

第4章
修繕ルート

第4章 修繕ルート

修繕ルート調査の主目的は、次のとおりである。

- ケース・スタディ区間の既存舗装の状態を解析することにより、舗裝修繕の設計の技術的諸問題を解析する。
- ラフネスの異なる舗装路面での車両燃料消費量をJICA試験車で測定し、修繕工事による車両走行費節減の分析を行う。

4.1 ケース・スタディ区間の選定

ケース・スタディ区間の選定はDOH職員と共に実施した現地踏査結果をもとに行われ、次のような条件を満足する区間が選定された。

- 路面状態が良から不良まで各種の路面を含んでいる区間
- 交通量に大きな差のない区間
- ほぼ水平勾配の直線区間
- 最近修繕工事が施工されていない区間
- 住宅地以外の区間

選定されたケース・スタディ区間を下表に示す。また各区面の現況の詳細についてはAppendix 4.1.1に示す。

CASE STUDY SECTIONS FOR REHABILITATION

Route No.	Surface Type	Total Length (km)	Case Study Section		Conditions in Study Section (length: km)				
			Length (km)	Km Post	Very Good	Good	Fair	Poor	Very Poor
RT - 224	AC	29	10	10-20	-	2	2	4	2
RH - 21	AC	13	13	120-133	7	5	-	1	-
RH - 22	PM	8	8	0-8	-	-	8	-	-
RH - 5	PM	39	19	20-39	-	7	2	8	2
RH - 12	DBST/SBST	35	10	488-498	-	6	1	3	-
RH - 16	”	28	10	{ 7-12 13-18	-	5	-	5	-
RH - 25	”	28	10	7-17	-	1	3	3	3
RH - 27	”	20	10	9-19	-	3	-	7	-
		200	90		7	29	16	31	7

4.2 技術調査

技術調査は次の2つの主要な調査、舗装の供用性を評価するための路面状況調査と舗装の劣化状況の評価するための構造劣化調査を実施した。

4.2.1 路面状況調査

4.2.1.1 目視によるPSI

舗装路面の劣化状況を目視で評価し、PSIを推定した。

PSIは“HRB Report”に規定している項目および様式を適用して評価した（Appendix 4.2.1参照）。

PSI評価は次の要領で実施した。

評価チーム：

日本人技師	1
タイ人技師	1
タイ人テクニシャン	1

車両および走行速度

JICA試験車（トヨタ・クレシーダ2000） 5～6 km/h

評価の単位延長

150 m区間

評価チームの訓練

HRB Report の項目による評価の実施に先立ち、“大変悪い”より“大変良い”までの5段階で評価する AASHTO 道路試験の概略評価法による訓練を実施した。

評価結果を Appendix 4.2.2 に示す。

4.2.1.2 測定による PSI

目視による PSI 評価には、個人差が生ずる。その個人差をなくすため、目視による PSI を、表面の凹凸、ひびわれ率およびわだち掘れ深さを測定し、その結果を用いて表示する式が AASHTO で設定された。

日本でも、AASHTO の考え方にもとづき次の PSI 評価式を設定している。

$$PSI = 4.53 - 0.5181 \log \sigma - 0.371 \sqrt{C} - 0.174 D^2$$

ここに、 σ : 縦断方向凹凸の標準偏差 (mm)

$$C : \text{ひびわれ率} = \frac{\text{ひびわれ面積} + \text{パッチング面積}}{\text{調査面積}} \times 100 (\%)$$

D : わだち掘れ深さの平均 (cm)

(出典：日本道路協会、道路維持修繕要綱)

タイでの舗装評価に適用できる適当な PSI 式を導くため、日本での方法と同じ方法で、ケース・スタディー区間全延長に対して、次の項目の測定を実施した。

- 路面の凹凸：プロフィールメーターを用い、道路中心線と平行に舗装路端内側 80～100cm の部分を測定 (Appendix 4.2.3 参照)。
- ひびわれ率：ひびわれ、パッチング、ポットホールの面積をスケッチによって測定 (Appendix 4.2.3 参照)。
- わだち掘れ深さ：車輪通過部を直接測定 (Appendix 4.2.3 参照)。

これらの調査項目を各 150 m の単位区間ごとに測定した。その結果を Appendix 4.2.2 に示す。

4.2.1.3 MRM によるラフネス

路面状況の比較評価のため、JICA 試験車に設置したメイズ・ライド・メーター (MRM) によってケース・スタディー区間全延長のラフネスを測定した。

MRM は舗装路面の凹凸に対応する車の後輪軸の変位量を測定し、測定したラフネスをグラフ用紙に記録し、その合計値を数値で表す構造となっている。

測定は走行速度は 60 km/h で行い、ラフネスは 150 m 区間ごとに記録した。結果を Appendix 4.2.2 に示す。

4.2.2 構造劣化調査

ケース・スタディ区間の既存舗装の構造劣化を評価するため、たわみ測定、現場 CBR 試験、室内での土質およびアスファルト・コンクリート試験を実施した。

4.2.2.1 ベンケルマン・ビームによるたわみ

たわみは、修繕設計のベースとなるものであり、既存舗装構造の劣化評価の重要な基準でもある。

たわみは、たわみの最大地点、およびそれより前進方向30, 60, 100, および 200 cm の地点で測定するとともに、最大地点よりたわみが零となる地点までの距離も測定した。

たわみは、50 m 間隔で測定したが、供用性調査は、150 m 区間を単位として実施したので、単位延長 150 m 区間内の 3 箇所のたわみ測定値は平均して、他の調査結果間の相関関係解析に使用できるようにまとめた。150 m 区間ごとの平均たわみ値を Appendix 4.2.2 に示す。

4.2.2.2 現場 CBR, 室内土質試験, アスファルト・コンクリートのスティッフネス試験

舗装構造を構成する各層すなわち、上層路盤、下層路盤、および路床の各層の現場 CBR 値を測定するため、現場 CBR 試験を実施した。その結果はたわみの測定値から推定した CBR 値との相関関係を解析するために使用した。

現場 CBR 試験は ASTM 規格 D-1883-73 に規定する方法によって、次の 8 箇所で実施した。

SPOTS FOR FIELD CBR TEST

Route No.	Surface Type	Station Tested	
RT - 224	AC	11+500 (L),	16+000 (L)
RH - 5	PM	21+500 (R),	36+200 (L)
RH - 12	DBST/SBST	492+600 (R),	493+450 (L)
RH - 25	DBST/SBST	9+450 (R),	11+950 (R)

サンプリングは各ケース・スタディ区間につき 2 箇所、合計 16 箇所で実施したが、上記の現場 CBR 試験を行った地点でも 8 つのサンプルを収集した。

収集した資料については、次の試験を行った。

- 自然含水比
- コンシステンシー
- 粒度分布
- 比重
- 自然含水状態の締め固め
- 自然含水状態の CBR

既存アスファルト・コンクリート表層の剛性をシェル法で測定するため、RT224 現場 CBR 試験を行った地点で既存アスファルト・コンクリート表層のサンプリングを実施した。

アスファルト表層試料の試験は以下のとおりである。

- アブソン抽出
- 針入度
- 軟化点
- 単位体積重量（体積による骨材集中度： C_v ）

$$C_v = \frac{\text{骨材体積}}{(\text{骨材} + \text{アスファルト})\text{の体積}}$$

試料土およびアスファルト・コンクリートのサンプリングは調査チームが実施し、試験は、道路局材料試験室が行った。

土質、CBR、および既存アスファルト・コンクリートの剛性等の試験結果を Appendix 4.24, 4.25 に示す。

4.2.3 燃料消費量調査

JICA 試験車による燃料消費量調査をケース・スタディ区間の延長90kmおよびバンコク周辺について実施した。

燃料消費量およびラフネスは走行速度 60 km/h で 1 km ごとに測定した。また燃料消費量と走行速度との相関関係を見出すため、速度を 20, 40, 60, 80 km/h に変えて、燃料消費量を測定した。燃料消費量調査の結果を Appendix 4.2.6 に示す。

4.3 交通荷重解析

車両によって生ずる舗装破壊は主に、個々の車両の輪重値およびその荷重の通過回数によってもたらされる。

アスファルト舗装の修繕設計では、車両総重量の分布および軸重換算係数の解析にもとづいて、8,200 kg 軸重等値数 (ESA) に換算した輪荷重が適用されている。軽車両の荷重はほとんど舗装破壊には影響を与えない。したがって設計には、大型、中型トラック、バス等の重車両のみを考慮した。

輪荷重の通過回数の解析には、供用期間中の将来交通量が必要となる。

4.3.1 将来交通量

道路局は、各舗装道路の将来交通量を推定するための伸び率を設定している。したがって、各ケース・スタディ区間の大型トラックの将来交通量はこの伸び率を、修正することなく適用し算定された。各ケース・スタディ区間の伸び率を表 4.3.1 に、この伸び率によって算定した車種別の将来 ADT を Appendix 4.3.1 に示す。

TABLE 4.3.1 TRAFFIC GROWTH RATE
(Unit: %)

Route No.	Year	Heavy Vehicles
RT - 224	1981 - 1987	5.20
(224-0100)*	1988 - 2001	3.80
RH - 21	1982 - 1987	5.20
(304-0904)	1988 - 2001	3.80
RH - 22	1982 - 1987	4.50
(2023-0100)	1988 - 2001	3.60
RH - 5	1982 - 1987	5.00
(201-0102)	1988 - 2001	4.00
RH - 12	1982 - 1987	5.00
(207-0202)	1988 - 2001	4.00
RH - 16	1982 - 1987	5.20
(214-0100)	1988 - 2001	3.80
RH - 25	1982 - 1987	5.00
(2071-0100)	1988 - 2001	4.00
RH - 27	1982 - 1987	4.50
(2160-0100)	1988 - 2001	3.60

Note: *: Link no.

4.3.2 累積ESA数

1) 総重量別の車両分布

6輪、および10輪トラックについての総重量別の車両分布調査が1980年、DOHによって東北地方の7地点で実施された。本調査では、6輪、10輪トラックおよびバスの実際の荷重について4ヶ所のOD調査地点で、運転者にインタビュー調査を行った。これらの調査地点をAppendix 4.3.2に、結果をAppendix 4.3.3に示す。

総重量別車両分布は上記二つの調査結果をもとに算定した。

2) ESA換算係数

6輪および10輪トラックの総車両重量に対する前軸、後軸の分担率については道路局が測定を行っている（Appendix 4.3.4参照）。しかし、大型バスの軸重分担率については、資料がないため、6輪トラックの分布と同じと仮定した。

ESAに変換するための等値換算係数はAASHTO道路テストにおいて、Appendix 4.3.5に示すように設定されており、本調査にもこれを適用した。

6輪、10輪トラックおよびバスに関するESA換算係数は表4.3.2に示すようにESA等値係数、軸重分担率、および総重量別車両分布をもとに、算定した。算定結果を次表に示す。

ESA CONVERSION FACTORS

6-Wheel Truck	10-Wheel Truck	Heavy Bus
0.76	1.24	0.50

TABLE 4.3.2 (1) ESA CONVERSION FACTORS

6-Wheel Truck							
Gross Weight (ton)	Axle Load (ton)		Equivalence Factor			Frequency	E S A
	Front	Rear	Front	Rear	Total	(%)	Factor
4	1.68	2.32	0.0024	0.006	0.0084	45.0	0.378
5	1.95	3.05	0.0036	0.015	0.0186	1.310	0.024
6	2.16	3.84	0.0048	0.038	0.0428	2.357	0.101
7	2.38	4.62	0.0065	0.085	0.0915	4.060	0.371
8	2.56	5.44	0.0082	0.183	0.1912	5.500	1.052
9	2.75	6.25	0.0103	0.335	0.3453	5.893	2.035
10	2.90	7.10	0.0125	0.55	0.5625	7.464	4.199
11	3.08	7.92	0.0157	0.87	0.8857	5.762	5.103
12	3.24	8.76	0.0190	1.35	1.369	7.857	10.756
13	3.45	9.55	0.025	2.00	2.025	4.190	8.485
14	4.64	10.36	0.030	2.90	2.93	5.762	16.883
15	3.77	11.23	0.035	4.15	4.185	2.357	9.864
16	3.87	12.13	0.040	6.00	6.04	1.964	11.863
17	4.01	12.99	0.045	8.30	8.345	0.393	3.280
18	4.14	13.86	0.053	11.10	11.153	0.131	1.461
19	4.33	14.67	0.064	14.20	14.264	0	0
20	4.52	15.48	0.078	18.20	18.278	0	0
Total						100	75.855
Factor							0.76

Note: Locations of Survey (D1—D7 and J1—J4) are shown in Appendix 4.3.2.
 Surveyed by JICA team (1984) and DOH (1980).
 Average gross weight is 7.70 tons.

TABLE 4.3.2 (2) ESA CONVERSION FACTORS

10-Wheel Truck

Gross Weight (ton)	Axle Load (ton)		Equivalence Factor			Frequency (%)	E S A Factor
	Front	Rear	Front	Rear	Total		
8	2.83	5.17	0.0115	0.0158	0.027	40.0	1.080
9	2.98	6.02	0.0138	0.027	0.041	0.496	0.020
10	3.08	6.92	0.0158	0.044	0.060	0.451	0.027
11	3.18	7.82	0.0178	0.067	0.085	0.586	0.050
12	3.24	8.76	0.0188	0.103	0.122	0.676	0.082
13	3.32	9.68	0.0205	0.153	0.174	1.036	0.180
14	3.36	10.64	0.022	0.22	0.242	1.081	0.262
15	3.41	11.59	0.023	0.31	0.333	1.396	0.465
16	3.42	12.58	0.023	0.43	0.453	1.937	0.877
17	3.45	13.55	0.024	0.6	0.624	3.334	2.080
18	3.46	14.54	0.024	0.82	0.844	7.071	5.968
19	3.48	15.52	0.025	1.1	1.125	10.855	12.212
20	3.48	16.52	0.025	1.41	1.435	11.260	16.158
21	3.51	17.49	0.026	1.8	1.826	6.442	11.763
22	3.52	18.48	0.026	2.35	2.376	1.712	4.068
23	3.54	19.46	0.0265	3.0	3.027	2.117	6.408
24	3.55	20.45	0.027	3.8	3.827	1.712	6.552
25	3.60	21.40	0.029	4.6	4.629	1.892	8.758
26	3.64	22.36	0.03	5.7	5.73	2.252	12.904
27	3.73	23.27	0.033	6.8	6.833	1.577	10.776
28	3.81	24.19	0.036	8.0	8.036	0.901	7.240
29	3.86	25.14	0.039	9.4	9.439	0.631	5.956
30	3.90	26.10	0.04	11.2	11.24	0.225	2.529
31	3.94	27.06	0.043	13.0	13.043	0.135	1.761
32	3.97	28.03	0.054	16.2	16.254	0.045	0.731
33	4.03	28.97	0.060	19.0	19.060	0.045	0.858
34	4.08	29.92	0.065	22.0	22.065	0	0
35	4.17	30.83	0.070	25.0	25.070	0	0
36	4.25	31.75	0.075	28.5	28.575	0.135	3.858
Total						100	123.623
Factor							1.24

Note: Locations of Survey (D1—D7 and J1—J4) are shown in Appendix 4.3.2.
 Surveyed by JICA Team (1984) and DOH (1980).
 Average gross weight is 15.13 tons.

TABLE 4.3.2 (3) ESA CONVERSION FACTORS

Heavy Bus							
Gross Weight (ton)	Axle Load (ton)		Equivalence Factor			Frequency (%)	ESA Factor
	Front	Rear	Front	Rear	Total		
4	1.68	2.32	0.0024	0.006	0.0084		
5	1.95	3.05	0.0036	0.015	0.0186		
6	2.16	3.84	0.0048	0.038	0.0428		
7	2.38	4.62	0.0065	0.085	0.0915	0.746	0.068
8	2.56	5.44	0.0082	0.183	0.1912	26.866	5.137
9	2.75	6.25	0.0103	0.335	0.3453	31.344	10.823
10	2.90	7.10	0.0125	0.55	0.5625	17.910	10.074
11	3.08	7.92	0.0157	0.87	0.8857	17.910	15.863
12	3.24	8.76	0.0190	1.35	1.369	4.478	6.130
13	3.45	9.55	0.025	2.00	2.025	0.746	1.511
14	4.64	10.36	0.030	2.90	2.93		
15	3.77	11.23	0.035	4.15	4.185		
16	3.87	12.13	0.040	6.00	6.04		
17	4.01	12.99	0.045	8.30	8.345		
18	4.14	13.86	0.053	11.10	11.153		
19	4.33	14.67	0.064	14.20	14.264		
20	4.52	15.48	0.078	18.20	18.278		
Total						100	49.606
Factor							0.50

Note: Locations of Survey (J1-J4) are shown in Appendix 4.2.2.
 Surveyed by JICA Team (1984).
 Average gross weight is 9.42 tons.

3) 累積ESA数

ESA換算係数および大型トラックの交通量をもとに、各ケース・スタディ区間の累積ESA数をAppendix 4.3.1に示すように算定した。

4.4 調査結果の相関解析

さきに述べたように、調査項目は次のとおりである。

供用性調査：目視によるPSI，測定によるPSI，ラフネス

構造劣化調査：ベンケルマン・ビームによるたわみ（中心点およびオフセット地点），CBR（現場，室内），既存アスファルト・コンクリートの剛性

これらの調査結果およびたわみ測定値から算定したたわみの曲率半径をAppendix 4.2.2に示す。

4.4.1 目視と測定によるPSIの相関関係

目視と測定によるPSIの測定値を比較し、その多重回帰解析を行った。その結果、ACおよびDBST舗装に対して次の式が誘導された。しかし、PM舗装については、良い相関関係が得られなかった。これは、PM表層の碎石の径が大きいため、プロフィールメーターによる凹凸測定が、その影響を受け測定した凹凸が非常に高い値を示したことによるものと思われる。したがって、この測定方法では、PM舗装については高い相関は得られないものと思われる。

$$AC : PSI = 4.354 - 1.125 \log \sigma - 0.139 \sqrt{C} - 0.039 D^2$$

(相関関数 $R = 0.740$)

$$DBST : PSI = 4.354 - 1.579 \log \sigma - 0.098 \sqrt{C} - 0.015 D^2$$

(相関関数 $R = 0.725$)

設定した上記の式をもとに σ 、 C 、 D のどの項目がPSIに大きく影響するかについて、簡単なチェックを行った。

INFLUENCE OF ITEM ON PSI

Surface Type	Description	Item		
		σ	C	D
AC	Measured Value (min)	0.84	0	0.5
	(max)	4.22	30	2.9
	Term Value (min)	0	0	0.01
	(max)	0.70	0.76	0.33
	Range of Term	0.70	0.76	0.32
	Degree of Influence (total range = 100)	39%	43%	18%
DBST	Measured Value (min)	1.20	0	0.5
	(max)	9.09	100	5.6
	Term Value (min)	0.13	0	0
	(max)	1.51	0.98	0.47
	Range of Term	1.38	0.98	0.47
	Degree of Influence (total range = 100)	49%	35%	16%

注：表中の Term Value は、数式中の各項の算定値を示す。
 (例えば σ の測定値が 4.22 の場合、 $1.125 \log \sigma$ は 0.70)

上記表より明らかなように、AC舗装の場合ひびわれ率(C)と凹凸(σ)がほぼ同じ割合で PSI に大きく影響する。一方、DBST舗装の場合、凹凸(σ)が非常に大きな影響力を持ち、次いでひびわれ率で、その差は 14 % である。

したがって、PSI は、実用的には凹凸(σ)とひびわれ率(C)を測定すれば評価出来ると考えられる。

PSI を測定値で評価する方法は、時間と手間を要するので、延長の長いルート of 供用性の評価や、短期間に多くのルートを調査しなければならない場合には、適当でない。したがって、測定による PSI は目視による PSI 測定における個人差のチェックをするために適用するのが良いと思われる。

4.4.2 目視による PSI とラフネスとの相関関係

最近道路局の実施したフィービリティ調査では舗装路面の供用性を MRM で測定したラフネスで評価している。

ケース・スタディ区間での目視による PSI とラフネスとの相関関係を、舗装タイプ別に図 4.4.1 に示す。

HRB Special Report¹⁾には、目視によるPSIとラフネスとの相関関係を表わす次式が示されており、かなり広く使われている。

$$PSI = 5e^{-\left\{ \frac{\ln(M-M_0)}{\alpha} \right\}^5}$$

ここに、M：測定したラフネス

M₀：最良条件の表層のラフネス

α：係数

上記の式を本調査においても適用し、図4.4.1より次式を設定した。(相関関係数は0.761)

