

第15章 舗装修復の改良水準及び修復区間

15.1 舗装改良に対するサービス性能の必要条件

道路は、快適で便利な走行のための公共施設であるので、舗装の修繕を提案する場合には、サービス性能—走行性は、他の条件より優先する必要がある。しかし、あくまで技術的に説明でき且つ財政の範囲内でなければならない。

(1) AASHTO 指針 1986

AASHTO 指針 1986 は、次の指標を示している。

サービス性能評価の尺度は、0（交通不能）から5（完全）までの範囲の現況サービス性能指数（PSI）である。

終極サービス性能指数（ P_t ）は、表層打換あるいは改築が必要になるまでの最低のサービス性能のレベルを示す値で、AASHTO 指針では次のように提案している。

主要道路の設計 $P_t = 2.5$ 以上

通常の道路の設計 $P_t = 2.0$

重要でない道路の設計 $P_t = 1.5$ （経済性の考慮による）

サービス性能の最低レベルをきめる一つの基準は、一般に受け入れられるものであるかどうかをもとにして、定められるものであろう。次表は、AASHTO 道路試験の際の調査から得た P_t の最低レベルに対する一般的指標である。

TABLE 15.1-1 PERCENTAGE OF PEOPLE STATING ACCEPTABLE/UNACCEPTABLE

Terminal Serviceability Level	Percent of People Stating Unacceptable
3.0	12
2.5	55
2.0	85

(2) 本調査における観測調査

路面状況調査の中で、その区間が許容できるものであるかどうかを評定者に答えてもらい、それにもとづいて評価尺度の容認性のレベルを定めた。

表 15.1-2 は、PSR（現況サービス性能の点数）と RRR（修復必要性の点数）における容認性に対する調査結果を示している。図 15.1-1 は、許容できると答えた人のパーセントを図示したものである。

TABLE 15.1-2 PERCENT OF PEOPLE STATING ACCEPTABLE/UNACCEPTABLE

Present Serviceability Rating (PSR)

Range of Average PSR	Percent of People Stating as Follows	
	Unacceptable	Acceptable
.5 - 1.0	98.0	2.0
1.0 - 1.5	95.2	4.8
1.5 - 2.0	85.5	14.5
2.0 - 2.5	63.2	36.8
2.5 - 3.0	43.7	56.3
3.0 - 3.5	24.9	75.1
3.5 - 4.0	11.0	89.0
4.0 - 4.5	.7	99.3

Rehabilitation Requirement Rating (RRR)

Range of Average RRR	Percent of People Stating as Follows	
	Unacceptable	Acceptable
.5 - 1.0	99.7	.3
1.0 - 1.5	94.9	5.1
1.5 - 2.0	81.5	18.5
2.0 - 2.5	63.9	36.1
2.5 - 3.0	48.4	51.6
3.0 - 3.5	34.7	65.3
3.5 - 4.0	23.4	76.6
4.0 - 4.5	5.4	94.6

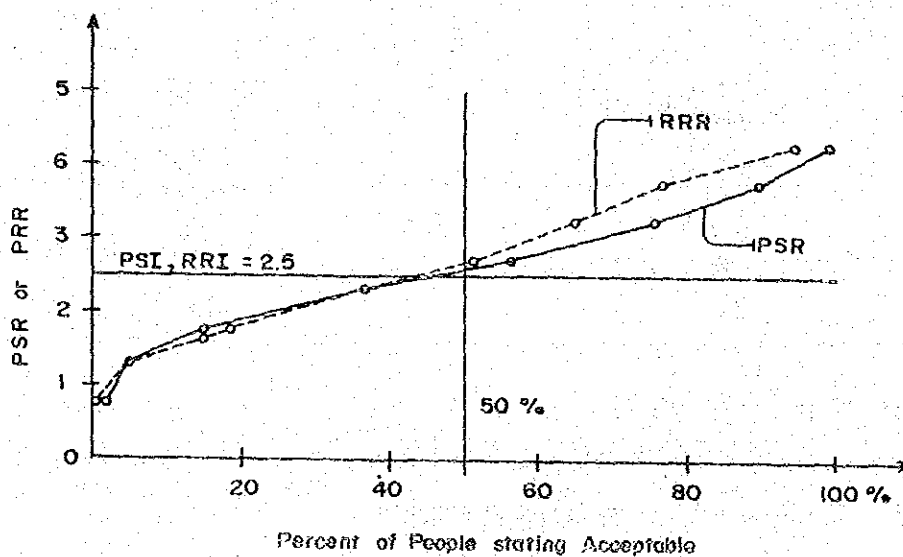


FIGURE 15.1-1 SERVICEABILITY AND ACCEPTABILITY

調査の結果、PSRとRRRの値の3.0, 2.5, 2.0に対して許容できる/許容できないと述べた人のパーセントを表15.1-3にまとめた。

TABLE 15.1-3 PERCENT OF PEOPLE STATING ACCEPTABLE/UNACCEPTABLE

Terminal Serviceability Level	Percent of People Stating Acceptable		Percent of People Stating Unacceptable	
	PSR	RRR	PSR	RRR
3.0	66	58	34	42
2.5	47	44	53	56
2.0	26	27	74	73

レベルが2.0及び2.5に対しては、本調査結果はAASHO道路試験結果とほぼ同じであるが、レベルが3.0の場合、許容できないと答えた人がAASHO道路試験では、わずか12%であったのに対し、本調査ではPSR 34%、RRR 42%と高くなっている。

15.2 舗装修復に対する技術的必要条件

試験舗装の結果にもとづいて、TRRLは鉄筋コンクリート舗装の“破壊”の状況を左側交通路の各100mのクラックの全長が、250mをこえた場合と定義している。

これは、幅の広いクラック（路面で1.2mm以上）に関して改築又はオーバーレイが、クラックを補修するより安いと思われる程度に発達した場合である。（図15.2-1参照）
無筋コンクリート舗装については、TRRLは版の3つの中1つが、クラックを生じた場合にはオーバーレイが、経済的であると提案している。

英国で行なわれた鉄筋コンクリートの試験舗装で“破壊”の基準は、車線延長100mに対してクラックの全長250mを用いている。経験によれば、このような舗装が寿命の終りに近づいた時は、全クラックの約1/3はAASHO道路試験において決められているクラス3及びクラス4に入る。このことは、英国での破壊状況は、PSIで約2のレベルに相当することを示している。（図15.2-2参照）

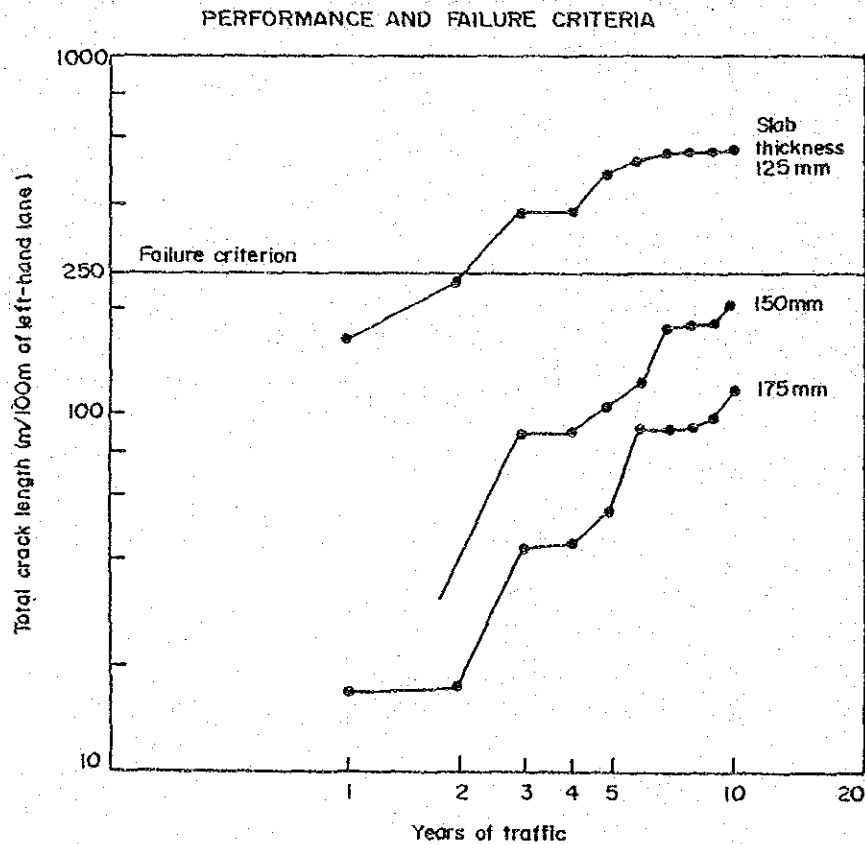


FIGURE 15.2-1 DEVELOPMENT OF CRACKS WITH AGE OF ROAD (REINFORCED CONCRETE)

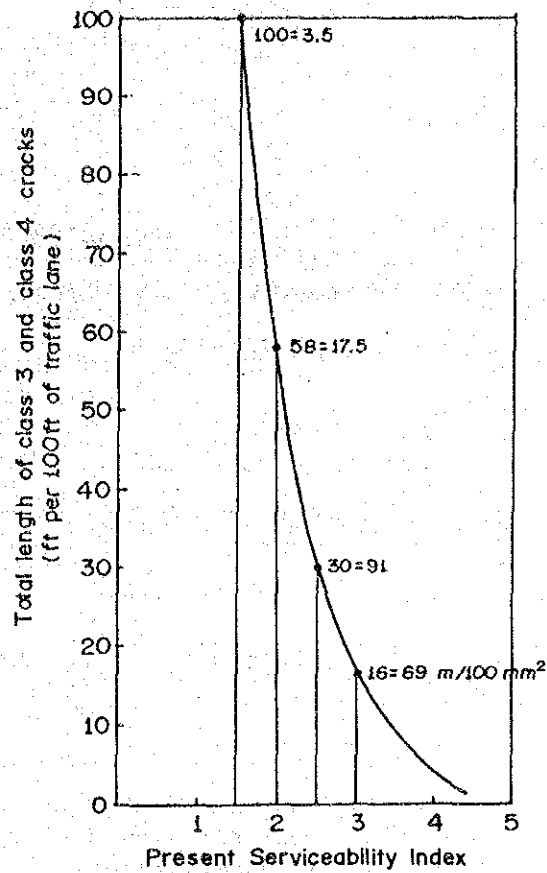


FIGURE 15.2-2 RELATIONSHIP BETWEEN DEGREE OF CRACKING AND PRESENT SERVICEABILITY INDEX

(2) JRAの維持, 修復の基準

道路維持補修要綱 (JRA, JR1978) では, コンクリート舗装の維持, 補修の基準を表 15.2-1 に示すように提案している。

TABLE 15.2-1 CRITERIA FOR MAINTENANCE/REHABILITATION (CONCRETE PAVEMENT)

	Rutting Depth (mm)	Faulting (mm)	Skid Resistance Coefficient	Longitudinal (mm)	Cracking ^{2/} Index Cm/m ²)	Joint Failure
Highway With Heavy Traffic	30-40	15	0.25	5.0 ^{1/}	30	Whenever failures are observed
Highway With Light Traffic	40-50	-	-	-	50	

^{1/} Measured by 3 m Profilometer

^{2/} Cracks measured are those cracks reaching the bottom of the slab

15.3 舗装補修の改良水準

(1) 補修基準の比較

表 15.3-1 は、AASHTO、TRRL 及び JRA の補修基準の比較してまとめたものである。それぞれの基準に相当する RRI は、各基準に示されたクラックの長さや調査対象区間においてその長さに対応する場所で測定されたラフネスとにもとづいて計算した。表 15.3-1 から見ると、

- ・ 破壊の基準は、RRI 約 2.0 である
- ・ 補修の基準は以下のようである

主要国道 : RRI 2.5 以上
 通常の道路 : RRI 2.0 ~ 2.2
 重要でない道路 : RRI 1.5

TABLE 15.3-1 COMPARISON ON REHABILITATION CRITERIA

AASHTO	AASHTO Guide 1986		Corresponding RRI	The Study	
	Suggested Terminal Serviceability	Typical Pavement Condition Roughness Cracking		Typical Pavement Condition Roughness	Cracking
Major Highway	3.0 or 2.5	220 260	3.2 2.7	280 310	50 110
Highway with a lower Classification	2.0	300	2.2	340	220
Minor Highway	1.5	360	1.5	370	400
TRRL	TRRL		Corresponding RRI	The Study	
	Total Truck Length (m/100 m)	Cracking (m/1000 m ²)		Typical Pavement Condition Roughness	Cracking
Failure Criteria	250	810	1.9	350	270
Cracking: 1/3 of Total Crack Length					
JRA	Japan Road Association		Corresponding RRI	The Study	
	Mix Allowable Cracking Index (cm/m ²)	Cracking (m/1000 m ²)		Typical Pavement Condition Roughness	Cracking
Freeway	20	200	2.7	310	100
Highway with Heavy Traffic	30	300	2.5	320	150
Highway with Light Traffic	50	500	2.0	340	250
Cracking: 1/2 of Mix Allowable Cracking Index					

(2) 舗装補修の改良水準

上記の比較と観測から求めた舗装補修の改良レベルの提案値を表 15.3-2 に示す。

TABLE 15.3-2 RECOMMENDED IMPROVEMENT LEVEL FOR PAVEMENT REHABILITATION

Highway Class	RRI	Typical Pavement Condition	
		Roughness	Cracking
Major Highway	2.5	320	140
Highway with a low Classification	2.0	340	250
Minor Highway	1.5	370	400

NOTE: Roughness: cm/km
Cracking: m/1000 m² cracks under Class 3 and 4

日比友好道路は、フィリピンで最も重要な道路であるので、改良水準としてRRI 2.5を推奨した。しかし、RRI 2.5～3.0の舗装は、実際の補修工事が開始する時には更に進んでRRIが2.5より小となることもあることを補修計画立案時に留意する必要がある。

15.4 舗装修復区間の選定

ラフネス、クラック、パッチングなどの各100 m毎の舗装の路面状況及びRRR/PSRの値は、資料編13-4に示してある。

RRI(修復必要度指数)、PSI(本調査で提案した現況サービス指数)及びPSI(AASHO)も同様に示してある。

本調査で提案したRRIにもとづいて、補修基準のRRI 2.5により、舗装補修の必要区間を抽出した。補修区間は、資料編22-1に示すとともに、表15.4-1にまとめてある。

TABLE 15.4-1 SECTION LENGTH IDENTIFIED FOR REHABILITATION

Unit: Km per lane

North Study Section	Length (Km)	Manila Bound		Cagayan Bound		T o t a l				
		$2.5 \leq RRI \leq 3.0$	$RRI < 3.0$	$2.5 \leq RRI \leq 3.0$	$RRI < 3.0$	$RRI \leq 2.5$	$2.5 \leq RRI < 3.0$	$RRI < 3.0$		
Segment N-1 (Sta. Rita-Gapan)	46	37.50 (82)	1.75 (4)	6.75 (14)	10.75 (23)	19.70 (43)	15.55 (34)	48.25 (52)	21.45 (23)	22.30 (25)
Segment N-2 (Gapan-Cabanatuan)	35	18.90 (54)	4.85 (14)	11.25 (32)	11.45 (33)	11.75 (34)	11.80 (34)	30.35 (43)	16.60 (24)	23.05 (33)
Segment N-3 (Cabanatuan-San Jose)	42	8.93 (21)	8.64 (21)	24.43 (58)	1.05 (3)	3.45 (8)	37.50 (89)	9.58 (12)	12.09 (14)	61.53 (74)
Segment N-4 (San Jose-Dalton)	38	31.73 (84)	3.40 (9)	2.87 (7)	3.10 (8)	30.28 (80)	4.62 (12)	34.83 (46)	33.68 (44)	7.45 (10)
Segment N-5 (Dalton-Aritao)	39	28.94 (74)	7.06 (18)	3.00 (8)	8.45 (22)	20.31 (52)	10.24 (26)	37.39 (48)	27.37 (35)	13.24 (17)
Sub-Total	200	126.00 (63)	25.70 (13)	48.30 (24)	34.80 (17)	85.49 (43)	79.71 (40)	160.50 (40)	111.19 (19)	128.01 (32)
South Study Section										
Segment S-1 (Calamba-Tiaong)	42	2.98 (7)	9.15 (22)	29.87 (71)	1.53 (4)	5.23 (12)	35.24 (84)	4.51 (5)	14.38 (17)	65.11 (78)
Segment S-2 (Tiaong-Pagbilao)	54	5.50 (10)	3.75 (7)	44.75 (83)	2.63 (5)	5.95 (11)	45.42 (84)	8.13 (8)	9.70 (9)	90.17 (83)
Segment S-3 (Pagbilao-Plaridel)	46	17.20 (37)	8.25 (18)	20.55 (45)	17.70 (38)	5.45 (12)	22.85 (50)	34.90 (38)	13.70 (15)	43.40 (47)
Segment S-4 (Plaridel-Calaug)	39	12.13 (31)	13.15 (34)	13.72 (35)	9.65 (25)	15.63 (40)	13.72 (35)	21.78 (28)	28.78 (37)	27.44 (35)
Sub-Total	181	37.81 (21)	34.30 (19)	108.89 (60)	31.51 (17)	32.36 (18)	117.23 (65)	69.32 (18)	66.56 (18)	226.12 (63)
T o t a l	381									

NOTE: Figure in () show pavement

15.5 舗装修復区間の現況

(1) 北部調査区間

北部調査区間の平均 RRI は、マニラ方向 2.9，カガヤン方向 3.5 である。

N₁ (km 39 - km 85, サンタ・リターガパン間, 延長 46 km)

著しく損傷している区間は、マニラ行の km.39 - 41 間, km.50 - 77 間及び km.79 - 85 間である。残り区間の舗装はクラックが散見される程度である。

カガヤン方向については、舗装状況は、km.69 - 77 間を除いて極めて良好であるが、他の区間にはクラックが観察される。両車線について RRI が 2.5 未満, 2.5 ~ 3.0 および 3.0 以上の舗装延長は、それぞれ 48.3 kms, 21.5 kms 及び 22.3 kms である。

この地域の地質は、沖積層からなっているので、舗装損傷の一つの原因として軟弱地盤の圧密沈下が考えられた。しかし、クラックは横断又縦断方向に規則的に入っており、塊状クラックや版の動き等の現象は見られない。このことはクラックが疲労によるものであることを示している。

この考察結果や上下線で舗装の状況に差があることなどから、破損の原因は、主に交通荷重に関係すると考えられる。また、この区間では排水施設が設けられていないので、それが舗装の損傷を促進している可能性もある。

N₂ (km 85 - km 120, ガパンーカバナツアン間, 延長 35 km)

マニラ方向の km.85 - 95 間及び km.98 - 105 間の区間で、著しいクラックのある舗装が見うけられる。残りの区間では、クラックが散見される程度である。

カガヤン方向については、連続して破損している区間は、見当らなかった。

両方向に対して、RRI が 2.5 未満, 2.5 - 3.0 及び 3.0 以上の車線当りの舗装延長は、それぞれ 30.4 km, 16.6 km 及び 23.1 km である。

この区間の地勢および舗装の破損状況は、N₁と同様である。

N₃ (km 120 - km 162, カバナツアンーサン・ホセ間, 延長 42 km)

この区間の舗装の状況は、数 kms を除いて良好な状態にある。この区間でも N₁, N₂ 区間と同様に、クラックの程度、長さ等はマニラ方向がカガヤン方向よりも大きく、また規則的な疲労クラックが代表的であり、主な原因は交通荷重と考えられるが、排水施設の不備も舗装損傷の原因と思われる。

N₄ (km 162 - km 200, サン・ホセーダルトンバス間, 延長 38 km)

舗装の損傷の著しい区間は, km.168 - km.179 間及び km.183 - 199 間のマニラ方向であり, その他の区間でも発達したクラックが散在している。

カガヤン方向に対しては, 現在の舗装状況は一般に“許容できる”と判断した。

両方向に対して, RRI が 2.5 未満のもの, 2.5 - 3.0 のもの, および 3.0 以上のものの車線当りの長さは, それぞれ 34.8 km, 33.7 km および 7.5 km である。

この区間は, 盛土, 切土が交互にあるが, 疲労クラックが支配的であり, 損傷原因は N₁ 区間と同様であると考えられる。

N₅ (km 200 - km 239, ダルトン・バスーアリタオ間, 延長 39 km)

マニラ方向の km.200 - km.218 の区間は, 著しく損傷した舗装が見られる。km.218 から調査区間の終点 km.239 までは, クラックのある舗装は, 散見されるにすぎない。

カガヤン方向については, クラックのある舗装が連続している所はなく, 全区間に分散している。両方向に対して, RRI が 2.5 以下, 2.5 - 3.0 および 3.0 以上の舗装延長は, それぞれ 37.4 kms, 27.4 kms および 13.2 kms である。

この区間の地勢は急峻な山地で, 道路型式は盛土と切土の組合せである。クラックは主として横断及び縦断の疲労クラックで, その原因は一次的に交通荷重に関するものと考えられる。しかし, ダルトン・バスの頂点に近い所で, 局所的な発達した舗装の陥没が見られた。これは, 排水状況の不良による路床の劣化によるものと思われる。山の斜面からの水に対する排水施設は, 数箇所に見られるだけである。

(2) 南部調査区間

南部調査区間の平均 RRI は, マニラ方向 3.5, ビコール方向 3.6 である。

S₁ (km 52 - km 92, カランパーティーアオン間, 延長 42 km)

この区間の舗装状況は調査区間の中で最も良好である。km.52 - 61 間及び km.76 - 78 間には, クラックのある舗装が散見される。両方向に対して, RRI が 2.5 以下, 2.5 - 3.0 および 3.0 以上の舗装延長は, それぞれ 4.5 kms, 14.4 kms および 65.1 kms である。

この地域の地勢は平坦で, 道路の型式は盛土だけである。クラックはその横断方向の形から交通荷重による疲労クラックであると判断した。この区間では, ジョイントやクラックのシーリング, 舗装版の部分的の改築等, 比較的合理的な維持工事が行なわれている。しかし, 路肩整備は行なわれておらず, 排水施設もない。

S₂ (km 42 - km 146, ティアオノーバクビラオ間, 延長 54 km)

この区間の舗装も許容できる状況と云って良い。クラックのある舗装は、数箇所で見られるにすぎない。両方向について、RRIが2.5以下、2.5~3.0および3.0以上の車線の舗装延長は、それぞれ8.1 kms, 7.7 kmsおよび90.2 kmsである。

