. Design Variables						
Analysis Period (years)	25	25	25	25	25	25
Performance Period (years)	3-4	3-5	5-8	8-10	10-15	15-20
Traffic (classes)	10	10	10	10	10	10
Reliability (%)	50	50	50	50	50	50
2. Performance Criteria						
Initial Serviceability (P_0)	3.5	4.2	4.2	4.2	4.2	4.5
Terminal Serviceability (P_t)	0.5	1.5	1.5	1.5	2.0/2.5	2.0/2.5
Allowable Rutting (inches)	2.5	-	-	-	-	-
Gravel Loss	(See 9.3.2 (3))	-	-	-	-	-
3. Material Property						
3.1 Elastic Modulus Subgrade			(CER = 3, 4, 6, 8, 10, 15 and 20)			
Subbase (PSI)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Base (PSI)	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	-
SBST/DBST/BMP (PSI)	-	200,000	200,000	200,000	-	-
AC (PSI)	-	-	-	-	350,000	-
PCC (PSI)	-	-	-	-	-	3.28×10^6
3.2 Modulus of Rupture (PSI)	-	-	-	-	-	580
3.3 Structural Layer Coefficient						
Subbase	0.095	0.095	0.095	0.095	0.0954	0.095
Base	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	-
SBST/DBST/BMP	-	0.30	0.30	0.30	-	-
AC	-	-	-	-	0.39	-
PCC	-	-	-	-	-	-
4. Structural Characteristics						
Drainage	-	m = 0.9	m = 0.9	m = 0.9	m = 0.9	Cd = 0.9
Load Transfer	-	-	-	-	-	J = 4
5. Rehabilitation Works	Re-gravel	Reconstruction of Surface	Reconstruction of Surface	Reconstruction of Surface	5 cm. AC Overlay	5 cm. AC Overlay

表9.3-3 地方道路における交通量等級

Traffic Loading Class			ESAL 1st Year		Assumed 1/ AADT	
Light Loading Traffic	R1	R1-1	0 -	1,300	0 -	100
		R1-2	1,300 -	3,000	100 -	200
	R2	R1-1	3,000 -	8,000	200 -	400
		R1-2	8,000 -	14,000	400 -	600
	R3	R3-1	14,000 -	21,000	600 -	800
		R3-2	21,000 -	30,000	800 -	1,000
Heavy Loading Traffic	A	A-1	30,000 -	60,000	1,000 -	1,500
		A-2	60,000 -	100,000	1,500 -	2,000
	B	B-1	100,000 -	150,000	3,000 -	3,000
		B-2	150,000 -	200,000	3,000 -	4,000

注 : 1/地方道のみに有効

幹線道路は車種別構成、荷重係数が違うので適用できない。

9.3.2 供用性の基準

(1) サービス性能

サービス性能のうち現況サービス性能指数 (PSI) を設計の指標として用いた。現況サービス性能指数は0 (通行不能) から5 (完全な道路) の間の値として表されるが、本調査では次のような仮定に立ってPSIを決定した。

砂利道	サービス性能指数の全体低下=3.0	
	(P _o =3.5、P _f =0.5)	
SBST/DBST/BMP	P _o =4.2、P _f =1.5	
AC	P _o =4.2、P _f =2.0	軽交通荷重用道路
	P _o =4.2、P _f =2.5	重交通荷重用道路
PCC	P _o =4.5、P _f =2.0	軽交通荷重用道路
	P _o =4.2、P _f =2.5	重交通荷重用道路

P_o : 初期サービス性能指数

P_f : 最終サービス性能指数

(2) わだち堀れの許容値

わだち堀れは砂利道の供用性にのみに考慮した。許容最大深さは2.5インチとした。

(3) 砂利の損失

ケニヤ道路の運行経費調査より年間の砂利の損失量を下記の式により求めた。

$$AGL = f \{ T^2 / (T^2 + 50) \} (4.2 + 0.092T + 3.50R^2 + 1.88VC)$$

AGL : 年間砂利損失量 (mm)

T : 年間通過交通量 (1000台)

R : 年間降雨量 (m)

VC : 道路の平均勾配 (%)

f : 0.94 (ラテライト)

1.1 (石英)

0.7 (火山岩)

1.5 (珊瑚岩)

本標準設計には下記の数値を仮定した。

$$R=2.5 \quad VC=3.0 \quad f=1.1$$

9.3.3 材料の品質

(1) 路床

路床の反力係数 (K 値) と路床土の弾性係数 (Mr) は路盤の影響を考慮に入れて表9.3-4 のように求めた。

表9.3-4 路床の強度

CBR of Subgrade	K (pci) of Subgrade	Mr (psi) of Subgrade	K (pci)
3	100	4,000	130
4	120	5,000	170
6	160	6,000	210
8	180	7,000	230
10	200	8,000	250
15	230	12,000	280
20	250	15,000	300

Note: K; estimated based on the suggestion by the Portland Cement Association.