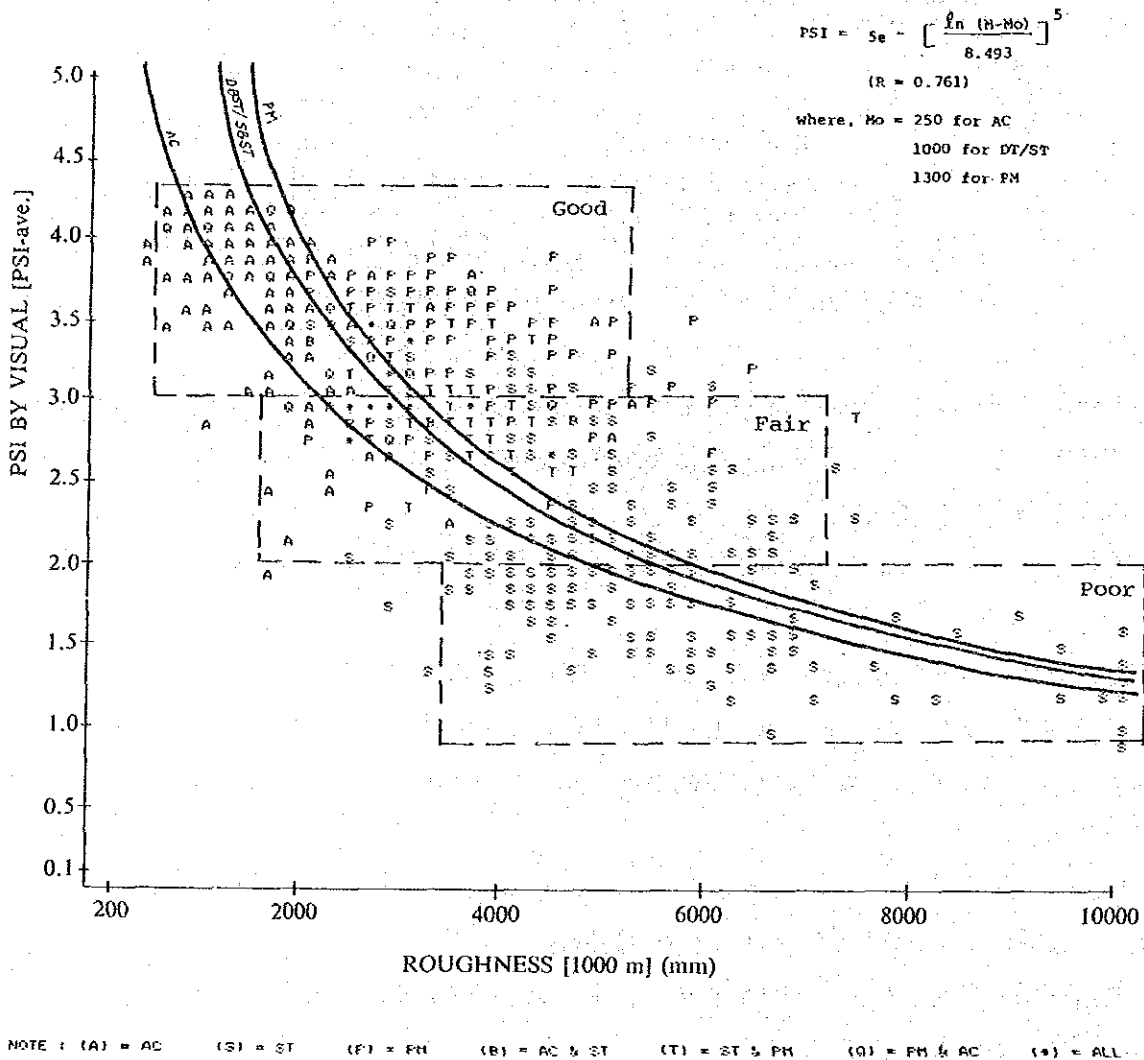


FIGURE 4.4.1 RELATIONSHIP BETWEEN PSI BY VISUAL ASSESSMENT AND ROUGHNESS

1) Method for Measuring Serviceability Index with Mays Ride Meter. Highway Research Board Special Report 133.

$$PSI = 5 e^{-\left(\frac{C_n(M-M_0)}{8.493}\right)^5}$$

ここに、 M_0 : アスファルト舗装 : 250 mm/km

DBST舗装 : 1,000 mm/km

PM舗装 : 1,300 mm/km

SPRP調査でも、測定結果から α および M_0 値を求めているが、本調査で算定した値と数値似たものになっている。

α : 8.280

M_0 : アスファルト舗装 : 300 mm/km

DBST舗装 : 900 mm/km

PM舗装 : 1,400 mm/km

PSI は凹凸、ひびわれ率、わだち堀れ深さの総合的評価によって決定される。一方、ラフネスは、MRMによる凹凸の測定のみにもとづく評価である。しかし、PSI とラフネスとの間には、比較的良い相関関係が認められる。

舗装供用性の評価にはMRMによるラフネスがより広く使われることを提言する。なぜなら、ラフネスは簡単に、しかも短期間に測定でき、かつ実用的に十分な精度でPSIをラフネスから推定できると思われるからである。

4.4.3 目視によるPSIと中心点たわみの相関関係

日本道路協会編道路維持修繕要綱ではPSIに対応する修繕工法を、次のように提言している。

PSI AND CORRESPONDING REHABILITATION WORKS

PSI	Rehabilitation Works
3 - 2.1	Seal coat
2 - 1.1	Overlay
1 - 0	Reconstruction

PSI は舗装路面の性状を示すもので、舗装劣化の程度を示すものではない。したがって、舗装の強度を評価するためには、たわみ測定が必要となる。しかし、もしPSI とたわみとの間に良い相関関係が認められるとするならば、PSI をもとに、修繕工法を決定することが可能となる。

ケース・スタディ区間のPSI およびたわみ値を路面タイプ別に図4.4.2に示すようにプロットし、その相関関係を解析した。しかし、高い相関係数は、いずれの路面タイプにおいても得られなかった。

この結果から、PSI から所要オーバーレイ厚を推定することはできないという結論に達した。

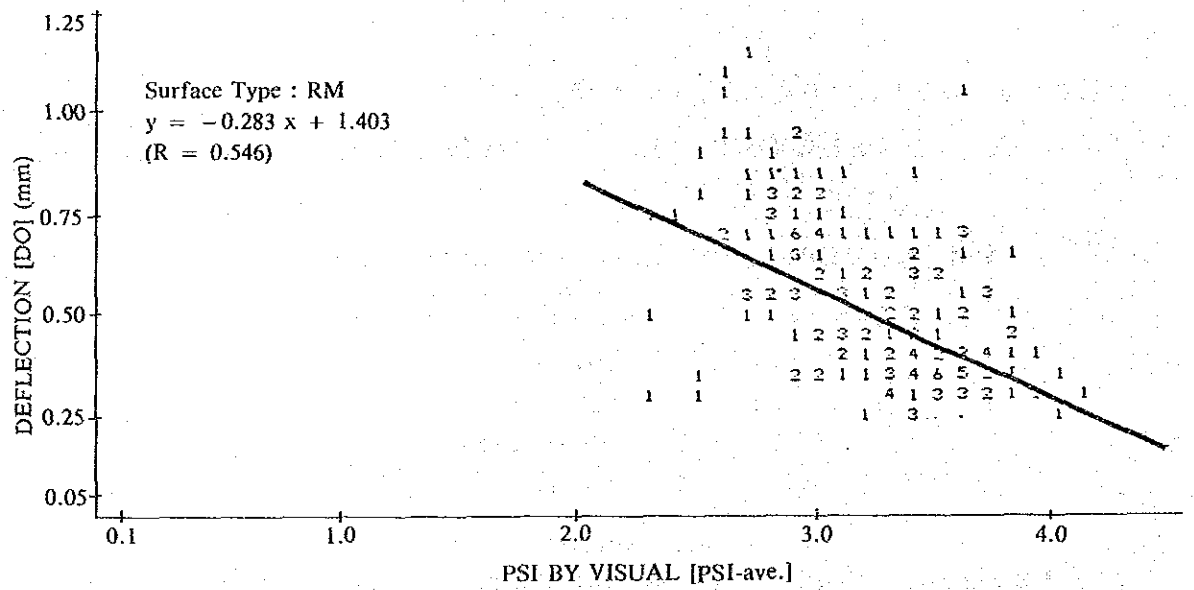
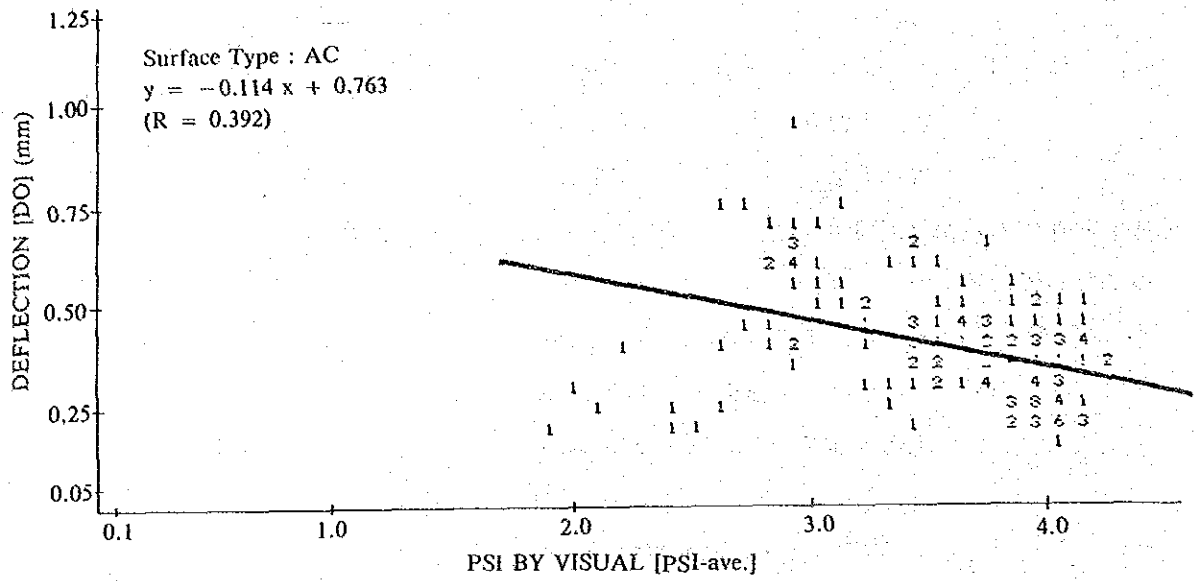


FIGURE 4.4.2 (1) RELATIONSHIP BETWEEN PSI BY VISUAL AND DEFLECTION

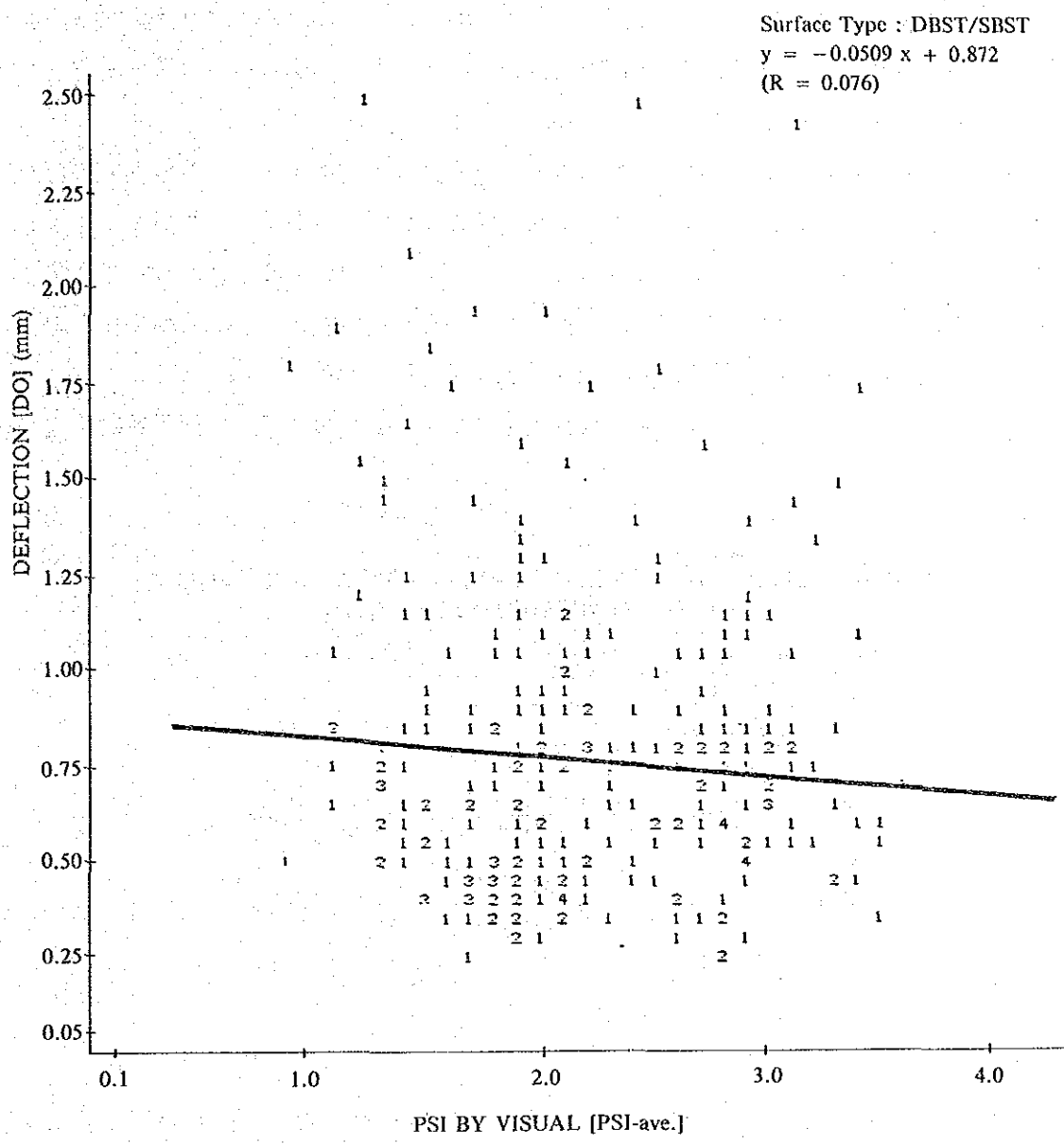


FIGURE 4.4.2 (2) RELATIONSHIP BETWEEN PSI BY VISUAL AND DEFLECTION

4.4.4 中心点たわみとたわみ曲率半径との相関関係

たわみ曲率半径より推定した現存路床土の CBR 値から、オーバーレイ厚を決定する設計法が最近開発され、適用されている。SPRP調査では、この方法をアスファルト舗装のオーバーレイ設計に適用し、有効な方法として推奨している。

たわみ曲率半径を算定するためには、中心点だけでなく数カ所のオフセット地点でのたわみを測定する必要がある。しかし、この測定は、かなり繁雑で時間もかかる。したがって、もし中心点のたわみからたわみ曲率半径が推定できるなら、オフセット地点でのたわみ測定を省略できる。この理由から、ケース・スタディ区間で測定した、中心点たわみとたわみ曲率半径との相関関係を解析してみた。たわみ曲率半径の算定法は 4.5 に記述してある。

路面タイプ別にプロットしたこれらの数値を図 4.4.3 に示すとおりで、相関関係は次式で表された。

CORRELATION ON CENTER DEFLECTION AND RADIUS OF CURVATURE OF DEFLECTION

Surface Type	Formula	Correlation Coefficient
AC	$y = \frac{7.0268}{\sqrt{x} + 0.1977}$	0.847
PM	$y = \frac{10.5358}{\sqrt{x} + 6.3116}$	0.809
DBST	$y = \frac{8.7367}{\sqrt{x} + 2.4652}$	0.843

注：y：中心点たわみ (mm)
x：たわみ曲率半径 (m)

この表に見られるとおり、どの路面タイプについても高い相関係数が得られた。この結果は、たわみ曲率半径は中心点たわみから実用的な精度で推定することが可能なことを示している。

しかし、このような高い相関が常に得られるかどうかは疑問である。なぜなら、本調査におけるケース・スタディ区間の路床土の CBR がほぼ同じ値であり、かつ比較的高い値であったことが、このように高い相関を示した原因とも考えられるからである。

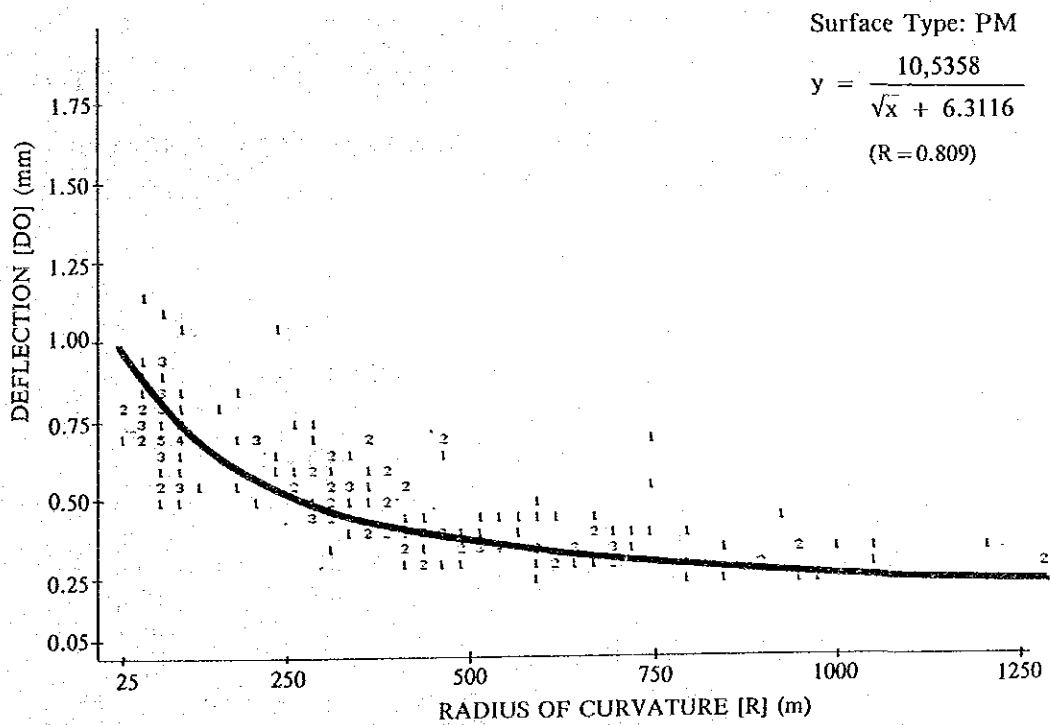
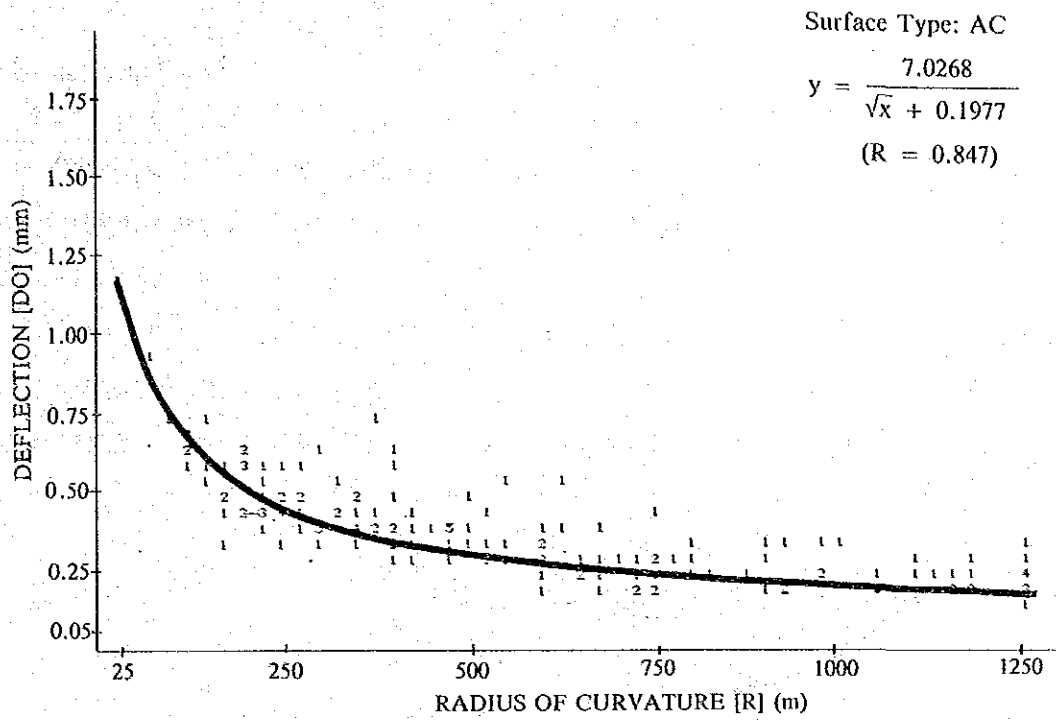


FIGURE 4.4.3 (1) RELATIONSHIP BETWEEN RADIUS OF CURVATURE AND DEFLECTION

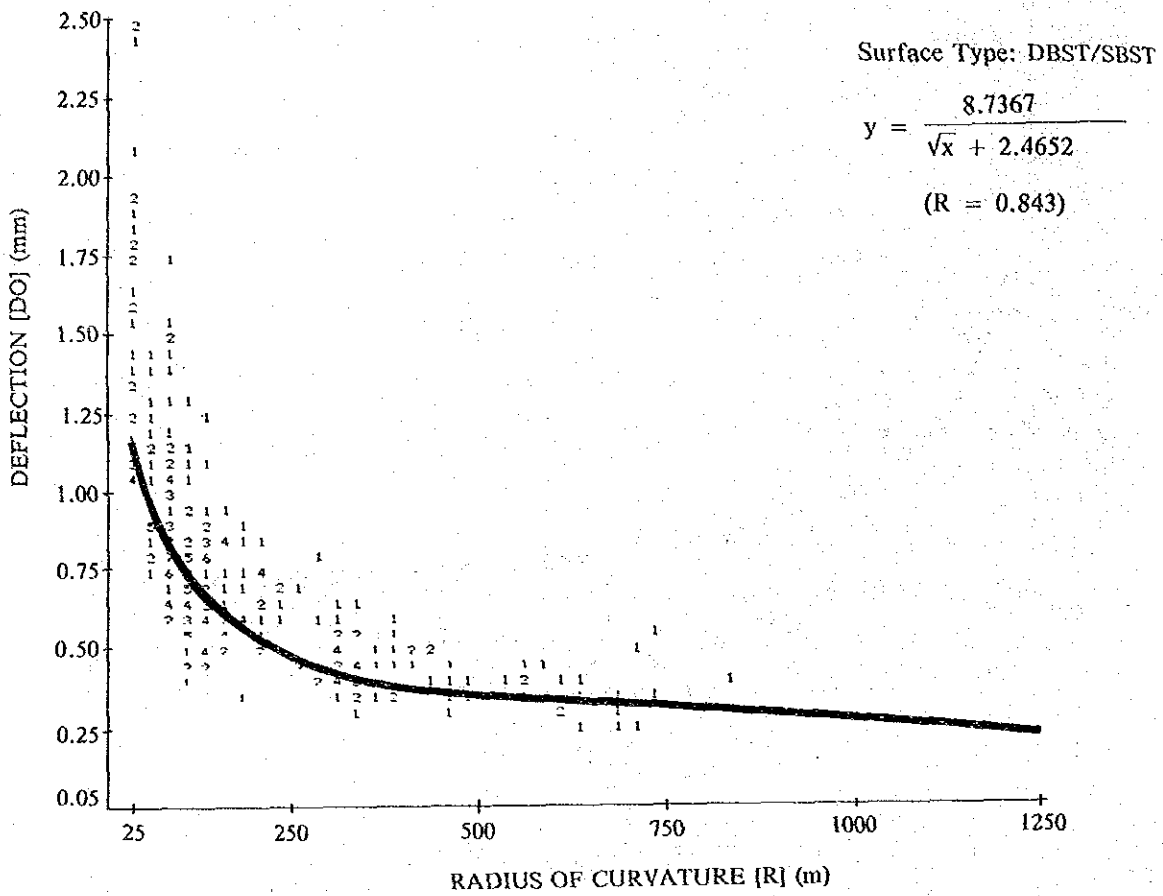


FIGURE 4.4.3 (2) RELATIONSHIP BETWEEN RADIUS OF CURVATURE AND DEFLECTION

4.4.5 たわみより推定した CBR 値の立証

たわみから推定した CBR 値の精度を立証するため、推定値と現場および室内で実際に測定した CBR 値を比較した。

4.4.4 節に述べた方法により、中心点のたわみ、たわみの曲率、半径および現存舗装厚から路床 (E_s) および舗装 (E_p) の弾性係数を算定した。CBR 値と弾性係数との相関関係は一般的に次式で表わされる。この関係を適用し路床および舗層の CBR を算定した。

$$100 - 200 \text{ CBR} = \text{弾性係数}$$

たわみから推定した CBR 値は、表層、路盤および下層路盤よりなる舗装構造全厚の平均 CBR である。一方 CBR の測定は各層別に行なわれている。したがってたわみより推定した結果と比較するため、各層で測定した CBR を用い、次式¹⁾によって、舗装全厚の CBR を算定した。

$$\text{CBR}_m = \left(\frac{h_1 \text{CBR}_1^{\frac{1}{3}} + h_2 \text{CBR}_2^{\frac{1}{3}} + \dots + h_n \text{CBR}_n^{\frac{1}{3}}}{H} \right)^3$$

ここに、
 CBR_m : 平均 CBR
 $\text{CBR}_1 \dots \text{CBR}_n$: 各層別 CBR
 $h_1 \dots h_n$: 各層の厚さ
 H : $h_1 + \dots + h_n$

同式での表層工の CBR 値は次の仮定の下で算定した。

AC surface : シェル法により算定した剛性 $\times \frac{1}{100}$ od

$$\text{CBR} = 20,000 \times \frac{1}{100}$$

PM surface : AC 表層の剛性 $\times \frac{1}{2} \times 1/100$

$$\text{CBR} = 20,000 \times \frac{1}{2} \times 1/100 = 100$$

DBST surface : 無視
 $\text{CBR} = 0$

1) Manual For Design and Construction of Asphalt Pavement
 Japan Road Association.