この地域の地勢は平坦で道路型式は殆んど盛土であり、S₁区間と同様の観察結果である。

S₃ (km 146 - km 188, バクビラオーグマカ間, 延長 46 km)

この区間の舗装は、特にkm.158 - 167間およびkm.169 - 179区間で、マニラ、ビコール両方向車線とも著しく破損しており、残りの区間は、比較的良好である。

両方向に対して、RRIが2.5以下、2.5~3.0および3.0以上の車線の舗装延長は、それぞれ34.9 kms, 13.7 kmsおよび43.4 kmsである。

此の区間の地勢は、丘陵あるいは山岳地で道路の型式は、盛土および切土が交互にあるいは組合せになっている。此の区間の舗装破損の型は、非常に特殊で次の2つで代表される。

第1の型は、非常に発達したクラック(クラス3のクラック)あるいは、版の不規則な破壊又は分離に分類される。これらの版では、基礎の沈下又は圧密による陥没が見られる。路盤/路床が弱いため、版下の細粒材料のポンプアップ及び版の移動が見られる。

第2の型は、版の一部(約2 m²程度)の局所的な陥没である。これらの局所的陥没の部分では、ポンピング及びロッキングが見られる。推定される原因は、版下の支持力不足と水の作用による基礎の土の劣化によると思われる。

両方の型とも、地下水位が高いと予想される所でも何らの排水施設が設けられていない。

S₄ (km 188 - km 227, グマカーカラワグ間, 延長 39 km)

此の区間の舗装は、マニラ、ビコール両方向とも局所的な舗装の陥没が散見される。

両方向に対して、RRIが2.5以下、2.5~3.0および3.0以上の車線の舗装延長は、それぞれ21.8 kms, 28.8 kmsおよび27.4 kmsである。

S₃に述べたと同じ観測結果がこの区間でも見られる。

第16章 舗装修復工法の提案とその評価

16.1 アプローチ

本調査で適用する『舗装補修』の主な考え方は、以下にのべる舗装管理システムの下でのサービス性能と供用性及び修復に関する概念によって定まる。

(1) サービス性能と供用性に関する概念

本調査で適用した修復のアプローチの全体的な考え方は、AASHTOの設計サービス性能と供用性に関する概念に基づいている。

舗装のサービス性能は、現況のサービス性能指数(PSI)で表わす。PSIはラフネスおよび損傷度、つまり、供用期間中のある時期におけるクラックとパッチングの量を計測することにより求められる。

舗装の供用性の概念には、機能上の供用性、構造上の供用性及び安全面からの供用性が含まれる。

機能上の供用性は、道路利用者に対するサービス性の問題である。すなわち走行の快適性あるいは走行性の良否が、支配的な要素である。また、構造上の供用性は、その物理的な性状、たとえばクラック、破損、剝離などが発生し、舗装構造としての荷重支持力に影響を及ぼし、維持作業が必要となるという問題である。

これらの供用性のうち、どちらに重点を置くべきかという点については、経済状況や技術力の発展に伴って見直す必要はあるが、現在のフィリピンの状況から判断すると、第13章でも述べたように、ラフネスにより一次的に評価される機能上の供用性よりもクラックにより評価される構造上の供用性に重点を置くこととした。

従って、第13章で述べた修復必要度指数を路面を評価する指標とした。

(2) 修復の概念

舗装管理システムの基本的な目的は、可能な公共投資で、安全、快適且つ経済的な輸送施設を設備する最も良い方法を確立することにある。

道路事業実施における管理業務の項目は、2種類のレベルに大別できる。すなわち(1)全体的なプログラムを計画するネットワーク管理レベル、及び(2)特定のプロジェクトに対して技術的管理を行なうプロジェクト管理レベルである。

管理業務項目を、レベル毎にまとめたものを表16.1-1に示す。

本調査で対象としている修復 (Rehabilitation) は、プロジェクト・レベルに分類される。これは、4つのRすなわちResurfacing (表層打換え)、Restoration (表層の復元)、Rehabilitation (修復) 及びReconstruction (改築) から成っている。つまり、修復業務の目的は表層の打換え、復元または改築により、既存の舗装の供用期間を延ばすことである。

修復業務は、日常的な維持管理業務とは異なる。維持管理業務とは、既存舗装の水準を維持することであり、修復は供用期間を延ばすことにその目的がある。

本調査では、この概念に基づいて修復計画を立案する。

TABLE 16.1-1 MAJOR WORKS OF PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM

Network Management Level (Program Level)	Design	Construction	Project Level Maintenance	Evaluation	Rehabilitation
<ul style="list-style-type: none"> Assess Network Deficiencies. Establish Priorities Budgeting 	<ul style="list-style-type: none"> Information on Materials, Traffic, Environment Costs, etc. Alternative Design Strategies Analysis Economic Evaluation and Optimization 	<ul style="list-style-type: none"> Specifications and Contracts Construction Schedules and Operation Quality Control Construction Records 	<ul style="list-style-type: none"> Standards and Schedules Maintenance Operations Budget Control Maintenance Records 	<ul style="list-style-type: none"> Periodic Monitoring Evaluation Records 	<ul style="list-style-type: none"> Problem Definition Potential Problem Solutions Selection of Preferred Solution Implementation
		<p><u>Major Maintenance Works</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Shoulders Related Drainage Thin resurfacing of short length Patching Filling Potholes Sealing cracks and joints Repair of minor failures 		<p><u>Major Periodic Monitoring</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Structural Evaluation (Existing Distress, Load-Carrying Capacity) Functional Evaluation (PSR/PSI, Roughness) 	<p><u>Major Rehabilitation Works</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Resurfacing to provide structural capacity or serviceability Replacing or restoring malfunctioning joints Substantial pavement undersealing when essential for stabilization Removing and Replacing deteriorated materials Reworking or strengthening of bases or subbases Cracking and sealing of PCC pavement with AC Adding underdrains

16.2 修復工法の検討

(1) 修復工法

現在行なわれている多くの修復工法は、その効果等の確認を行なうことなく、試行錯誤的に行なわれている。

主な修復工法を2つの分類に分けて表 16.2-1 にまとめた。

TABLE 16.2-1 MAJOR REHABILITATION WORKS

Rehabilitation Methods Other Than Overlay	
1.	Full Depth Pavement Repair
2.	Partial Depth Pavement Repair
3.	Joint and Crack Sealing
4.	Subsealing of Concrete Pavements
5.	Grinding/Milling of Pavements
6.	Subdrainage Design
7.	Pressure Relief
8.	Restoration of Joint Load Transfer
9.	Surface Treatments
Rehabilitation Methods With Overlay	
1.	Flexible Overlay/Flexible Existing
2.	Flexible Overlay/Rigid Existing
3.	Rigid Overlay/Rigid Existing

本調査では、オーバーレイ以外の修復工法は主な検討対象とせず、舗装の全面改築とオーバーレイを主に対象とした。

(2) 修復の方法の検討

本調査の全区間の舗装タイプは、ポルトランド・セメント・コンクリートだけであったが、既存のたわみ舗装についても参考のために検討し、最終的には次の5つの修復の方法を検討した。

PCC舗装による改築（剛性舗装）

AC舗装による改築（たわみ性舗装）

既存剛性舗装上に剛性オーバーレイ

既存剛性舗装上にたわみ性オーバーレイ

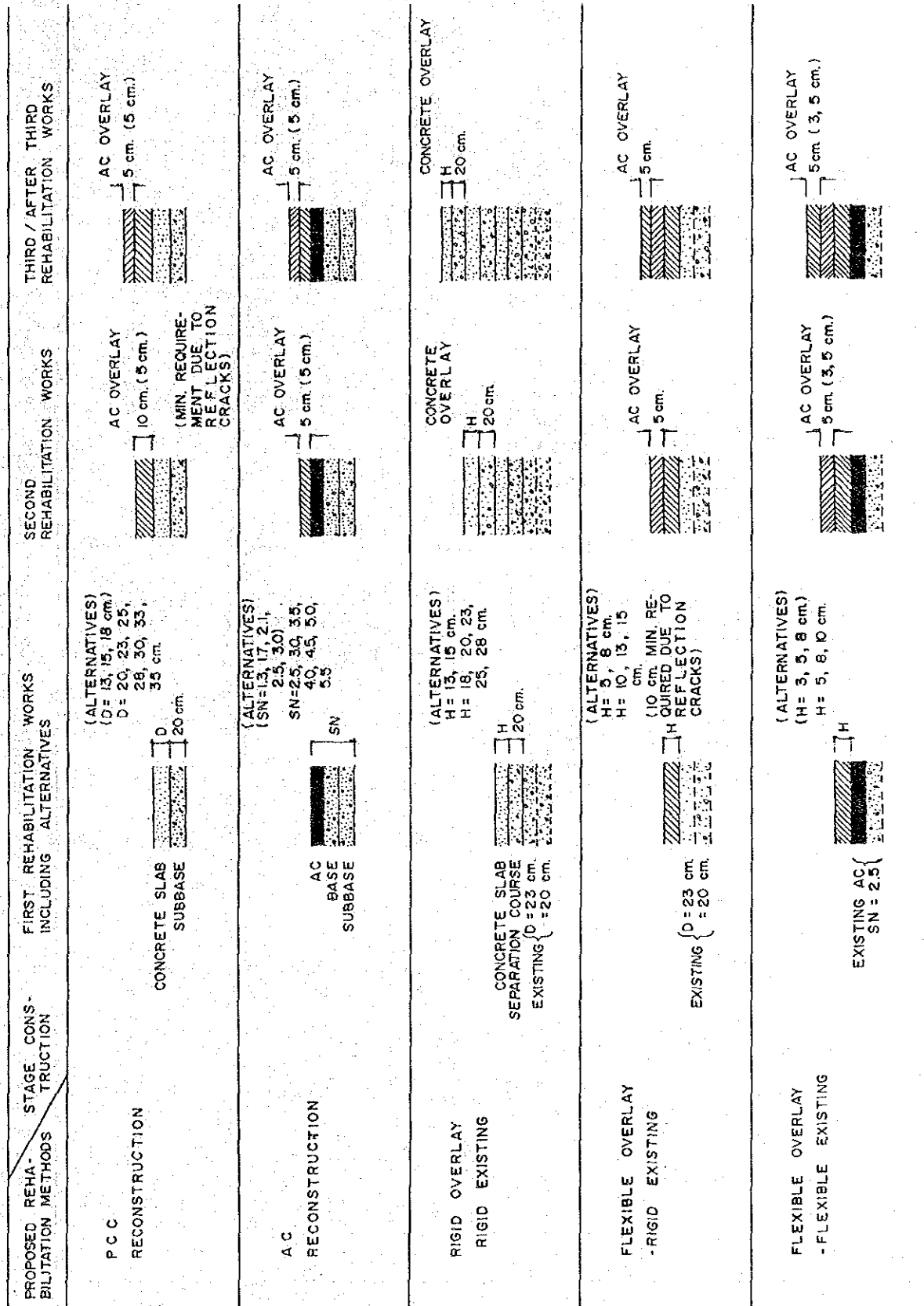
既存たわみ性舗装上にたわみ性オーバーレイ

これら5種類の修復工法それぞれに対し、数案の代替案を作成したが、それらを図 16.2-1 にまとめた。25年間の評価期間に対し、段階的な施工も考慮した。

図 16.2-1 には、各修復工法に対する2回目以降の再修復の工法も示した。

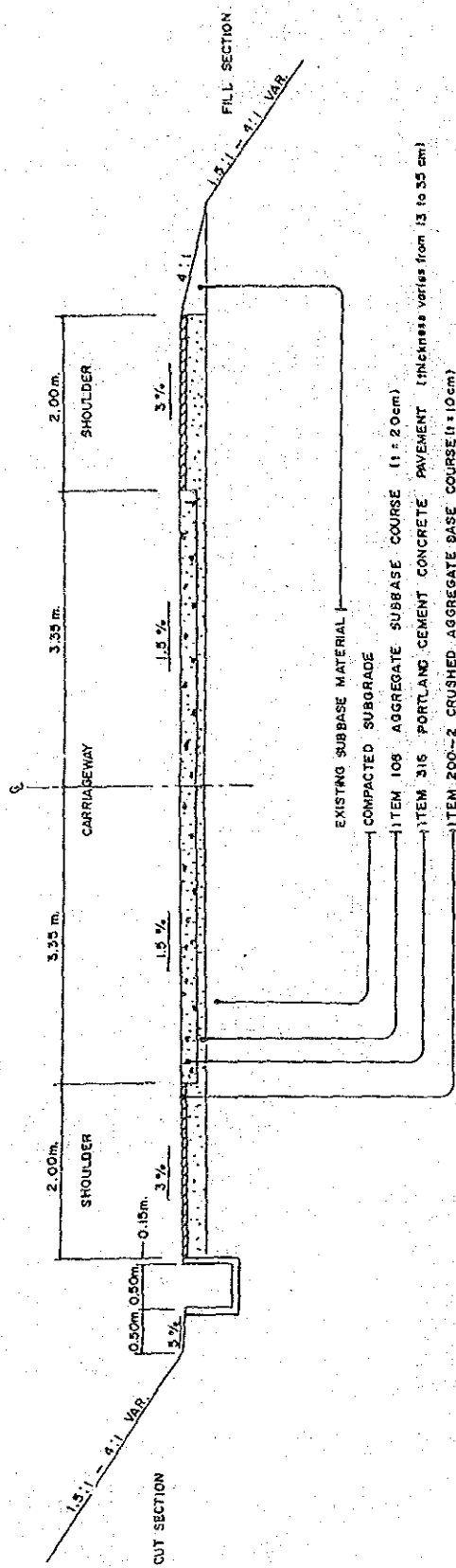
(3) 検討した修復工法の標準断面

PCC舗装による改築及びAC舗装による改築の標準断面を例として、それぞれ図16.2-2及び図16.2-3に示してあり、他のオーバーレイの断面は、資料編16-1に示した。AC舗装による改築の構造数値も図16.2-4に示した。



NOTE : () FOR LIGHT LOADING TRAFFIC

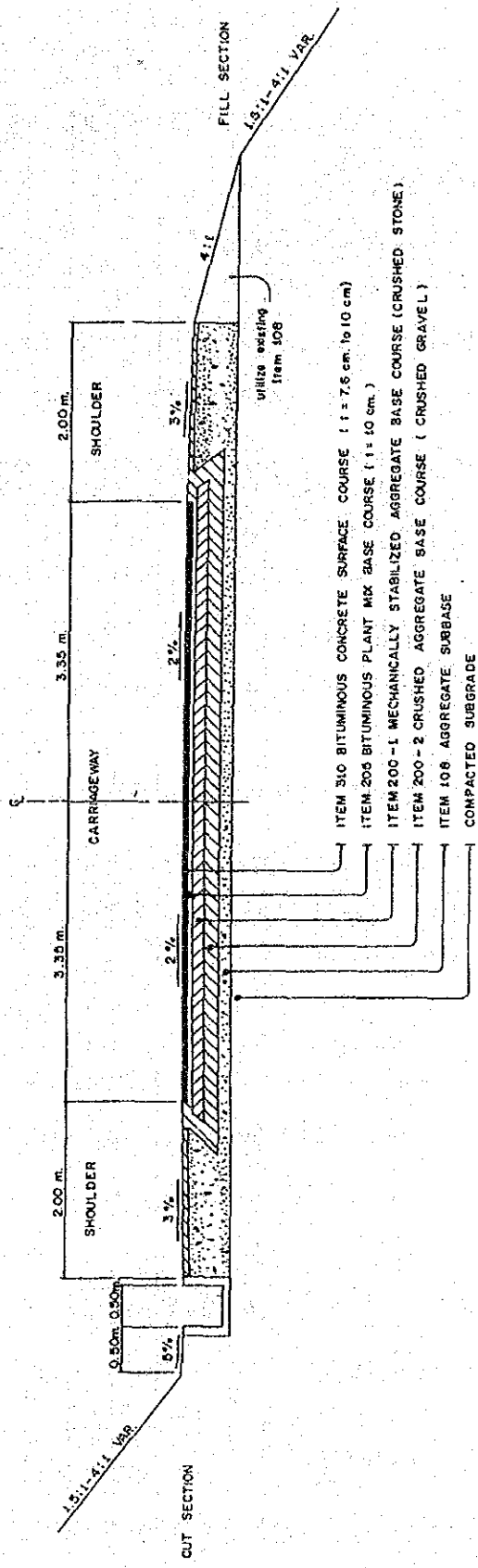
FIGURE 16.2-1 PROPOSED REHABILITATION METHODS



Slab Thickness (cm.)	ITEM 104: Removal of Miscellaneous Structures	ITEM 105 Roadway Excavation	ITEM 108 Aggregate Subbase	ITEM 316: Portland Cement Concrete Pavement	ITEM 200-2: Crushed Aggregate Base	Total Cost (P / m)
20	176.01	132.29	529.72	1603.58	110.66	2552.26
23	176.01	147.60	554.74	1844.11	110.66	2833.32
25	176.01	158.13	571.43	2004.47	110.66	3020.70
28	176.01	173.64	596.45	2245.01	110.66	3301.77
30	176.01	183.97	613.14	2405.37	110.66	3489.15
33	176.01	199.48	638.16	2645.90	110.66	3770.21
35	176.01	209.82	654.85	2806.26	110.66	3957.60

Unit : Peso per meter

FIGURE 16.2.2 TYPICAL CROSS - SECTION PCC RECONSTRUCTION (2 - LANES)



ITEM 310 BITUMINOUS CONCRETE SURFACE COURSE (1 : 7.6 cm. to 10 cm)
 ITEM 205 BITUMINOUS PLANT MIX BASE COURSE (1 : 10 cm.)
 ITEM 200-1 MECHANICALLY STABILIZED AGGREGATE BASE COURSE (CRUSHED STONE).
 ITEM 200-2 CRUSHED AGGREGATE BASE COURSE (CRUSHED GRAVEL)
 ITEM 108 AGGREGATE SUBBASE
 COMPACTED SUBGRADE

SN	Item 104 Removal of Miscellaneous Structure	Item 105 Roadway and Drainage Excavation	Item 108 Aggregate Subbase	Item 200-1 Mechanically Stabilized Aggregate Base Course (Crushed Stone)	Item 202-2 Aggregate Base Course Crushed Gravel	Item 205 Bituminous Plant Mix Base Course	Item 310: Bituminous Concrete Surface Course Including Prime Coat and Tack Coat (Thickness = 10 cm)	Total Cost (₱ / m)
2.5	176.01	171.56	571.01	—	510.70	—	1270.05	2699.33
3.0	176.01	209.82	699.69	—	514.57	—	1645.72	3245.81
3.5	176.01	287.34	882.17	—	716.52	—	1685.72	3707.76
4.0	176.01	339.02	953.07	448.04	547.77	—	1845.72	4109.63
4.5	176.01	416.54	1059.43	560.05	758.02	—	1645.72	4615.77
5.0	176.01	416.54	1059.43	560.05	572.67	1278.01	1645.72	5708.43
5.5	176.01	494.06	1166.79	672.06	782.92	1278.01	1645.72	6214.57

NOTE: SN 1.7 and 2.0 have no Tack Coat

FIGURE 16.2-3 TYPICAL CROSS — SECTION
 AC RECONSTRUCTION (2 — LANES)

FIGURE 16.2.4 STRUCTURAL NUMBER (SN) OF AC PAVEMENT

SN 1.3

SURFACE	5	20
BINDER	5	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	15	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
6	0.105	0.8	0.504

TOTAL = 1.284

SN 1.7

SURFACE	5	35
BINDER	5	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	15	
SUBBASE	15	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
6	0.105	0.8	0.504
6	0.095	0.8	0.456

TOTAL = 1.740

SN 2.1

SURFACE	3.8	37.6
BINDER	3.8	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	15	
SUBBASE	15	

T	BSC	DC	SN
1.5	0.39	-	0.585
1.5	0.39	-	0.585
6	0.105	0.8	0.504
8	0.095	0.8	0.456

TOTAL = 2.13

SN 2.5

SURFACE	3.8	47.6
BINDER	3.8	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	20	
SUBBASE	20	

T	BSC	DC	SN
1.5	0.39	-	0.585
1.5	0.39	-	0.585
8	0.105	0.8	0.672
8	0.095	0.8	0.608

TOTAL = 2.450

SN 3.0

SURFACE	5	55
BINDER	5	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	20	
SUBBASE	25	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
2	0.39	-	0.78
8	0.105	0.8	0.672
10	0.095	0.8	0.760

TOTAL = 2.992

SN 3.5

SURFACE	5	70
BINDER	5	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	30	
SUBBASE	30	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
2	0.39	-	0.78
12	0.105	0.8	1.008
12	0.095	0.8	0.912

TOTAL = 3.480

SN 4.0

SURFACE	5	80
BINDER	5	
MECHANICALLY STABILIZED (CRUSHED STONE)	20	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	20	
SUBBASE	30	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
2	0.39	-	0.78
8	0.125	0.8	0.80
8	0.105	0.8	0.672
12	0.095	0.8	0.912

TOTAL = 3.944

SN 4.5

SURFACE	5	95
BINDER	5	
MECHANICALLY STABILIZED (CRUSHED STONE)	25	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	30	
SUBBASE	30	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
2	0.39	-	0.78
10	0.125	0.8	1.00
12	0.105	0.8	1.008
12	0.095	0.8	0.912

TOTAL = 4.480

SN 5.0

SURFACE	5	95
BINDER	5	
BITUMEN STABILIZED	10	
MECHANICALLY STABILIZED (CRUSHED STONE)	25	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	20	
SUBBASE	30	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
2	0.39	-	0.78
4	0.20	-	0.80
10	0.125	0.8	1.00
8	0.105	0.8	0.672
12	0.095	0.8	0.912

TOTAL = 4.944

SN 5.5

SURFACE	5	110
BINDER	5	
BITUMEN STABILIZED	10	
MECHANICALLY STABILIZED (CRUSHED STONE)	30	
CRUSHER RUN (CRUSHED GRAVEL)	30	
SUBBASE	30	

T	BSC	DC	SN
2	0.39	-	0.78
2	0.39	-	0.78
4	0.20	-	0.80
12	0.125	0.8	1.2
12	0.105	0.8	1.008
12	0.095	0.8	0.912

TOTAL = 5.480

T = THICKNESS (In.)
 B.S.C. = LAYER COEFFICIENT
 D.C. = DRAINAGE COEFFICIENT
 S.N. = STRUCTURAL NUMBER
 (T x B.S.C. x D.C.)