(2) 下層路盤

AASHTOはたわみ性舗装の設計には舗装厚係数（ a 値）を用いている。舗装の各層にこの係数が割り当てられ実際の厚さを構造指数（SN）に変換するのに使われる。

また、粒状材料を用いた下層路盤の舗装厚係数 a_3 の値を下記のように定めている。

表9.3-5 粒状材料を用いた下層路盤の舗装厚係数

CBR	Modulus (psi)	Coefficient, a_3
40	17,000	0.12
30	15,000	0.11
20	13,000	0.095
10	11,000	0.08

熱帯性気候における材料特性を考慮して $a_3=0.095$ を採用した。

(3) 上層路盤

たわみ性舗装の上層路盤の舗装厚係数 a_2 をAASHTOの提唱する値をもとにして下記のように定めた。

表9.3-6 粒状材料を用いた上層路盤の舗装厚係数

CBR	Modulus (psi)	Coefficient, a_2
100	30,000	0.14
66	27,000	0.125
40	22,000	0.105
20	15,000	0.07

雨季の長さ、施工精度、材質を考慮して $a_2=0.105$ を採用した。

(4) SBST/DBST/BMP

SBST/DBST/BMPの舗装厚係数を材料の弾性係数から算定することは困難なので、本標準設計においてはAASHTOの密粒アスファルトコンクリートの舗装厚係数を参考にして0.3と推定した。

(5) アスファルトコンクリート表層

密粒アスファルトコンクリートの舗装厚係数は表9.3-7に示す値とした。

表9.3-7 密粒アスファルトコンクリートの舗装厚係数

Elastic Modulus (Psi)	Structural Layer Coefficient, a_1
400,000	0.42
350,000	0.39
300,000	0.38
200,000	0.30
110,000	0.20

施工精度と排水条件を考慮して舗装厚係数（弾性係数350,000psi）を0.39とした。

(6) セメントコンクリート

剛性舗装の設計に使われる破壊強度（曲げ強度）は3点載荷法（AASHTO T97、ASTH C78）による28日強度の平均値とした。

$$Sc' \text{ (平均)} = Sc + Z \text{ (SDs) 強度}$$

Sc' : PCCの破壊強度の平均値 (psi)

Sc : コンクリート施工示方書による曲げ強度 (psi)

SDz : 曲げ強度の標準偏差 (psi)

Z : 標準変量

フィリピンの標準示方書では14日の曲げ強度が550psi (39km/cm²) であるので、本標準設計では580psi (40km/cm²) とした。セメントコンクリートの弾性係数は 3.28×10^6 psiとした。

9.3.4 構造特性

(1) 排水

排水条件は舗装供用性に大きな影響を及ぼすので、舗装の設計にあたっては重要な検討項目である。表9.3-8は排水の良否を排水に要する時間で示したものである。

表9.3-8 排水性状

Quality of Drainage	Water Removed Within
Excellent	2 hours
Good	1 day
Fair	1 week
Poor	1 month
Very Poor	(water will not drain)

AASHTOではたわみ性舗装の下層路盤と上層路盤の舗装厚係数を排水条件によって補正する値として排水係数 m_1 を、また剛性舗装にたいしては排水係数 C_d を提唱している。

本標準設計では $m_1=0.9$ 、 $C_d=0.9$ を用いた。

(2) 荷重伝達（剛性舗装）

荷重伝達係数 J とは、剛性舗装において舗装面のクラックやジョイントなどの不連続点での、荷重伝達の程度を表す係数である。標準設計では非補強ジョイントによる影響を考慮して、伝達係数を4とした。

9.3.5 補修工事

(1) 砂利道

舗装面が最終サービス性能に達したとき ($P_t=0.5$) か、わだち堀の深さが許容値に到達したときに補修を行うものとする。補修は損失した砂利を追加敷き均して行う。

(2) SBST、DBST、BMP

舗装の強度が新設舗装と同じになる程度に表層を補修する。

(3) アスファルトコンクリート

5 cm厚のアスファルトコンクリートのオーバーレイを実施する。補修後の舗装強度は次式にて求める。

$$SN_y = SN_{OL} + F_{RL} \cdot SN_{xeff}$$

SN_y : 交通荷重を支えるのに必要な全舗装強度

SN_{OL} : オーバーレイ層の強度

SN_{xeff} : オーバーレイ直前の舗装実強度

F_{RL} : 補修前舗装の残余寿命係数、0.7

(4) セメントコンクリート

5 cm厚のアスファルトコンクリートのオーバーレイを施す。たわみ性のオーバーレイを施した剛性舗装の強度算出式は下記の通りである。

$$SN_y = SN_{OL} + F_{RL} \cdot (A_{2x} \cdot D_o + SN_{xeff} - rp)$$

A_{2x} : 破損したPCC表層の舗装厚係数、0.4

D_o : 既存のPCC表層厚

$SN_{xeff} - rp$: PCC表層を除く舗装各層の実強度

9.4 標準設計

9.3に述べた設計基準と仮定をもとにAASHTOの設計要領（1986）の手法に従って構造解析を行った。計算結果の概要を表9.4-1に示す。計算結果の詳細は第30編の付録資料Ⅲに記した。経済的な舗装タイプは、交通量から換算した初年度のESAL値と路床のCBRをもとに上記の解析結果から決めた。