たわみより推定した CBR 値と実際に測定した CBR 値との比較を表 4.4.1 に示す。現場 CBR 試験を実施した地点では、両者の間に大きな相違があったが室内 CBR 試験を実施したサンプル地点においては近似した値が保られている。

この結果から判断すると、たわみより推定した CBR 値の正当性を立証するためには、今後さらに比較調査を行う必要があるように思われる。

4.4.6 燃料消費量とラフネスの相関関係

図 4.4.4 に 1km 間隔で測定した燃料消費量とラフネスの関係を示す。

燃料消費量はラフネスが 5,500 mm/km 以下の場合、ほぼ一定で 0.0758 リッター / km であり、5,500 mm/km 以上では平均 0.1064 リッター / km となった。この差は、主に速度低下に起因している。ラフネスが 5,500 mm/km 以上の路面では、測定車の速度を 60 km/h に保ち、調査を続けることは困難であり、その平均速度は 48 km/h に低下した。

速度と燃料消費量の関係を図 4.4.5 に示す。良好な路面における速度 48 km/h での燃料消費量は、速度 60 km/h の場合より 13% 増加して、0.085 リッター / km となる。

したがって、0.0214 リッター / km もしくは、良好路面上の消費量の 27% が速度低下とは別に不良路面にもとづく消費量の増加分と考えられる。

TABLE 4.4.1 COMPARISON BETWEEN CBR ESTIMATED FROM DEFLECTION AND ACTUALLY MEASURED

ROUTE NO.	TYPE	KM POST	SUBGRADE		PAVEMENT STRUCTURE	
			CBR IN FIELD & LABORATORY	ESTIMATE CBR	CBR IN FIELD & LABORATORY	ESTIMATE CBR
RT -224	AC	11 + 500	14.5 (11.9)	6.1	64.4 (63.1)	91.5
RT -224	AC	16 + 000	20.5 (20.2)	5.1	38.8 (16.6)	86.7
RH - 5	PM	21 + 500	20.9 (29.7)	3.7	38.7 (50.8)	122.1
RH - 5	PM	36 + 200	20.5 (25.7)	2.2	25.0 (47.2)	70.4
RH - 12	DT/ST	492 + 600	24.2 (22.0)	8.0	43.4 (70.3)	104.0
RH - 12	DT/ST	493 + 450	21.2 (22.7)	3.6	33.7 (56.6)	82.8
RH - 25	DT/ST	9 + 450	29.8 (26.0)	15.6	53.8 (68.5)	156.0
RH - 25	DT/ST	11 + 950	31.8 (15.2)	8.9	44.4 (49.4)	178.0
<hr/>						
RT -224	AC	11 + 000	(9.8)	4.4	(36.8)	114.4
RT -224	AC	18 + 000	(8.3)	5.8	(37.9)	58.0
RH - 21	AC	124 + 000	(10.0)	18.5	(53.2)	148.0
RH - 21	AC	129 + 000	(11.9)	11.3	(76.5)	395.5
RH - 22	PM	3 + 000	(4.2)	-	(45.9)	-
RH - 22	PM	6 + 000	(4.9)	3.0	(41.0)	78.0
RH - 5	PM	25 + 000	(4.4)	7.6	(33.3)	212.8
RH - 5	PM	32 + 000	(6.0)	6.6	(33.9)	118.8
RH - 12	DT/ST	490 + 000	(2.9)	6.5	(56.3)	169.0
RH - 12	DT/ST	496 + 000	(2.2)	4.1	(39.4)	49.2
RH - 16	DT/ST	10 + 000	(3.6)	17.0	(58.8)	34.0
RH - 16	DT/ST	16 + 000	(2.9)	8.6	(51.8)	43.0
RH - 25	DT/ST	8 + 000	(11.0)	9.6	(39.7)	153.6
RH - 25	DT/ST	15 + 000	(11.3)	4.4	(41.6)	145.2
RH - 27	DT/ST	9 + 000	(5.3)	7.8	(40.1)	23.4
RH - 27	DT/ST	17 + 000	(2.5)	4.5	(36.9)	9.0

Note: () : Laboratory CBR
 - : No relationship could be analyzed in Figure 4.5.5.

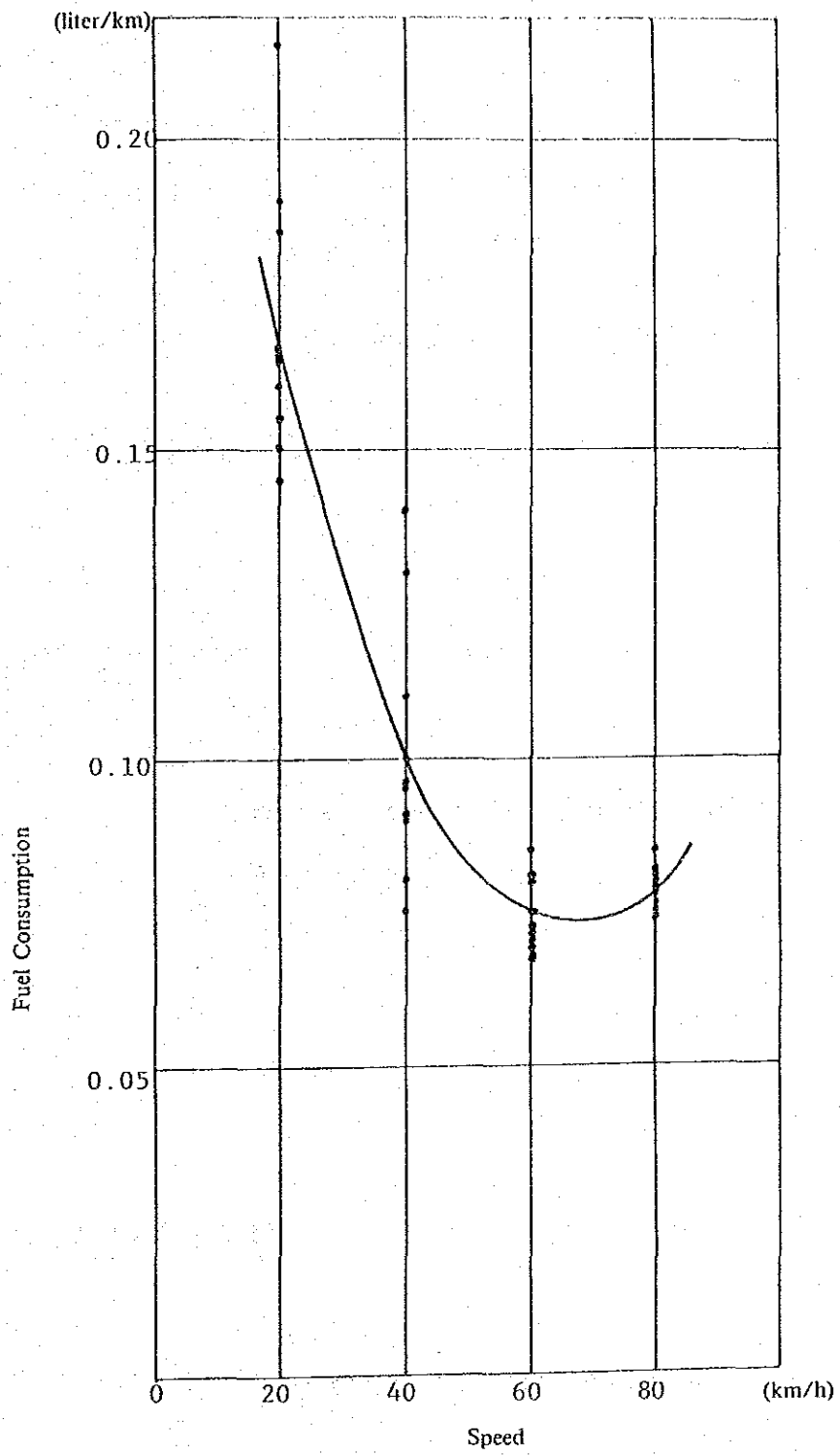


FIGURE 4.4.5 FUEL CONSUMPTION RATES AT DIFFERENT SPEEDS

4.5 設計法の比較

次の7つの設計法について、設計法の比較を行った。

- 日本道路協会法（道路維持修繕要綱）（JRA法）
- アスファルト協会法（アスファルト協会マニュアルNo. 17）（AI法）
- TRRL法（TRRL Report 571）（TRRL 571法）
- 熱帯地用TRRL法（TRRL Report 444）（TRRL 444法）
- Ruizによるオーバーレイ厚計算法（Highway Research Record 129）（Ruiz法）
- カルフォルニア法（DOH法）
- 曲率たわみ法（EM法）

4.5.1 設計法の概要

1) JRA法

オーバーレイ施工後5年目の大型車交通量およびたわみから、次表によって、所要オーバーレイ厚さを決定する。

REQUIRED OVERLAY THICKNESS (cm)

Deflection: D (mm)	Classification of Traffic				
	L	A	B	C	D
$0.6 > D$	-	-	-	4	4
$0.6 \leq D < 1.0$	-	-	4	6	8
$1.0 \leq D < 1.5$	-	4	6	10	12
$1.5 \leq D < 2.0$	4	6	10	12	15
$2.0 < D$	6	10	12	15	-

交通量レベルの分類は推定累積ESA数（輪荷重5,000 kg）の解析結果より次のように決められている。

CLASSIFICATION OF TRAFFIC

Classification	Number of Heavy Trucks
L	$100 > DAD$
A	$100 \leq DAD < 250$
B	$250 \leq DAD < 1000$
C	$1000 \leq DAD < 3000$
D	$3000 \leq DAD$

2) AI法

設計手順は下記のとおりである。

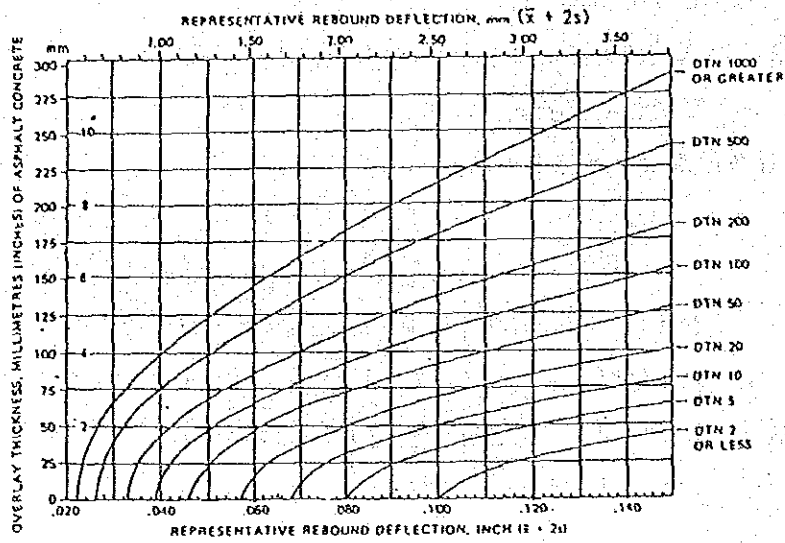
- 一 初期交通数 (ITN) は大型トラック交通量 (設計車線上の日平均), 大型トラックの平均総重量, および単軸荷重限度をもとに, 図 3.5.2 より求める。
- 一 ITN 修正係数は次式より算定する。

$$\text{Factor} = \frac{(1+r)^n - 1}{20r}$$

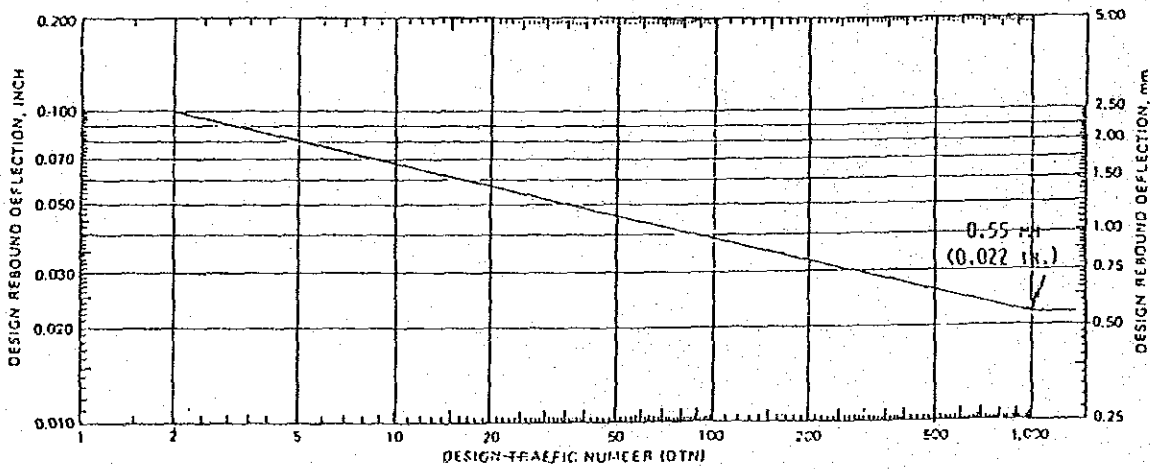
ここに, r : 交通量の年間伸び率

n : 供用期間, 年

- 一 設計交通数 (DTN) は ITN に修正係数を乗じて算定する。
- 一 所要オーバーレイ厚さは DTN およびたわみより図 4.5.1 を用いて求める。



Asphalt concrete overlay thickness required to reduce pavement deflection from a measured to a design deflection value (rebound test)



Design Rebound Deflection Chart

FIGURE 4.5.1 OVERLAY DESIGN—AI METHOD

3) TRRL 571 法

所要オーバーレイ厚さは次の手順で算定する。

- 一 オーバーレイ後のたわみは、図 4.5.2 から、累積 ESA 数 (8,200 kg) を用いて決定する。
- 一 所要オーバーレイ厚にオーバーレイ後のたわみおよび測定たわみ値より図 4.5.2 のオーバーレイ設計図表を用いて求める。

4) TRRL 444 法

所要オーバーレイ厚さは TRRL 571 法と同様の方法で図 4.5.3 を用いて求める。

5) Ruiz 法

所要オーバーレイ厚は次式より算定する。

$$h = \frac{12}{0.434} \log \frac{D_o}{D_h}$$

ここに、 h : オーバーレイ厚

D_o : 測定たわみ値

D_h : オーバーレイ後のたわみ

この方法ではオーバーレイ後のたわみを特定していないので TRRL 444 法の図 4.5.3 から求めて適用した。

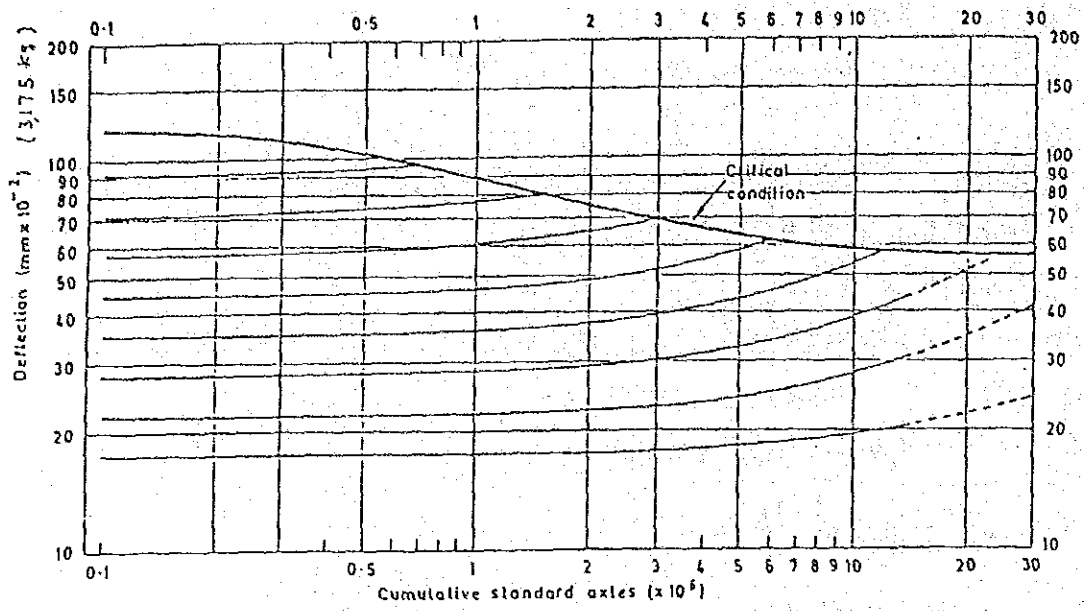
6) DOH 法

オーバーレイ厚決定の手順は次のとおりである。

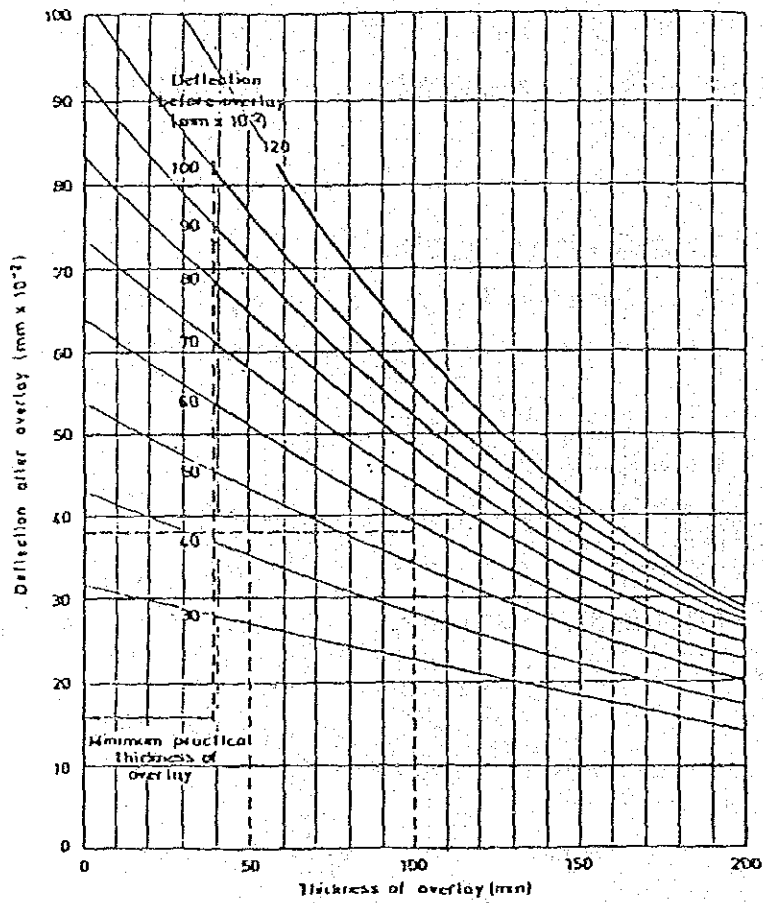
- 一 累積換算輸荷重 (2,268 t) にもとづき、図 4.5.4 より、許容たわみを求める。道路局では図 4.5.4 の中の 2 インチの AC 表層に対する限界設計線から許容たわみ量を求めている。
- 一 たわみ低減率を次式により算定する。

$$\text{たわみ低減率} = \frac{\text{設計たわみ量} - \text{許容たわみ量}}{\text{設計たわみ量}} \times 100$$