16.3 舗装修復設計の前提条件

16.3.1 交通荷重クラス

(1) 等値1軸荷重(ESAL)

舗装の構造設計では、使用する適切な交通データを定めなければならない。第一に考えられるものは、設計期間中に舗装に及ぼすと考えられる軸荷重の数と重さである。軽量の車軸の軸荷重は、舗装の構造破損にあまり影響しないので、舗装の厚さの設計には、重量の大きいトラックとバスだけが考えられる。

AASHTO道路試験の結果は、軸荷重の通過が舗装の供用性に及ぼす損傷の影響は、18kipの等値軸荷重すなわちESALの数で表わすことができるとしている。

この考え方は、AASHTO指針の設計式に用いられており、AASHTO道路試験から導き出した荷重等値換算係数も同指針に示されている。

(2) 交通荷重のクラス

将来交通量の推定と舗装の構造設計のための荷重等を得るために、トラック及びバスの交通量、交通量の伸び率、軸重及び車軸の配置等に関する基礎的な調査が必要である。

表16.3-1は、調査区間の1989年(初年度)と2013年(設計最終年)のESALの累積数及び交通量伸び率を示している。

本調査の結果を今後適用する際の便を考慮して、調査区間の交通荷重は、初年度のESALの数を用いて、13のクラスに分類し、表16.3-2に示した。

16.3.2 舗装構造の供用期間

(1) 最も経済的な供用期間の解析

舗装工事が計画され、経済的な妥当性を評価する際、その計画が最も経済的に達成されることが求められる。

事業への投資を最適なものとするために、各種の代替案に対して詳細な経済分析を行なうが、その際には、供用期間中に発生するあらゆる費用(ライフサイクル費用)を網羅する必要がある。

経済評価では、可能な限り多くの代替案を考える必要がある。代替案では、舗装の種類(修復工法の種類)及び第2回目の修復時期(当初の舗装の供用期間)などが代替要素となろう。

NORTH STUDY SECTION

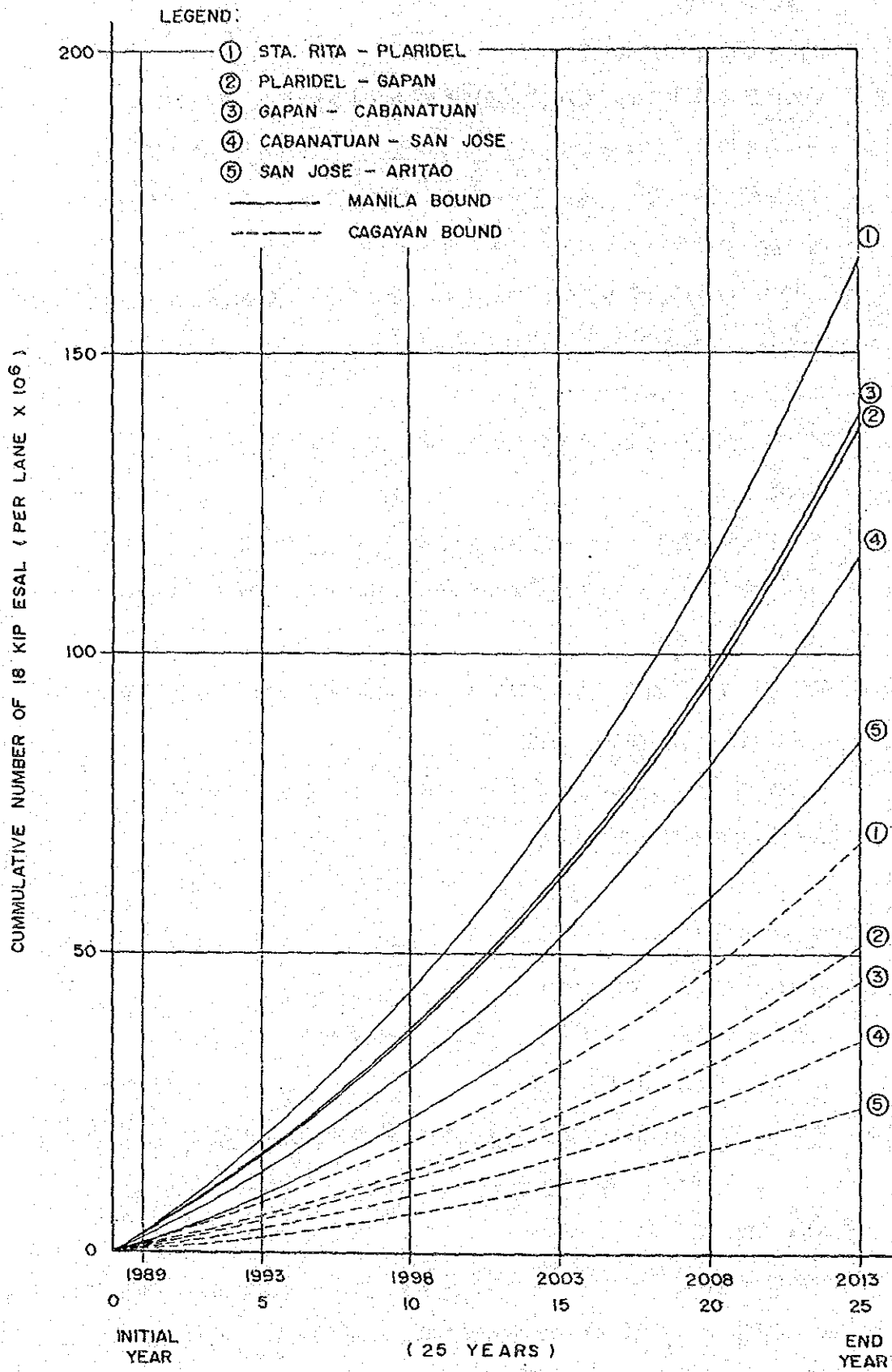


FIGURE 16.3-1 (1) CUMMULATIVE ESAL

SOUTH STUDY SECTION

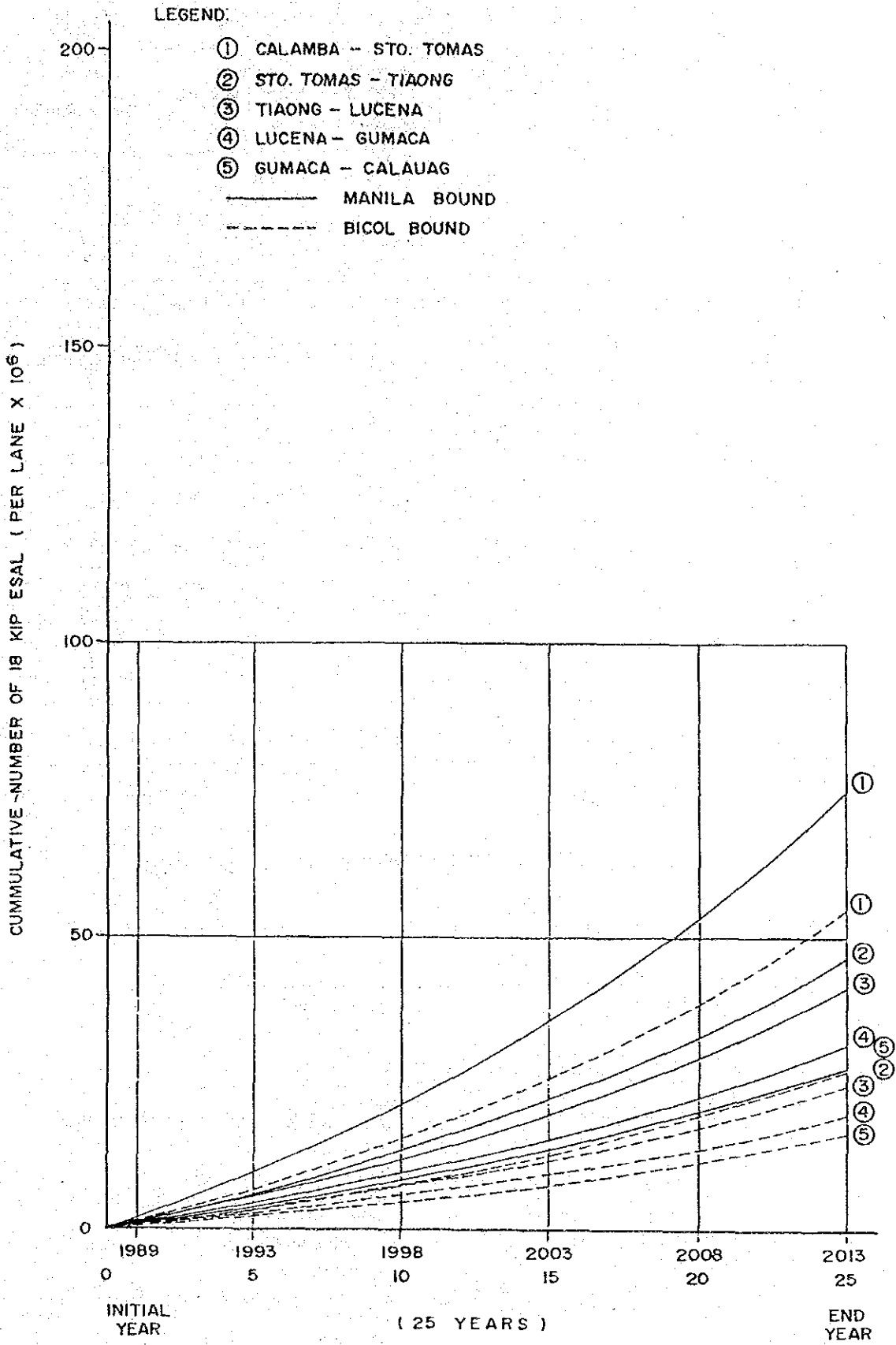


FIGURE 16.3-1 (2) CUMMULATIVE ESAL

**TABLE 16.3-1 CUMMULATIVE NUMBER OF 18 KIP ESAL
AND GROWTH RATE**

Section	Lane	Number of ESALS in 1989 (x 10 ⁶)	Number of ESALS in 2013 (x 10 ⁶)	Cumulative Number of ESAL 1989-2013 (25 years)	Growth Rate 1989 - 2013
Sta. Rita - Plaridel	A	3.495	11.194	166.11	4.97
	B	1.451	4.602	68.55	4.93
Plaridel - Gapan	A	2.908	9.299	138.99	4.96
	B	1.098	3.461	51.67	4.90
Gapan - Cabanatuan	A	2.946	9.443	140.08	4.97
	B	0.964	3.050	45.47	4.92
Cabanatuan - San Jose	A	2.459	7.882	116.91	4.97
	B	0.763	2.413	35.98	4.91
San Jose - Aritao	A	1.787	5.762	85.27	5.00
	B	0.520	1.676	24.80	5.0
Calamba - Sto. Tomas	A	1.747	4.688	74.68	4.20
	B	1.258	3.436	54.34	4.28
Sto. Tomas - Tiaong	A	1.090	2.885	46.22	4.14
	B	0.637	1.724	27.38	4.24
Tiaong - Lucena	A	0.967	2.575	41.15	4.17
	B	0.577	1.575	24.90	4.27
Lucena - Gumaca	A	0.796	1.890	31.69	3.611
	B	0.480	1.167	19.36	3.771
Gumaca - Calauag	A	0.706	1.653	27.88	3.61
	B	0.407	0.972	16.26	3.69

NOTE: A: Manila Bound
B: Cagayan/Bicol Bound

TABLE 16.3-2 STANDARD TRAFFIC LOADING CLASSES

	Traffic Loading Class	Number of ESAL At Initial Year
Light Loading Traffic	L - 1	0.005 x 10 ⁶
	L - 2	0.01
	L - 3	0.03
Heavy Traffic	A	0.03 - 0.1 x 10 ⁶
	B	0.11 - 0.2
	C	0.21 - 0.4
	D	0.41 - 0.7
	E	0.71 - 1.0
Extra Heavy Loading Traffic	F	1.1 - 1.5 x 10 ⁶
	G	1.6 - 2.0
	H	2.1 - 2.5
	I	2.6 - 3.0
	J	3.1 - 3.5

当初に修復した舗装構造の最も経済的な供用期間は、下記の条件により設定した各修復工法の代替案から最適工法を選ぶ方法で実施した。分析はコンピューターにより行なった。

- ・ 修復方法

5つの方法 (図16.2-1参照。)

- ・ 各修復工事における代替案

重及び超重の交通荷重に対して25代替案

軽い交通荷重に対して15代替案 (図16.2-1参照。)

- ・ 交通荷重のクラス

重交通荷重 5 ケース (A-E)

超重交通荷重 5 ケース (F-J)

軽交通荷重 3 ケース (L₁-L₃)

- ・ 路床の強さ CBR 3 ケース (3,6 及び 10)

- ・ 設計に関する変数

コンクリート強度 $S'_c = 580 \text{ psi}$

$E_c = 3.28 \times 10^6 \text{ psi}$

排水係数 $C_d = 0.9$

荷重伝達係数 $J = 4$

評価期間 25 年

計算結果は、資料編 16-2 に示した。

表 16.3-3 は、代表的な値である CBR 3,6 及び 10 に対する最も経済的な供用期間をまとめたものである。一方、図 16.3-2 は、調査区間で最も代表的な交通荷重クラス E, 及び CBR 6 に対する PCC 舗装による改築, AC 舗装による改築及び既存 PCC 舗装の AC オーバレイの最も経済的な代替案及び、当初舗装構造の最も経済的な供用期間を図示したものである。

(2) 推奨する供用期間

表 16.3-4 は、交通荷重のクラスを 5 つに分けて、5 つの修復工法に対して行なった解析に基づいて推奨した当初舗装構造の供用期間をまとめたものである。

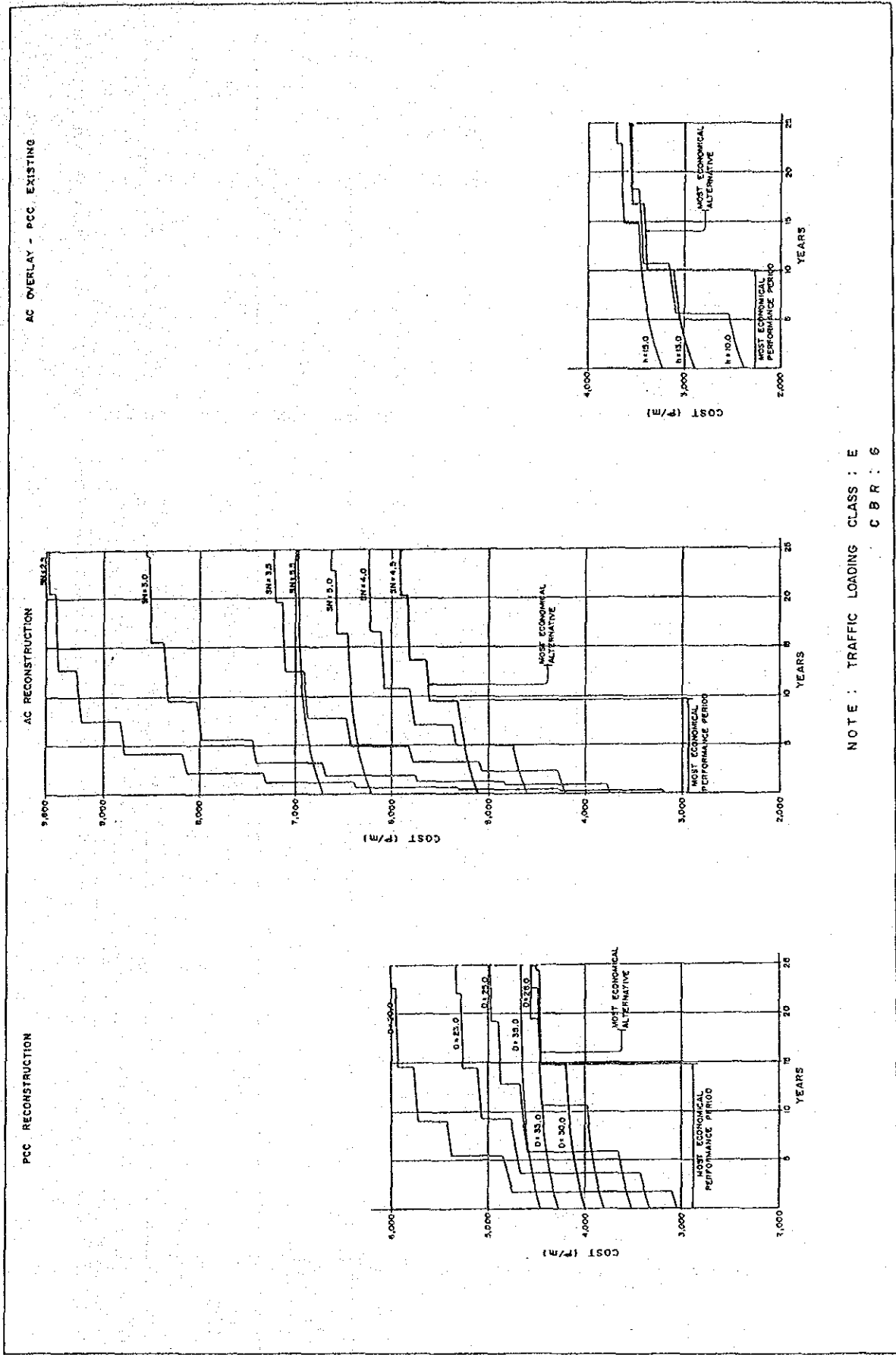
TABLE 16.3-3 MOST ECONOMICAL PERFORMANCE PERIOD OF INITIAL PAVEMENT STRUCTURE

TRAFFIC LOADING CLASS	METHOD C B R		P C C Reconstruction		A C Reconstruction		PCC Overlay -PCC Existing		AC Overlay -AC Existing		Remarks						
	3	6	10	Ave.	3	6	10	Ave.	3	6		10	Ave.				
L-1	19.2	24.2	26.5	**	18.2	15.0	14.2	49.1	53.9	56.0	62.8	83.3	98.2	5.0	11.1	18.2	ESAL's = 0.03x10 ⁶
L-2	17.3	15.2	16.9	**	14.5	20.1	20.4	35.8	40.2	42.1	48.4	68.1	82.7	10.2	6.2	10.9	
L-3	19.0	14.1	13.3	**	16.0	15.4	16.0	19.3	21.9	23.3	28.3	45.3	58.9	11.1	8.1	8.1	
A	18.6	14.0	14.0	**	13.5	14.4	14.5	20.1	18.2	19.0	16.8	30.4	42.4	3.2	7.4	11.0	ESAL's = 0.031-0.4x10 ⁶
B	17.2	16.1	15.2	**	10.0	14.3	14.2	12.6	17.0	17.1	11.1	19.9	29.9	1.6	4.0	7.2	
C	20.1	18.1	17.1	**	8.3	10.1	14.1	20.0	21.1	19.1	7.1	12.1	19.6	0.8	2.1	3.9	
D	19.1	17.0	15.1	**	6.2	11.3	11.0	8.5	22.0	20.0	20.6	8.1	13.1	0.5	1.2	2.3	ESAL's = 0.41-1.0x10 ⁶
E	17.1	17.1	15.0	**	4.2	8.4	10.0	21.0	21.2	20.1	6.0	8.1	11.1	0.3	0.9	1.6	
F	18.3	15.2	15.1	**	9.5	6.8	11.1	20.0	20.1	20.0	4.0	9.1	7.1	0.2	0.6	1.1	ESAL's = 1.1-2.0x10 ⁶
G	17.1	14.1	15.0	**	7.4	5.3	9.3	8.2	17.1	17.2	3.6	8.0	7.0	0.2	0.4	0.8	
H	14.2	15.0	13.1	**	6.1	4.3	7.8	14.5	15.2	16.3	3.1	7.2	9.3	0.1	0.3	0.7	ESAL's = 2.1-3.5x10 ⁶
I	12.7	13.1	12.1	**	5.2	4.2	6.2	5.4	12.2	13.3	2.6	6.1	8.3	0.1	0.3	0.5	
J	11.3	12.3	12.1	**	4.5	4.1	6.2	11.2	12.3	12.2	2.2	5.3	7.0	0.1	0.2	0.5	

NOTE: * Shows performance period of the maximum pavement structure (no period can be extended)
 ** Shows performance period of the minimum pavement structure (no period can be shortened)
 ESAL's means number of ESAL at the initial year
 The ranges of pavement structures for the analysis are as follows:

Traffic Loading Class	P C C Reconstruction	A C Reconstruction	PCC Overlay -PCC Existing	AC Overlay -AC Existing
L-1 to L-3	D = 13 cm - 35 cm	SN = 1.3 - 5.5	h = 13 cm - 33 cm	h = 5 cm - 15 cm
A to J	D = 20 cm - 35 cm	SN = 2.5 - 5.5	h = 18 cm - 33 cm	h = 10 cm - 15 cm

D: Slab Thickness
 SN: Structural Number
 h: Overlay Thickness



NOTE : TRAFFIC LOADING CLASS : E
 C B R : 6

FIGURE 16.3-2 ALTERNATIVE DESIGN STRATEGIES PLANNED STAGE, CONSTRUCTION, PERFORMANCE LIFE OF REHABILITATION

TABLE 16.3-4 RECOMMENDED PERFORMANCE PERIOD OF INITIAL PAVEMENT STRUCTURE

Traffic Loading Class	P C C Reconstruction	A C Reconstruction	PCC Overlay -PCC Existing	AC Overlay -PCC Existing	AC Overlay -AC Existing
L-1, L-2, L-3 ESAL's $\geq 0.03 \times 10^6$	20 years ¹⁾ or Min. Thickness 13 cm	15 years or 15 years	20 years ¹⁾ or Min. Thickness 13 cm	25 years ¹⁾ or Min. Thickness 5 cm	10 years ¹⁾³⁾ or Min. Thickness 3 cm
A, B, C ESAL's = 0.031-0.4x10 ⁶	15 years	12 years	15 years	12 years ¹⁾ or Min. Thickness 10 cm	5 years ²⁾³⁾ or Max. Thickness 10 cm
D, E ESAL's = 0.41-1.0x10 ⁶	15 years	8 years	15 years	8 years ³⁾	5 years ²⁾³⁾ or Max. Thickness 10 cm
F, G ESAL's = 1.1-2.0x10 ⁶	15 years	8 years	15 years	8 years ³⁾	Not Applicable
H, I, J ESAL's = 2.1-3.5x10 ⁶	12 years ²⁾ or Max. Thickness 35 cm	5 years ²⁾ or Max. SN 5.5	12 years ²⁾ or Max. Thickness 33 cm	5 years ²⁾³⁾ or Max. Thickness 15 cm	Not Applicable

NOTE: 1) Performance period is governed by the minimum structural requirement as the case may be.