表9.4-1(1) 標準設計概要

GRAVEL

First Year ESAL	C B R							Performance Period (Year)
	3	4	6	8	10	15	20	
0 - 1,300	GR-3	GR-2	GR-2	GR-2	GR-2	GR-2	GR-1	3-4
1,300 - 3,000	GR-5	GR-5	GR-4	GR-3	GR-3	GR-2	GR-2	

SBST

First Year ESAL	C B R							Performance Period (Year)
	3	4	6	8	10	15	20	
0 - 3,000	-	SBST-5	SBST-5	SBST-4	SBST-4	SBST-3	SBST-2	3-5
3,000 - 8,000	-	-	-	SBST-5	SBST-5	SBST-4	SBST-3	
8,000 - 14,000	-	-	-	-	-	SBST-5	SBST-4	

DBST

First Year ESAL	C B R							Performance Period (Year)
	3	4	6	8	10	15	20	
0 - 3,000	-	DBST-5	DBST-5	DBST-4	DBST-4	DBST-3	DBST-2	5-8
3,000 - 8,000	-	-	-	DBST-5	DBST-5	DBST-4	DBST-3	
8,000 - 14,000	-	-	-	-	-	DBST-5	DBST-4	

BMP

First Year ESAL	C B R							Performance Period (Year)
	3	4	6	8	10	15	20	
0 - 3,000	BMP-5	BMP-4	BMP-3	BMP-3	BMP-2	BMP-1	BMP-1	8-10
3,000 - 8,000	-	BMP-5	BMP-5	BMP-4	BMP-3	BMP-2	BMP-1	
8,000 - 14,000	-	-	-	BMP-5	BMP-4	BMP-3	BMP-2	

表9.4-1(2) 標準設計概要

AC

First Year ESAL	C B R							Performance Period (Year)
	3	4	6	8	10	15	20	
3,000 - 8,000	AC-4	AC-3	AC-3	AC-2	AC-2	AC-1	AC-1	10-15
8,000 - 14,000	AC-5	AC-4	AC-3	AC-3	AC-3	AC-2	AC-1	
14,000 - 21,000	AC-5	AC-4	AC-4	AC-3	AC-3	AC-2	AC-2	
21,000 - 30,000	-	AC-5	AC-4	AC-4	AC-3	AC-3	AC-2	
30,000 - 60,000	-	AC-5	AC-5	AC-5	AC-4	AC-3	AC-3	
60,000 - 100,000	-	-	-	AC-5	AC-5	AC-4	AC-3	
100,000 - 150,000	-	-	-	-	AC-5	AC-4	AC-4	
150,000 - 200,000	-	-	-	-	-	AC-5	AC-4	

PCC

First Year ESAL	C B R							Performance Period (Year)
	3	4	6	8	10	15	20	
8,000 - 14,000	PCC-2	PCC-2	PCC-1	PCC-1	PCC-1	PCC-1	PCC-1	15-20
14,000 - 21,000	PCC-2	PCC-2	PCC-2	PCC-2	PCC-2	PCC-2	PCC-2	
21,000 - 30,000	PCC-3	PCC-3	PCC-3	PCC-2	PCC-2	PCC-2	PCC-2	
30,000 - 60,000	PCC-4	PCC-4	PCC-3	PCC-3	PCC-3	PCC-3	PCC-3	
60,000 - 100,000	PCC-4	PCC-4	PCC-4	PCC-4	PCC-4	PCC-4	PCC-4	
100,000 - 150,000	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	
150,000 - 200,000	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	PCC-5	

9.5 舗装タイプの選定

標準舗装の各タイプにつき経済評価を行った。図9.5-1と9.5-2にESAL値に対応する初期経費とライフサイクルコストの関係を、CBRが3、8、20のそれぞれの場合について示した。

図9.5-3に一般的な路床の強さであるCBR値8の場合の経済的舗装タイプを示した。結果は次のとおりである。

・主要幹線道路

初年度ESAL	1,300 (AADT100) 以下	:	砂利道
初年度ESAL	1,300 (AADT100) - 8,000 (AADT400)	:	DBST/BMP
初年度ESAL	8,000 (AADT400) - 30,000 (AADT1,000)	:	AC
初年度ESAL	30,000 (AADT1,000) 以上	:	PCC

・準幹線道路

初年度ESAL	3,000 (AADT200) 以下	:	砂利道
初年度ESAL	3,000 (AADT200) - 8,000 (AADT400)	:	DBST/BMP
初年度ESAL	3,000 (AADT400) 以上	:	主要幹線道路に準ずる

以上のように決定したが、舗装タイプの選定にあたっては、以下の点を明記しておきたい。

経済的な舗装タイプの決定には、将来交通量と供用性の予想に多くの不確定要素があるため、過大な見積りになりがちである。経済評価の結果もその国の経済状況、物価変動、建設費、現場の施工条件などに影響される。舗装路面の許容値は利用者の主観的判断によって決められるものなので、これも経済評価の結果に影響を及ぼす。