- 一 図 4.5.4 より砂利等値換算層厚 (砂利層に換算した所要オーバーレイ厚) を低減率を適用して求める。

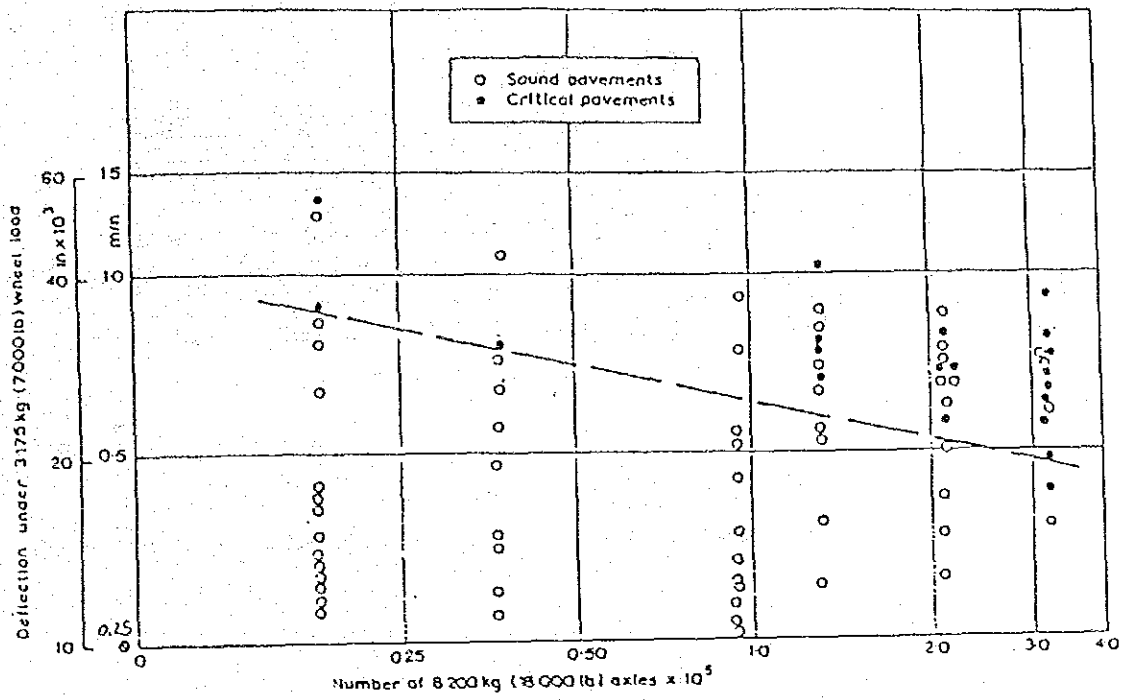


DEFLECTION-LIFE RELATIONSHIPS FOR PAVEMENTS WITH UNBOUND-BASES

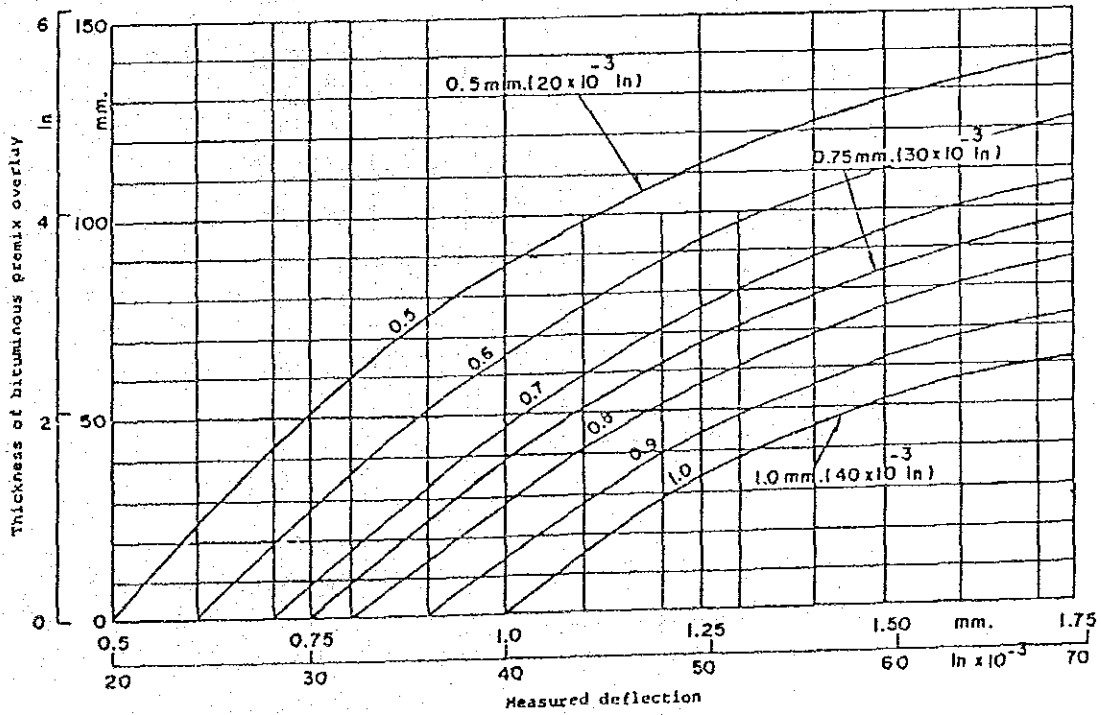


OVERLAY DESIGN CHART

FIGURE 4.5.2 OVERLAY DESIGN—TRRL METHOD

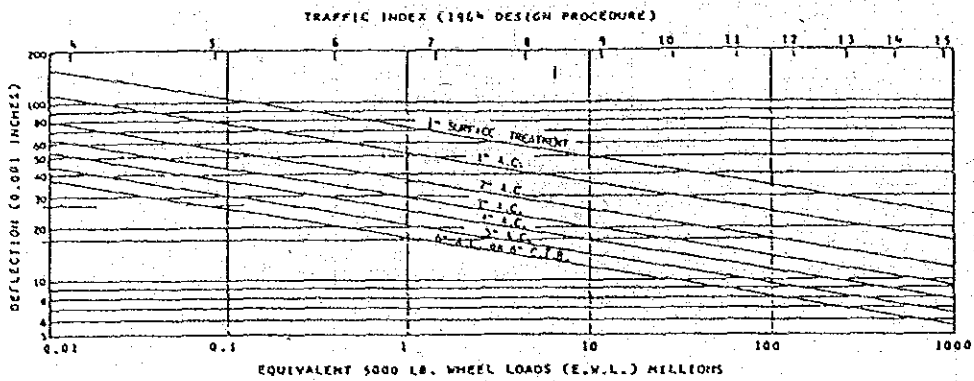


TENTATIVE DEFLECTION CRITERION CURVE FOR 75-10-100 mm (3 TO 4 in) BITUMEN MACADAM SURFACINGS ON CRUSHED STONE BASES IN A WET TROPICAL ENVIRONMENT

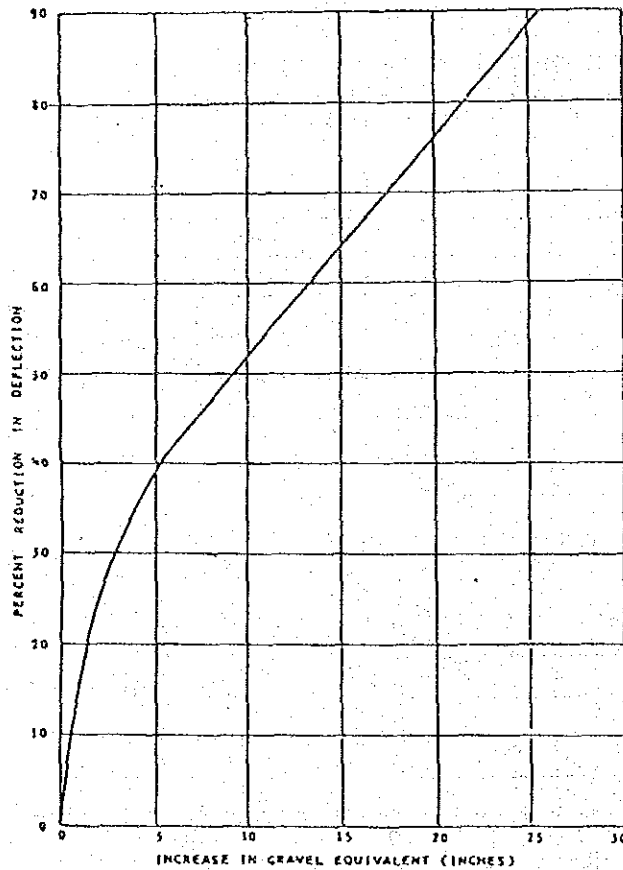


THE THICKNESS OF BITUMINOUS PREMIX OVERLAY REQUIRED TO REDUCE THE DEFLECTION OF A PAVEMENT TO DESIGNATED VALUES

FIGURE 4.5.3 OVERLAY DESIGN—TRRL METHOD IN THE TROPICS



Variation in tolerable deflection based on AC fatigue tests, California method of overlay design



Reduction in deflection resulting from pavement reconstruction, California method of overlay design

FIGURE 4.5.4 OVERLAY DESIGN—DOH METHOD

- 一 所要オーバーレイ厚を，次の換算係数を用い，砂利等値換算層厚を各層別の所要オーバーレイ厚に換算して算定する。
- 一 アスファルトコンクリート厚 = 砂利等値換算層厚 1/2
- 一 上層路盤厚 = 砂利等値換算層厚
- 一 下層路盤厚 = 砂利等値換算層厚 1.5
- 一 路床厚 = 砂利等値換算層厚 2.0

7) EM法

所要オーバーレイ厚はたわみから算定した路床および舗装の弾性係数（ E_1 および E_2 ）から算定する。

手順は以下のとおりである。

- 一 たわみ曲率半径は，たわみ測定結果を用い，次式により算定する。

$$R = \frac{r^2}{f \delta}$$

$$f = \frac{2W}{W_r} = \frac{2W}{W - \delta}$$

ここに， r ：中心点よりの距離（cm）

w ：中心点のたわみ（cm）

W_r ： r 地点でのたわみ（cm）

S ： $W - W_r$

f ：距離に関する係数

E_2 および E_1/E_2 を求めるための K の値は，次の数値を図 4.5.5 にあてはめて求める。

h ：舗装厚（cm）

W ：中心点たわみ（cm）

a ：等値接地面積半径（cm）

$$a = 12 + \frac{P}{1,000}$$

ここに， P ：輪荷重（kg）

R ：たわみ曲率半径（cm）

- 一 路床弾性係数 E_2 は次式により算定する。

$$E_2 = \frac{P \cdot a \cdot k}{W}$$

ここに， p ：車輪接地圧（kg/cm²）

- 一 舗装弾性係数 E_1 は E_2 および E_1/E_2 より算定する。

100 - 200 CBR = 弾性係数（ E_1 および E_2 ）

- 一 AI法の図 4.5.6 を利用して所要アスファルト・コンクリート層の全厚（TA）をたわみ

より推定した路床 CBR と DTN から求める。

— 所要オーバーレイ厚は次式によって算定する。

$$DH = TA - Hp(Ac)$$

ここに、 $Hp(Ac)$ ：既存舗装のアスファルトコンクリート等値換算層厚

SPRP 調査では Hp は次の仮定式によって算定されている。

$$E_1 \times (He)^3 = E_2 \times 4 \times (Hp)^3$$

ここに、 He ：既存舗装厚

本調査では、AI 法に提言されている換算係数を適用して Hp を算定した。

4.5.2 設計法の比較検討

4.5.1 で述べた各オーバーレイ設計法を評価するため、以下の方法で平等化した設計条件で、各設計方法によるオーバーレイの所要厚さを求めた。

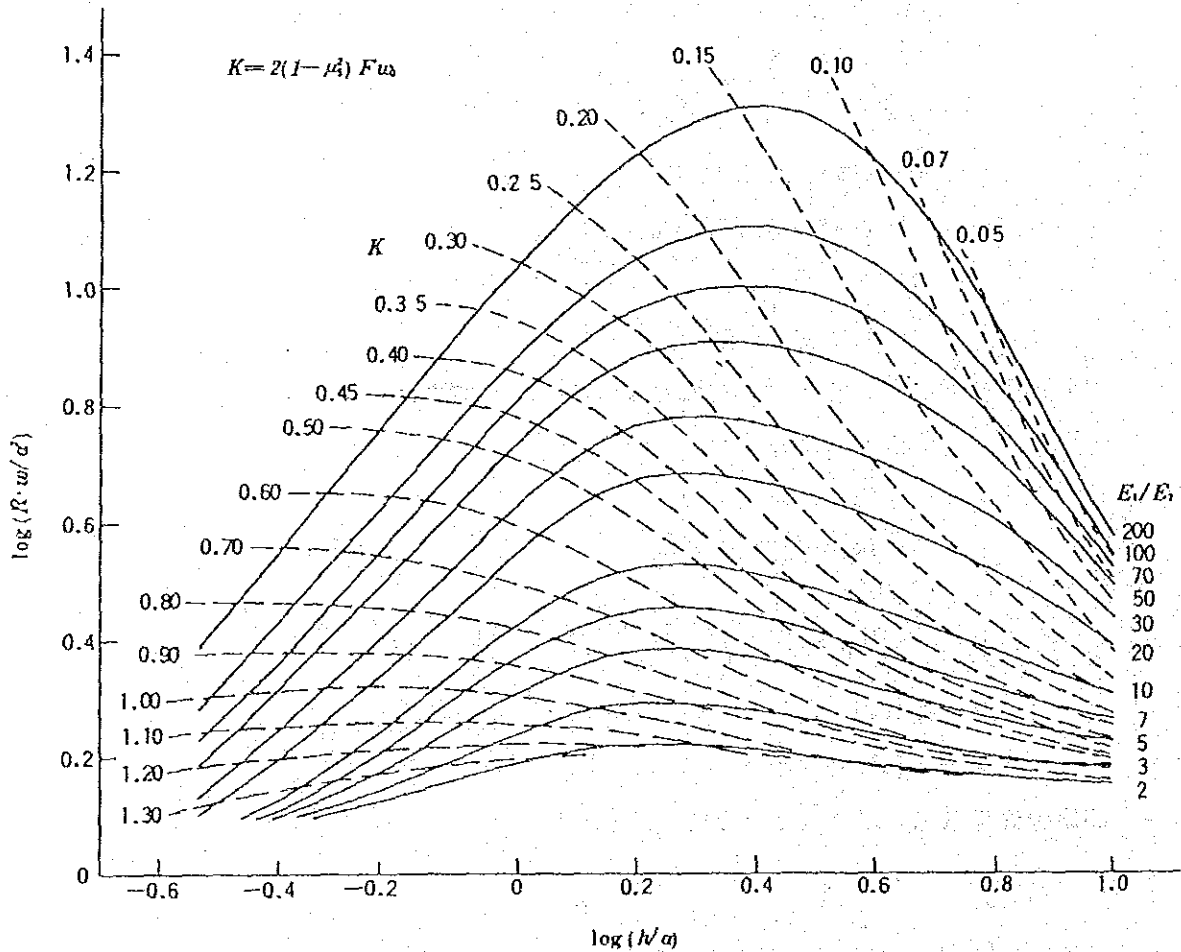


FIGURE 4.5.5 RELATIONSHIP BETWEEN RW_0/a^2 AND h/a

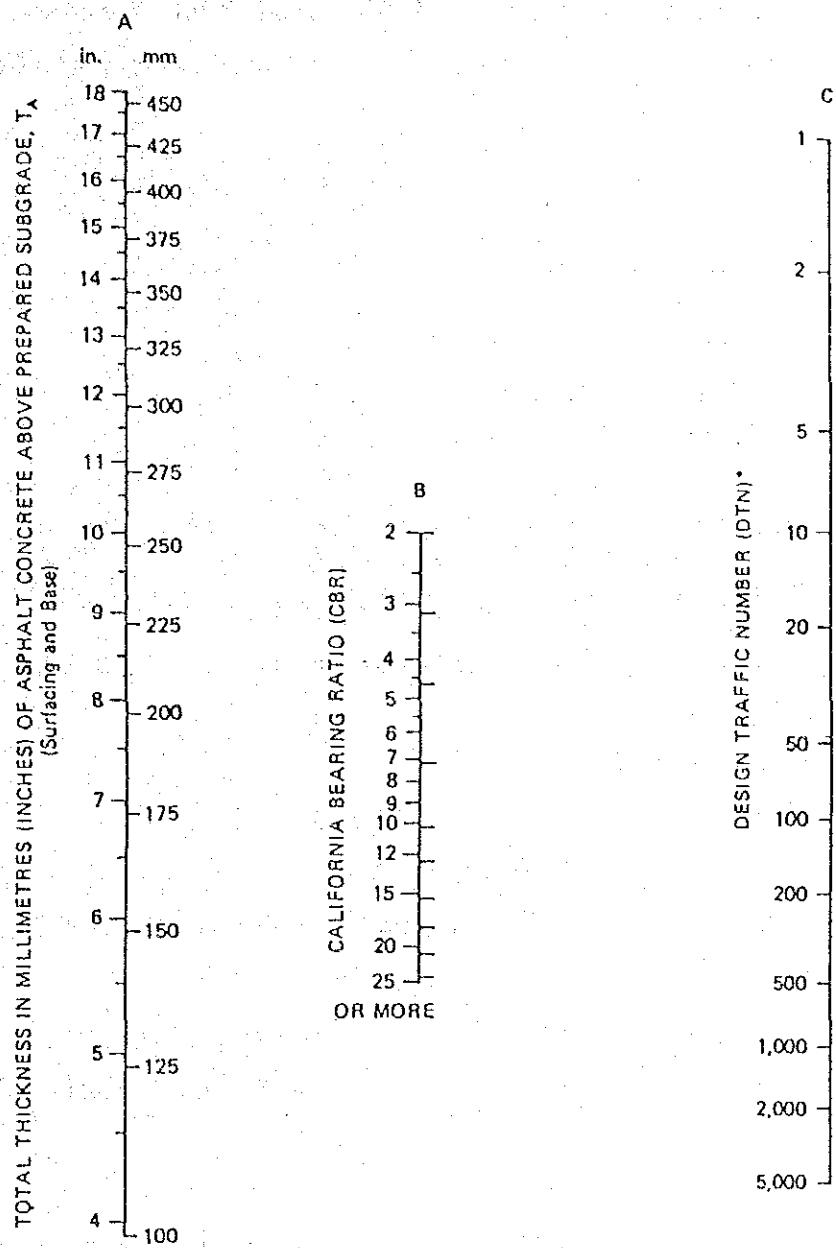


FIGURE 4.5.6 THICKNESS DESIGN CHART

1) 標準輪荷重の平等化

下記に示すように各設計法で累積 ESA 数算定の基礎となる標準輪荷重が異なっている。特に、AI 法では総車両重量より推定した DTN を使うという特殊な方法を採用している。

Design Method	Standard Wheel Load (kg)
JRA	5,000
AI	DTN
TRRL 571	4,100
TRRL 444	4,100
Ruiz	4,100
DOH	2,268
EM	DTN *

注：規定なし。本調査では AI 法を適用したたわみより推定した既存路床の CBR からオーバーレイ厚を決定した。

比較検討のため、DTN を除き、設計標準輪荷重を次式を用い、4,100 kg (軸重 8.2 t) に統一した。

$$\alpha_i = \left(\frac{P}{4,100} \right)^4$$

ここに、 α_i : 輪荷重 4,100 kg への換算係数。

DTN を累積 ESA 数 (4,100 kg) に換算するために次式を用いた。

$$DTN = 5.6804 \times 10^{-5} \text{ESA} (4,100 \text{ kg}) - 6.6444$$

2) たわみの平等化

各設計法は次に示すように異なる輪荷重で測定したたわみ量をもとに、設計図表を作成している。

WHEEL LOAD IN DEFLECTION MEASUREMENT

Design Method	Wheel Load (kg)
JRA	5,000
AI	4,100
TRRL 571	3,175
TRRL 444	3,175
Ruiz	4,100
DOH	4,100
EM	4,100

測定されたたわみ量と測定に使用した輪荷重との間には一次の相関が存在するという仮定のもとに、上記のたわみ量を輪荷重 4,100 kg で測定したたわみ量に換算して平等化をはかった。

3) JRA法の適用

4.5.1.1で述べたように、JRA法での、所要オーバーレイ厚は測定たわみ値および交通分類によって算定されている。交通分類と累積ESA数(10,000 kg)との関係は以下のとおりである。

Traffic Classification	Number of ESA (10,000 kg) (10 years)
L	$30,000 > N$
A	$30,000 \leq N < 150,000$
B	$150,000 \leq N < 1,000,000$
C	$1,000,000 \leq N < 7,000,000$
D	$7,000,000 \leq N < 35,000,000$

上記ESA数は10,000 kg軸荷重なので8,200 kg純荷重(4,100輪荷重)に換算すると以下のようなになる。

Traffic Classification	Number of ESA (8,200 kg) (10 years)
L	$66,000 > N$
A	$66,000 \leq N < 331,000$
B	$331,000 \leq N < 2,211,000$
C	$2,211,000 \leq N < 15,482,000$
D	$15,482,000 \leq N < 77,412,000$

注：上記変換は次式により行った。

$$L\text{交通} : 30,000 \times \left(\frac{5,000}{4,100} \right)^4 = 66,000$$

4) 比較検討の結論

EM法を除く、比較検討に取り上げた設計法では、現存舗装を評価することなくオーバーレイ厚を算定できる。EM法では、現在舗装の評価が必要なので、45 cm厚のAC舗装(アスファルトコンクリート表層5 cm)が現存するという仮定のもとにオーバーレイ厚を算定した。したがって、他の方法と厳密に比較することはできない。

7つの設計法によるオーバーレイの所要厚をたわみ量0.4~1.6 mm、累積ESA数300,000~12,000,000の範囲で算定した。その結果を表4.5.1および図4.5.7に示す。結果を要約すると以下のとおりである。

- たわみ0.4 mmの場合：JRA法のみ、40 mmのオーバーレイを必要とする。
- たわみ0.6 mmの場合：JRA法、JRRL 571法ではほぼ同じオーバーレイ厚が要求される。TRRL 444法、Ruiz法、DOH法では上記二方法よりやや薄いオーバーレイ厚とな

る。AI法、EM法ではオーバーレイは不要である。

- たわみ 0.8 mm の場合：JRA法、TRRL 444法、Ruiz法ではほぼ同じオーバーレイ厚となり、TRRL 571法、DOH法では比較的厚く、オーバーレイ厚が算定される。EM法ではオーバーレイは不要である。
- たわみ 1.0 mm の場合：EM法を除いて 0.8 mm のたわみ時と同じ結果となる。EM法では初めてオーバーレイを必要とする結果となり、その厚さは、DOH法による厚さとほぼ同じとなる。
- たわみ 1.2 mm の場合：DOH法が最も厚いオーバーレイを必要とし、次いでEM法、TRRL 571法の順となる。他の方法は殆んど同じ厚さのオーバーレイを要求する。
- たわみ 1.4 mm の場合：DOH法では極端に厚いオーバーレイを必要とする。他の方法はほぼ同じ厚さとなる。
- たわみ 1.6 mm の場合：たわみ 1.4 mm の場合とほぼ同じ結果となる。

このように上記の結果が示すようにオーバーレイの所要厚は、設計法によって、かなり異なる。この差は、舗装寿命を示す設計限界線と所定のたわみレベルと交わる点までに通過可能な許容累積BSA数が図 4.5.8 に示すように設計法によってかなり異なることを見ても明らかである。

これらのオーバーレイ設計法は必ずしも理論的に設定されたものではなく、主として経験的に当該国、あるいは地方の土質条件、気象条件、施工条件を反映し開発されたものである。したがって、単に机上の比較からタイ国に対する設計法を選択、決定するという事は非常に難しい。

オーバーレイ設計法の選定は種々条件下での実績をもとに決定することが最善と考えるので、調査団としては、平均的な近似のオーバーレイ厚を算定し、かつ広く適用されている設計方法の採用を提言する。したがって、比較した設計法の中のTRRL 444法、Ruiz法、AI法、JRA法はほぼ近似のオーバーレイ厚を算定するのでこの中からどれか適当な方法を選択するのが良いと思われる。

TABLE 4.5.1 (1) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

Deflection (mm)	Method	Number of ESA (million)					
		0.3	0.5	1	3	7	12
0.4	JRA	-	-	-	40	40	40
	AI	-	-	-	-	-	-
	TRRL 571	-	-	-	-	-	-
	TRRL 444	-	-	-	-	-	-
	RUIZ	-	-	-	-	-	-
	DOH	-	-	-	-	-	-
	EM	-	-	-	-	-	-
	Average	-	-	-	5	5	5
0.6	JRA	-	40	40	60	60	60
	AI	-	-	-	-	-	-
	TRRL 571	-	-	-	-	40	70
	TRRL 444	-	-	-	-	10	30*
	RUIZ	-	-	-	-	10	25
	DOH	-	-	-	5	20	30
	EM	-	-	-	-	-	-
	Average	-	5	5	10	20	30
0.8	JRA	-	40	40	60	60	60
	AI	-	-	-	-	35	60
	TRRL 571	-	-	-	20	75	105
	TRRL 444	-	-	-	30	50	60*
	RUIZ	-	-	-	25	45	60
	DOH	-	5	15	35	65	90
	EM	-	-	-	-	-	0
	Average	-	5	10	25	45	60
1.0	JRA	40	60	60	100	100	100
	AI	-	-	-	35	60	80
	TRRL 571	-	-	-	55	100	125
	TRRL 444	-	10	25	55	75	90
	RUIZ	-	10	25	50	70	85
	DOH	20	30	45	90	125	145
	EM	60	70	85	110	125	135
	Average	15	25	35	70	95	110

Note: - : Estimated by the trend of relationship shown in the Design Chart.