2) Performance period is governed by the maximum pavement structure as the case may be.

3) Not applicable where performance period is too short (less than 5 years) even if the maximum pavement structure is applied (see "Basic Design")

16.4 設計条件

本節では、舗装の新設又は改築の設計に必要な諸条件の設定および選定について検討する。

表 16.4-1 は、PCC 舗装及び AC 舗装の設計必要条件をまとめたものである。

設計の必要条件の詳細な検討は、本調査報告書の第 VI 巻に示した。

16.4.1 設計変数

(1) 時間条件

時間条件とは、舗装設計に影響する供用期間と評価期間を意味する。

供用期間は、当初の舗装構造が再度修復を必要とするまでの期間であり、評価期間は、解析計算の対象となる年数を意味し、本調査では 25 年をとった。

(2) 交通

設計は、評価期間中における 18 kip の等値換算 1 軸荷重 (ESAL) の累積値に基づいて行なう。

(3) 信頼性

信頼性の概念は、AASHTO 指針 1986 で導入されたもので、交通及び供用性の予測値の機会変動を考慮するものである。

しかし、DPWH 側と協議した結果、本調査では信頼性を考慮しないこととした。

従って、本調査の舗装設計の信頼性は、AASHTO Guide 1986 が提案している。

最低のレベル、すなわち 50% としている。

(4) 環境の影響

本調査では、材料の品質に対する季節による温度および湿度の変化の影響が未だに判っていないので、路床の膨潤によるサービス性能の減少 (PSI_{Jw}) は、考えないこととした。

16.4.2 供用性基準

サービス性能の第一の尺度は、0 (通行可能の道路) から 5 (完全な道路) の範囲にある現況サービス性能指数 (PSI) である。AASHTO 道路試験で観測した供用当初のサービス性能 (P_0) は、次のようであった。

P_0 = 剛性舗装に対し 4.5

P_0 = アスファルト舗装に対し 4.2

TABLE 16.4-1 DESIGN REQUIREMENTS

Category	Description
1. Design Variable	
1.1 Time Constraints . Performance Period . Analysis Period	Life of Initial Pavement Structure Planned Stage construction; 25 years
1.2 Traffic	W_{18} = 18 kip Equivalent Single Axle Load (ESAL) Application Traffic Loading Classes; 10 classes (A to J)
1.3 Reliability	Z_R = 1.645 for 95% Reliability, R S_o = 0.3~0.4 for Standard Error } not considered
1.4 Environmental Impact . Roadbed Swelling	PSI_{SW} = Loss of PSI; not considered
2. Performance Criteria	
2.1 Serviceability	$PSI = P_o - P_t = P_o - \Delta PSI_w - \Delta PSI_{sw}$ (ΔPSI_{sw} ; not considered)
3. Material Properties for Structural Design	
3.1 Effective Roadbed Soil Resilient Modules (Flexible)	MR (pci); estimated based on CBR, 8 cases (2~20)
3.2 Effective Modulus of Subgrade Reaction (Rigid)	K-Value (pci); estimated based on CBR, 8 cases (2~20)
3.3 Pavement Layer Materials Characterization	E_{SB} = Modulus of Subbase (8,000 psi) E_{BS} = Modulus of Base (22,000 psi) E_{AC} = Modulus of Asphalt Concrete (350,000 psi) E_c = Modulus of Elasticity of PCC(3.28 x 10 ⁶ psi)
3.4 PCC Modulus of Rupture (Rigid) (Flexural Strength)	S'_c = Estimated Mean Value for PCC Modulus of Rupture (psi); 580 psi
3.5 Structural Layer Coefficient (Flexible)	Asphalt Concrete Layer Coefficient ; 0.39 Bitumen Stabilized ; 0.2 Mechanically Stabilized (Crushed Stone); 0.125 Crusher Run (Crushed Gravel) ; 0.105 Subbase ; 0.095
4. Pavement Structural Characteristics	
4.1 Drainage	Flexible m = Layer Coefficient Modifying Factor; 0.8 Rigid CD = Drainage Coefficient; 0.9
4.2 Load Transfer (Rigid) . Jointed Pavement . Tied shoulder or Widened Outside Lane	J = Load Transfer Coefficient; 4
4.3 Loss of Support (Rigid)	LS = Loss of Support 1.0 ~ 3.0 for unbounded granular materials 2.0 ~ 3.0 for fine granular or natural subgrade materials 0 ~ 1.0 for cement Treated Granular Base
5. Reinforcement Variables (Rigid)	
5.1 Slab Length	Depending on local conditions,
5.2 Working Stress	subbase type, course aggregate, etc.
5.3 Friction Factors	

AASHTO Guide 1986は、最低許容PSI又は最終サービス性能指数(Pt)を次のように提案している。

Pt = 幹線道路の設計に対して 2.5

Pt = 交通量の少ない道路の設計に対して 2.0

舗装現況、特にPSI 2.5及び2.0のコンクリート舗装のクラックの長さを、本調査で提案している。同じ値の舗装修復必要指数(RRI)のクラックの長さを比較した。その結果RRIは、PSIと殆んど同じ舗装状況を示すことが判ったので、RRIは、AASHTO Guide 1986の設計式に使用出来ると結論した。

本調査では、第15章に述べたように、調査対象道路の重要性及び交通量から考えて、終極サービス性能として2.5を適用した。

16.4.3 材料の特性

(1) 路床土の有効弾力係数(たわみ性舗装)

サービス性能基準に基づくたわみ性舗装の設計に用いる路床土の有効弾力係数を決定するために、代表試料について圧力を加え湿潤の状態での弾力係数試験を行う必要がある。季節毎の弾力係数も同様に、乾期及び雨期の状況に共に決定されなければならない。

路床土の有効弾力係数(MR)については、十分なデータが得られなかったため土質分類及びCBRの試験結果だけに基づいて、表16.4-2に示すように推定した。

(2) 路床反力の有効係数(剛性舗装に対して)

路床反力の有効係数(K-値)は、季節による係数の値、路盤の品質の影響、かたい基礎の影響、18 kip ESALによる版厚の損傷程度、支持力の不足等を考慮して、剛性舗装の設計に用いられている。

本調査では、路床反力の有効係数は、表16.4-2に示すように路盤の影響を考慮して算定した。

TABLE 16.4-2 STRENGTH OF ROADBED/SUBGRADE

CBR of Subgrade	k (pci) of Subgrade	MR (pci) of Subgrade	k (pci)
2	50	2,500	80
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 Portland Cement Association.

(3) 舗装各層の材料特性

本調査では、舗装各層の材料の係数を AASHTO Guide 1986 の提案に従って次のようにした。

- 路盤下層係数 $E_{SB} : 8,000 \text{ psi (at } 68^\circ\text{F)}$
- 上層路盤係数 $E_{BS} : 22,000 \text{ psi}$
- AC 舗装の係数 $E_{AC} : 350,000 \text{ psi}$
- PCC 舗装の係数 $E_C : 3.28 \times 10^6 \text{ psi}$

$$E_C = 57,000 ('C)^{0.5}$$

ここに

$$E_C = \text{PCC の弾性係数 (psi)}$$

$$'C = \text{PCC の圧縮強度 (psi)}$$

(4) PCC の破壊係数

設計に必要な PCC の破壊係数 (曲げ強度) は、3 点荷重による材令 28 日強度の平均 (AASHTO T97, ASTM C78) で次のように算定される。

$$S'_c (\text{mean}) = S_c + Z (SD_s)$$

$$S'_c = \text{PCC の破壊係数の平均値 (psi)}$$

本調査では 580 psi

$$S_c = \text{コンクリートの破壊係数の示方書の値 (psi)}$$

$$SD_s = \text{コンクリートの破壊係数の標準偏差}$$

$$Z = \text{標準 normal variate}$$

(5) 各層の係数（たわみ性舗装に対して）

層換算係数の値は、各層の実際の厚さを構造指数（SN）に換算するために、各層の材料に対して定められる。

本調査において、構造層換算係数（AI値）は次のように定めた。

TABLE 16.4.3 STRUCTURAL COEFFICIENTS, A_i

Layer Material	Layer Coefficients
Asphalt Concrete Surface Course	0.39
Bitumen Stabilized	1.2
Mechanically Stabilized (Crushed Stone)	0.125 (CBR 40, R value 70)
Crusher Run (Crushed Gravel)	0.105 (CBR 25, R value 60)
Subbase	0.095 (CBR 8, value 40)

16.4.4 舗装構造の性質

(1) 排水

排水の状況が舗装の供用性に与える影響は、舗装設計において重要な問題である。

表 16.4-4 に、舗装構造にとっての排水状況の定義を示す。

TABLE 16.4.4 DRAINAGE LEVELS

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

排水の状況を考慮する係数として、AASHTOはたわみ性舗装に対しては、 m （上層路盤及び下層路盤の材料の構造係数の修正のための値）、剛性舗装に対しては排水係数 C_d を提案している。

本調査では、 $m \doteq 0.8$ 、 $C_d \doteq 0.9$ を適用した。

(2) 荷重伝達（剛性舗装）

荷重伝達係数 J は、目地やクラック等の舗装の不連続部を通して荷重を伝達する不連続部能力に関して、剛性舗装の設計に用いられる係数である。

本調査では、荷重伝達係数は無筋の目地の場合を考えて4を使用した。

(3) 支持力の低下

この要因 LS は、剛性舗装の設計において路盤の侵食あるいは垂直方向の土の移動によって起る支持力の低下を考慮するために用いられる。実際の設計においては、舗装版の下に生じる空隙の大きさに基づいて、有効又は複合 K 一値を減少することで処理している。

16.4.5 鉄筋に関する変数

本調査では鉄筋に関する変数は考慮していない。

16.5 基本構造設計

16.5.1 設計変数及び工事費

本調査では、AASHTO Guide 1986を適用し、その他の設計法は参考として用いた。設計手法は、本調査報告書のVolume IVに述べてある。

第16章4節で検討した設計変数を表16.5-1にまとめた。また、基本構造設計を行なった各種の工法に関する工事費を表16.5-2にまとめた。

16.5.2 設計結果

舗装構造設計は、設計プログラムを作りコンピューターで行なった、設計結果は資料編16-3に示した。

設計の対象とした修復工法は次のものである。

- PCC舗装の改築（新設工事）
- AC舗装の改築（新設工事）
- 既存剛性舗装へのPCCオーバーレイ
- 既存剛性舗装へのACオーバーレイ
- 既存たわみ性舗装へのACオーバーレイ

TABLE 16.5-1 ASSUMED DESIGN VARIABLES

Analysis	25 years
Performance Period	As indicated in Design Output
Traffic	As indicated in Design Output
Reliability	Not considered
Environmental Impact	Not considered because of no roadbed swelling
Serviceability	
Initial	4.5 for rigid, 4.2 for flexible
Terminal	2.5 for both
Effective Roadbed Soil	
Resilient Modulus (Flexible Pavement)	As indicated in Design Output
Effective Modulus of Subgrade Reaction (Rigid Pavement)	As indicated in Design Output
Pavement Layer Material Characteristics	See Table 16.4-1
PCC Modulus of Rupture	525 psi (36.8 kg/cm ²) at 14 days 580 psi (40.6 kg/cm ²) at 28 days
Structural Layer Coefficient	See Table 16.4-1 and 3
Drainage	m for flexible = 0.8 CD for Rigid = 0.9
Load Transfer Coefficient	4
Loss of Support	1 (Not considered)

設計の主要アウトプットは次のものである。

- PCC舗装の版厚 : D (cm)
- AC舗装の構造指数 : SN
- オーバーレイの厚さ : h (cm)
- 当初の舗装構造の供用期間 : X (年)
- 当初の工事費用 : C_1 (ペソ / 2車線 m)
- 総割引後費用 : C_2 (ペソ / 2車線 m)

上記の各工法に対し、13ケースの交通荷重と8ケースのCBR値を適用して設計を行ったが、その結果を図16.5-1にまとめた。

TABLE 16.5-2 ROUGHLY ESTIMATED COST

Unit: P/M-2 lanes

Thickness	First (Initial) Rehabilitation Work	Improvement of Drainage	Second Rehabilitation Work	Third/After Third Rehabilitation Work	Maintenance Cost Per Year	
					First Rehabilitation	After Second Rehabilitation
PCC Reconstruction	13 cm 15 cm 18 cm 20 cm 23 cm 25 cm 28 cm 30 cm 33 cm 35 cm	496 496 496 496 496 496 496 496 496 496	1,093 1,093 1,093 1,898 1,898 1,898 1,898 1,898 1,898 1,898	1,093 1,093 1,093 1,093 1,093 1,093 1,093 1,093 1,093 1,093	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	37 37 37 37 37 37 37 37 37 37
AC Reconstruction	SN = 1.3 1.7 2.1 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5	496 496 496 496 496 496 496 496 496 496	1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048	1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048 1,048	37 37 37 37 37 37 37 37 37 37	37 37 37 37 37 37 37 37 37 37
PCC Overlay	13 cm 15 cm 18 cm 20 cm 23 cm 25 cm 28 cm 30 cm 33 cm 35 cm	496 496 496 496 496 496 496 496 496 496	1,857 2,034 2,300 2,477 2,742 2,919 3,185 3,362 3,628 3,628	1,857 2,034 2,300 2,477 2,742 2,919 3,185 3,362 3,628 3,628	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
AC Overlay	5 cm 8 cm 10 cm 13 cm 15 cm	496 496 496 496 496	1,093 1,585 1,898 2,401 2,735	1,093 1,093 1,093 1,093 1,093	37 37 37 37 37	37 37 37 37 37
AC Overlay	3 cm 5 cm 8 cm 10 cm	496 496 496 496	735 1,048 1,540 1,853	735 1,048 1,048 1,048	37 37 37 37	37 37 37 37

PCC RECONSTRUCTION
Required Thickness of Slab (cm)

	TRAFFIC LOADING CLASS	CBR								DESIGN PERFORMANCE PERIOD
		2	3	4	6	8	10	15	20	
LIGHT TRAFFIC LOADING ROAD	L-1	15				13				20 YEARS
	L-2	18				15				
	L-3	20				18				
HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	A					23		20		18 YEARS
	B		25							
	C									
	D					28				
	E				30					
EXTRA-HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	F					33				12 YEARS
	G									
	H				35					
	I									
	J	(10.4)	(13)							

- Note ; 1. Provision of Filter Layer is required for CBR less than 3.
 2. For CBR less than 2, improvement method for weak subgrade should be applied.
 3. () Shows initial performance period less than design even adopting 35 cm. PCC slab.

AC RECONSTRUCTION
Required Structural Number

	TRAFFIC LOADING CLASS	CBR								DESIGN PERFORMANCE PERIOD
		2	3	4	6	8	10	15	20	
LIGHT TRAFFIC LOADING ROAD	L-1			2.5			2.1		1.7	15 YEARS
	L-2	3.0								
	L-3	3.5		3.0		2.5				
HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	A	4.0				3.5	3.0	2.5		12 YEARS
	B	4.5	4.0						3.0	
	C									
	D					4.0				
	E									
EXTRA-HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	F			5.0		4.5			3.5	8 YEARS
	G									
	H		5.5					4.0		
	I									
	J									

- Note ; 1. An improvement method for weak subgrade with CBR less than 3 is required to improve it to CBR more than 3.
 2. For CBR less than 2, improvement method for weak subgrade should be applied.

FIGURE 16.5-1 (1) PAVEMENT STRUCTURE CAPACITY OF INITIAL PAVEMENT STRUCTURES

RIGID OVERLAY - RIGID EXISTING
Required Thickness of PCC Overlay (cm)

	TRAFFIC LOADING CLASS	CBR									DESIGN PERFORMANCE PERIOD
		2	3	4	6	8	10	15	20		
LIGHT TRAFFIC LOADING ROAD	L-1										20 YEARS
	L-2					13					
	L-3		15								
HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	A	20				18					15 YEARS
	B		23			20					
	C		25			23					
	D								25		
	E		30			28					
EXTRA-HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	F					30					12 YEARS
	G										
	H										
	I					33					
	J	(10.4)	(11.2)								

Note ; () Shows initial performance period less than design even adopting 33 cm Rigid Overlay.

FLEXIBLE OVERLAY - RIGID EXISTING
Required Thickness of AC Overlay (cm)

	TRAFFIC LOADING CLASS	CBR									DESIGN PERFORMANCE PERIOD
		2	3	4	6	8	10	15	20		
LIGHT TRAFFIC LOADING ROAD	L-1										15 YEARS
	L-2					5					
	L-3	8									
HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	A	13									12 YEARS
	B	(10.8)	13								
	C	(60)									
	D		15	13				10			
	E		(7.0)	15	13						
EXTRA-HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	F		(4.9)	(7.7)							8 YEARS
	G			(6.0)							
	H	NOT				15		15			
	I	APPLICABLE									
	J										

Note ; () Shows initial performance period less than design even adopting 15 cm Flexible Overlay.

FIGURE 16.5-1 (2) PAVEMENT STRUCTURE CAPACITY OF INITIAL PAVEMENT STRUCTURES

FLEXIBLE OVERLAY - FLEXIBLE EXISTING
Required Thickness of AC Overlay (cm)

	TRAFFIC LOADING CLASS	CBR								DESIGN PERFORMANCE PERIOD	
		2	3	4	5	6	8	10	15		20
LIGHT TRAFFIC LOADING ROAD	L-1	8	5						3		10 YEARS
	L-2	10				5					
	L-3		10			8					
HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	A			10						5	5 YEARS
	B						10				
	C									8	
	D								10		5 YEARS
	E									10	
EXTRA-HEAVY TRAFFIC LOADING ROAD	F		NOT APPLICABLE								5 YEARS
	G										
	H										
	I										
	J										

FIGURE 16.5-1 (3) PAVEMENT STRUCTURE CAPACITY OF INITIAL PAVEMENT STRUCTURES

16.6 舗装修復工法の評価

本節では、最適舗装修復工法の選定手法とそれらの経済評価について述べるが、これらの検討は選出したケース・スタディー地点についてのみ行なった。

16.6.1 ケース・スタディー地点の選定

舗装修復の設計および評価において考慮すべき要素は、主として、交通荷重、車種別交通量、舗装現況、路床土の品質及び排水状況等である。検討結果が調査対象区間の各地点に適用でき、そして可能であれば必要に応じて内挿または外挿によって、他の道路にも適用できるようにするため、上記の各要因が各種の条件を代表できる地点をケース・スタディー地点に選んだ。

表 16.6-1 に、選出したケース・スタディー地点をその交通荷重、交通量、RRI、路床の CBR 値、排水条件と共に示した。

TABLE 16.6-1 SELECTED CASE STUDY SPOTS AND CONDITIONS

Segment	Case Study Spots	Location	Traffic Loading Class	AADT in 1989	RRR ^{1/}	Subgrade CBR (Assumed)	Drainage Condition (Assumed)	
Segment N-1 (Sta. Rita-Gapan Sect.) L = 46 km	Sta. Rita	N-CS-1	40.5	J/F	12,510	1.0/2.2	3-4	Fair
	-Plaridel	N-CS-2	41.0			1.0/3.0	3-4	Bad
	Plaridel - Gapan	N-CS-3	53.0	I/E	7,260	1.5/3.0	4	Fair
		N-CS-4	62.0			2.0/2.6	6	Fair
		N-CS-5	76.0			1.0/2.0	3	Fair
Segment N-2 (Gapan-Cabanatuan Section) L = 35 km	N-CS-6	110.0	I/E	7,150	2.2/3.0	8	Fair	
Segment N-3 (Cabanatuan-San Jose Section) L = 42 km	N-CS-7	130.5	H/D	4,880	1.5/3.5	8	Fair	
	N-CS-8	146.0			1.8/2.2	6	Bad	
	N-CS-9	152.0			2.0/3.1	6	Fair	
Segment N-4 (San Jose-Dalton Section) L = 38 km	N-CS-10	174.0	G/D	2,780	2.0/2.9	4	Fair	
	N-CS-11	176.0			1.0/2.2	4	Fair	
	N-CS-12	195.0			2.0/2.9	8	Fair	
Segment N-5 (Dalton-Aritao Section) L = 39 km	N-CS-13	201.0	G/D	2,780	1.1/2.1	8	Fair	
	N-CS-14	206.0			1.6/2.6	8	Fair	
	N-CS-15	230.0			2.0/3.0	6	Fair	
Segment S-1 (Calamba-Tiaong Section) L = 42 km	Calamba-Sto. Tomas	S-CS-1	55.0	E/D	7,140	2.0/2.0	3-4	Fair
	Sto. Tomas - Tiaong	S-CS-2	76.0			2.0/3.0	3	Bad
		S-CS-3	77.0			2.0/2.3	3	Bad
Segment S-2 (Tiaong-Pagbilao Section) L = 54 km	S-CS-4	106.0	E/D	5,040	2.3/3.0	8	Fair	
	S-CS-5	138.0			2.1/3.0	8	Fair	
	S-CS-6	142.0			0.5/0.5	8	Fair	
Segment S-3 (Pagbilao-Plaridel Section) L = 46 km	S-CS-7	158.0	O/C	2,650	0.5/0.5	4	Bad	
Segment S-4 (Plaridel-Calauag Section) L = 39 km	S-CS-8	213.0	O/C	2,140	1.8/2.8	8	Fair	
	S-CS-9	214.0			1.8/1.9	8	Fair	
	S-CS-10	217.0			2.2/2.2	6	Fair	
	S-CS-11	220.0			2.1/2.8	4	Fair	

^{1/}Values for Manila Bound/Opposite Bound

16.6.2 舗装修復工法の選定

舗装の修復工法選定の手順は、技術面、工費面及びその他の面の考察を含めて第22章に述べるが、修復工法選定は、一次的には技術的評価によった。

ケース・スタディー地点は、北部調査区間で15、南部調査区間で11であり、これらの地点に適用した舗装修復工法の数を表16.6-2にまとめた。

また、各ケース・スタディー地点に対して選定した修復工法と、それらの地点の各条件を表16.6-3に示した。

TABLE 16.6-2 NUMBER OF SELECTED REHABILITATION METHODS FOR THE CASE STUDY

	1-Lane PCC Reconstruction	2-Lane PCC Reconstruction	2-Lanes AC Overlay	Total
North Study Section	6	5	4	15
South Study Section	4	5	2	11
Total	10	10	6	26