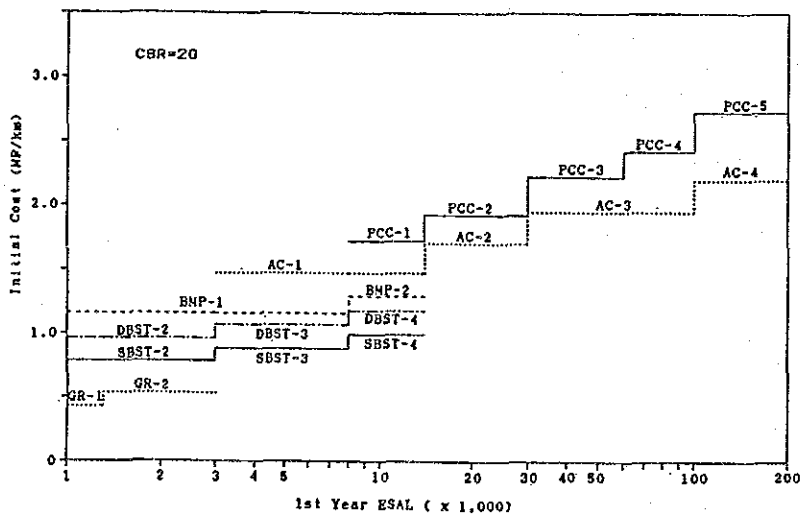
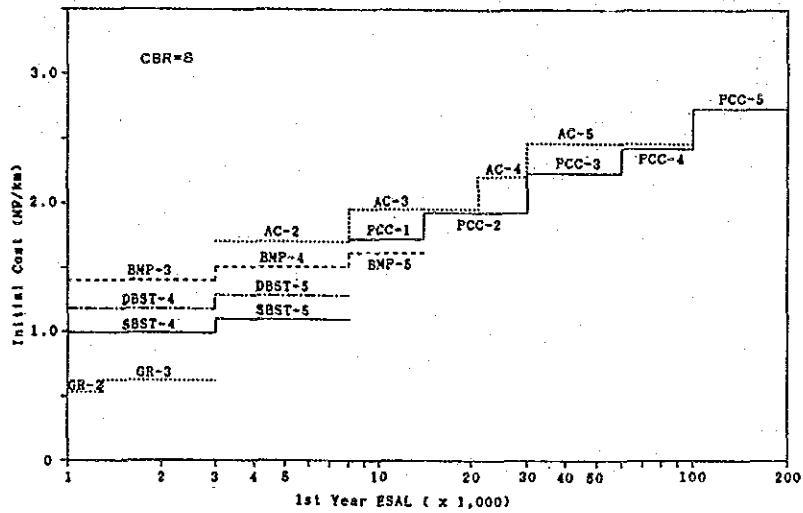
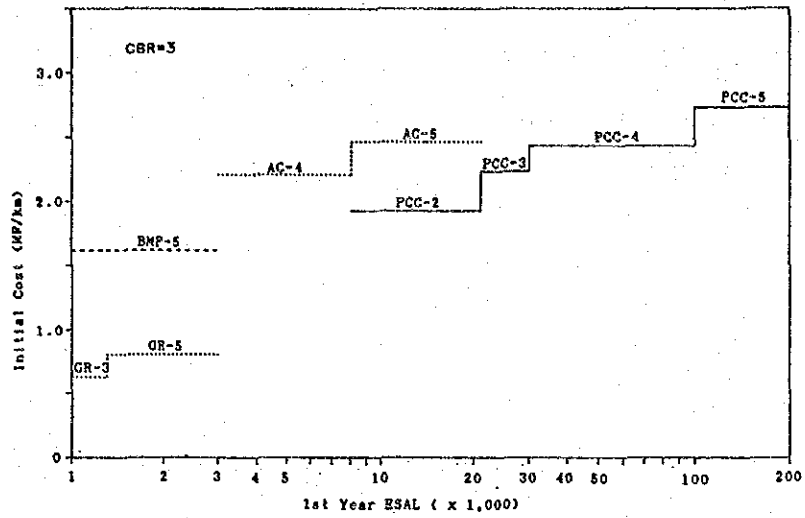