* : No overlay is required.

TABLE 4.5.1 (2) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

Deflection (mm)	Method	Number of ESA (million)					
		0.3	0.5	1	3	7	12
1.2	JRA	40	60	60	100	100	100
	AI	-	-	25	55	85	100
	TRRL 571	-	-	20	70	110	135
	TRRL 444	25*	35	50	80	100	110*
	RUIZ	15	30	45	75	95	110
	DOH	45	60	90	135	170	190
	EM	75	85	105	120	140	150
	Average	30	40	55	90	115	125
1.4	JRA	40	60	60	100	100	100
	AI	-	15	45	70	100	115
	TRRL 571	-	15	40	85	120	140
	TRRL 444	40*	50	65	95	115	125*
	RUIZ	35	50	65	90	115	125
	DOH	80	105	130	170	200	215
	EM	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Average	30	40	60	85	110	115
1.6	JRA	60	100	100	120	120	120
	AI	20	35	55	90	115	130
	TRRL 571	10	30	55	95	140	145
	TRRL 444	50*	65	80	110	125	135*
	RUIZ	50	65	80	110	130	145
	DOH	115	135	165	200	220	235
	EM	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Average	45	60	75	105	120	130

Note: - : No overlay is required.

* : Estimated by the trend of relationship shown in the Design Chart.

NA : The Design Chart was not applicable.