16.6.3 舗装修復工法の経済評価

技術的観点だけから選定した舗装修復工法に対して、経済評価を行なった。

通常の評価指標、すなわち費用・便益比(B/C)及び内部収益率(IRR)の他にd1値及びdt値を算定した。d1値及びdt値は、理想的な路面状況と比較した場合の実際の路面状況の観念上の余分の延長又は時間を示すものである。

舗装の供用性、平均日交通量、建設費、維持費および交通費用の経年変化の例を、図16.6-1に示す。経済評価は、これらの費用及び便益に基づいて、単位長さ当りに対して行なった。

選定された舗装修復工法の経済評価の結果は、資料編16-4に示すとともに、表16.6-4にまとめた。

費用・便益比、内部収益率は、主に交通量に応じて変化しており、それぞれ10.8～2.3及び42%～43%の値を示す。

d1 値の節約は、PCC舗装改築の場合に 0.29 ~ 0.38 km/実km/台、ACオーバーレイの場合に 0.26 ~ 0.29 km/実km/台の間で変化する。

d1 値の節約は、PCCの場合に 28.3 ~ 33.8 秒/km/台、ACオーバーレイの場合 24.4 ~ 27.0 秒/km/台の間にある。d1 値及び dt 値の節約は、ACオーバーレイでは供用期間が短いのでPCC舗装改築の場合より少し低目になっている。

各舗装修復工法と経済指標及び d1 値、dt 値との関係は、第 19 章において、図化しとりまとめた。

TABLE 16.6-3. SELECTED REHABILITATION METHODS

Case Study Spots	Location	Traffic Loading Class	AADT in 1989	RRI ^{1/}	Subgrade CBR (Assumed)	Drainage Condition (Assumed)	Selected Rehabilitation Method
N-CS-1	40.5	J/F	12,510	1.0/2.2	3-4	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=35/33 cm)
N-CS-2	41.0			1.0/3.0	3-4	Bad	1-lane PCC Reconst. (D=35 cm)
N-CS-3	53.0	I/E	7,260	1.5/3.0	4	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=35 cm)
N-CS-4	62.0			2.0/2.6	6	Fair	2-lane AC Overlay (h=15 cm)
N-CS-5	76.0			1.0/2.0	3	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=35/33 cm)
N-CS-6	110.0			2.2/3.0	8	Fair	2-lane AC Overlay (h=13 cm)
N-CS-7	130.5			1.5/3.5	8	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=33 cm)
N-CS-8	146.0	H/D	4,880	1.8/2.2	6	Bad	2-lane PCC Reconst. (D=35/30 cm)
N-CS-9	152.0			2.0/3.1	6	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=35 cm)
N-CS-10	174.0			2.0/2.9	4	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=35 cm)
N-CS-11	176.0	G/D	2,780	1.0/2.2	4	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=35/30 cm)
N-CS-12	195.0			2.0/2.9	8	Fair	2-lane AC Overlay (h=13 cm)
N-CS-13	201.0	G/D	2,780	1.1/2.1	8	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=33/28 cm)
N-CS-14	206.0			1.6/2.6	8	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=33 cm)
N-CS-15	230.0			2.0/3.0	6	Fair	2-lane AC Overlay (h=15 cm)
S-CS-1	55.0	G/F	14,200	2.0/2.0	3-4	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=35/33 cm)
S-CS-2	76.0	E/D	7,140	2.0/3.0	3	Bad	1-lane PCC Reconst. (D=33 cm)
S-CS-3	77.0			2.0/2.3	3	Bad	2-lane PCC Reconst. (D=33/30 cm)
S-CS-4	106.0			2.3/3.0	8	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=30 cm)
S-CS-5	138.0	E/D	5,040	2.1/3.0	8	Fair	2-lane AC Overlay (h=10 cm)
S-CS-6	142.0			0.5/0.5	8	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=30/28 cm)
S-CS-7	158.0	D/C	2,650	0.5/0.5	4	Bad	2-lane PCC Reconst. (D=30/28 cm)
S-CS-8	213.0	D/C	2,140	1.7/2.8	8	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=28 cm)
S-CS-9	214.0			1.8/1.9	8	Fair	2-lane PCC Reconst. (D=28/28 cm)
S-CS-10	217.0			2.2/2.2	6	Fair	2-lane AC Overlay (h=10 cm)
S-CS-11	220.0	D/C	2,140	2.1/2.8	4	Fair	1-lane PCC Reconst. (D=30 cm)

^{1/} Values for Manila Bound/Opposite Bound

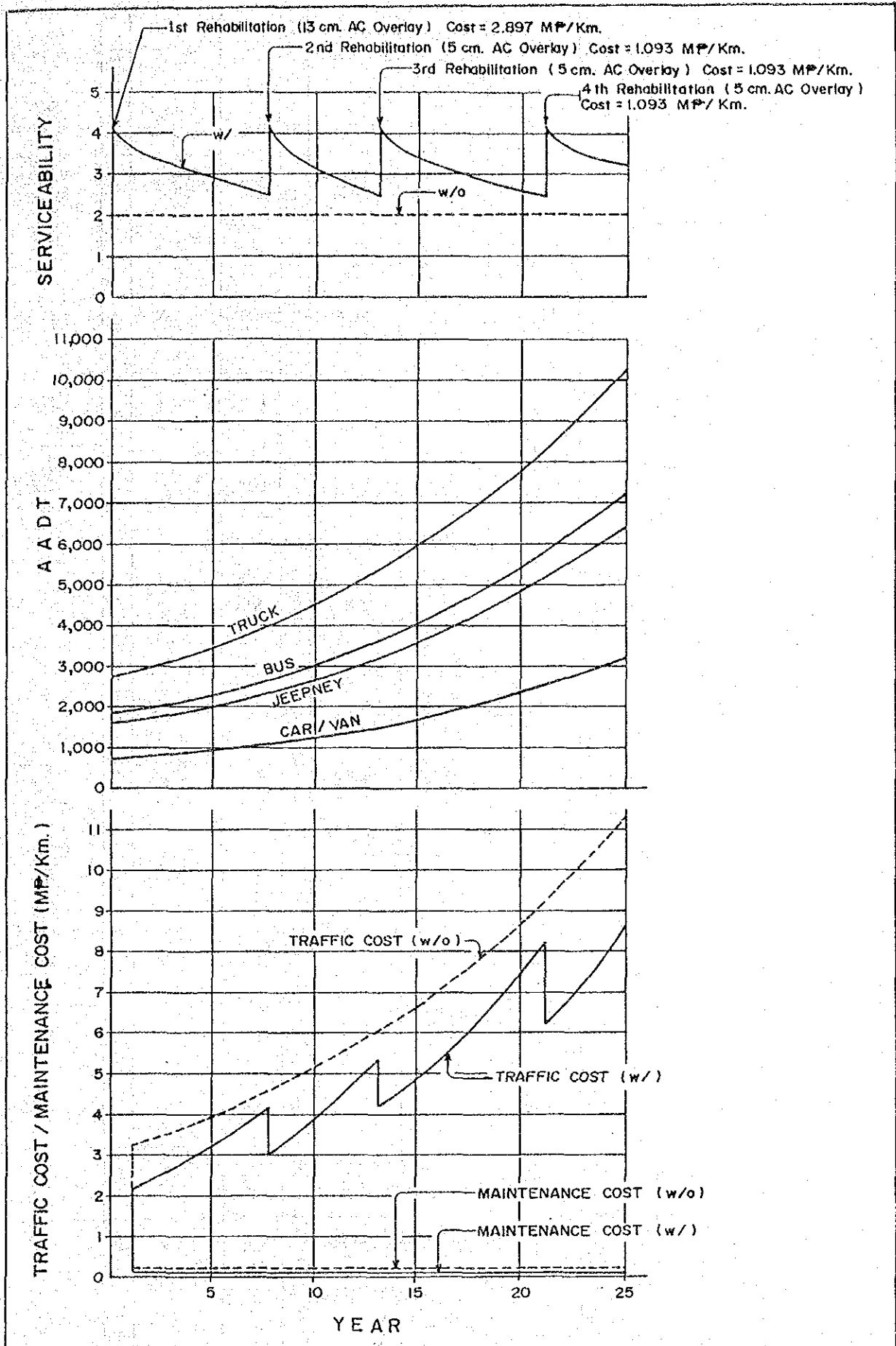


FIGURE 16.6-1 YEARLY CHANGE OF SERVICEABILITY AND COST
(CASE STUDY SPOT N-CS-12)

TABLE 16.6-4 EVALUATION OF SELECTED REHABILITATION METHODS

Case Study Spot	Traffic Loading Class	AADT in 1989 (Annual Growth Rate in %)					Truck Total	Selected Rehabilitation Method	Initial			Economic Evaluation			Savings in dt & dt	
		Car/Van	Jeebney	Tri-cycle	Bus	Truck			Const. (MP/Km)	Dis'd. Cost (MP/Km)	Total Dis'd. Benefit (MP/Km)	B/C Ratio	IRR (%)	dt (km./veh.)	dt (sec./km./veh.)	
N-CS-1	J/F	6,250 (6)	2,260 (5)	560 (5)	950 (4.5)	2,490 (5)	12,510	2-lane PCC Reconst. (D=35/33cm)	4,360	4,501	31,061	6.9	229.3	0.29	29.8	
N-CS-2								1-lane PCC Reconst. (D=35cm)	2,475	2,762	16,992	6.2	180.4	0.35	33.4	
N-CS-3	I/E	2,860 (6)	1,390 (5)	290 (5)	950 (4.5)	1,770 (5)	7,260	1-lane PCC Reconst. (D=35cm)	2,475	2,574	11,458	4.5	96.5	0.38	32.9	
N-CS-4								2-lane AC Overlay (h=15cm)	3,232	3,667	15,929	4.3	108.0	0.26	26.2	
N-CS-5								2-lane PCC Reconst. (D=35/33cm)	4,360	4,377	21,054	4.8	115.5	0.31	29.0	
N-CS-6	I/E	3,330 (6)	1,270 (5)	230 (5)	700 (4.5)	1,520 (5)	7,150	2-lane AC Overlay (h=13cm)	2,897	3,495	14,906	4.3	111.3	0.26	26.4	
N-CS-7	H/D	1,310 (6)	1,270 (5)	460 (5)	570 (4.5)	1,270 (5)	4,880	1-lane PCC Reconst. (D=33cm)	2,381	2,566	7,449	2.9	58.5	0.37	35.1	
N-CS-8								2-lane PCC Reconst. (D=35/30cm)	4,220	3,979	14,716	3.7	69.8	0.35	33.8	
N-CS-9								1-lane PCC Reconst. (D=35cm)	2,475	2,428	7,663	3.2	57.4	0.38	35.6	
N-CS-10	G/D	720 (6.5)	880 (5.5)	-	240 (5)	940 (5)	2,780	1-lane PCC Reconst. (D=35cm)	2,475	2,354	4,962	2.1	34.1	0.40	31.8	
N-CS-11								2-lane PCC Reconst. (D=35/30cm)	4,220	3,919	9,521	2.4	40.6	0.36	29.1	
N-CS-12								2-lane AC Overlay (h=13cm)	2,897	3,164	6,897	2.2	38.2	0.28	25.3	
N-CS-13	G/D	720 (6.5)	880 (5.5)	-	240 (5)	940 (5)	2,780	2-lane PCC Reconst. (D=33/28cm)	4,032	3,821	9,267	2.4	41.5	0.35	29.2	
N-CS-14								1-lane PCC Reconst. (D=33cm)	2,381	2,396	4,790	2.0	34.3	0.37	30.0	
N-CS-15								2-lane AC Overlay (h=15cm)	3,232	3,377	6,785	2.0	34.0	0.28	25.1	
S-CS-1	G/F	9,470 (6)	1,260 (5)	70 (5)	1,340 (5)	2,060 (4)	14,200	2-lane PCC Reconst. (D=35/33cm)	4,360	4,078	37,585	9.2	282.5	0.32	31.0	
S-CS-2	E/D	4,170 (6)	1,080 (4.5)	10 (4.5)	580 (5)	1,300 (4)	7,140	1-lane PCC Reconst. (D=33cm)	2,381	2,170	10,399	4.8	83.7	0.37	32.8	
S-CS-3								2-lane PCC Reconst. (D=33/30cm)	4,126	3,888	19,586	5.1	101.3	0.34	31.1	
S-CS-4	E/D	2,500 (6)	810 (5)	-	610 (5)	1,120 (4)	5,040	1-lane PCC Reconst. (D=30cm)	2,241	2,200	7,751	3.5	66.3	0.36	30.7	
S-CS-5								2-lane AC Overlay (h=10cm)	2,394	2,674	11,490	4.3	114.3	0.28	26.5	
S-CS-6								2-lane PCC Reconst. (D=30/28cm)	3,892	3,696	14,955	4.0	79.1	0.34	30.1	
S-CS-7	D/C	880 (5.5)	510 (4.5)	-	510 (4.5)	750 (3.5)	2,650	2-lane PCC Reconst. (D=30/28cm)	3,892	3,590	9,222	2.6	44.2	0.37	29.2	
S-CS-8	D/C	670 (5.5)	460 (4.5)	-	300 (4.5)	710 (3.5)	2,140	1-lane PCC Reconst. (D=28cm)	2,147	2,154	3,603	1.7	28.9	0.38	29.6	
S-CS-9								2-lane PCC Reconst. (D=28/28cm)	3,798	3,613	6,992	1.9	33.6	0.36	28.9	
S-CS-10								2-lane AC Overlay (h=10cm)	2,394	2,674	5,322	2.0	37.2	0.29	25.2	
S-CS-11								1-lane PCC Reconst. (D=30cm)	2,241	2,104	3,748	1.8	29.1	0.41	31.1	

第17章 経済的舗装修復工法

17.1 新設工事

経済的舗装タイプは、交通荷重、路床土の支持力、舗装構造、環境状況等によって異なるものと思われる。

新設工事については、PCC舗装とAC舗装に関して、種々の交通荷重クラスとCBR値の組合せを設定、それぞれの条件において最も経済的な舗装構造を見出すよう比較検討を行なった。

17.1.1 比較の為の構造容量

最も経済的な舗装タイプの解析においては、PCC、ACの両舗装が同じ舗装構造容量であることが重要である。当初の舗装構造容量は、交通荷重、CBR値およびその供用期間によって変る。第16章で検討した基本構造設計の結果から、必要な構造容量（刚性舗装の場合は、版厚、たわみ性舗装の場合は構造指数）は、交通荷重クラス、CBR値及び当初の舗装設計構造の供用期間で決まる。（図16.5-3参照。）

一例として、CBR値が8の場合に各交通荷重クラスに対して必要となるPCC舗装の版厚とAC舗装の構造指数を図17.1-1に示す。

17.1.2 当初工事費の比較

(i) 当初工事費

PCC舗装とAC舗装の当初工事費を表17.1-1と表17.1-2に示すように算定した。

TABLE 17.1-1 UNIT COST OF MAIN MATERIALS

Materials	Unit	Unit Cost (P)
• Portland Cement	bag	48.50
• Concrete Class A delivered	m ³	795.75
• Portland Cement Concrete Pavement	m ³	1,196.70
• Asphalt Concrete	ton	751.50
• Bituminous Concrete Surface Course	M.T.	1,061.95
• Aggregate Subbase	m ³	208.55
• Crushed Aggregate Base Course	m ³	276.65
• Mechanically Stabilized Base Course	m ³	334.36

TABLE 17.1-2 INITIAL CONSTRUCTION COST

Thickness	PCC Pavement		Structural Number	AC Pavement	
	Including Shoulder (₪)	Excluding Shoulder (₪)		Including Shoulder (₪)	Excluding Shoulder (₪)
—	—	—	1.3	1,382	1,188
—	—	—	1.7	1,784	1,465
13 cm	1,747	1,444	2.1	2,250	1,909
15 cm	1,934	1,614	2.5	2,550	2,125
18 cm	2,215	1,871	3.0	3,096	2,610
20 cm	2,402	2,042	3.0	3,096	2,610
23 cm	2,683	2,298	3.5	3,558	2,947
25 cm	2,870	2,552	3.5	3,588	2,947
28 cm	3,152	2,724	4.0	3,960	3,265
30 cm	3,339	3,895	4.0	3,960	3,265
33 cm	3,620	3,151	4.5	4,446	3,647
35 cm	3,807	3,321	4.5	4,446	3,467
—	—	—	5.0	5,559	4,739
—	—	—	5.5	6,065	5,120

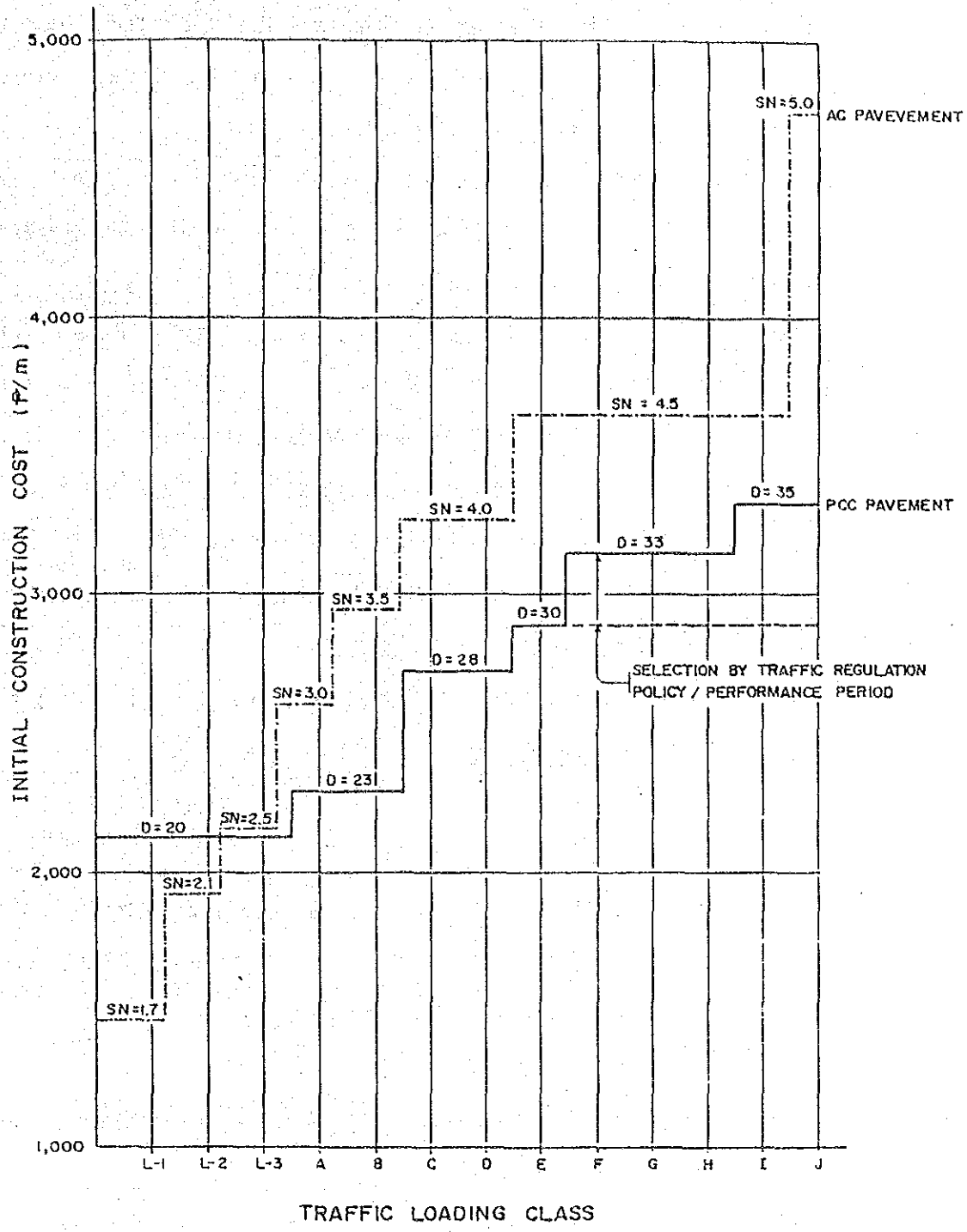
(2) 経済的舗装タイプ

経済的舗装タイプは、当初工事費だけに基ついで決定されるべきではなく、当初工事費、2回目、3回目の修復工事費および維持費を含む総事業費（カレント・プライス）で算定されるべきである。しかし、本節においては、新設工事の場合、当初工事費のみで比較した。修復工事費等を含む総事業費での検討は後節で行ない、その結果を参照することとした。

第16章での検討と同様に、経済的舗装タイプの検討においても、便益の算定、評価は行なっていない。これは、維持管理される場合、舗装の種類によって交通費用の差はほとんどないと推定されるからである。

CBR値が8の場合の各交通荷重クラスに対するPCC舗装の版厚及びAC舗装の構造指数を、それぞれの当初工事費を対応させて図17.1-1に示す。

この数字は単純に全ての荷重クラスにおいて、コンクリート舗装がアスファルト舗装より経済的であることを示している。このコンクリート舗装の経済性は、3より小さく20より大きいCBR値という非常に特殊な路床を除いて、全てのCBR値に対しても云えることである。ただし、技術的観点からコンクリート舗装版厚には制限があることに注意しなければならない。



NOTE: D = Thickness of Slab (cm.)
 SN = Structural Number
 Cost in ₹ per meter with 6.7m
 in road width excluding
 shoulder.