図9.5-1 舗装の初期経費

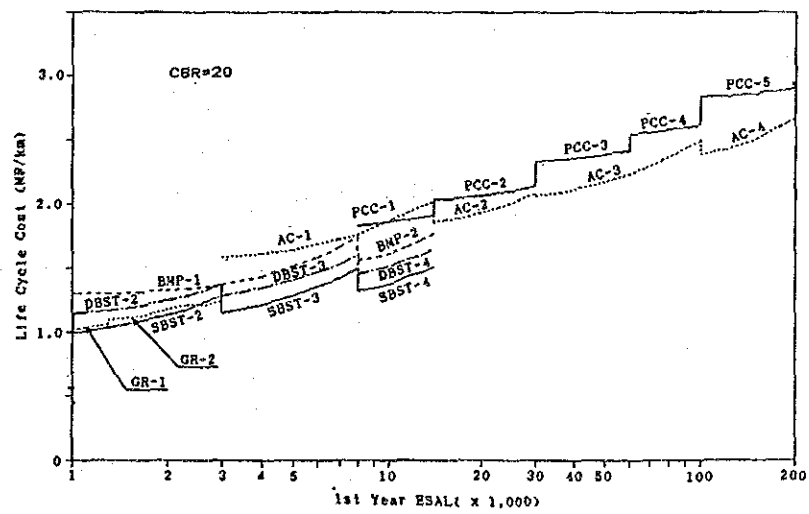
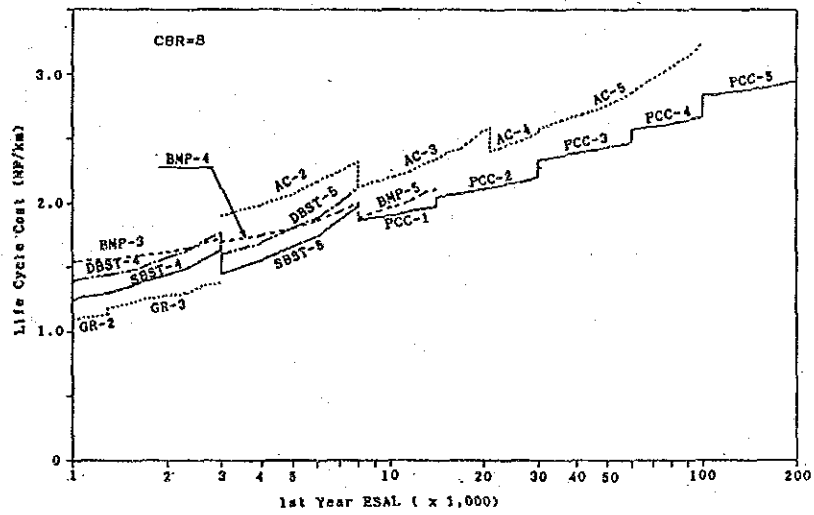
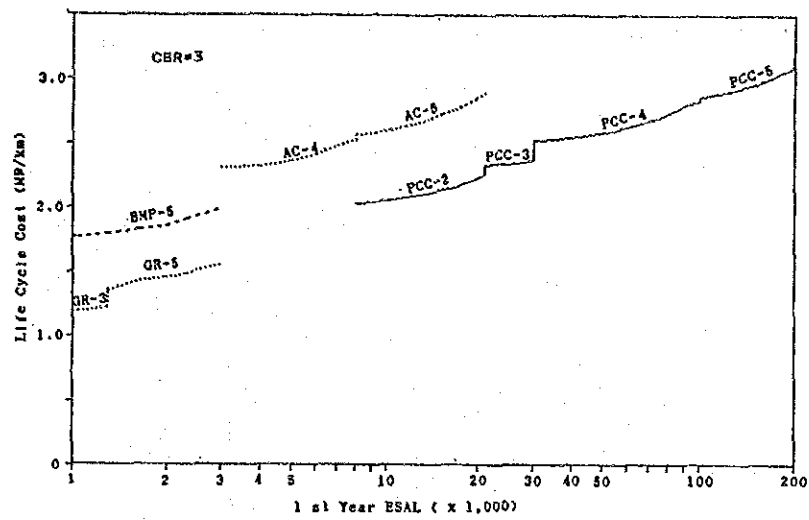
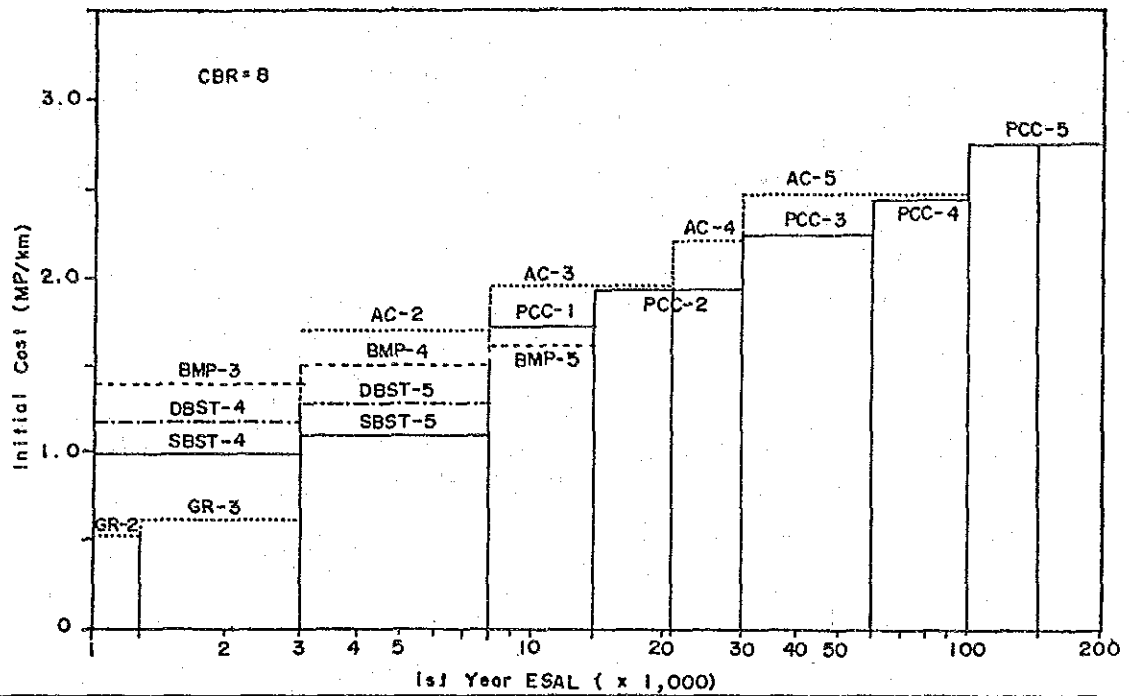