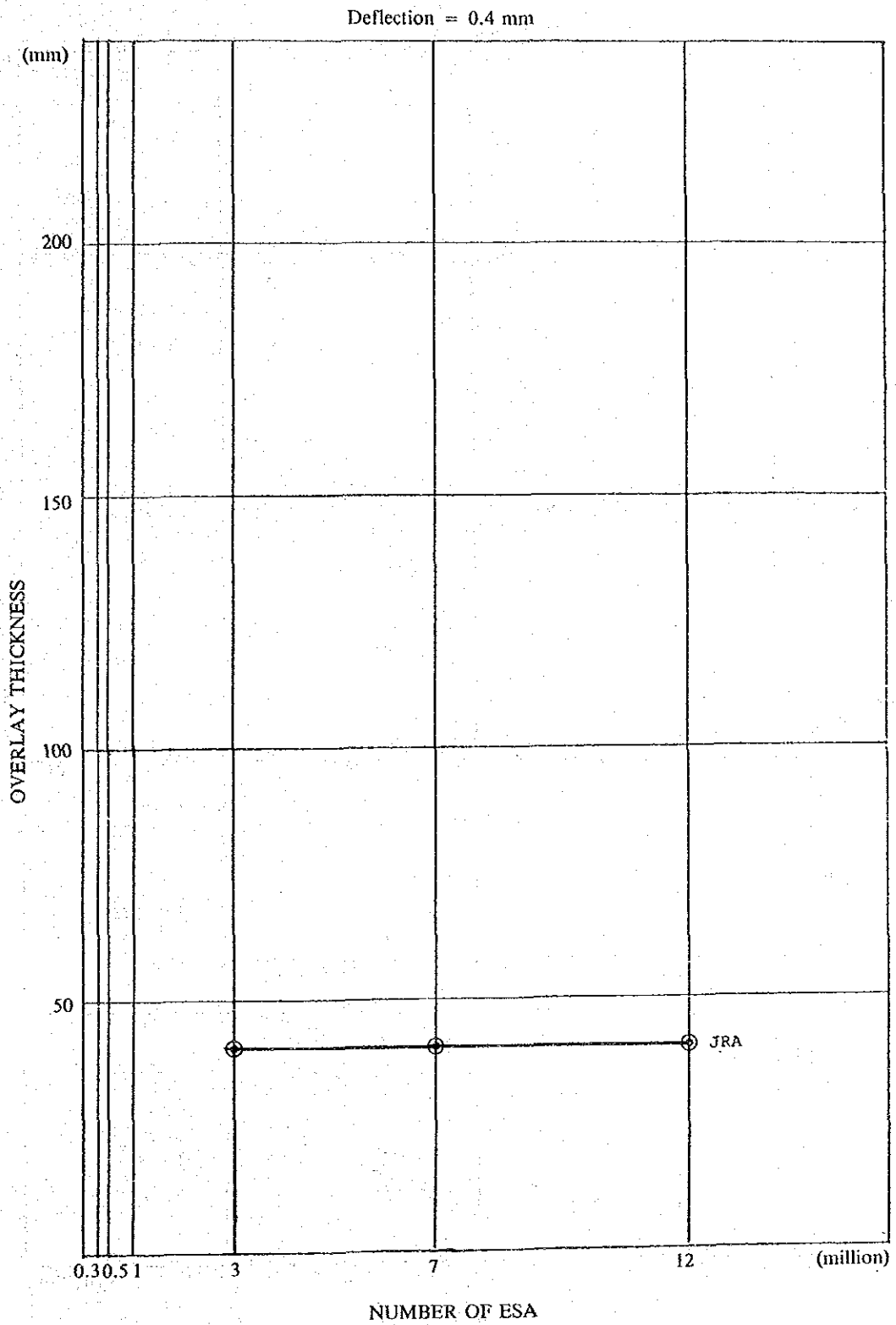


FIGURE 4.5.7 (1) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

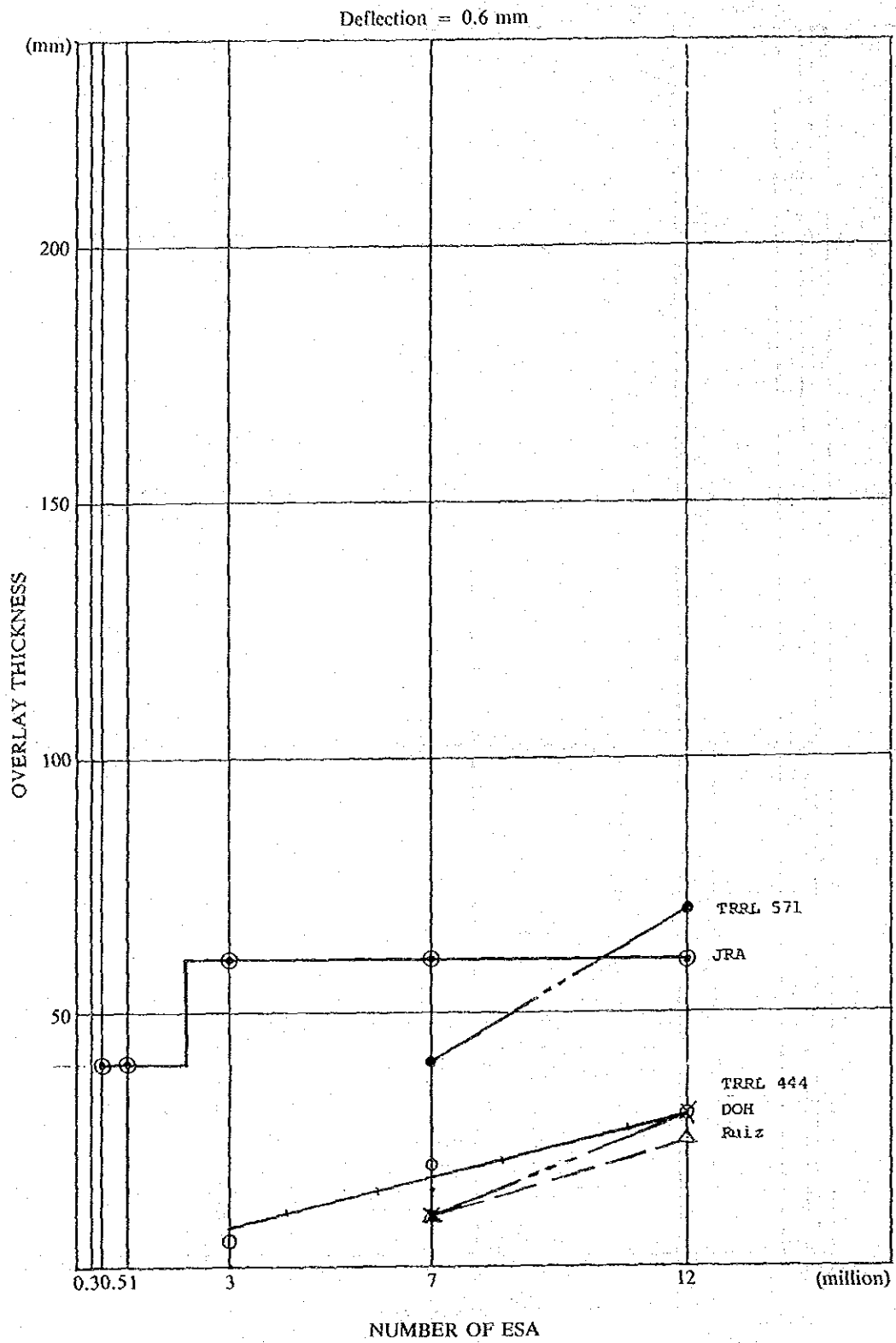


FIGURE 4.5.7 (2) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

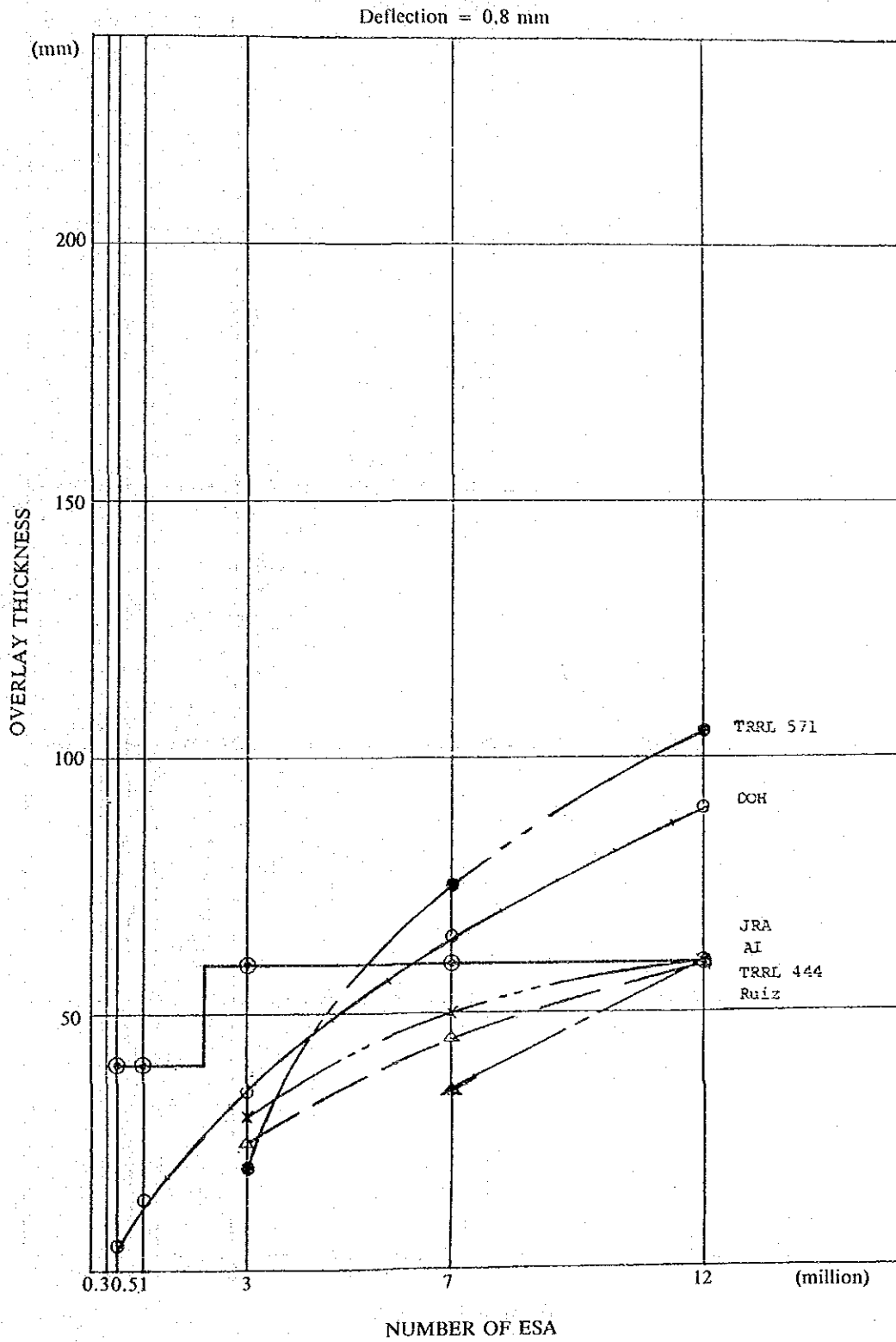


FIGURE 4.5.7 (3) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

Deflection = 1.0 mm

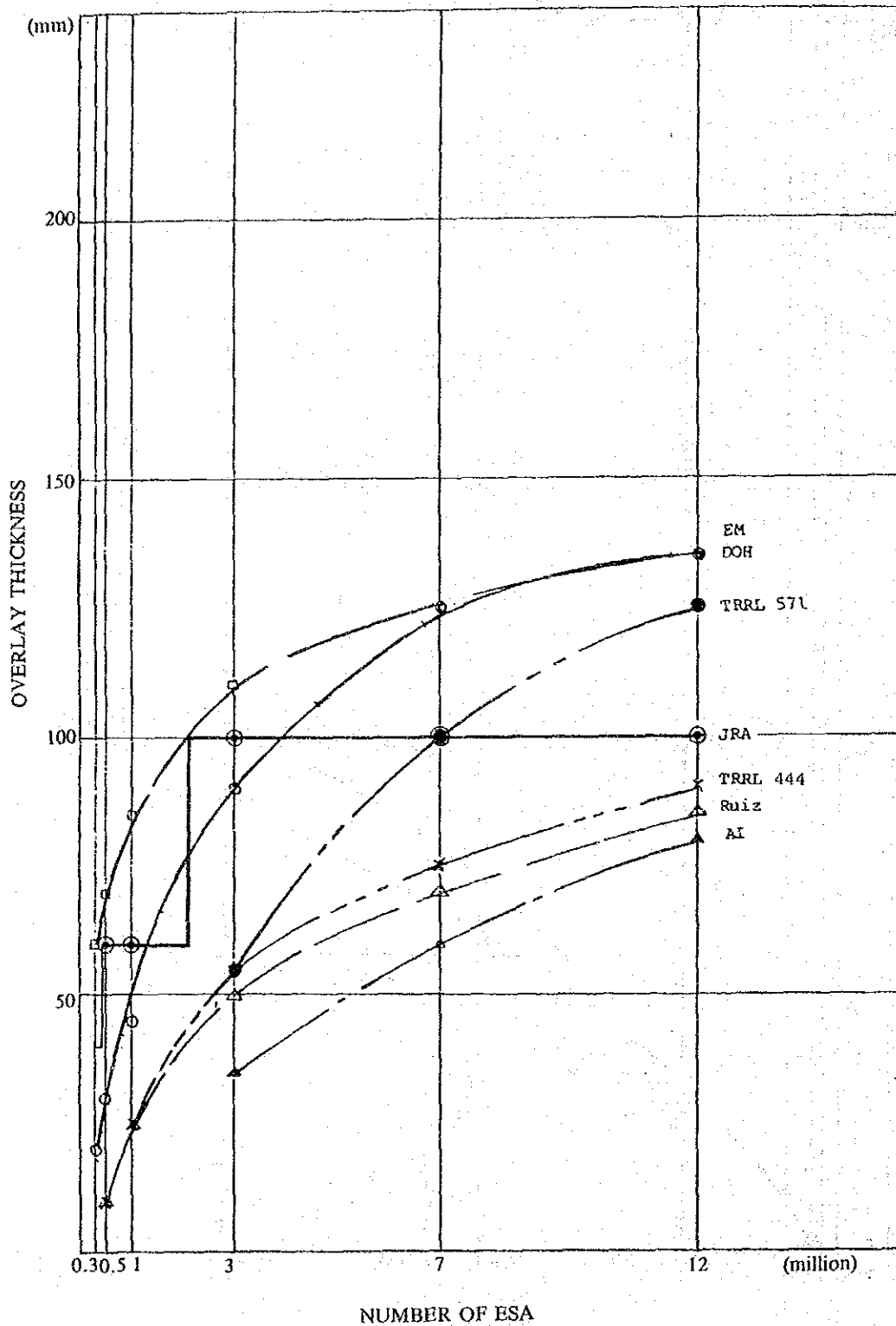


FIGURE 4.5.7 (4) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

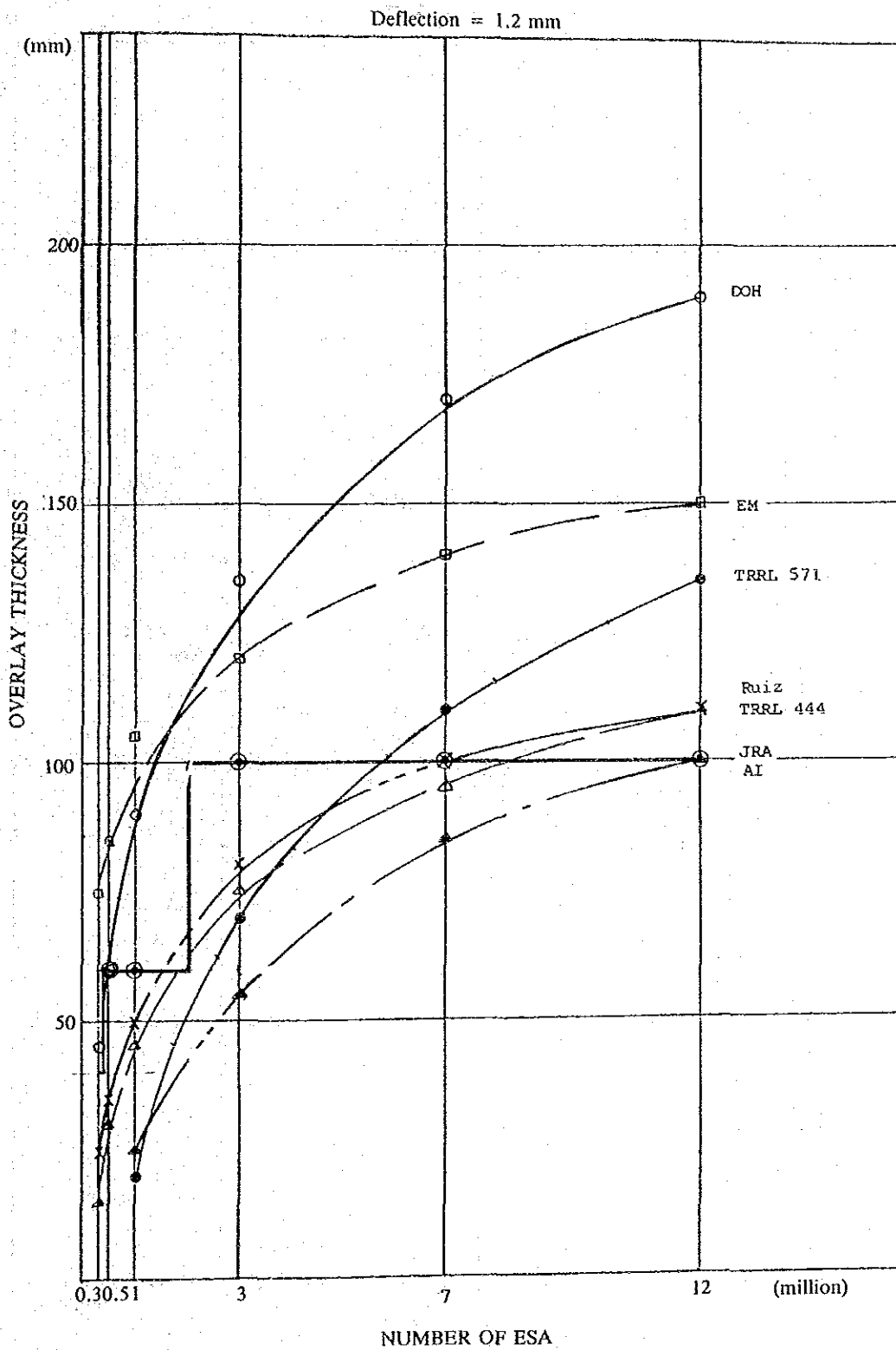


FIGURE 4.5.7 (5) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

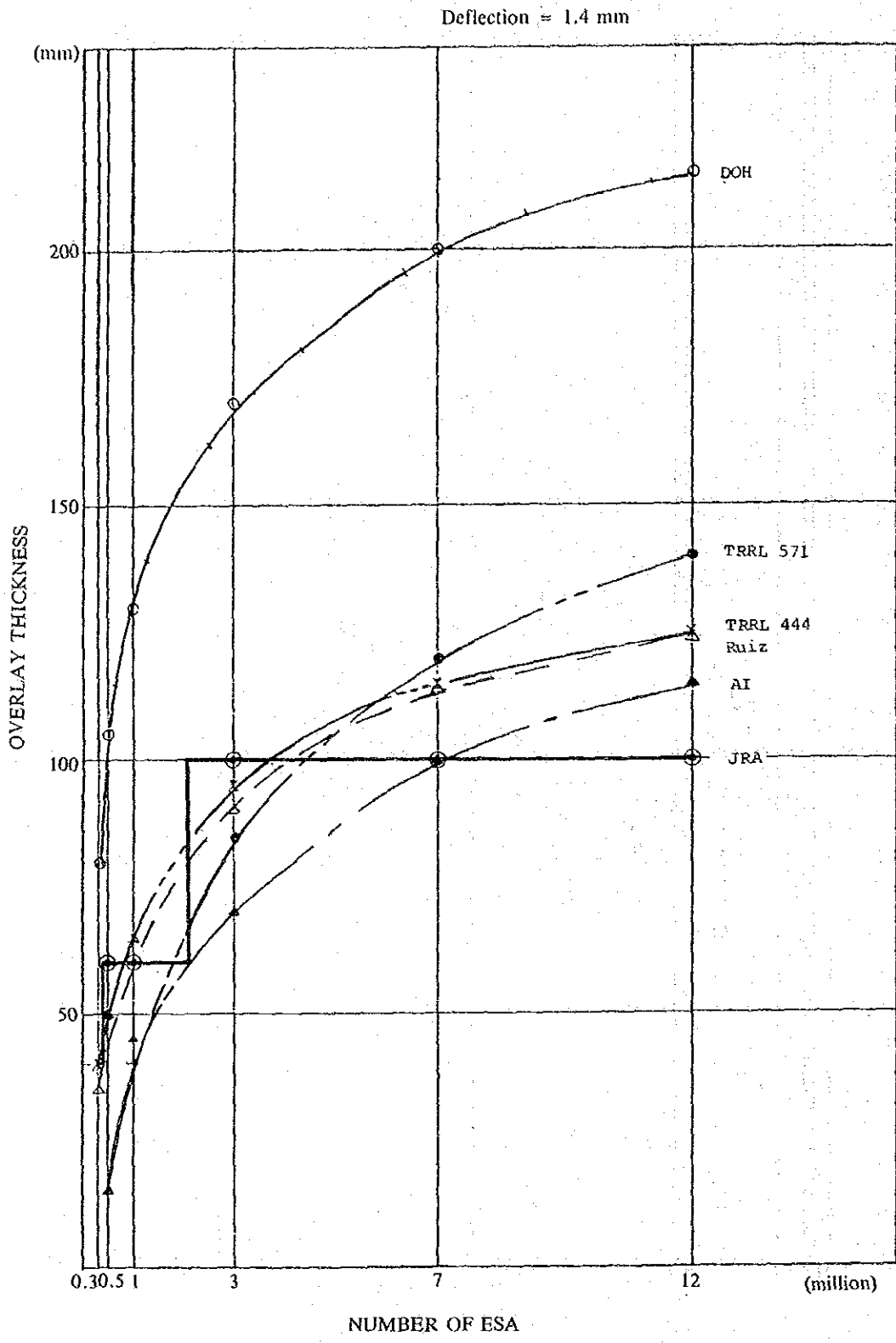


FIGURE 4.5.7(6) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

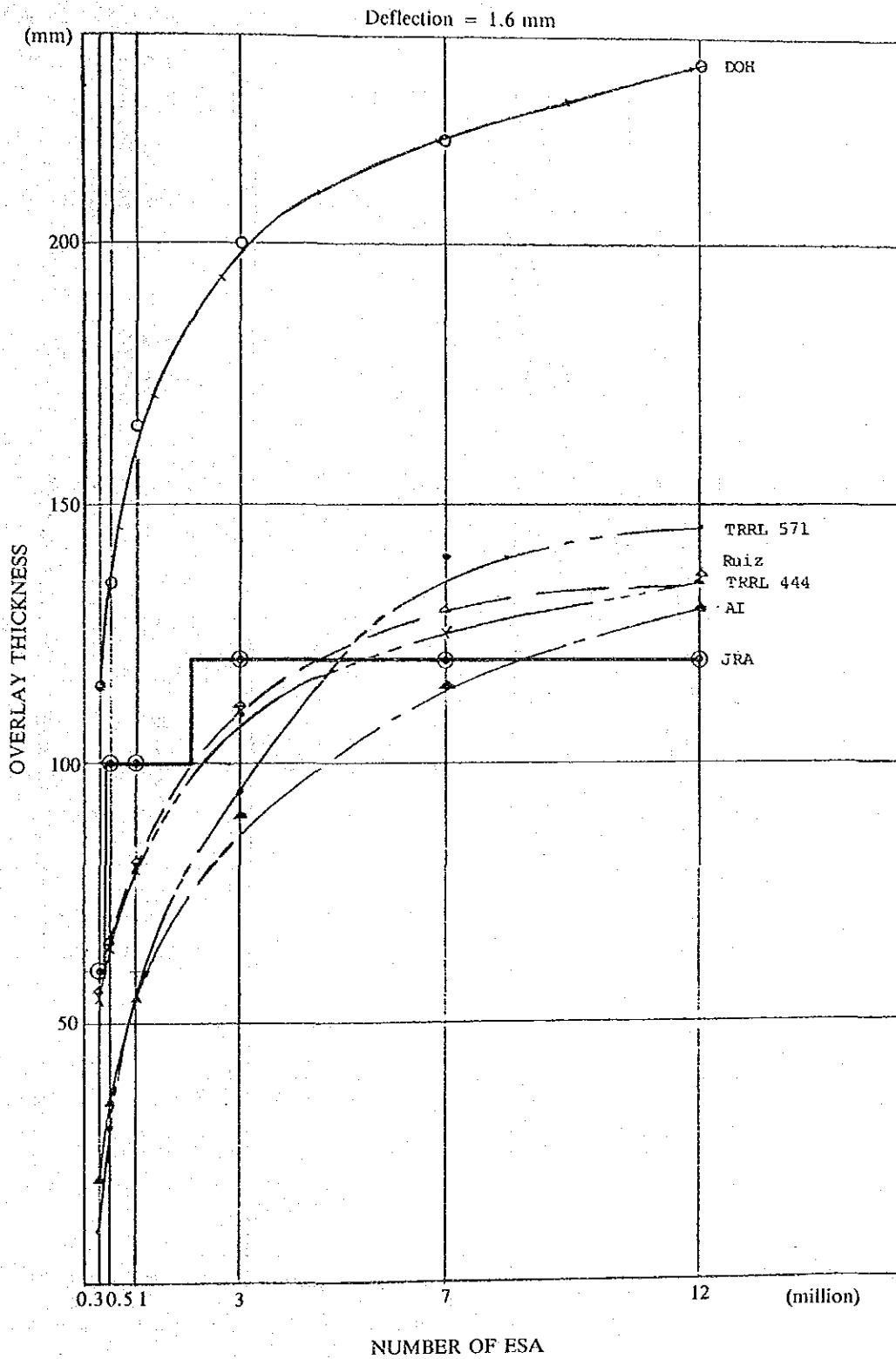


FIGURE 4.5.7 (7) OVERLAY THICKNESS BY DESIGN METHOD

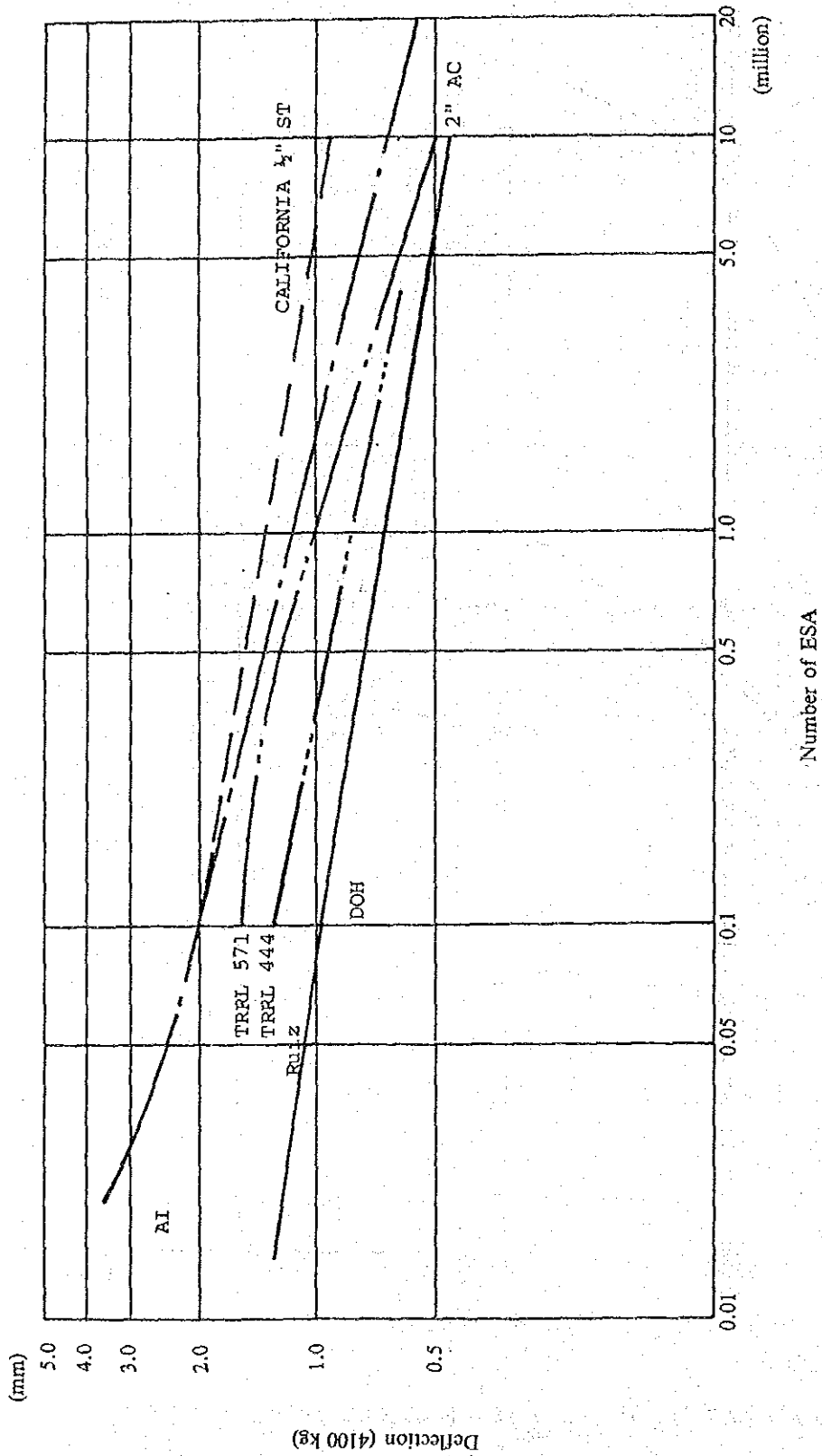


FIGURE 4.5.8 RELATIONSHIP BETWEEN DEFLECTION AND PAVEMENT LIFE

4.6 修繕計画および手順

修繕計画は次の三段階に分割される。

- 段階Ⅰ，修繕区間の選定
- 段階Ⅱ，修繕時期の決定
- 段階Ⅲ，修繕設計

図4.6.1に修繕計画のフローおよび各段階に含まれる実施項目を示す。各段階において考慮すべき点を以下に述べる。

4.6.1 修繕区間の選定

修繕区間の選定はPSIで表わされる舗装の供用性にもとづいて行なうべきである。たわみあるいはCBR値で表わされる舗装強度は修繕区間選定の要素とはならない。なぜならば、舗装の主目的は車両のスムーズかつ快適な走行を確保することであり、強度は単にこの機能を支持するに過ぎない。すなわち、舗装路面状態のみが交通走行条件に直接影響するからである。

舗装の供用性の評価には、目視によるPSIもしくはラフネスを採用することが望ましい。なぜなら、この2つの方法は短期間に、数多くの道路区間の評価を可能とするからである。

ラフネスは測定に使用する車両により異なる値となるので、測定には特定の車両を使うことが必要である。

PSIは路面の凹凸、ひびわれおよびパッチング面積、わだち掘れ深さ等の要因を考慮に入れた総合的な評価法であり、一方ラフネスは単に舗装路面の凹凸の程度を示しているにすぎない。しかしながら4.4.2で述べたように、PSIとラフネスの間には良好な相関が存在するので、PSIの代用としてラフネスを使っても実用上問題はない。

調査団は各地方局が管轄の道路の路面状況を目視によるPSIまたは特定車両に搭載したMRMによるラフネスによって評価し、その評価結果をもとに修繕区間選定のシステムを確立することを提言する。

目視によるPSIをもとに地方局で選定した結果を舗装専門家によって精査することも必要である。その場合、測定によるPSIの評価の実施も考えられる。ただし、測定によるPSIは、目視によるPSIが主観的調査であるので、その結果を照査するために適用するだけで十分である。

PSIあるいはラフネスで測定した結果は最終的にはPSIに統一して、路面状況別に道路区間进行分类する。ラフネスのPSIへの換算は4.4.2に示した式によって行なう。

AASHTOはPSI値2.5を修繕を必要とする限界値としている。しかし、本調査では、現地調査結果からPSI値2.0以下が極めて不良な路面、1.5以下が完全に破壊した路面であると認定した。したがって、PSI値2.0を早急に修繕を要する限界値として決定した。

4.6.2 修繕時期の決定

長期修繕計画策定のためには、現存舗装の修繕が必要となる時期の推定が必要である。過去の調査では、修繕時期の推定は、各設計図表に示された舗装の寿命を表わす限界線をもとに、限界線に達する総累積 E S A 数から供用開始から現時点までに通過した累積 E S A 数を差し引くという手法が取られていた。しかし、この手法には現在の路面の供用性が考慮されていないため、供用性の良好な舗装でも修繕を必要とするといった間違いをおかす。このことは 4.4.3 で述べたように、測定たわみ量と P S I の間には相関が認められないといった事実からも明らかである。そのため、本調査において、E S A およびたわみ量をもとに P S I の変化を算定するモデル式を開発し、これによって P S I が 2.0 となる時期を推定することにした。モデル式の詳細については 4.8.2 に記述する。

ケース・スタディ区間の修繕時期の推定は 4.8.1 に示したモデル式を用いて行なった。これによると P S I が 3.0 以上の舗装は日交通量が 800 台以下の場合には、A I 法では測定たわみ量が 0.6 mm 以下、D O H 法では 0.45 mm 以下の時には 7 年以内にオーバーレイをする必要はないという結果を得た。

4.6.3 オーバーレイ設計に対する考慮

オーバーレイ厚は、現在のたわみ量と予定供用期間における累積 E S A の予測値から算定することが出来る。算定したオーバー厚はさらに現場での施工上の制約条件、建設費、施工条件および過去の実績等の面から、実施する前に検討しなければならない。

日本および米国では、通常、設計で 50 mm 以上のオーバーレイ厚が算定されても、実際には 50 mm のオーバーレイ厚を限度として施工している。

設計によるオーバーレイ厚が非常に厚い場合には当然路床、路盤を含めた舗装打換えの比較検討が必要となろう。

一方、35 mm 以下のオーバーレイの施工は極めて難しい。したがって、算定したオーバーレイ厚が 35 mm 以下となった場合には、設計供用予定期間を延長して再設計することが望ましい。そうすれば、算定したオーバーレイ厚は施工可能な厚さになる。もし設計供用予定期間を 7 年以上としても 35 mm 以上のオーバーレイ厚が算定できない場合はオーバーレイはやめてシールコートにすれば良い。