FIGURE 17.1-1 INITIAL CONSTRUCTION/(NEW CONSTRUCTION) COST OF PCC AND AC PAVEMENT (CBR 8)

AASHTO Guide 1986では、交通量の少ない道路における最小PCC版厚は路床土の品質に応じて5インチ(13cm)から7インチ(18cm)としている。この場合PCCの曲げ強度は平均600psi(42kg/cm²)である。

TRRLでは、破壊強度28MN/m²(kg/cm²)の無筋コンクリートでは、最小15cmを必要とするとして規定している。また、JRAでは、最小コンクリート版厚は圧縮強度45kg/cm²の場合は15cm、40kg/cm²の場合は20cmとしている。

BPHのメモランダムでは、材令28日のコンクリート曲げ強度を580psi(40kg/cm²)、14日では525psiを要するものとし、最小コンクリート版厚を20cmとしている。

(3) フィリピンにおける経済的舗装タイプに関する慣習的意見

フィリピンでは、コンクリート舗装は永久的な構造物であるが高額であり、アスファルト舗装は、一時的構造物であるが安価であると広く言われている。

フィリピンにおける舗装タイプについての従来の考え方は、次のように説明できる。

(a) フィリピンの標準舗装構造

フィリピンにおける舗装の標準タイプを図12.2-1に示す。また、幹線道路の標準舗装構造の構成と工費を表17.1-3に示す。

構造指数3.5のAC舗装は、版厚23cmのPCC舗装とはほぼ同じ構造容量であることが、この表からわかる。

標準タイプを使用した区間におけるPCC舗装とAC舗装の工費を比較すると、当然のことながらAC舗装の方がPCC舗装よりも安価であるが、同じ構造容量の場合ではPCC舗装はAC舗装より、経済的である。

(b) フィリピンの標準舗装の供用期間

フィリピンの標準舗装の供用期間について、幹線道路の平均交通荷重によって分析されたものを表17.1-4に示す。

交通荷重クラスCは供用期間中のESALが 0.4×10^6 以下、交通荷重クラスDは 0.7×10^6 以下を意味する。このクラスの交通荷重においては標準のAC舗装の供用期間は非常に短かく2.2年以下であり、PCC舗装は8.6年弱となっている。このことから、重交通の幹線道路には標準AC舗装は適用できないのではないかとと思われる。

TABLE 17.1-3 STANDARD PAVEMENT STRUCTURES IN THE PHILIPPINE AND COSTS

Unit: ₱ per M of 2 lanes
excluding shoulder

Standard PCC Pavement		
	Thickness	Cost
PCC Slab	23	1844.1
Aggregate Base	15	278.1
Aggregate Subbase	0 – 20	0-279.4
TOTAL	38 – 58	2122.2-2401.6

Standard AC Pavement		
Bituminous Asphalt	5 – 7.6	840.8-1270.1
Aggregate Base	20	370.7
Aggregate Subbase	20 – 30	279.5-419.2
TOTAL	45 ^{1/} – 57.6 ^{2/} cm	1491.0 – 2060.0

AC Pavement with SN = 3.5 (comparable with PCC 23 cm)		
Bituminous Asphalt	10	1681.6
Aggregate Base	30	556.0
Aggregate Subbase	30	419.2
TOTAL	70 cm.	2656.8

NOTE: 1/ Total Thickness 45 cm. = Structural Number 2.1
2/ Total Thickness 57.6 cm. = Structural Number 2.8

TABLE 17.1-4 PERFORMANCE PERIODS OF STANDARD PAVEMENT STRUCTURES IN THE PHILIPPINES

CBR value of 8

		Traffic Loading Class C	Traffic Loading Class D
PCC	Thickness 23 cm	8.6 years	5.3 years
AC	SN = 2.1 ^{1/}	less than 1 year	less than 1 year
AC	SN = 2.8 ^{1/}	2.2 years	1.3 years
AC	SN = 3.5 ^{2/}	7.3 years	4.4 years

NOTE: 1/ Structural Number of Standard AC Pavement in the Philippines
2/ Structural Number of AC Pavement comparable with PCC Thickness 23 cm slab.

17.2 両車線の修復

次の5種類の舗装修復工法について、各交通荷重クラス及びCBR値における設計を行ない、最も経済的な工法を選定した。設計手順は、本調査報告書第VI巻に示した。

- PCC舗装による改築
- AC舗装による改築
- 既存剛性舗装へのACオーバーレイ
- 既存剛性舗装へのPCCオーバーレイ
- 既存たわみ性舗装へのACオーバーレイ

この解析は、当初の工費だけでなく、現在価格で算出した2回目以降の修復費、維持管理費などを含んだ基本構造設計の結果を用いて行なった。

(資料編16-3参照。)

17.2.1 交通荷重クラス別経済的修復工法

CBR値が4、6及び8の場合の各交通荷重クラスに対する費用を、初期投資額だけの場合と2回目以降の修復費などをも含んだ総事業費の場合に分けてコンピューターにより算出した。算出例を図17.2-1及び17.2-2に示す。

これらの図によると、両車線を共に修復する場合には既及の剛性舗装に対してACオーバーレイをする案が最も経済的となり、PCC舗装とAC舗装による改築がこれに次いでいる。既存剛性舗装に対してPCCオーバーレイをする案については参考として示した。

代表的な比較例として、CBR値が6の場合の交通荷重クラスCと交通荷重クラスGにおける工費を表17.2-1に示す。

TABLE 17.2-1 COST COMPARISON BETWEEN PAVEMENT TYPES

Traffic Loading Class	Initial Construction Cost (₹/ both lanes, m) CBR = 6			
	C		H	
AC Overlay	2,394	(1.00)	3,232	(1.00)
PCC Reconstruction	3,798	(1.59)	4,454	(1.38)
AC Reconstruction	5,112	(2.14)	6,204	(1.92)
Total Discounted Cost (₹/ both lanes, m) CBR = 6				
AC Overlay	2,907	(1.00)	4,183	(1.00)
PCC Reconstruction	4,094	(1.41)	4,925	(1.10)
AC Reconstruction	5,468	(1.88)	7,094	(1.70)

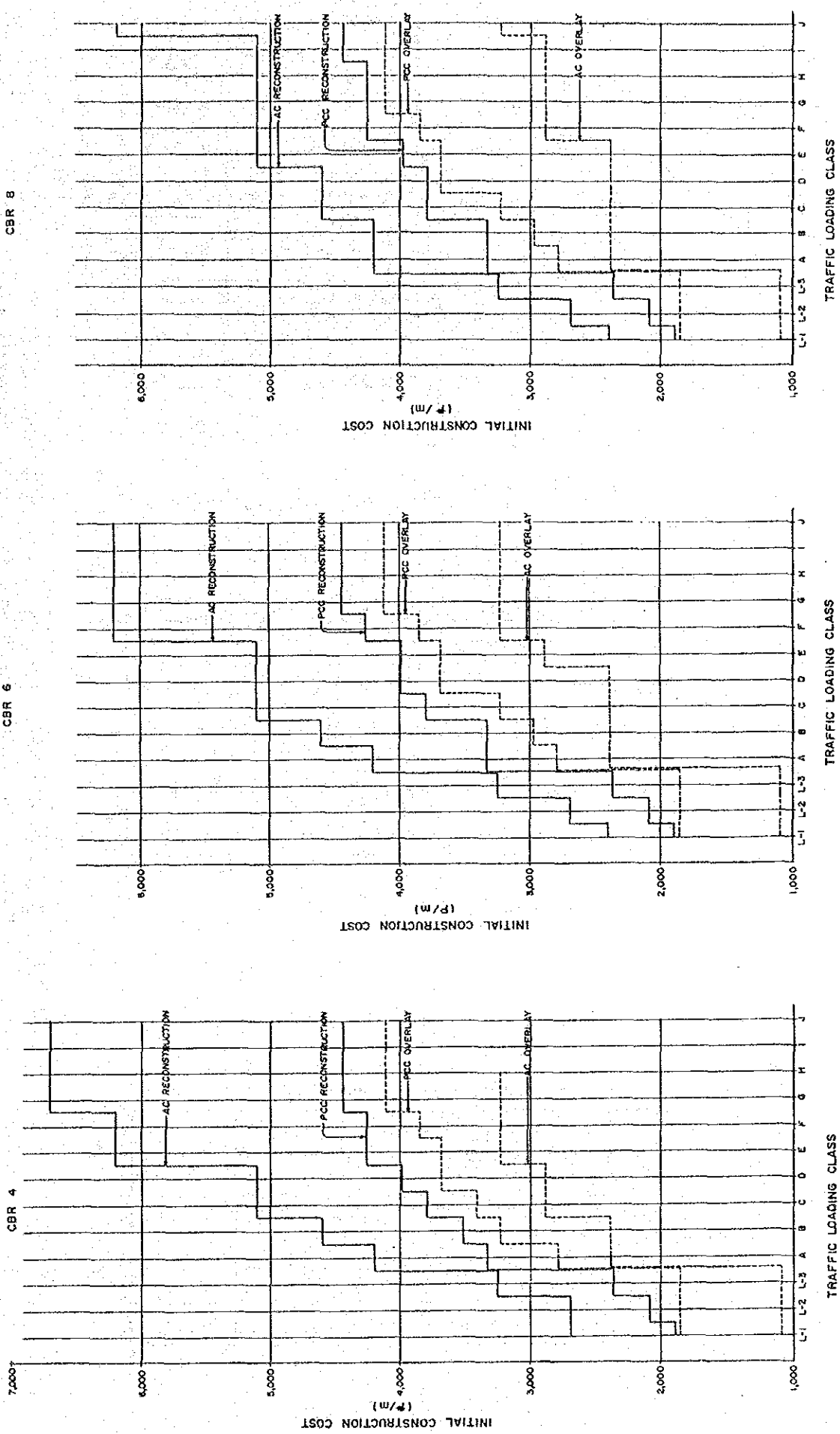


FIGURE 17.2.1 INITIAL CONSTRUCTION COST VS. TRAFFIC LOADING CLASS
 Note: 1) Construction Cost for Reconstruction/Overlay of both lanes
 2) Cost in ₹ per meter with 6.7 m in road width

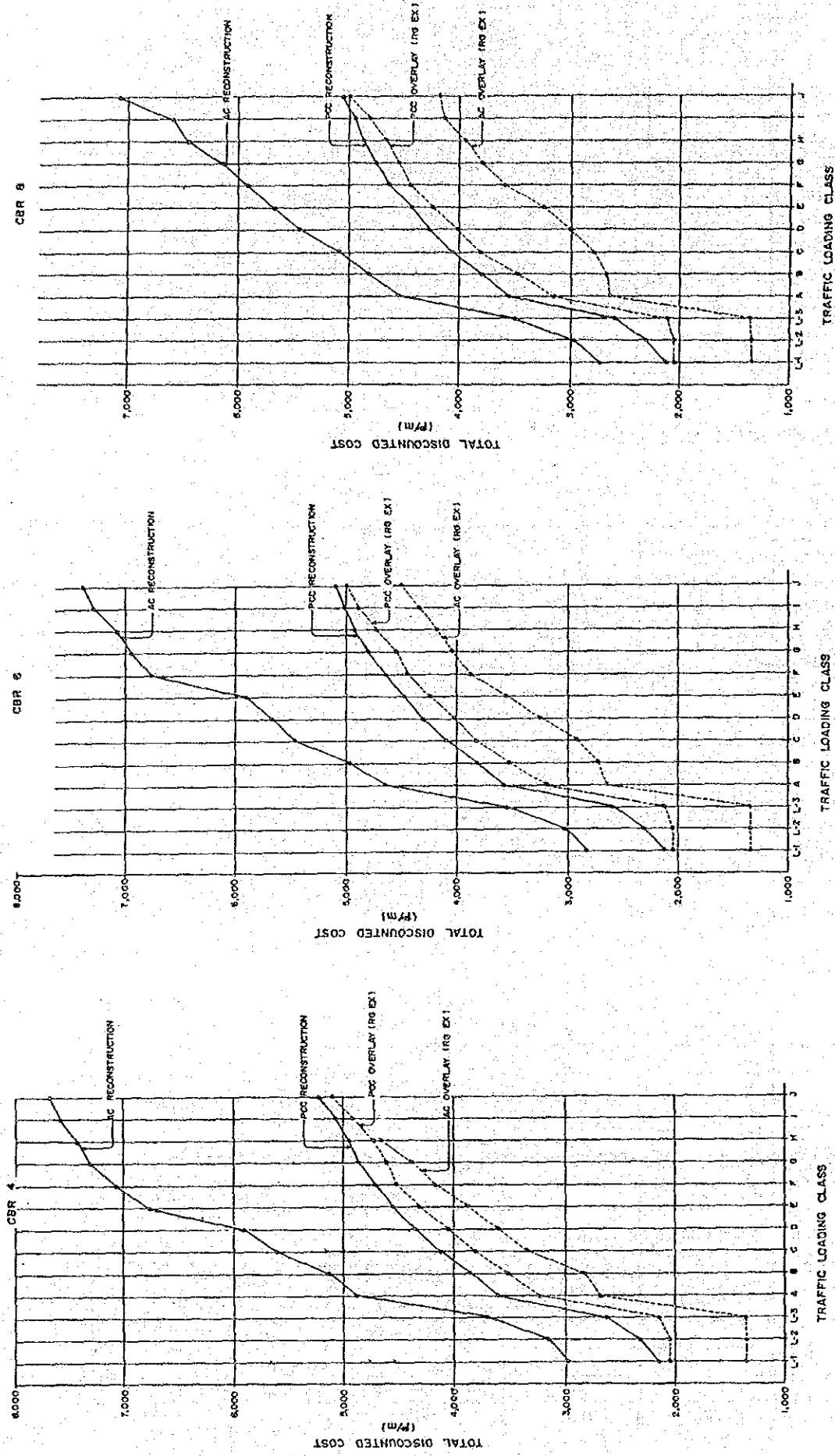


FIGURE 17.2-2 TOTAL DISCOUNTED COST VS. TRAFFIC LOADING CLASS

Note: 1) Discounted Cost for Reconstruction/Overlay of both lanes
 2) Cost in ₹ per meter with 6.7 m. in Road width

17.2.2 CBR値別経済的舗装修復工法

交通荷重クラスB, E, Iにおける各CBR値に対応する当初工事費と総事業費を、図17.2-3と10.7-4に示す。

CBR値に無関係にACオーバーレイは最も経済的であり、PCC舗装の改築とAC舗装の改築がこれに次ぐ。唯一の例外は、CBR値が15より大で当初の交通荷重クラスがEより大である場合の当初工事費である。

両車線が改築される場合、ACオーバーレイは最も経済的な舗装として推奨され、PCC舗装による改築とAC舗装による改築がこれに次ぐ。CBR値が20以上の場合にのみ、AC舗装による改築はPCC舗装による改築よりわずかに経済的である。

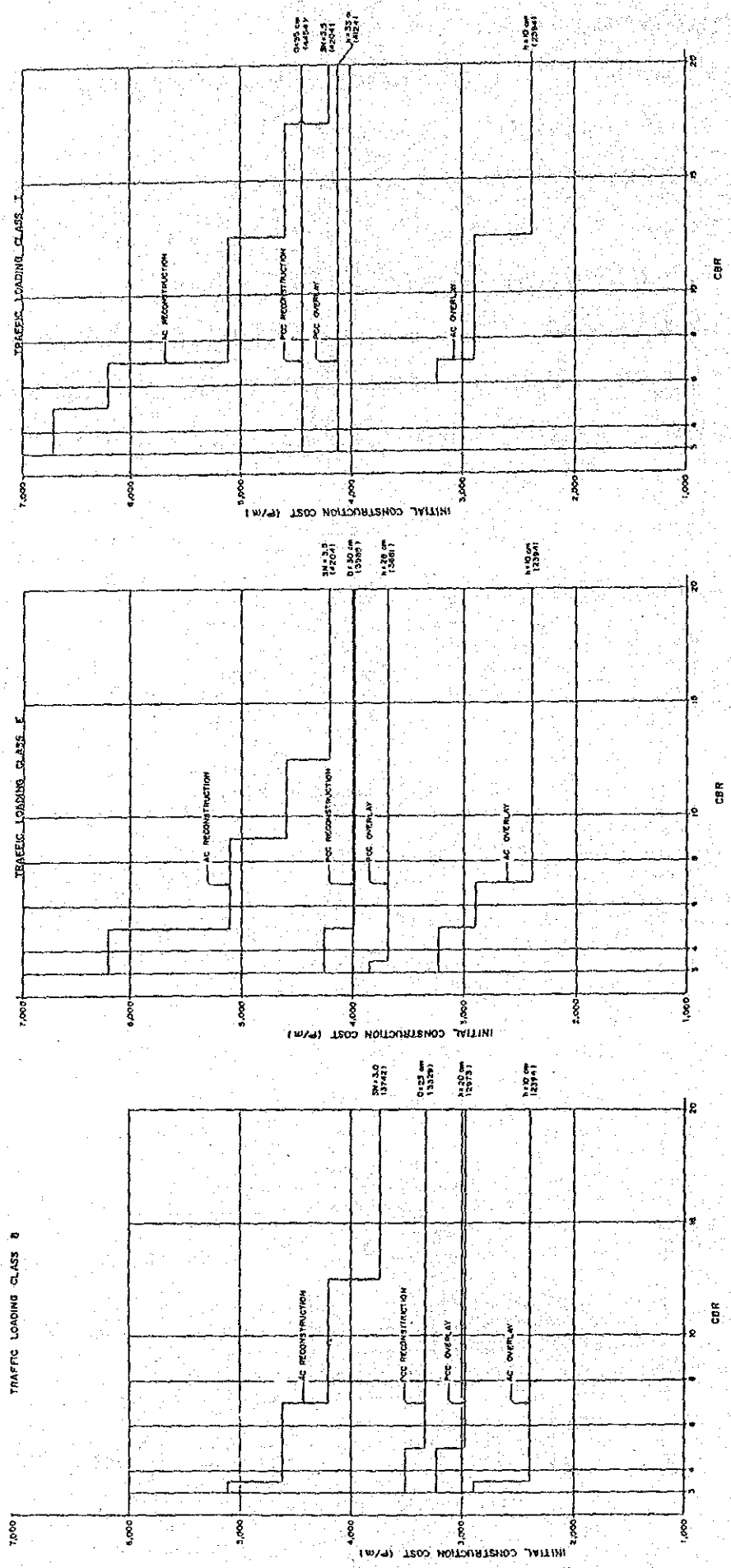


FIGURE 17.2.3 INITIAL CONSTRUCTION COST VS. CBR
 Note: 1) Construction Cost for Reconstruction/Overlay of both lanes
 2) Cost in ₹ per meter with 6.7 m. in width

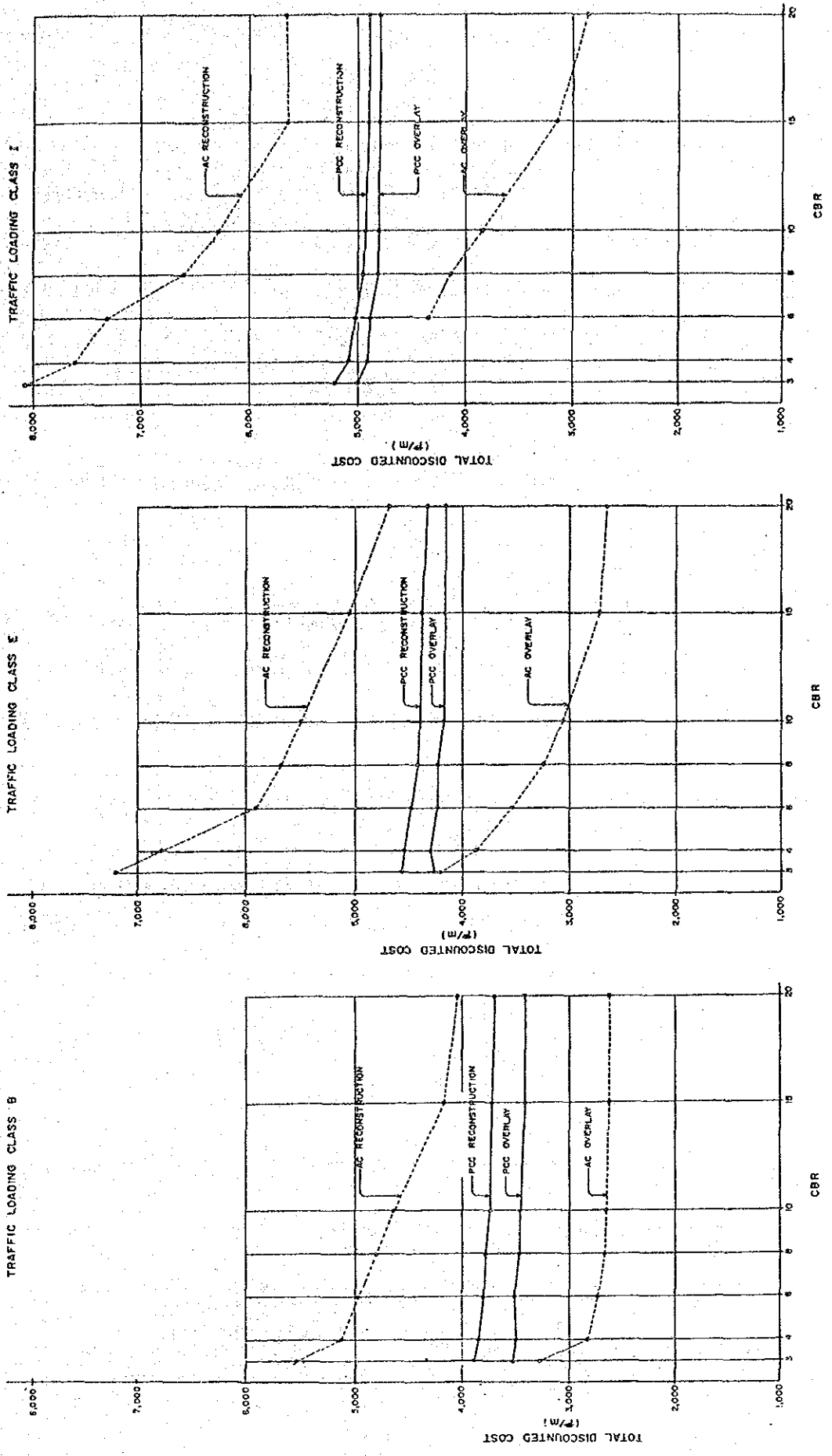


FIGURE 17.2-4 TOTAL DISCOUNTED COST VS. CBR
 Note: 1) Discounted Cost for Reconstruction/Overlay of both lanes
 2) Cost in ₹ per meter with 6.7 m. in Road width

17.3 片車線の改築と両車線のオーバーレイとの比較

17.3.1 比較のための想定条件

現場調査における観測によると、北部調査区間においてはマニラ方向のコンクリート舗装の劣化がはなはだしく、一方反対車線はそれほどでもなかった。これは車線を通行する車両重量と軸重の差によることを実証している。

現時点では、マニラ方向の車線では緊急に修復すべき区間が多いが、反対車線では既存舗装の寿命によって緊急に修復すべき区間を選定することが必要となろう。この場合の修復方法としては、次の2つの代替案を提案した。