図9.5-2 舗装のライフサイクルコスト



Traffic Loading Class	Light Loading Traffic						Heavy Loading Traffic			
	R ₁₋₁	R ₁₋₂	R ₂₋₁	R ₂₋₂	R ₃₋₁	R ₃₋₂	A ₁₋₁	A ₁₋₂	A ₂₋₁	A ₂₋₂
No. of ESAL in 1st Year	1,300	3,000	8,000	14,000	21,000	30,000	60,000	100,000	150,000	200,000
Assumed AADT	100	200	400	600	800	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000
Recommended Pavement Types										
Primary Major Roads	GR	DBST / BMP		AC/PCC			PCC			
Secondary Major / Minor Roads	GR		DBST/BMP		AC/PCC			PCC		

図9.5-3 交通量に応じた経済的舗装タイプの例 (路床のCBR = 8)

第10章 低級舗装の設計施工に関する提言

前章までは低級舗装の舗装現況調査、設計施工、経年変化調査について述べた。この章ではこれらの議論を総括し提言を述べる。経年変化調査は今後5年間にわたって実施されるので、この提言も将来見直しが必要になる。

10.1 舗装計画に関する提言

10.1.1 標準舗装モデルの開発

最適な舗装タイプの選定には複雑な要素がからみあい、確立された方法がない。選定の過程には下記のような数々の技術的判断と財政的措置が要求されるうえに、創造性、柔軟性も必要となる。

- ・建設費
- ・トータルライフコスト
- ・予算の上限
- ・交通の量と質
- ・道路の等級
- ・設計供用年数
- ・信頼性
- ・工期
- ・交通規制（片側通行止めの可能性）
- ・施工性（資材、機械、作業員などの確保とその費用）
- ・維持補修
- ・環境
- ・政策

経済的な舗装タイプの選定については、第9章で述べたが要約すると下記ようになる。

- i) 砂利道は、供用年数が3年から4年で交通量が極めて低い道路（幹線道路でAADTが100以下その他の道路で200以下）に採用する。
- ii) 一層式アスファルト表面処理（SBST）は、1：供用年数が短い（3年から5年）、2：耐水性が低い、3：施工に熟練を要する、などの理由から推薦できない。
- iii) 二層式アスファルト表面処理（DBST）は供用年数が5年から8年でAADT400以下の道路に適切である

- iv) 浸透式アスファルトマカダム (BMP) は供用年数が8年から10年とDBSTより長いが経済的でない。
- v) アスファルトセメント舗装 (AC) の供用年数は10年から15年で、セメントコンクリート舗装(PCC) の供用年数は15年～20年であり、いずれもAADT400以上の道路に使われる。
- vi) 路床のCBR値が20以上の場合を除けばPCCはACよりも経済的と思われる。この場合のセメントの価格は一袋100ペソ、アスファルトコンクリートはトン当たり10,200ペソとした。

上記の提言は舗装材料の平均的な価格をもとにトータルライフコスト解析の結果から得たものである。施工性、保守の方法、担当官庁の政策など経費以外の要素も考慮して見直す必要がある。

10.1.2 舗装の修復基準設定

AASHOにより定められた現況サービス性能指数 (PSI) は、道路の利用者の主観的乗心地評価により求められたものであり、路面ラフネスが支配的要因となる。AASHTOの舗装設計要領 (1986) は舗装新設および修復の設計にPSI概念を採用している。しかしフィリピンにおいては施工直後でも一般にラフネスが高いため、路面損傷度によって修復を検討する方法がより実態に近いと思われる。以上のことから日比友好道路・道路改善計画調査ではPCC舗装について修復必要度指数 (RRI) を使用することが提唱された。本調査においてもDBST、BMP、ACについてRRIを使用することを推薦する。PSI方式では道路利用者による乗心地評価から修復度が求められるが、RRI方式では技術者による舗装損傷の評価から修復度を求める。RRIは舗装面のクラック、パッチング、ラフネスの測定から算出するので、PSIより舗装損傷の実態に近いものが得られると思われる。

10.1.3 雨季における舗装工事

建設工事は天候に大きく左右され、とくに材料の含水量管理が重要である舗装工事の品質に大きな影響を与える。雨季における舗装工事条件は乾期における条件とは著しく異なる。天候は工程や施工方法のみならず、使用材料や舗装種類の決定にまで影響してくる。さらに悪天候は政府と施工業者の双方に余計な出費を余儀なくさせる。雨季に施工された舗装は予定より早く劣化が進み政府は保守修復に余計な出費をせねばならない。一方施工業者は、降雨により頻繁に作業を中断せねばならず、作業員、建設機械の稼働率は低下し、支出は増大する。路床、路盤材の含水量調整は著しく困難で示方書に適合した材料を敷設することは不可能に近い。