1) Stage I

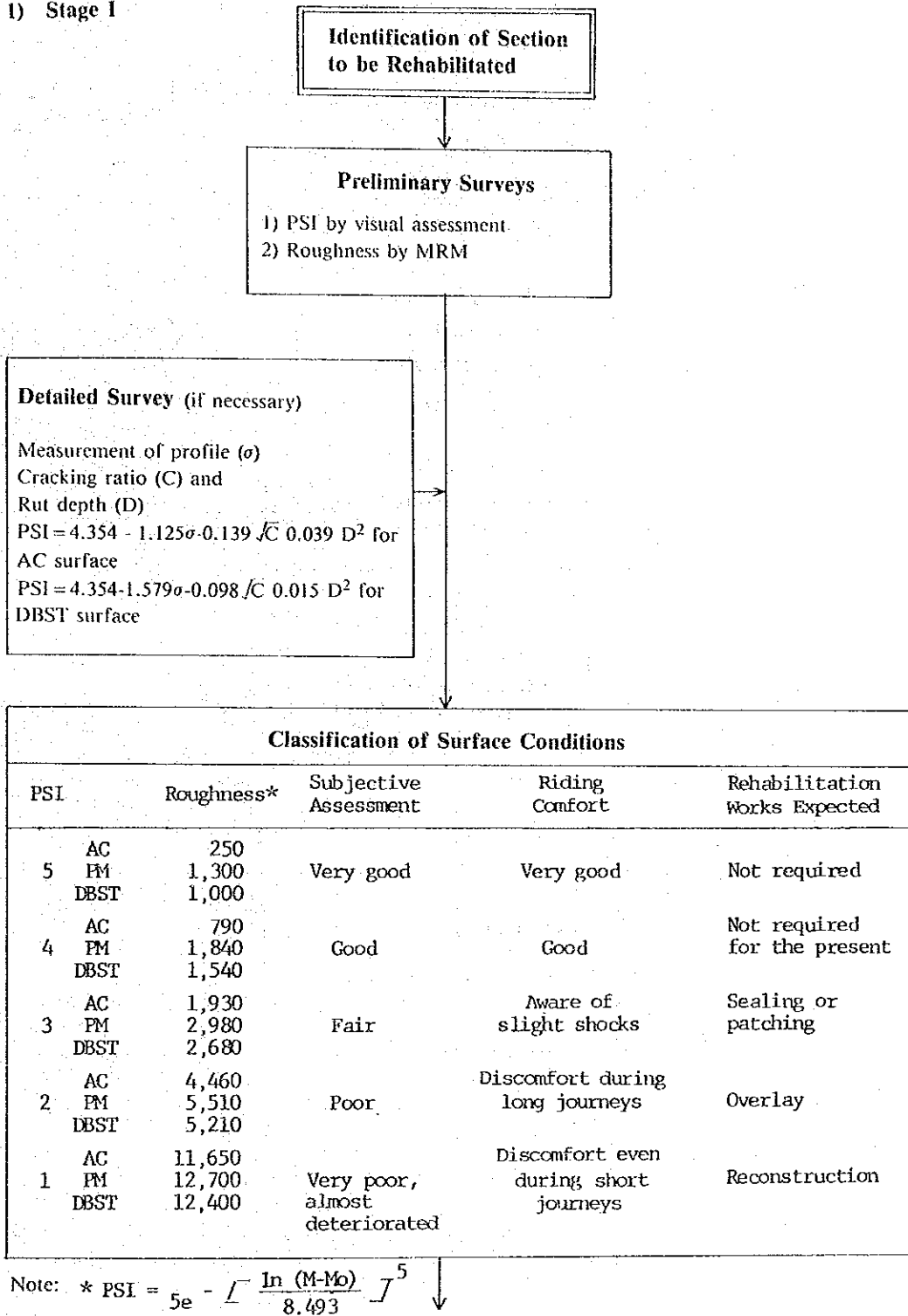


FIGURE 4.6.1 (1) REHABILITATION PLANNING PROCEDURES

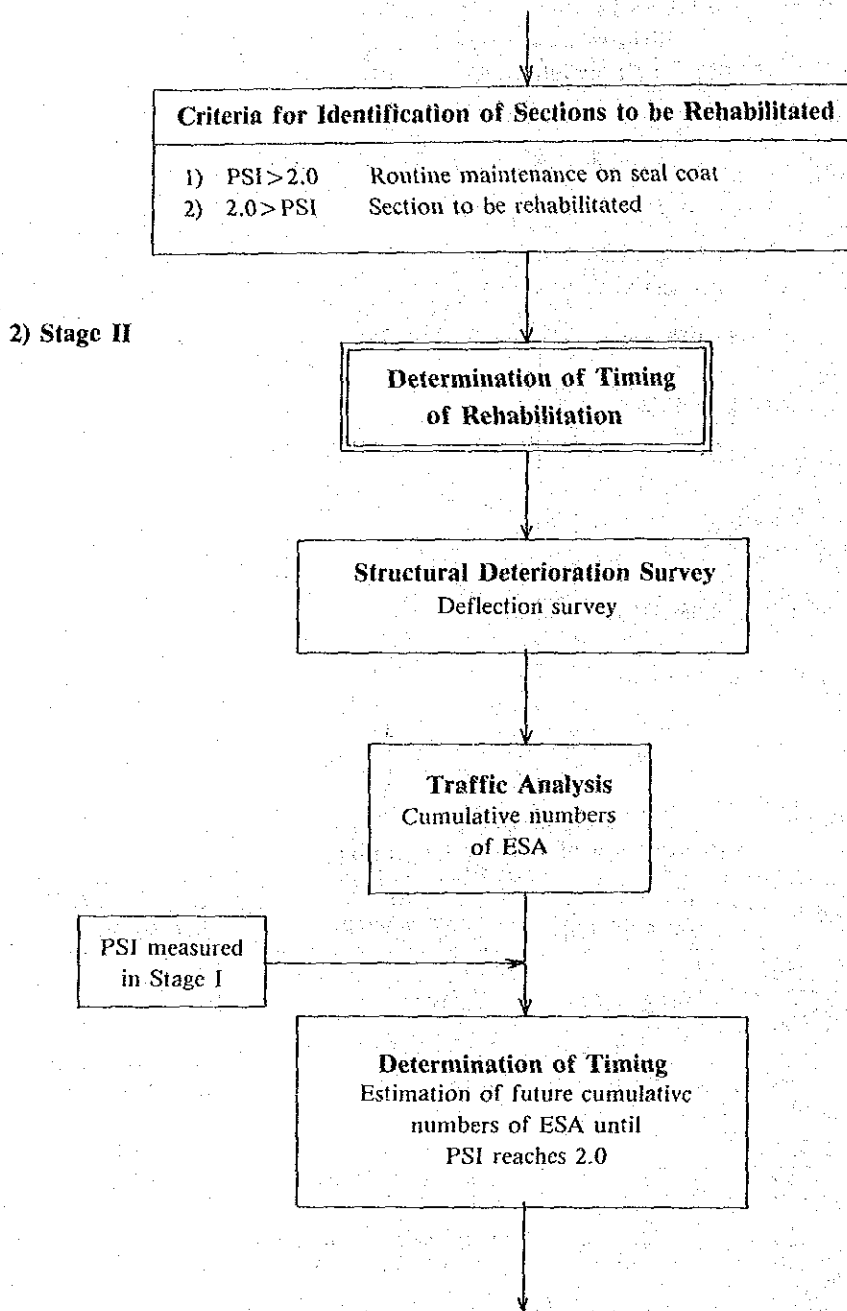


FIGURE 4.6.1 (2) REHABILITATION PLANNING PROCEDURES

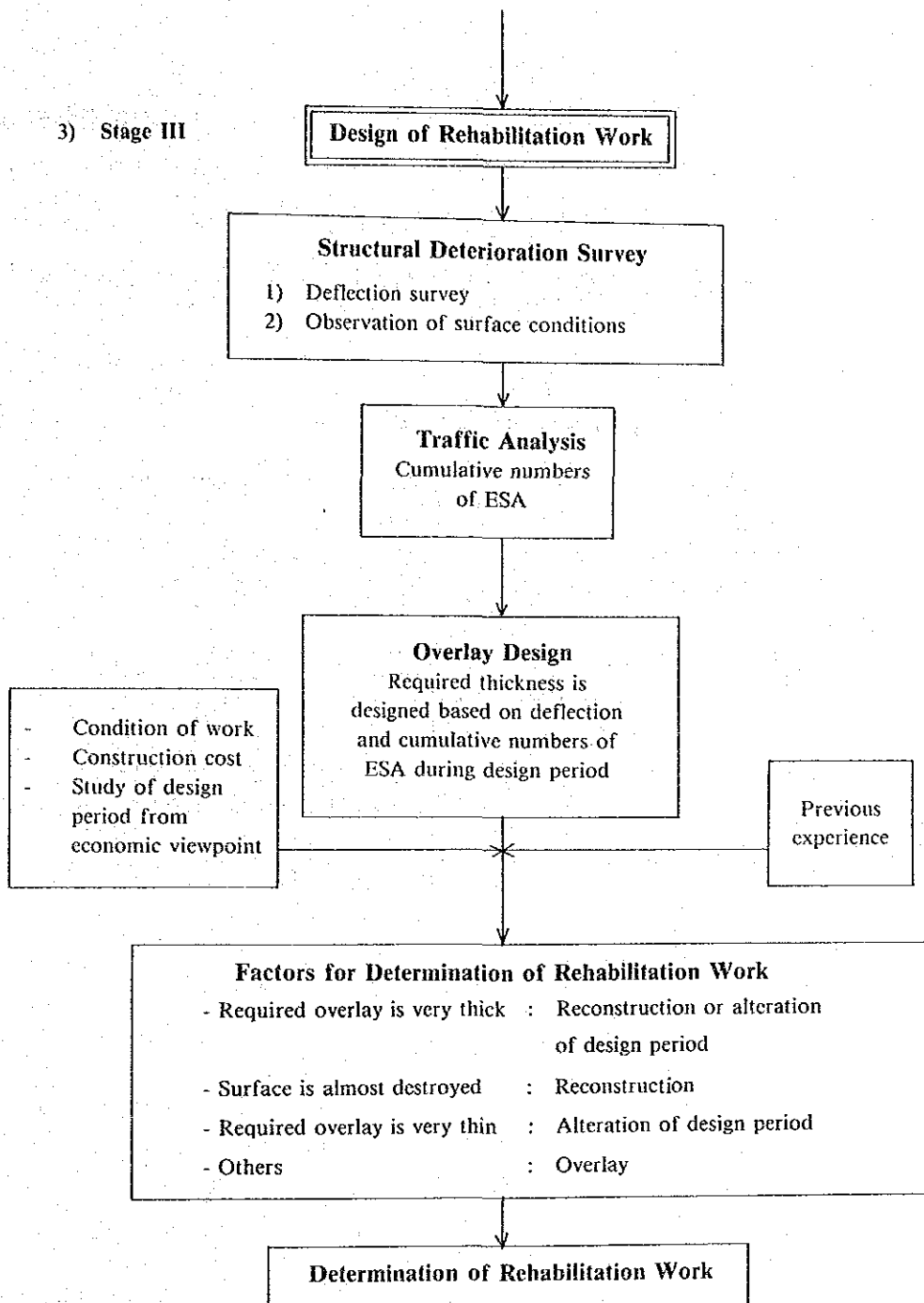


FIGURE 4.6.1 (3) REHABILITATION PLANNING PROCEDURES

4.7 建設費，維持費および道路利用者費用

4.7.1 建設費

建設費の項目には，アスファルト・オーバーレイ，タックコート，および路肩整備を含めた。所要オーバーレイ厚が120mm以上と算定された場合には，アスファルト・コンクリートによる50mmのオーバーレイと骨材路盤を組合せた舗装の打換えを計画した。

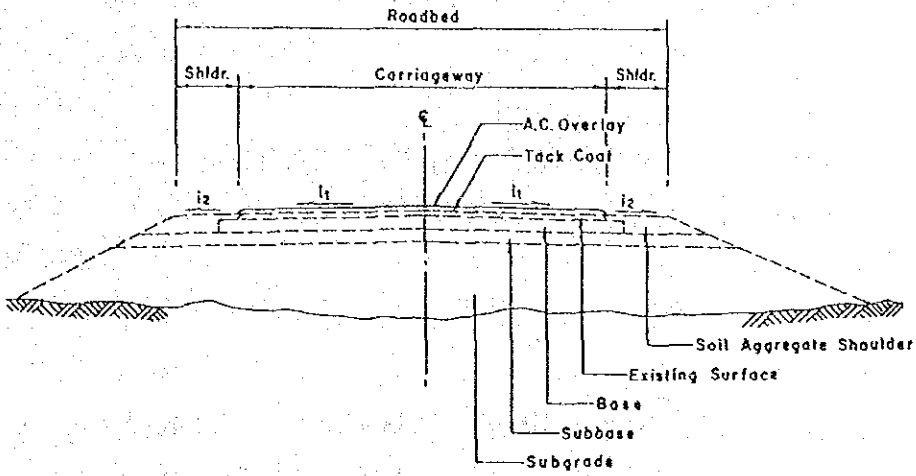
図4.7.1にオーバーレイおよび打換え区間の標準横断図を示す。雑工事費用は上記の直接工事の合計の7%とした。

UNIT COSTS BY WORK ITEM

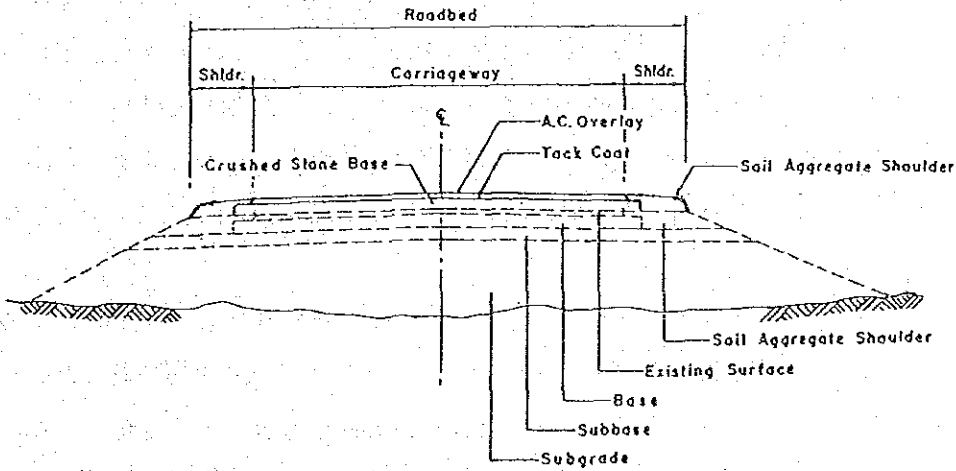
Item	Unit	Cost (baht)
Base Course		
Aggregate base	m ³	320
Shoulder, soil aggregate	m ³	120
Surface Course		
Asphalt concrete	ton	750
Tuck cost	m ³	12

打換え工事は現在のPSIが1.17であるRH27の18-19区間で計画した。なお修繕設計はAI法およびDOH法の両法を適用し行なった。

OVERLAY



OVERLAY WITH SHOULDERING



RECONSTRUCTION

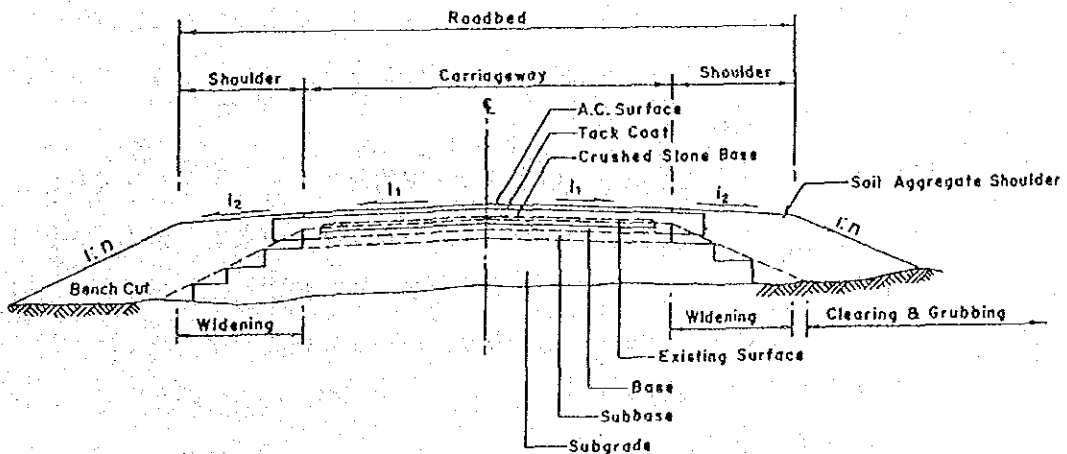


FIGURE 4.7.1 TYPICAL OVERLAY AND RECONSTRUCTION SECTIONS

4.7.2 維持管理費

道路局は最近、予算配分計画のためある道路区間の総維持費の算定できる算定式とその付属数表を作成した。この手順の詳細はHFSの報告書に述べられており、本報告書においても3.6.2にその概略を記述した。本調査での維持管理費はこの方式に準拠して算定された。

舗装道路用の算定式は次のとおりである。

$$\text{総維持管理費} = \text{標準費用} \times K_b \times \text{諸経費係数} \times (1 + \text{緊急災害費係数})$$

上記の式中の項目については現会計年度では次の数値が使われている。

標準費用：8,200 パーツ/km/年

諸経費係数：1.4

緊急災害費係数：0.15

上記数値を適用して算定した日常維持管理費は3,985 パーツ/km/年である。ケーススタディ区間の道路の1983年における平均ADTは1640台/日で、新設あるいは前回のオーバーレイよりの平均経過年数は9.9年であり、平均累積ESAは106万回であった。この条件での $X_1 \sim X_4$ 係数の和は K_b の合計値に対しては12.4%の比率となった。この比率によって算定した日常維持管理費は2,288 パーツ/km/年であり、古い道路としては標準的な値であると思われる。

英国の運輸道路研究所(ケニヤ法)は、ケニアでの調査で将来のパッチング量を予測して維持管理の作業量を推定する一連の数式を開発した。しかし、この式は過大な維持作業量を算定する傾向がある。

タイ国の舗装道路はケニヤ法でのストラクチャナンバーで表現すると3.0~4.0で建設されている。1979年における地方道路全体の平均ESAは245 ESA/回/片側であった。したがって累積ESAは500,000~1,000,000のオーダーとなる。これをもとにケニヤ法によってパッチング量を算定すると12.5~380 m³/km、平均196 m³/km/車線となる。単位面積当り平均パッチング費を135 パーツ/m²とすると、28,150 パーツ/kmとなり、道路局の実支出高より推定した維持管理費の7倍となる。この差は維持管理費の固定費分を考慮したとしても、あまりにも大きいと思われるので、ケニヤ法は採用しなかった。

それで日常維持管理費を算定するために以下のような現実的なアプローチをとり入れた。

4.8.2で述べるPSIの劣化モデル式を用い、あるたわみ量の舗装の最大累積ESA数は、実測たわみもしくはその後のオーバーレイの供用予定期間をもとに算定することができる。日常維持管理費はオーバーレイあるいは舗装の直後は0であり、供用予定期間の中間点では上記の平均値に達する。この間の維持管理費の増加は、累積ESAの一次関数になるものと仮定し、次の修繕工事評価モデルを設定した。

$$M = K \frac{2N}{N_{20}}$$

ここに、M：日常維持管理費 パーツ/km/年

N_{20} ：最大累積ESA (PSIが2.0となるまでの)

N : 現在の PSI 値から算定した前回のオーバーレイより現時点までの累積 ESA
 K : 定数, 2,288 パーツ

4.7.3 VOC

VOC の算定は次に述べる仮定にもとづいて実施した。

1) 車種

修繕評価のための車種分類は, 3.4.2 で述べた分類によらず, DOH で現在用いられている分類を適用した。

この2つの車種分類の関係は以下のとおりである。

RELATIONSHIP BETWEEN VEHICLE TYPE CLASSIFICATIONS

Classification by DOH	Classification in Section 3.4.2	
Car & Taxi (P/C)	100%	P/C
Light Bus (L/B)	24%	L/B
	76%	M/B
Heavy Bus (H/B)	100%	H/B
Light Truck (L/T)	88%	P/T
	12%	4/T
Medium Truck (M/T)	100%	6/T
Heavy Truck (H/T)	100%	10/T

2) VOC の構成項目の基準価格

DOH 分類による各車種における基準価格は, 3.4.2 に述べた数値をもとに算定した。

3) 道路クラス

舗装道路を PSI 値にもとづき, 3つのクラスすなわち, 良, 普通, 不良に分類した。走行速度は, 現地調査結果にもとづき決定した。道路のクラス分類に対応する走行速度は次表のとおりである。

AVERAGE TRAVEL SPEED BY ROAD CLASS
(ON LEVEL TANGENT ROADS) (Unit: km/h)

Vehicle Type	Paved		
	PSI \geq 3	3 > PSI > 2	2 \geq PSI
	Good (A)	Fair (B)	Poor (C)
P/C	80	64	40
L/B	72	56	40
H/B	72	56	40
L/T	72	56	40
M/T	64	56	40
H/T	64	56	40

3. 4. 7. に述べた道路クラスと当節で分類した道路クラスの関係は下記のとおりである。

RELATIONSHIP BETWEEN ROAD CLASSES

Classes in Section 3.4.3			Classes in this Section	
1.	Paved		(A)	Paved Good
2.	Laterite	Good	(B)	Paved Fair
3.	"	Fair		
4.	"	Poor	(C)	Paved Poor

4) 速度別, 路面状況別 V O C

燃料費を除く V O C の各構成項目の換算指標は, 車種分類および舗装道路の細分類の相違を勘案して 3. 4. 3 の数値を修正し, 決定した。

舗装道路の路面状況別燃料消費費用は, 4. 4. 6 節の燃料消費調査の結果を参照し, 解析した。ラフネスが 5,500 mm/km 以上の不良舗装道路での速度 48 km/h における燃料消費料は同速度での良好舗装道路より 24% 高く, また不良ラテライト道路での速度 48 km/h における燃料消費量は, 同速度での良好舗装道路より 20% 高いことが推測された。この推測から不良ラテライト道路に対応して定められている燃料消費係数をそのまま不良舗装道路に適用することとした。4. 4. 6 に述べた調査結果から, 良好および普通の状態の舗装道路での燃料消費量は同じであると仮定した。

上記の仮定にしたがって算定した路面状況別, 車種別 V O C を表 4. 7. 1 に示す。また適用した換算係数を Appendix 4. 7. 1 に示す。

TABLE 4.7.1 VEHICLE OPERATING COST ON LEVEL TANGENT ROADS

Road Class (A) : Paved Road — Good

(Unit: baht/km)

Vehicle Type	Speed (km/h)	Fuel	Oil	Tires and Tubes	Repairs and Maintenance	Depreciation and Interest	Overhead	Crew	Total
PC	80	0.5212	0.0311	0.0931	0.1545	1.0183	-	-	1.8182
LB	72	0.5943	0.0388	0.1881	0.4778	0.9619	0.0897	0.2100	2.5606
HB	72	1.1271	0.0692	0.3087	0.8498	1.3159	0.4692	0.3750	4.5149
LT	72	0.5408	0.0346	0.0904	0.2004	0.7156	-	0.0150	1.5968
MT	64	0.8478	0.0692	0.1332	0.4611	0.7552	0.1742	0.2812	2.7219
HT	64	1.3254	0.0692	0.4545	0.3394	1.1625	0.1624	0.3438	3.8572

Road Class (B) : Paved Road — Fair

(Unit: baht/km)

Vehicle Type	Speed (km/h)	Fuel	Oil	Tires and Tubes	Repairs and Maintenance	Depreciation and Interest	Overhead	Crew	Total
PC	64	0.4638	0.0336	0.0844	0.1468	1.0590	-	-	1.7876
LB	56	0.5170	0.0420	0.1721	0.4634	1.2400	0.1164	0.2700	2.8209
HB	56	1.0031	0.0747	0.2824	0.7988	1.7122	0.6093	0.4821	4.9626
LT	56	0.4705	0.0374	0.0827	0.1944	0.9277	-	0.0193	1.7320
MT	56	0.8202	0.0747	0.1378	0.4816	0.8770	0.1980	0.3214	2.9107
HT	56	1.2822	0.0747	0.4705	0.3545	1.3500	0.1846	0.3929	4.1094

Road Class (C) : Paved Road — Poor

(Unit: baht/km)

Vehicle Type	Speed (km/h)	Fuel	Oil	Tires and Tubes	Repairs and Maintenance	Depreciation and Interest	Overhead	Crew	Total
PC	40	0.5785	0.0445	0.1050	0.2070	1.3340	-	-	2.2690
LB	40	0.6300	0.0622	0.2450	0.7119	2.2598	0.1630	0.3780	4.4499
HB	40	1.5554	0.1107	0.4020	1.2747	3.1867	0.8530	0.6749	8.0574
LT	40	0.5733	0.0554	0.1177	0.2986	1.5373	-	0.0270	2.6093
MT	40	1.2717	0.1107	0.1962	0.7684	1.6321	0.2772	0.4500	4.7063
HT	40	1.9881	0.1107	0.6698	0.5656	2.5125	0.2584	0.5501	6.6552

4.8 経済評価

4.8.1 序 論

前節において、舗装修繕に関する現在の各種設計法の間には大きな差があることを明らかにした。本調査においては、各種の路面状況を持つ舗装ルートを調査の対象としたために、これらの設計法による結果の相違が特に大きいものとなった。このことによって、2つの疑問点が考えられた。1つは、各設計による経済費用、便益の差はどの程度の範囲にあるかということであり、他は最適の設計供用予定期間、すなわち長期の供用期間で設計することが良いのか、それを短期に別けて設計するのが良いのかということであった。

これらの疑問点を解明するため、本調査においてモデル式を開発した。このモデル式にはケース・スタディ区間の区間別修繕費、維持管理費および車両走行費を組み込み、7年間の供用期間における上記費用の総現在価値を比較できるようにした。また修繕を必要とする区間については、修繕費用と便益の比較ができるようにした。

比較の対象とした設計法は、DOH法、AI法である。前者はかなり厚いオーバーレイを算定し、後者は平均的なオーバーレイ厚を算定する設計法の代表的なものである。

4.8.2 モデル式

4.8.2.1 概 要

前節でケース・スタディ区間でのたわみとPSI値との間にはあまり相関のないことを示した。これは、たわみは通常の状態では供用期間の最終時点まで、ほぼ同じレベルにあるが、路面は、交通荷重の繰返し増によって次第に悪化するからである。したがって実測たわみ値は修繕時期決定の指標とはならない。調査団としては修繕時期は実際の路面状況より判断すべきであり、その最適の指標はPSIであるという考えをもっており、修繕計画モデル式は、PSIをもとに設定されるべきだと判断した。