工法1：劣化した1車線のみPCC舗装による改築

現時点では修復の必要のない反対車線は、今後劣化が進みRRIが2.5に達する時点でPCC舗装による改築を行なう。

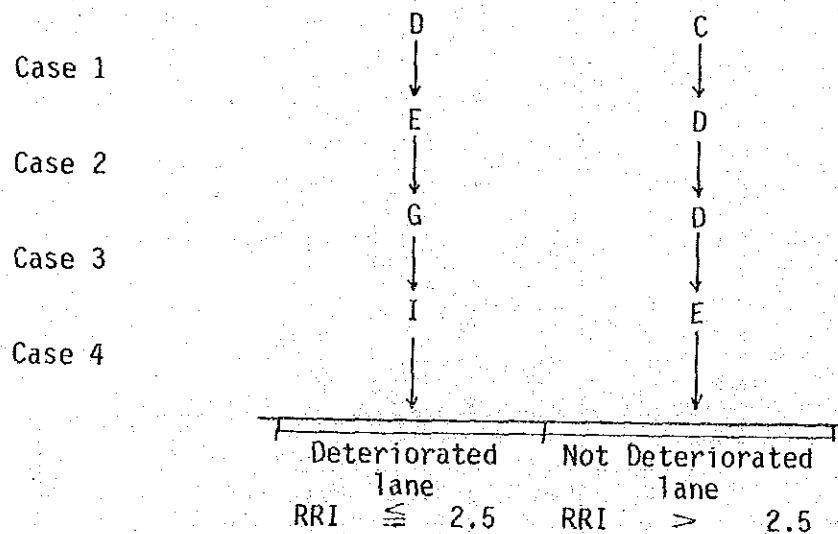
工法2：両車線のACオーバーレイ

最小オーバーレイ厚は10cmであるため片側車線のみオーバーレイをした場合、両車線の間に段差が生ずるのでオーバーレイは両車線一体で行なう。

両工法の比較検討は、コンピューターを用いて行った。結果を資料編17-1に示す。

比較検討においては、図17.3-1に示す3ケースの条件を設定した。

FIGURE 17.3-1 ASSUMED CONDITIONS FOR COMPARATIVE STUDY
(TRAFFIC LOADING CLASSES)



17.3.2 当初工事費の比較

1車線をPCC舗装で改築する場合の当初工事費は、2車線改築のほぼ半分である。このため、交通荷重クラスがEより小さい場合、工法1は、2車線をACオーバーレイする工法2の当初工事費の80%程度となり、経済的である。ただし、交通荷重クラスがFより大きい場合は、ほぼ同額となる。(図17.3-2参照。)

17.3.3 総事業費の比較

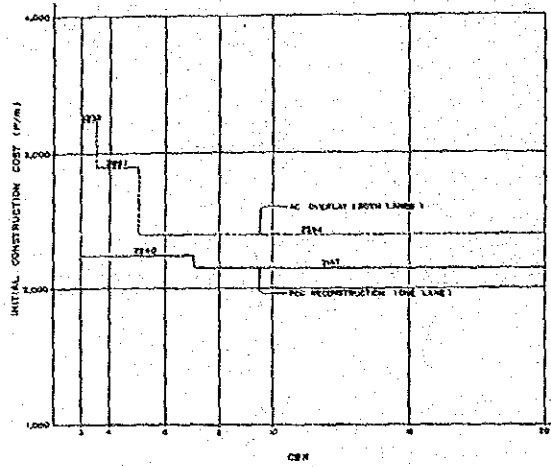
総事業費とは、当初工事費、2回目、3回目の修復費、維持管理費など評価期間25年間に発生する費用を現在価格で表わした費用である。現時点でまだ劣化の進んでいない車線の残り寿命(XP年)は、今後劣化が進み修復が必要となるまでの期間として表現した。

算出結果は、資料編17-1に示したが、このうちCBR値が6の場合の結果を図17.3-3に例示した。検討の結果、2つの工法のどちらが経済的かという問題は、CBR値、交通荷重クラス、劣化していない反対車線の残り寿命によって異なることが判明した。比較の結果を表17.3-1に示す。

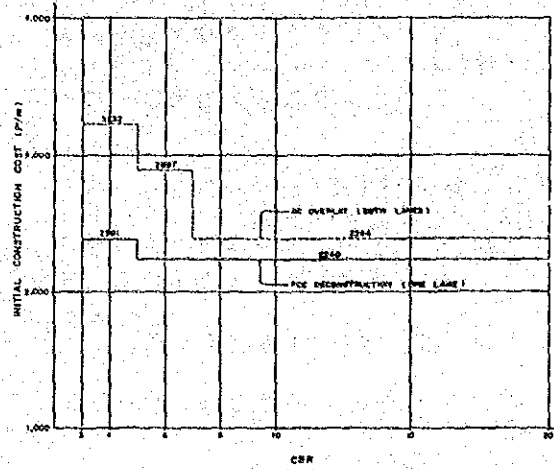
TABLE 17.3-1 COMPARATIVE ON PCC RECONSTRUCTION (ONE-LANE) AND AC OVERLAY (TWO-LANES)

CBR Value	Traffic Loading Class	Remaining Life XP	Economic Pavement Type
Less Than 4	All Cases	All Cases	PCC Reconstruction (One-Lane)
	More Than F	More Than 4 years	PCC Reconstruction (One-Lane)
6		Less Than 3 years	AC Overlay (Two-Lanes)
	Less Than E	All Cases	AC Overlay (Two-Lanes)
More Than 8	All Cases	All Cases	AC Overlay (Two-Lanes)

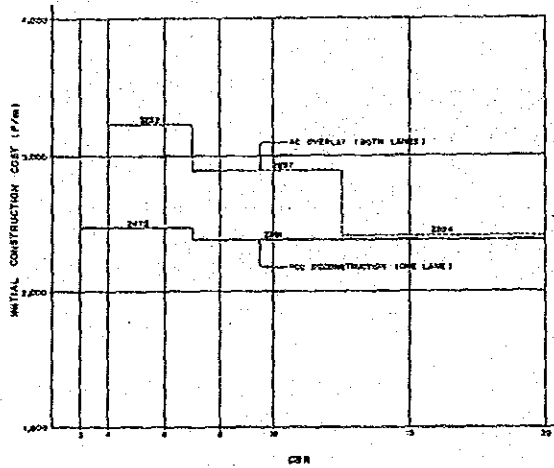
CASE 1: TRAFFIC LOADING CLASS D/C



CASE 2: TRAFFIC LOADING CLASS E/D



CASE 3: TRAFFIC LOADING CLASS Q/D



CASE 4: TRAFFIC LOADING CLASS I/E

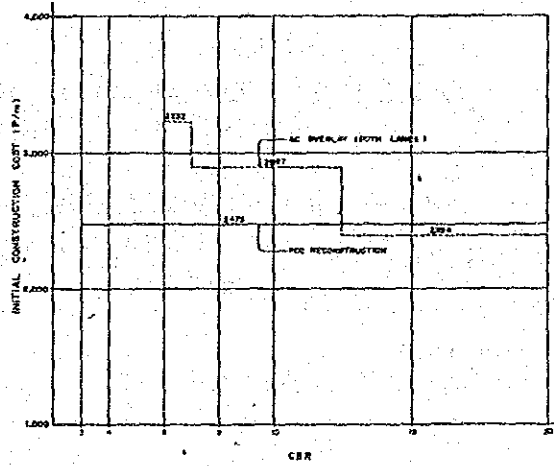


FIGURE 17.3-2 INITIAL CONSTRUCTION COST OF AC OVERLAY AND PCC RECONSTRUCTION
(Both Lanes)
(One Lane)

NOTE: cost = P/m

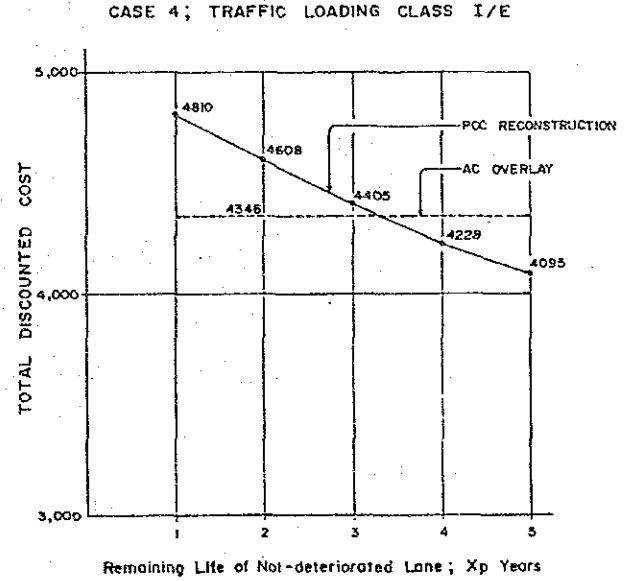
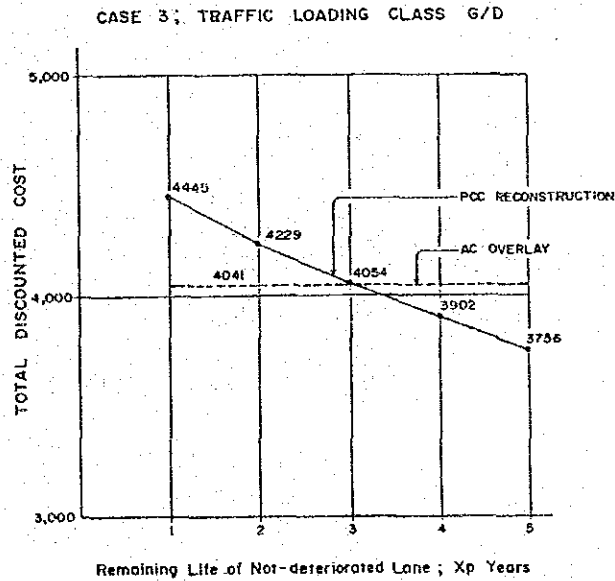
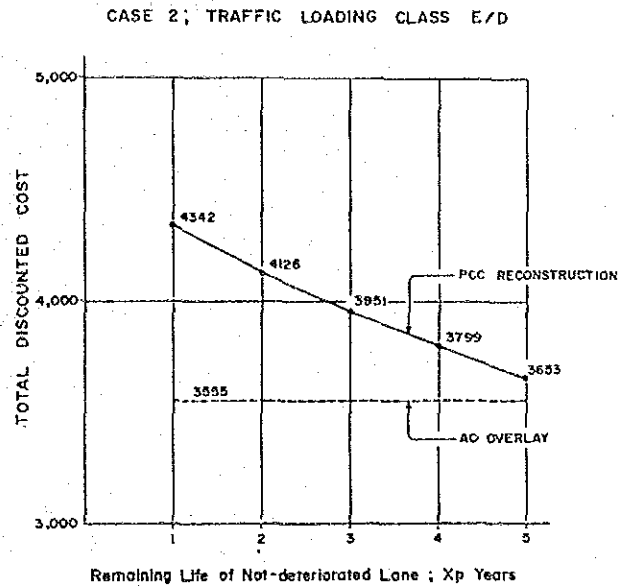
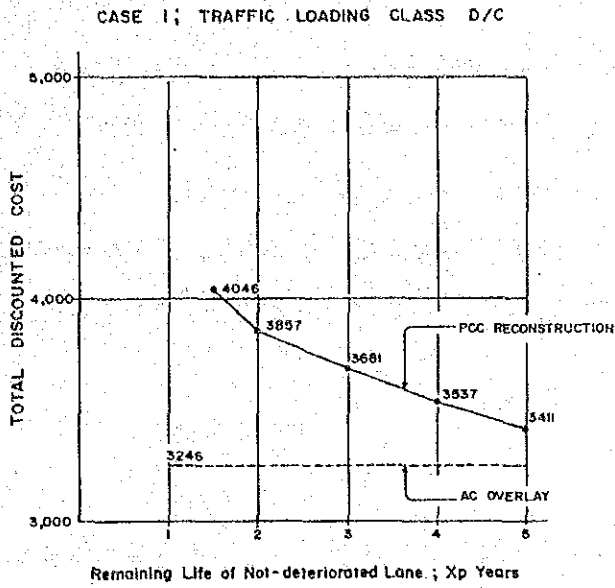


FIGURE 17.3-3 PCC RECONSTRUCTION AND AC OVERLAY
CBR 6

Note: 1) Discounted Cost for Reconstruction/Overlay of Both Lanes
2) Cost in ₹ per meter with 6.7 m in Road width

17.4 舗装工事費と車両重量規制

フィリピンにおける車両の重量制限に関しては、1964年に制定された Republic Act 4136 で、輪重が8トン(18 kip)、軸重群が14.5トンとそれぞれ制限値を定めている。この規制は必ずしも守られておらず、制限荷重より重い荷重のトラックが多数調査区間を走行しており、舗装破壊の原因となっている。

重量オーバー車両によってひき起される舗装損傷を評価するために、規制を厳守することにより舗装の工事費がいくら節減できるか、そして供用期間がどの程度延長されるか等の検討を行なった。

17.4.1 車両重量規制下でのESAL数

運搬される貨物の総量は変わらないという仮定で、制限値より重い車両数を制限値内の車両数に変換した。結果を表17.4-1に示すが、対象としたのは、バス、トラックだけである。

17.4.2 車両重量規制の効果

比較検討はコンピューターによって次の2つのケースについて実施した。

ケース1：舗装は現行の交通規制が順守されるものとして設計した。

このケースでは、当初工事費、総事業費ともに節減される。

ケース2：舗装は現況の軸重(規制が守られていない状況)に基づいて設計するが、供用開始直後から規制が順守されるとした。

このケースにおいては、当初工事費はケース1と同額となる。しかし舗装の供用期間は延びるので総事業費は節減される。

全調査区間での検討結果を、表17.4-2に示し、セグメントN-2とS-2の検討結果を図17.4-1に例示した。検討のベース資料は表17.4-3でまとめた。

TABLE 17.4-1 NUMBER OF TRUCKS AND BUSES WITH TRAFFIC REGULATIONS

Section	Direction	Vehicle Type	Present Condition			With Regulation			
			AADT in 1,989 (Both Dir.)	Relative Damaging Effect	No. of ESALs Per Lane in 1,989 (x10 ⁶)	AADT in 1,989 (Both Dir.)	Relative Damaging Effect	No. of ESALs Per Lane in 1,989	
Sta. Rita - Plaridel	Manila Bound	Bus	947	1.3	0.225	3.496	1,042	0.9	0.171
		Truck	2,489	7.2	3.271		3,982	1.25	0.908
	Cagayan Bound	Bus		1.3	0.225	1.451		0.9	0.171
		Truck		2.7	1.226			0.5	0.363
Plaridel - Gapan	Manila Bound	Bus	947	1.3	0.225	2.908	1,042	0.9	0.171
		Truck	1,771	8.3	2.683		2,834	1.25	0.647
	Cagayan Bound	Bus		1.3	0.225	1.098		0.9	0.171
		Truck		2.7	0.873			0.5	0.259
Gapan - Cabanatuan	Manila Bound	Bus	696	1.3	0.165	2.946	766	0.9	0.126
		Truck	1,621	9.4	2.781		2,594	1.25	0.592
	Cagayan Bound	Bus		1.3	0.165	0.964		0.9	0.126
		Truck		2.7	0.799			0.5	0.237
Cabanatuan - San Jose	Manila Bound	Bus	571	1.3	0.135	2.458	628	0.9	0.103
		Truck	1,273	10.0	2.323		2,037	1.25	0.465
	Cagayan Bound	Bus		1.3	0.135	0.627		0.9	0.103
		Truck		2.7	0.627			0.5	0.186
San Jose - Aritao	Manila Bound	Bus	243	1.3	0.058	1.787	267	0.9	0.044
		Truck	938	10.1	1.729		1,501	1.25	0.342
	Cagayan Bound	Bus		1.3	0.058	0.520		0.9	0.044
		Truck		2.7	0.462			0.5	0.137
Calamba - Sto. Tomas	Manila Bound	Bus	1,343	1.3	0.319	1.747	1,477	0.9	0.243
		Truck	2,059	3.8	1.428		2,677	1.0	0.489
	Bicol Bound	Bus		1.3	0.319	1.258		0.9	0.243
		Truck		2.5	0.939			0.7	0.342
Sto. Tomas - Tiaong	Manila Bound	Bus	579	1.3	0.137	1.090	637	0.9	0.105
		Truck	1,305	4.0	0.953		1,697	1.0	0.310
	Bicol Bound	Bus		1.3	0.137	0.637		0.9	0.105
		Truck		2.1	0.500			0.7	0.217
Tiaong - Lucena	Manila Bound	Bus	614	1.3	0.146	0.967	675	0.9	0.111
		Truck	1,125	4.0	0.821		1,463	1.0	0.267
	Bicol Bound	Bus		1.3	0.146	0.577		0.9	0.111
		Truck		2.1	0.431			0.7	0.187
Lucena - Gumaca	Manila Bound	Bus	514	1.3	0.122	0.796	565	0.9	0.093
		Truck	754	4.9	0.674		980	1.0	0.179
	Bicol Bound	Bus		1.3	0.122	0.480		0.9	0.093
		Truck		2.6	0.358			0.7	0.125
Gumaca - Calauag	Manila Bound	Bus	297	1.3	0.070	0.705	327	0.9	0.054
		Truck	710	4.9	0.635		923	1.0	0.168
	Bicol Bound	Bus		1.3	0.070	0.407		0.9	0.054
		Truck		2.6	0.337			0.7	0.118

TABLE 17.4-2 COMPARATIVE STUDY OF PAVEMENT COST WITH OR WITHOUT TRAFFIC REGULATION

CBR = 6

Segment	Without Regulation										With Regulation									
	Traffic Loading					Cost					Traffic Loading					Cost (Case 1)*				
	AAOT in 1989 (Bus Truck)	Relative Damaging Effect (Bus Truck)	ESAL (Total) (x10 ⁶)	Traffic Loading Class	Slab Thickness (Cm)	Initial Performance Period (Year)	Initial Const. Cost (P/M)	Total Dis'd. Cost (P/M)	AAOT in 1989 (Bus Truck)	Relative Damaging Effect (Bus Truck)	ESAL (Total) (x10 ⁶)	Traffic Loading Class	Slab Thickness (Cm)	Initial Performance Period (Year)	Initial Const. Cost (P/M)	Total Dis'd. Cost (P/M)	Initial Performance Period (Year)	Initial Const. Cost (P/M)	Total Dis'd. Cost (P/M)	
North Study Section	Segment N-1 (l = 46 km)	950 2,490	1.3/1.3 7.2/2.7	3.50/ 1.45	J/F	35/33	12.3	4,360	5,015	1,040 3,980	0.9/0.9 1.25/ 0.53	E/O	30/30	14.9	3,985	4,483	28.1	4,360	4,619	
	Segment N-2 (l = 35 km)	950 1,770	1.3/1.3 8.3/2.7	2.91/ 1.10	I/E	35/30	13.9	4,220	4,796	1,040 2,830	0.9/0.9 1.25/ 0.43	E/C	30/28	14.9	3,892	4,390	27.2	4,220	4,432	
	Segment N-3 (l = 42 km)	700 1,620	1.3/1.3 9.4/2.7	2.95/ 0.96	I/E	35/30	13.9	4,220	4,796	770 2,590	0.9/0.9 1.25/ 0.36	O/C	30/28	19.2	3,892	4,219	27.2	4,220	4,432	
	Segment N-4 (l = 38 km)	240 940	1.3/1.3 0.1/2.7	1.79/ 0.52	G/D	35/30	18.5	4,220	4,581	270 1,500	0.9/0.9 1.25/ 0.18	C/B	28/23	14.4	3,564	4,044	39.3	4,220	4,392	
	Segment N-5 (l = 39 km)	240 940	1.3/1.3 0.1/2.7	1.79/ 0.52	G/D	35/30	18.5	4,220	4,581	270 1,500	0.9/0.9 1.25/ 0.18	C/B	28/23	14.4	3,564	4,044	39.3	4,220	4,392	
South Study Section	Segment S-1 (l = 42 km)	1,340 2,060	1.3/1.3 3.8/2.5	1.75/ 1.26	G/F	35/33	17.3	4,360	4,750	1,480 2,680	0.9/0.9 1.0/0.7	O/D	30/30	19.2	3,985	4,312	28.1	4,360	4,566	
	Segment S-2 (l = 54 km)	580 1,300	1.3/1.3 4.0/2.1	1.09/ 0.64	E/D	30/30	14.9	3,985	4,483	640 1,700	0.9/0.9 1.0/0.7	C/C	28/28	20.8	3,798	4,094	27.2	3,985	4,197	
	Segment S-3 (l = 45 km)	510 750	1.3/1.3 4.9/2.6	0.97/ 0.48	E/D	30/30	14.9	3,985	4,483	560 1,460	0.9/0.9 1.0/0.7	C/C	28/26	20.8	3,798	4,094	27.2	3,985	4,197	
	Segment S-4 (l = 39 km)	300 710	1.3/1.3 4.9/2.6	0.71/ 0.41	D/C	30/28	19.2	3,892	4,219	330 920	0.9/0.9 1.0/0.7	C/B	26/23	14.4	3,564	4,044	27.2	3,892	4,104	

NOTE: * Case 1; Economic design according to expected traffic loading
 ** Case 2; Same design as "without" case