雨季における舗装工事の問題については今回、特別な提言はない。緊急やむを得ない場合による他は、舗装工事は乾季に行うべきである。

この問題は施工業者のみで解決することは出来ないので、政府が雨季における舗装工事に関する基本的ガイドラインを作成することが強く望まれる。

10.2 舗装設計に関する提言

10.2.1 舗装の構造設計

公共道路事業省のBureau of Design制定の設計要領、指針、標準などはよく整備されているが、これらのガイドラインはAASHTOの舗装設計要領 (Interim Guide)、Road Note 29及びGroup Index法を採用している。新しく発行されたAASHTOの舗装設計要領 (1986) には下記の手法がとり入れられており、これを推薦する。

(1) 信頼性

信頼性とは舗装損傷の程度が設計寿命の期間内において許容値内にある確率をいう。本調査では最も低い値である50%を採用した。整合のとれた舗装設計のために政府はこの点に関して明確な方針を確立すべきと考える。

(2) 新設舗装の供用年数

整合のとれた舗装設計と計画的な修復のために、舗装種類別、道路等級別、交通量別に新設舗装の供用年数を確立することを推薦する。本調査においては下記の供用年数を採用した。

表10.2-1 新設舗装の供用年数

Traffic Loading Class	Gravel	SBST	DBST	BMP	AC	PCC
Light Loading Class <u>1/</u>	3-4	3-5	5-8	8-10	10-15	15-20
Heavy Loading Traffic <u>2/</u>	-	-	-	-	8-14	15
Extra Heavy Loading <u>2/</u>	-	-	-	-	5- 8	5-12

Note:

1/ This Study

2/ Feasibility Study, the Road Improvement Project on the Pan-Philippine Highway

(3) 支持力

AASHTOの舗装設計要領 (1986) では路盤材の弾性係数 (たわみ性舗装) および路床の反力係数 (剛性舗装) が採用されている。フィリピンにおいても材料の地方的条件や施工性などを考慮に入れたうえで、路床の支持力をCBR値と関連付けて確立する必要があると思われる。

(4) 舗装厚係数（たわみ性舗装）

下層路盤、上層路盤、表層の各層における舗装厚係数を過去の舗装の供用性、施工法、経済解析、示方書の要件などを検討して確立する必要がある。

(5) 排水

AASHTOが提唱しているように、地下排水を舗装設計のなかに取り入れるべきである。路体が飽和に近い含水状態にある時間率を少なくすることによって地下排水の機能が改善される。

10.2.2 舗装のサービス性能

サービス性能の中で最も重要なのは現況サービス性能指数（PSI）である。許容しうる最適のPSIすなわち最終サービス性能指数（Pt）は舗装が改築を必要とする直前のサービス性能指数とする。本調査では下記のサービス性能指数を採用した。

表10.2-2 サービス性能指数

	Major Road		Minor Road	
	Initial Serviceability	Terminal Serviceability	Initial Serviceability	Terminal Serviceability
PCC	4.5	2.5	4.5	2.0
AC	4.2	2.5	4.2	2.0
BMP	-	-	4.2	1.5
SBST/DBST	-	-	4.2	1.5
GR 1/	-	-	3.5	0.5

Note: 1/ For gravel - surfaced roads (GR), total loss was assumed to be 3.0.

Pt値は舗装の構成と補修の頻度により大きく変わるので、道路等級別、舗装タイプ別のサービス性能を決めるガイドを作成することを提唱する。

10.2.3 既存舗装の改修（計画的改修）

舗装の構造を解析の年数（一般に25年）以降の交通に対してももちこたえるように設計するのは建設費がかさむので、舗装の改善計画には計画的な改良や段階施工を考慮することが望ましい。長期耐久的な舗装を設計するか段階的改良を考えた設計の何れが有利かを評価する場合にはライフサイクルコスト分析がなされるべきである。

交通量が現在も低くても伸び率の高い道路や、長期の将来交通量の予測が困難な道路の計画的舗装の改修には単なるオーバーレイだけでなく、舗装タイプの改善（低級舗装から高級舗装への改修）も考慮すべきである。

舗装改良方法の幾つかの例を下記に述べる。

(1) 砂利道からアスファルト舗装への改良

既存道路の砂利がよく保守されていて、排水状態も良好なら、a) 選定された粒状材料、b) ポルトランドセメントを適度に混ぜ品質を向上させて路盤として利用できる。在来砂利層の路盤改良法の確立が必要と考えられる。またそれ以上に砂利道施工においては良好な排水措置をとり、良質な路床と下層路盤上に粒度良好な砂利層材により建設されることが重要と考えられる。