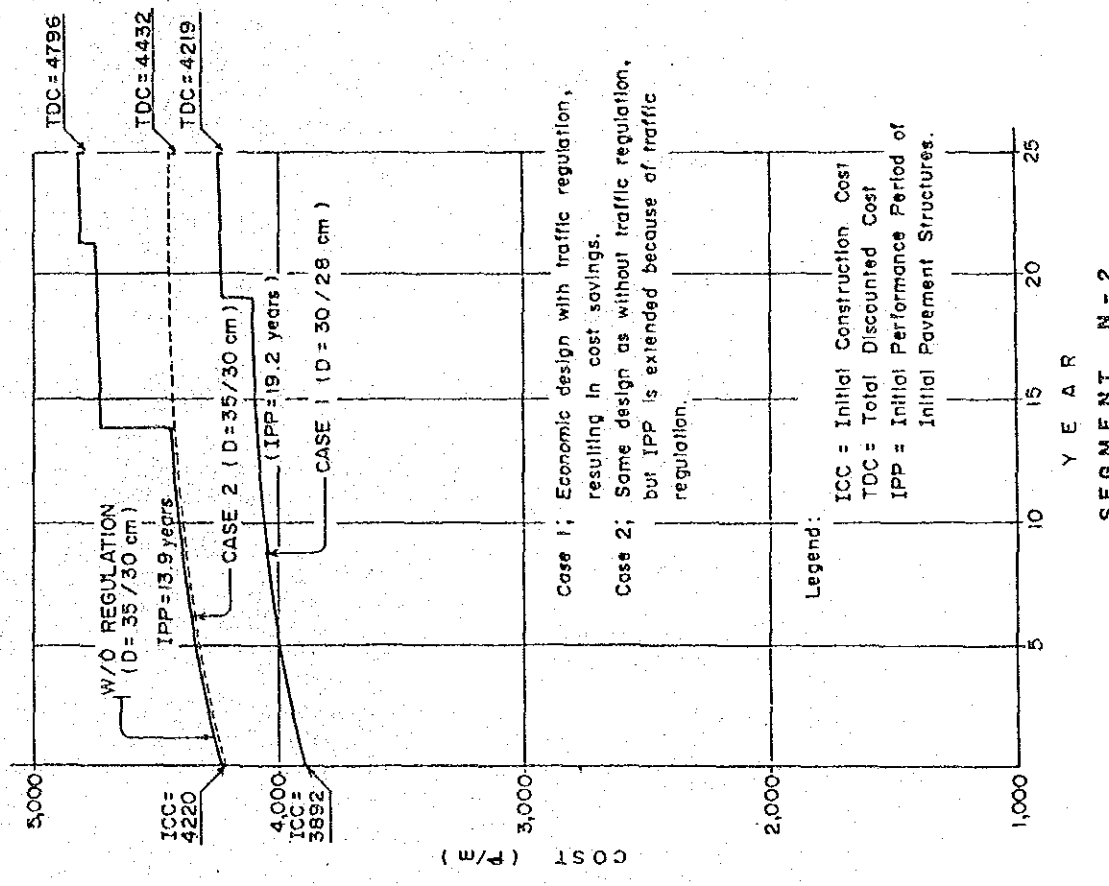
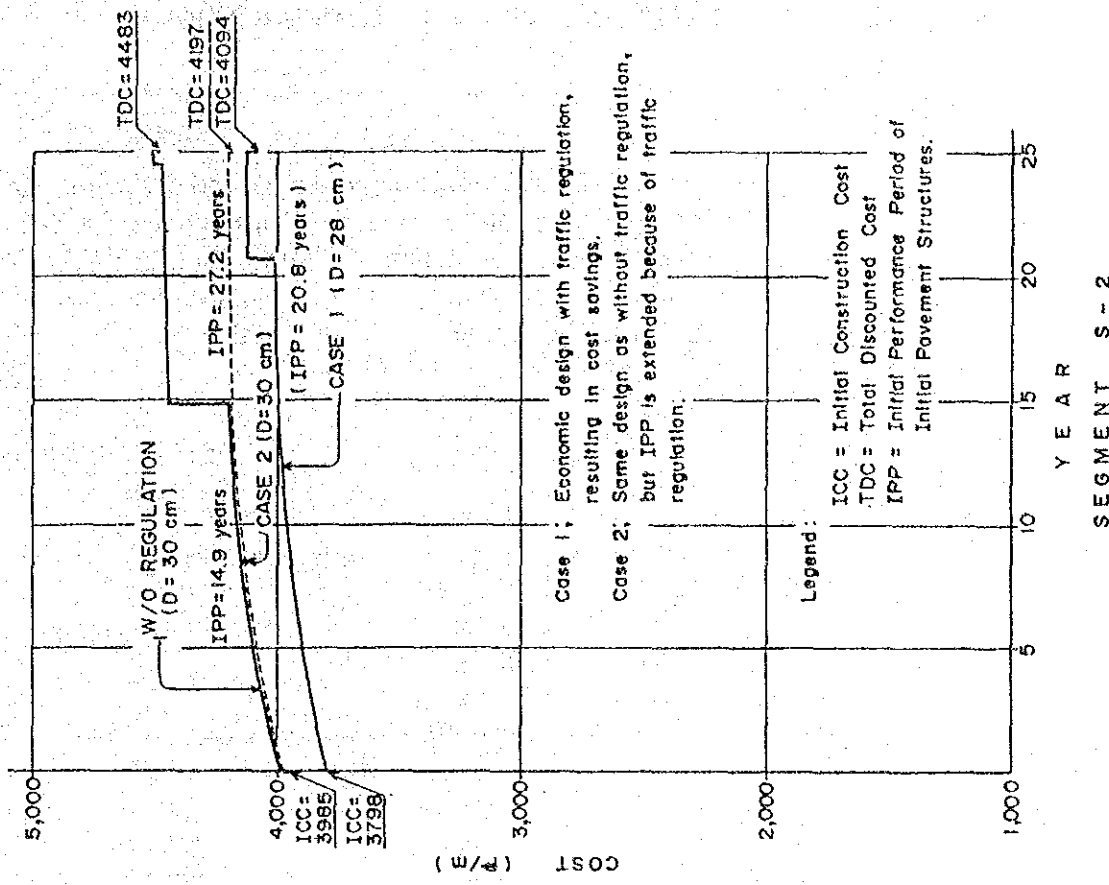


FIGURE 17.4-1 PAVEMENT COST AND TRAFFIC REGULATION

TABLE 17.43 PAVEMENT COST AND TRAFFIC REGULATIONS

	Without Present Traffic Loading	Case 1 Design in accordance with Traffic Regulation, complete Implementation of Regulation	Case 2 Design in accordance with Present Traffic Loading, but after construction, regulation
A A D T (Bus and Truck)	N ₁ -1; 3,440 N ₂ ; 2,320 S ₁ -1; 3,400 S ₁ -2; 1,880	5,020 3,360 4,160 2,340	Same as without case
Traffic Loading Class	N ₁ -1; J, 3.5x10 ⁶ N ₂ ; I, 2.9x10 ⁶ S ₁ -1; G, 1.7x10 ⁶ S ₁ -2; E, 1.1x10 ⁶	E, 1.1 x 10 ⁶ D, 0.7 x 10 ⁶ D, 0.7 x 10 ⁶ C, 0.4 x 10 ⁶	Same as without case
Slab Thickness Required	N ₁ -1; 35 cm N ₂ ; 35 cm S ₁ -1; 35 cm S ₁ -2; 30 cm	30 cm 30 cm 30 cm 28 cm	35 cm 35 cm 35 cm 30 cm
Performance Period	N ₁ -1; 12.3 years N ₂ ; 13.9 years S ₁ -1; 17.3 years S ₁ -2; 14.9 years	14.9 years 19.2 years 19.2 years 20.8 years	28.1 years 27.2 years 28.1 years 27.2 years
Initial Construction Cost	N ₁ -1; ₱4,360/m N ₂ ; 4,220/m S ₁ -1; 4,360/m S ₁ -2; 3,985/m	₱3,985/m 3,892/m 3,985/m 3,798/m	Same as without case
Total Initial Construction Cost	North ₱844.4 M (200 Km) South ₱714.6 M (181 Km)	₱753.4 ₱657.2	Same without case

N₁-1; Sta. Rita-Plaridel
 N₂ ; Gapan-Cabanatuan
 S₁-1; Calamba-Sto. Tomas
 S₁-2; Sto. Tomas-Tiaong

第18章 舗装の修復計画

18.1 舗装修復

(1) 修復を要する道路延長

第15章で述べたように、修復すべき道路延長は次のとおりである。(表 15.4-1 参照。)

TABLE 18.1-1 ROAD LENGTH TO BE REHABILITATED

UNIT: km per lane

North Study Section	Length (Km)	RRI \leq 2.5	2.5 \leq RRI $<$ 3.0	RRI $<$ 3.0
Segment N-1 (Sta. Rita-Gapan)	46	48.25 (52)	21.45 (23)	22.30 (25)
Segment N-2 (Gapan-Cabanatuan)	35	30.35 (43)	16.60 (24)	23.05 (33)
Segment N-3 (Cabanatuan-San Jose)	42	9.98 (12)	12.09 (14)	61.93 (74)
Segment N-4 (San Jose-Dalton)	38	34.83 (46)	33.68 (44)	7.49 (10)
Segment N-5 (Dalton-Aritao)	39	37.39 (48)	27.37 (35)	13.24 (17)
Sub-Total	200	160.80 (40)	111.19 (28)	128.01 (32)
South Study Section				
Segment S-1 (Calamba-Tiaong)	42	4.51 (5)	14.38 (17)	65.11 (78)
Segment S-2 (Tiaong-Pagbilao)	54	8.13 (8)	9.70 (9)	90.17 (83)
Segment S-3 (Pagbilao-Plaridel)	46	34.90 (38)	13.70 (15)	43.40 (47)
Segment S-4 (Plaridel-Calauag)	39	21.78 (28)	28.78 (37)	27.44 (35)
Sub-Total	181	69.32 (19)	66.56 (18)	226.12 (63)
Total	381			

NOTE: 1) Sections with RRI less than 2.5 require the urgent rehabilitation (Stage 1 under Short Term).
 2) Sections with RRI of 2.5 to 3.0 may require the rehabilitation within the short time period. (Stage 2 under Short Term)
 3) Section with RRI more than 3.0 may not require the rehabilitation within the foreseeable period. (Medium Term)

(2) 最適修復工法

修復工法を選定する基準は、簡単に述べると下記のとおりである。

- ・ 2車線のACオーバーレイは、片側車線が修復の必要のない場合においても、次のケースを除いて推奨される。
 - CBR値が4以下
 - CBR値が6以上で、片側車線の舗装寿命が4年以上であるとみなされる場合（RRIは3.5以上）
- ・ 2車線のACオーバーレイが適用できない場合には、PCC舗装による改築を、修復が必要な車線にのみ適用することが推奨される。
- ・ 上記に述べた以外の区間に関しては、2車線をPCC舗装によって改築することが推奨される。

剛性舗装上へのコンクリートによるオーバーレイは、供用性に関する資料がないので推奨できないが、試験施工の実施は推奨される。

PCC舗装上へのACオーバーレイ適用の技術的検討は第22章に述べる。

上記の選定基準は、評価期間全体の総事業費に基づいており、初期投資額を重視する場合には、修復が必要な1車線のみのPCC舗装による改築が推奨されることになる。

18.2 排水施設

排水施設の建設には多額の初期投資と、定期的な維持管理費が必要である。公共事業道路省側と排水施設について集中的討議を行ない下記の結論を得た。

- ・ 山側の表面排水側溝は、山側斜面からの水がコンクリート舗装に損傷を与えると考えられる場合に設置されるべきである。
- ・ 盛土の表面排水側溝は、浸蝕の予想される場合に設置されるべきである。
- ・ 盲排水は地下水位が高く、路床と路盤が飽和状態となる場合には全て設置されるべきである。

図18.2-1に提案する排水施設を示す。

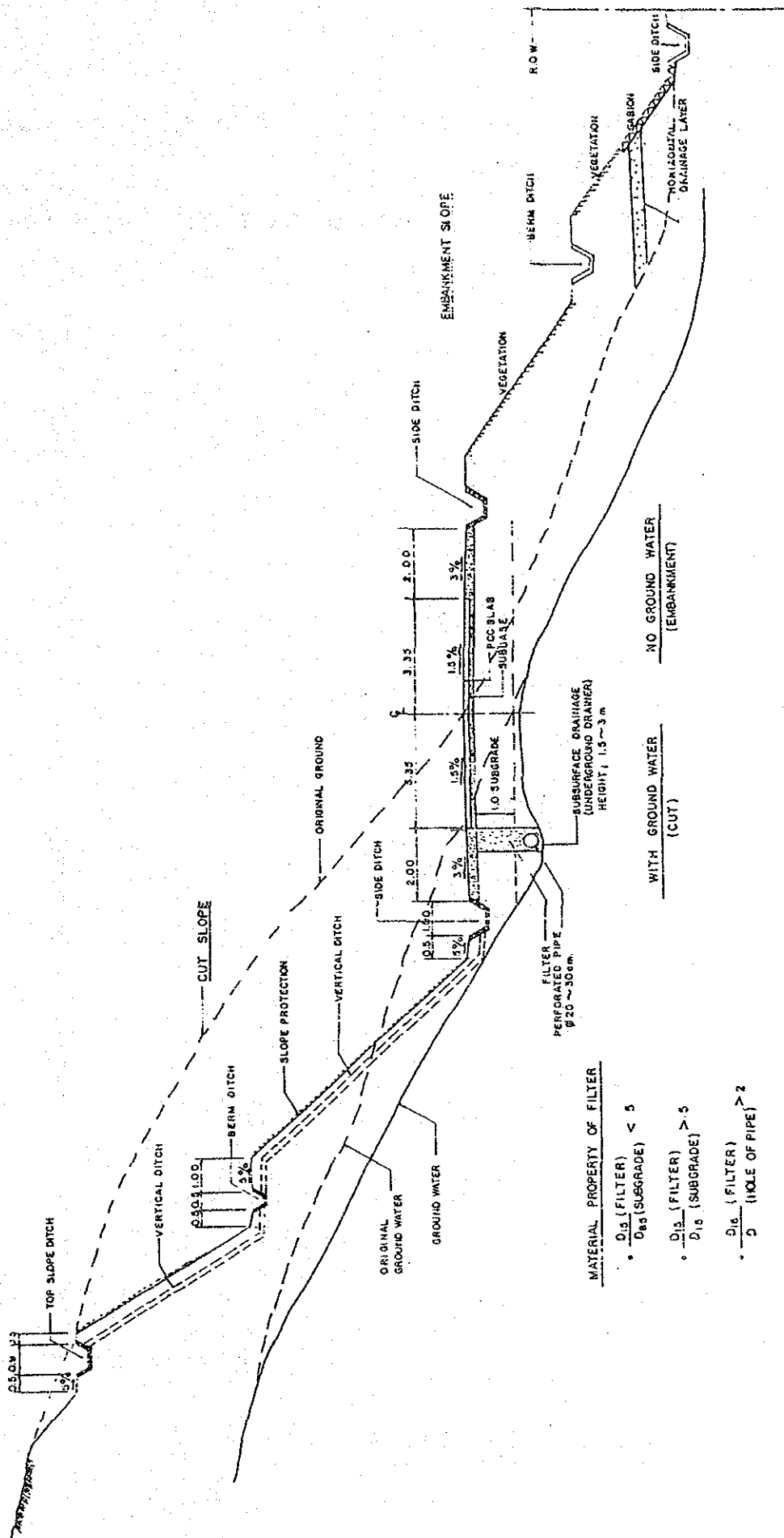


FIGURE 18.2-1 DRAINAGE SYSTEM

18.3 工事費の算定

表 16.2-1 に示した 1 km 当りの工費に基づいて、舗装修復工事と排水工事の当初工事費を概略算定したものを表 18.3-1 に示す。

修復の必要な道路延長とそれぞれの区間の修復工法及び排水施設の必要延長については、資料編 22-1 に示した調査資料に基づいて算定した。

TABLE 18.3-1 (a) SUMMARY OF PAVEMENT REHABILITATION COST (NORTH STUDY SECTION)

(Unit: Million Peso)

Segment	STAGE 1						STAGE 2						Sub-Total	Improvement of Drainage	Two-Lane AC Overlay	One-Lane PCC Recon-struction (Manila Bound Lane)	One-Lane PCC Recon-struction (Cagayan Bound Lane)	Two-Lane PCC Recon-struction	Two-Lane AC Overlay	Improvement of Drainage	Sub-Total	Total							
	Two-Lane PCC Recon-struction	One-Lane PCC Recon-struction (Manila Bound Lane)	One-Lane PCC Recon-struction (Cagayan Bound Lane)	Two-Lane AC Overlay	Improvement of Drainage	Sub-Total	Two-Lane PCC Recon-struction	One-Lane PCC Recon-struction (Manila Bound Lane)	One-Lane PCC Recon-struction (Cagayan Bound Lane)	Two-Lane AC Overlay	Improvement of Drainage	Sub-Total											Two-Lane PCC Recon-struction	One-Lane PCC Recon-struction (Manila Bound Lane)	One-Lane PCC Recon-struction (Cagayan Bound Lane)	Two-Lane AC Overlay	Improvement of Drainage	Sub-Total	Total
	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)											Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)
Segment N-1 Sta. Rita- Piaridel l=46km	1.93	2.97			0.24 0.88																								
	28.01 9.03	45.02		9.58	2.60 5.47	105.73	3.85	1.48	2.79 3.75																				
Segment N-2 l=35 km	40.38	3.85	1.89	3.50 13.68	0.69 3.40	67.50	3.91 9.47	1.78	3.30																				
	3.91	7.16 8.07			2.73	21.87	5.59	6.90 6.89	3.40																				
Segment N-4 l=38 km	1.77 11.36	0.85 30.14		22.81 8.21	8.25 7.29	90.68	1.06 5.96	2.97	0.25 25.09																				
	16.82 13.96	4.34 4.23		30.10	8.53 7.04 21.66	96.48	7.07 10.46	4.45	2.15 11.23	2.74																			
TOTAL	126.97	116.64	1.89	87.96	48.78	382.26	47.38	24.47	73.85	2.74	157.46	9.02	539.72																

TABLE 18.3-1 (b) SUMMARY OF PAVEMENT REHABILITATION COST (SOUTH STUDY SECTION)

(Unit: Million Pesos)

Segment	STAGE 1										STAGE 2				
	Two-Lane PCC Reconstruction	One-Lane PCC Reconstruction (Manila Bound Lane)	One-Lane PCC Reconstruction (Bicol Bound Lane)	Two-Lane AC Overlay	Improvement of Drainage	Sub-Total	Two-Lane PCC Reconstruction	One-Lane PCC Reconstruction (Manila Bound Lane)	One-Lane PCC Reconstruction (Bicol Bound Lane)	Two-Lane AC Overlay	Improvement of Drainage	Sub-Total	Total		
	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)	Cost (MP)		
Segment S-1 Calamba-Sto. Tomas l=42km	3.48				0.35 0.15	10.31	6.96	7.12			2.08 0.87	31.91	42.22		
	2.29	2.73			1.31		1.36 5.01	3.73	0.33 2.53		1.92				
Segment S-2 l=54 km	5.53 3.63	2.41		1.90 1.20	2.73	17.40	11.71 1.05	1.31	1.16 0.26	2.66	18.14	35.54			
	56.37	1.05	1.82		3.41 5.27 0.77 3.20		18.51	4.38		1.27 1.56 0.37 2.56					
Segment S-3 l=46 km	4.62 24.62	0.66 3.63		1.90	6.01	41.44	1.88 42.61	4.09		6.52	56.20	96.64			
100.54	10.48	1.82	5.00	23.20	89.19		17.04	8.37	20.30	134.90			275.94		
TOTAL															

18.4 経済評価

ケース・スタディーで用いたものと同じ評価指標により、各セグメントの修復計画を
経済評価した結果を表 18.4-1 に示す。

TABLE 18.4-1 (a) EVALUATION OF PROPOSED PAVEMENT REHABILITATION WORKS
(NORTH STUDY SECTION)

Segment	AADT in 1989 Light Veh. Bus Truck Total	No. of ESALS in 1989 Manila Bound Lane/Cagayan Bound Lane (x 10 ⁶)	Stage 1				Stage 2				Total				
			Const. Cost (MP)	IRR (%)	dI (km./ veh.)	dt (min. veh.)	Const. Cost (MP)	IRR (%)	dI (km./ veh.)	dt (min. veh.)	Const. Cost (MP)	IRR	dI (km./ veh.)	dt (min. veh.)	
Segment N-1 (Sta. Rita- Gapan) l = 46 km	Sta. Rita- Plaridel	9,070 950 2,490 12,510	3.50/1.45 (J/F)	105.73	121.0	13.0	19.6	34.63	168.2	6.6	9.5	140.36	124.6	19.6	29.1
	Plaridel- Gapan	4,540 950 1,770 7,260	2.91/1.10 (I/E)												
Segment N-2 (Gapan-Cabanatuan) l = 35 km	4,830 700 1,620 7,150	2.95/0.96 (I/E)	67.50	13.4	6.0	9.7	18.69	139.8	2.1	3.2	86.19	115.3	8.1	12.9	
Segment N-3 (Cabanatuan-San Jose) l = 42 km	3,040 570 1,270 4,880	2.46/0.76 (H/D)	21.87	65.9	3.3	5.2	24.79	79.7	4.0	6.2	46.66	70.3	7.3	11.4	
Segment N-4 (San Jose-Dalton) l = 38 km	1,600 240 940 2,780	1.79/0.52 (G/D)	90.68	36.5	11.1	15.3	37.01	51.0	7.1	9.3	127.69	39.3	18.2	24.6	
Segment N-5 (Dalton-Aritao) l = 39 km	1,600 240 940 2,780	1.79/0.52 (G/D)	96.48	35.5	9.8	13.7	42.34	46.5	5.9	8.0	138.82	37.8	15.7	21.7	
Total l = 200 km			382.26	69.5	43.2	63.5	157.46	83.2	25.7	36.2	539.72	71.6	68.9	99.7	

**TABLE 18.4-1 (b) EVALUATION OF PROPOSED PAVEMENT REHABILITATION WORKS
(SOUTH STUDY SECTION)**

Segment		A A D T in 1989 Light Veh. Bus Truck Total	No. of ESALS in 1989 Manila Bound Lane/Bicol Bound Lane (x 10 ⁶)	Stage 1				Stage 2				Total					
				Const. Cost (MP)	IRR (%)	d1 (km./ veh.)	dt (Min./ veh.)	Const. Cost (MP)	IRR (%)	d1 (km./ veh.)	dt (min./ veh.)	Const. Cost (MP)	IRR (%)	d1 (km./ veh.)	dt (min./ veh.)		
Segment S-1 (Calamba- Tiaong) l = 42 km	Calamba- Sto. Tomas	10,800 1,340 <u>2,060</u> 14,200	1.75/1.26 (G/F)	10.31	138.2	1.0	1.6										
	Sto. Tomas Tiaong	5,260 580 <u>1,300</u> 7,140	1.09/0.64 (E/D)	10.31	138.2	1.0	1.6	31.91	187.5	3.9	5.9	42.22	156.4	4.9	7.5		
Segment S-2 (Tiaong-Pagbilao) l = 54 km		3,310 610 <u>1,120</u> 5,040	0.97/0.58 (E/D)	17.40	79.5	1.8	2.7	18.14	85.0	1.9	2.7	33.54	81.1	3.7	5.4		
Segment S-3 (Pagbilao-Plaridel) l = 46 km		1,390 510 750 <u>2,650</u>	0.79/0.48 (D/C)	71.89	41.5	6.8	9.0	29.65	42.2	3.1	4.1	101.54	41.6	9.9	13.1		
Segment S-4 (Plaridel-Calaug) l = 39 km		1,130 300 710 <u>2,140</u>	0.71/0.41 (D/C)	41.44	33.5	4.5	5.9	55.20	37.0	5.8	7.7	96.64	35.1	10.3	13.6		
Total l = 181 km				141.04	48.7	14.1	19.2	134.90	70.1	14.7	20.4	275.94	55.3	28.8	39.6		