砂利道からアスファルト舗装への改良の時期は、道路の状態を修復観察しながら、最適な時期を選ぶことが肝要である。

(2) DBST/BMPからACへの改良

二層式アスファルト表面処理（DBST）および浸透式アスファルトマカダム（BMP）の改良は表層を路上再生工法によりAC舗装の上層路盤として再生する。路上再生工法とは在来の表層を細かく砕き路盤材と混ぜ合わせた後ポルトランドセメントを混入して上層路盤とする方法である。この方法を採用するには良好な排水状態にあり路床、路盤および表層が確実に施工されていることが重要である。改良は表層および上層路盤が悪化して再用不可能になる前に実施しなければならないので実施の時期は慎重に決定する必要がある。

10.3 舗装工事に関する提言

10.3.1 設計図書、示方書の遵守

舗装工事にあたっては設計図書、示方書の規定を厳格に遵守することが重要である。設計図書、示方書の意義は、1) 設計での仮定を遵守すること、2) 施工業者が設計者の意図を理解すること、3) 施工業者が正当な支払いを受けること、4) 施工中の甲乙双方の責任を明確にすることである。

舗装設計は次の点を満足しなければならない

- ・舗装構成各部の品質設計（舗装配合設計）
- ・舗装各部の厚さ

舗装各部の厚さは構成する材料の品質によって変わるので、使用する材料は設計で想定された材質のものをすることが重要となる。

価格の算定は舗装の工事と施工のすべてに関してなされるもので、おもなものは次の通りである。

- ・市場競争条件での材料単価
- ・機械の効率
- ・施工に関する地方的条件
- ・作業不可能日数を考慮した作業工程
- ・資材の入手先
- ・仮設資材
- ・間接経費と、適正な利潤

施工業者は設計図書と示方書の基準を尊重し、適正に見積られた金額で所定の期間内に、工事を完成させる法的義務があることは言うまでもない。

10.3.2 施工管理

体系的施工計画と実態に合った工程計画を組むことが、発注者にとっては良質な工事成果物がえられ、施工業者にとっては利益を得られる重要な方法であることはこれまでも強調されている。体系的工程は次に述べる各項目について検討がなされなれて初めて現実的なものとなる。

- ・機械工程
 - － 新規購入／既所有
 - － 必要時期における入手可能性
 - － 維持修理体制
- ・資材工程
 - － 材料自家採取／業者納入
 - － 搬入方法
 - － 現場仮貯蔵
- ・労務工程
 - － 技術員
 - － 熟練工
 - － 普通工
- ・資金計画

10.3.3 工事実施に対する提言

(1) 路床

路床は設計および示方書の規定を満足し、規格値まで締固めなければならない。路床の支持力が設計値に満たなかった場合は、実際の支持力に合った舗装の構造設計を行なわなければならない。

(2) 下層路盤

下層路盤材には地方産の切込砂利がおもに用いられるが、示方書を満たすような材料がない場合は、下記のような安定処理工を積極的に採用することが望ましい。

- ・機械的安定処理

現地にある２種類以上の材料を混合して粒度分布、液性限界、塑性指数、支持力などが規定を満たすようにする。
- ・セメント安定処理

ポルトランドセメントをロードミキサーで所定の水準に達するまで適量混合する。

(3) 上層路盤

公共道路事業省の標準示方書（1988）には上層路盤として切り込み碎石路盤、粒度調整碎石路盤、石灰安定処理路盤、セメント安定処理路盤、アスファルト安定処理路盤が規定されている。上層路盤材として示方書、設計図書を満たす材料のないときは、上記の安定処理を行う。

(4) 砂利表層

乾季におけるほこりの飛散と雨季における路面泥化を防止するため、表層は砂利5、砂4、シルト1の割合で混合されたものを用いる。粒径50mm以上の玉石や転石は平坦な路面とするため取り除くようにする。

(5) アスファルト表面処理、浸透式アスファルトマカダム

- ・一層式アスファルト表面処理（SBST）は耐水性の表層を敷設するのに高い技術を要する。
- ・二層式アスファルト表面処理（DBST）と浸透式アスファルトマカダム（BMP）の施工技術を確立することを提言する。
- ・DBST、BMPの施工に使用されるアスファルトデストリビューター、碎石敷き均し機、パワーブルームの開発が望まれる。
- ・表10.3-1に上記両舗装工法の機械施工と人力施工に必要な主な機械と作業員の編成を示した。

表10.3-1 DBST、BMPの施工機械、作業員編成

Construction	Major Equipment	Work Forces	Remarks
Equipment Oriented Construction Method	1 - Asphalt distributor 1 - Aggregate spreader 1 - Power broom 2 - Rollers 2 - Hand rollers 2 - Asphalt kettle	4 - Operators 1 - Driver 3 - Skilled workers 7 - Unskilled workers	Aggregates: Considerable amount of stock of each size aggregate from crushing plant is required.
Labor Based Construction Method	1 - Asphalt sprayer 1 - Aggregate spreading device 1 - Roller 1 - Hand roller 1 - Asphalt kettle	2 - Operators 2 - Skilled workers 15-20 - Unskilled workers	Aggregates: In case of labor-based aggregate production near the site, the following are required: 1 portable small crusher 1 crusher man 1 skilled worker 10 unskilled workers