モデル式で考慮した項目は次のとおりである。

入力データ

— 既存舗装強度

既存舗装の強度は実測たわみ値によって表わす。

— 交通荷重および将来予測

日ESAで表わされる交通荷重。将来予測については4.3で述べた。

— 各ケース・スタディ区間の実測PSI。実測PSIは4.2.1に記述した。

モデル式の決定項目

— オーバーレイ時期

PSIが2.0以下となる年次を決定する。

— 舗装の劣化

舗装のPSIの変化によって示し、前回のオーバーレイよりの経年数、累積交通荷重、および現在のたわみをもとに決定する。

— オーバーレイ設計期間および厚さ

現在のたわみ量より、4.8.2.3で述べた方法を用い、ある特定の設計期間に対応するオーバーレイ厚を決定する。

— 維持管理費および残存価値

維持管理費および残存価値は、それぞれ4.7.2、4.8.2.4で述べた方法で決定する。

— 車両走行費用

車両走行費用は4.7.3で述べた方法で決定する。

モデルによる計算は次の手順によって進める。

- ① 現在のPSIが低下して2.0（限界値）となる間の累積ESA数を算定する。
- ② 上記累積ESA数を交通予測結果をもとに1985年よりの年数に変換する。
- ③ 所要オーバーレイ厚を二方法（DOH法、AI法）で設計供用予定期間4年、7年のケースについて算定する。
- ④ 算定オーバーレイ厚が3.5cm以下の場合、3.5cmの厚さとなる設計供用予定期間を算定する。
- ⑤ オーバーレイの設計供用予定期が7年未満の場合は、2回目のオーバーレイを上記に述べたと同様の方法によって設計する。
- ⑥ オーバーレイを実施する年およびその工費を算定する。
- ⑦ オーバーレイ実施直後のPSIは5.0とし、供用予定期間の最終年のPSIは2.0となるという仮定のもとで、各年次のPSIを算定する。
- ⑧ 車両走行費をPSIで分類した路面状況別に算定する。
- ⑨ 維持管理費は累積ESAの関数として算定する。
- ⑩ 上記をもとに年別維持管理費および車両走行費を算定する。
- ⑪ オーバーレイをしない場合（ウイズアウトケース）の維持管理費および車両走行費を別の流れとして算定する。
- ⑫ ⑩と⑪の差をオーバーレイによる便益とする。もしオーバーレイの残存価値があれば7年度末に便益として計上する。
- ⑬ オーバーレイ実施年の工事費を算定する。
- ⑭ 費用および便益よりIRRならびに純現在価値を算定し、経済評価を行なう。
- ⑮ 全ルートと比較するために、オーバーレイ不要の区間を含む全区間についてのオーバーレイの総工費、車両走行費ならびに維持管理費を算定する。

モデル式の主目的は、対象とした2つのオーバーレイ設計法で算定した総工費を比較することにあることにある。

4.5.2に述べたように、この2つの設計法は、ある特定の設計期間に対して、極端に異なる

オーバーレイ厚を算定する。比較のために、舗装の劣化は、2つの設計法によって算定されたオーバーレイ厚が異なっているとしても、ある特定の供用期間に対しては同じであると仮定した。この仮定は、非現実的であるが、比較のためにはやむを得ないものと思われる。

4.8.2.2 舗装劣化

英国TRRLのケニア調査では、ラフネスで測定した舗装路面状況と前回のオーバーレイからの累積軸荷重には、一次式相関関数があるという結論を出している。これは次式で表わされる。

$$R = R_0 + KN \dots\dots\dots (1)$$

ここに R : 現在のラフネス値 (R = M, 4.4.2の式)

R₀ : 最初のラフネス (R = M₀, 4.4.2の式)

N : 累積軸荷重数

K : 定数

PSI とラフネス, R との間には 4.4.2 で示した次式が成立つ。

$$PSI = 5 e^{-\left[\frac{\ell_n (R - R_0)}{a}\right]^5} \dots\dots\dots (2)$$

式(1), (2)を合成して, PSI は累積軸荷重Nの関数として次のように表わせる。

$$PSI = 5 e^{-\left(\frac{\ell_n N}{a}\right)^5}$$

舗装の供用可能期間は PSI 2.0 に対するまで累積軸荷重数 N_{2.0} として表わせる。

$$a = \frac{\ell_n N_{2.0}}{\left[\ell_n \left(\frac{5}{2}\right)\right]^{1/5}}$$

AI 法, DOH法 規定のオーバーレイ設計図表は, あるたわみに対する許容最大累積軸荷重数を示している。この2つの設計図表より, 次式を導いた。

AI 法については

$$N_{2.0} = 15,692 \times 10^5 \times D^{-4.1545} + 11,340$$

DOH法については

$$N_{2.0} = 73468 D^{-6.15}$$

ここに, D : 温度補正後のたわみ (mm)

したがって

AI 法については,

$$PSI = 5 e^{-\left[\frac{\ell_n N}{1.0176 \ell_n (15,692 \times 10^5 \times D^{-4.1545} + 11340)}\right]^5}$$

DOH法については

$$PSI = 5 e^{-\left[\frac{\ell_n N}{11.40 - 6.258 \ell_n D}\right]^5}$$

上記式は、ある特定のたわみに対して累積軸荷重数が増加するにしたがって、PSIは低下するという形で舗装劣化の状況を表わす。

上記関係が既存舗装劣化の実情に合致すると仮定して、現在のPSIに対応する累積軸荷重が算定でき、さらに総供用期間の間の N_{20} と現在までの累積軸荷重 N との差から残存供用期間が算定できる。

上述の計算手順によると舗装修繕時期は、現在の路面状況、たわみ、および将来交通荷重をもとに決定できる。この方法の利点は、通常その推定が困難である過去の交通荷重の実績を必要としないことである。また、路面状態が良いにもかかわらず修繕工事を必要とするといった誤った結果を起すことはない。この誤りは現路面状態を基準としていない他の推定法においては、しばしば生ずる。

オーバーレイ後の舗装劣化の状態を推定するために、原理はほぼ同じであるが、やや異なった手順を適用した。

比較のため、オーバーレイ設計供用予定期間は任意の年数としたので、累積軸荷重数 N_{20} は直接、供用予定期間の年数から算定できた。供用期間の中間年次におけるPSIは、次式によって算定された。

$$PSI = 5 e^{-\left(\frac{\ell_n N}{a}\right)^5}$$

$$a = \ell_n N_{20} \left/ \left[\ell_n \left(\frac{5}{2}\right) \right]^{1/5} \right.$$

ここに、 N ：前回オーバーレイよりの累積軸荷重数

N_{20} ：設計供用予定期間中の累積軸荷重数

4.8.2.3 オーバーレイ設計

ケース・スタディ各区間の所要オーバーレイ厚は、AI法、DOH法を用い、現在の測定たわみ量および交通荷重をもとに算定した。オーバーレイ設計の過程の中で採り上げた項目および手順を次に述べる。

1) 設計たわみ量

現場での実測たわみ量をDOHで使われている下記の補正式を使って温度補正をした。

$$d = 0.0002 \times (90 - F_t)$$

ここに、 d ：補正係数(インチ)

F_t ：華氏による路面温度

各1km区間内20箇所の温度補正済たわみ量を平均し、その標準偏差を算定し、現在道路局で用いられている次式により設計たわみ量を算定した。

$$D = D_d + 1.5\sigma$$

ここに、 D_d ：設計たわみ量

D : 平均たわみ量

σ : 標準偏差

2) オーバーレイの設計手順

前述したとおり、オーバーレイの設計供用予定期間を7年とした場合(一層オーバーレイ・ケース)と7年の間に2回薄いオーバーレイを実施する場合(二層オーバーレイ・ケース)の2つのケースに分け、ケース・スタディー道路の各1km区間ごとにAI法、DOH法によりオーバーレイ厚を算定した。ある特定の設計供用予定期間に対応するオーバーレイ厚を決定するか、あるいは、ある特定オーバーレイ厚に対応する設計供用期間を決定するかの詳細な設計手順はAppendix 4.8.1および4.8.2に述べておいた。

一層オーバーレイ・ケース

- 7年の設計供用予定期間(L_0)の累積ESAおよび設計交通数(両数値とも N_0)を予測交通量より算定する(Appendix 4.3.1参照)。
- 所要オーバーレイ厚(T_{A0})はAI法の場合、図4.5.1、DOH法の場合、図4.5.4を適用、設計たわみ(D_d)および N_0 をもとに決定する。
- 算定オーバーレイ厚が35mm以下の場合には、オーバーレイ厚を35mmとし、図4.5.1もしくは図4.5.4より厚さ35mmに対応する N_0 を求め、35mmに対応する L_0 を再計算する。

二層オーバーレイ・ケース

a) 初回オーバーレイ

- 予測交通量より4年間の設計寿命(L_1)に対応する累積ESAおよび設計交通指数(N_1)を決定する。
- オーバーレイ厚(T_{A1})をAI法の場合図4.5.1、DOH法の場合図4.5.4を適用、 D_d と N_1 をもとに算定する。
- 一層オーバーレイのケースと同じように、算定オーバーレイ厚が35mm以下となった場合には T_{A1} を35mmとし、(L_1)を再計算する。

b) 2回目のオーバーレイ

- 7年の設計供用予定期間(L_0)に対するオーバーレイ厚(T_{A0})を算定する。
- 2回目のオーバーレイ厚(T_{A2})および設計供用予定期間(L_2)は次式により算定される。

$$L_2 = L_0 - L_1$$

$$N_2 = N_0 - N_1$$

$$T_{A2} = T_{A0} - 0.8 \times T_{A1}$$

- 算定 T_{A2} が35mm以下なら、 T_{A2} を35mmとし、前回のオーバーレイ厚(T_{A0}')を含む総厚を次式から求める。

$$T_{A0}' = T_{A2} + 0.8 \times T_{A1}$$

- T_{Ao}' 値 $ESA(N_0)$ および設計供用予定期間 (L_0') を図 4.5.1 および 4.5.4 を用い算定する。この算定 (L_0') は最初のオーバーレイからの年数である。
- 2 回目の 35 mm オバーレイ設計供用予定期間は総設計供用予定期間 (L_0') より最初のオーバーレイの設計供用予定期間 (L_1) を差引いて求める。

図 4.8.1 にオーバーレイ設計の手順を示す。

4.8.2.4 諸問題

1) 打換えの基準

AASHTO は PSI 1.5 を舗装の破壊としている。本調査においても、PSI 評価に従事した全採点者が PSI の 1.5 以下の舗装は打換えが必要であると判定した。したがって PSI 1.5 以下の区間は打換えが必要であるという結論に達した。

また算定オーバーレイ厚が 120 mm 以上となった場合には、既設舗装をとりこわし、厚さ 50 mm のアスファルト・コンクリート表層工と碎石路盤からなる舗装に置き換える計画とした。120 mm のアスファルト・コンクリートは碎石路盤の等値換算係数が 0.5 であるので、140 mm 厚の碎石路盤プラス 50 mm 厚のアスファルト・コンクリート表層からなる舗装構造と等値となる。

2) 残存価値

オーバーレイ残存価値はオーバーレイの設計供用予定期間の残存年数に比例するものとした。

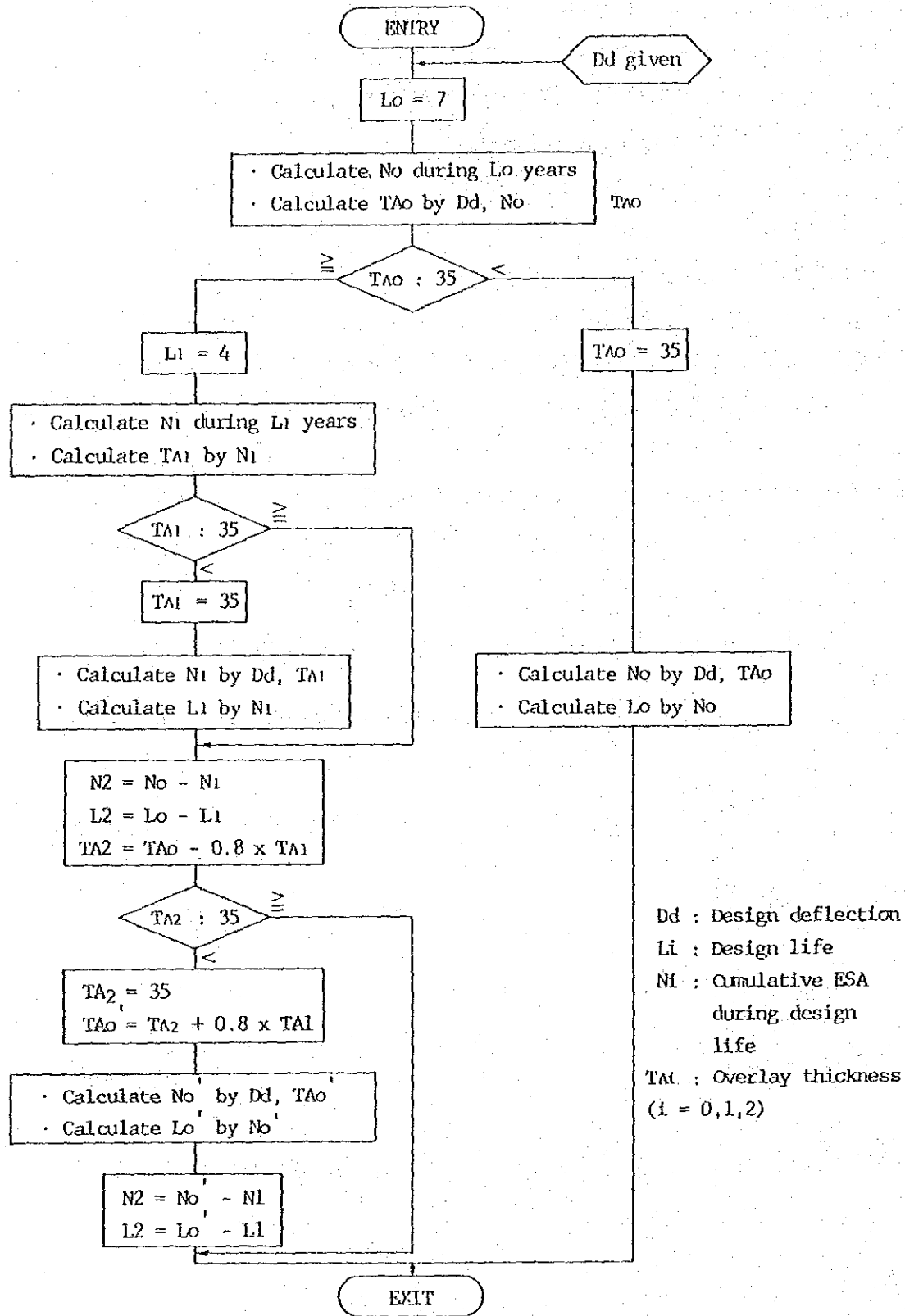


FIGURE 4.8.1 OVERLAY DESIGN PROCEDURES

4.8.3 AI法とDOH法との比較

オーバーレイの必要性の有無、実施時期および所要オーバーレイ厚を前節で述べたモデル式を用い、全ケース・スタディ区間について算定した。算定はAI法、DOH法の両方について行なった。その結果をAppendix 4.8.3に示す。

表4.8.1は上記2方法で算定した各ルートの上記オーバーレイの必要性の有無を要約して示したものである。これによると、7年の期間内にAI法では4ルート、22km、DOH法では6ルート、35kmの区間でオーバーレイが必要となる。

7年の設計供用予定期間を4年と3年に分けた段階施工では、AI法では6kmの区間、DOH法では19kmの区間がオーバーレイが必要と算定された。

設計供用予定期間を7年から4年に短縮しても、所要オーバーレイ厚は年数に比例して低減することはない。なぜなら2回目のオーバーレイ厚を算定する際、最初のオーバーレイは劣化していると考え、その厚さ20%減として計算しているため、初回および2回目のオーバーレイの合計厚は、7年の設計供用予定期間のオーバーレイ厚より、かなり厚くなるからである。

各ルートの上記オーバーレイの現在価値換算工費を表4.8.2に示す。全ケース・スタディー区間のオーバーレイの現在価値換算工費はAI法では762.8万バツであり、DOH法のその45%に過ぎない。

2層オーバーレイ・ケースの現在価値換算工費はAI法では、1層オーバーレイ・ケースより20%安くなる。しかし、DOH法では、2層オーバーレイ・ケースの現在価値換算工費は1層オーバーレイ・ケースの工費より2%高くなった。この違いは、DOH法でRH-27でかなり厚いオーバーレイが算定され、工費が非常に高くなったためと思われる。

両方法ともに、オーバーレイの工費はVOCと比較すると非常に小さい。全ルートの上記オーバーレイ現在価値換算工費は、オーバーレイ工費、車両争行費および維持管理費を含むプロジェクト費のおよそ1~2.5%に過ぎない。特に道路維持管理費はプロジェクト費の0.1%のオーダーもしくはそれ以下であり、評価の重要な要素にはならない。

結論として、DOH法は、AI法等の他の方法より2倍の工費を必要とすることが判明した。

4.8.4 設計供用予定期間の選択

7年以内に修繕を要するケース・スタディ区間について、7年の設計供用予定期間のオーバーレイ(1層オーバーレイ・ケース)と最初のオーバーレイの設計供用予定期間を4年として、3年の設計供用予定期間で算定した、2回目のオーバーレイを行なうケース(2層オーバーレイ・ケース)の2つのケースについて比較検討を行なった。両ケースともVOCおよび維持管理費の節減による便益を算定するために、ウイズアウトケースについてのVOCおよび維持管理費を求め、それをもとにNPVおよびIRRを算出した。

表4.8.3および4.8.4にAI法、DOH法による算定結果を区間別の費用、便益計算書をAppendix 4.8.4に示す。

TABLE 4.8.1 SUMMARY OF OVERLAY REQUIREMENTS

Route No.	Section	AI Method						DOR Method															
		One-Overlay Case			Two-Overlay Case			One-Overlay Case			Two-Overlay Case												
		Year	AC	BC	Year	AC	BC	Year	AC	BC	Year	AC	BC										
RT-224	14-15													1987	50	-	1987	35	-	1991	35	-	
	RH-21	No need for overlay						No need for overlay						No need for overlay									
RH-22	2-3	1986	55	-	1986	35	-	1986	35	-	1990	35	-	1986	35	-	1987	35	-	1990	35	-	
	5-6	1987	45	-	1987	35	-	1987	35	-	1992	35	-	1987	35	-	1987	35	-	1992	35	-	
	6-7	1990	35	-	1990	35	-	1990	35	-	1992	35	-	1990	35	-	1990	35	-	1992	35	-	
	-	No need for overlay						No need for overlay						No need for overlay									
RH-5	488-489	1985	35	-	1985	35	-	1985	85	-	1985	55	-	1985	55	-	1985	55	-	1989	40	-	
	489-490	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	490-491	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	491-492	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	492-493	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	493-494	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	494-495	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	495-496	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	496-497	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	497-498	1986	45	-	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1989	40	-	
RH-16	7-6	1989	35	-	1989	35	-	1989	35	-	1989	35	-	1989	35	-	1989	35	-	1990	35	-	
	8-6	1991	35	-	1991	35	-	1991	35	-	1991	35	-	1991	35	-	1991	35	-	1991	35	-	
	9-10	1985	35	-	1985	35	-	1985	40	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1991	35	-	
	10-11	1985	35	-	1985	35	-	1985	40	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1991	35	-	
	11-12	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1986	35	-	1991	35	-	
RH-25	10-11	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	11-12	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	12-13	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	13-14	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	14-15	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	15-16	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
	16-17	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1985	35	-	1989	40	-	
RH-27	9-10	1985	35	-	1985	35	-	1985	70	-	1985	50	-	1985	50	-	1985	50	-	1989	35	-	
	10-11	1985	35	-	1985	35	-	1985	60	-	1985	40	-	1985	40	-	1985	40	-	1989	35	-	
	11-12	1985	50	-	1985	35	-	1985	50	280	1985	50	240	1985	50	240	1985	50	240	1989	55	-	
	12-13	1988	45	-	1988	35	-	1988	50	230	1985	50	180	1985	50	180	1985	50	180	1989	50	-	
	13-14	1985	65	-	1985	45	-	1985	50	330	1985	50	300	1985	50	300	1985	50	300	1989	50	-	
	14-15	1985	65	-	1985	45	-	1985	50	330	1985	50	300	1985	50	300	1985	50	300	1989	55	-	
	15-16	1989	40	-	1989	35	-	1989	115	-	1988	90	-	1988	90	-	1988	90	-	1992	45	-	
	16-17	1985	55	-	1985	40	-	1985	50	200	1985	50	150	1985	50	150	1985	50	150	1989	50	-	
	17-18	1985	55	-	1985	40	-	1985	50	290	1985	50	250	1985	50	250	1985	50	250	1989	55	-	
18-19	1985	50	420	Reconstruction	1985	50	420	Reconstruction	1985	50	420	Reconstruction	1985	50	420	Reconstruction	1985	50	420	Reconstruction	1985	55	-

Note: AC: Asphalt concrete
BC: Base course

TABLE 4.8.2 SUMMARY OF TOTAL DISCOUNTED COSTS OF ROAD REHABILITATION

(Unit : thousand baht)

Route No.	Section	Length (km)	ADT	AI Method									
				ONE-OVERLAY CASE					TWO-OVERLAY CASE				
				Overlay Cost	VOC	RMC	Total	Overlay Cost	VOC	RMC	Total		
RT-224	10-20	10	3827	0	172,521	22	172,543	0	172,521	22	172,543		
RH- 21	120-133	13	2235	0	120,400	19	120,419	0	120,400	19	120,419		
RH- 22	0-8	8	3007	0	84,976	45	85,021	0	84,976	45	85,021		
RH- 5	20-39	19	1283	0	102,992	27	103,019	0	102,992	27	103,019		
RH- 12	488-498	10	1038	2,469	43,831	64	46,364	1,623	43,864	65	45,552		
RH- 16	7-12	10	1475	341	58,305	75	58,721	341	58,305	75	58,721		
RH- 25	13-18	10	1206	1,904	52,006	34	53,944	1,904	52,006	34	53,944		
RH- 27	9-19	10	813	2,914	31,089	82	34,085	2,232	31,032	80	33,344		
TOTAL		90		7,628	666,120	368	674,116	6,100	666,096	367	672,563		

DOH Method											
Route No.	Section	Length (km)	ADT	Overlay Cost	VOC	RMC	Total	Overlay Cost	VOC	RMC	Total
RI-224	10-20	10	3827	383	173,325	35	173,743	369	173,360	35	173,764
RH- 21	120-133	13	2235	0	120,475	21	120,496	0	120,475	21	120,496
RH- 22	0-8	8	3007	785	84,409	66	85,260	762	84,523	68	85,353
RH- 5	20-39	19	1283	0	103,465	35	103,500	0	103,465	35	103,500
RH- 12	488-498	10	1038	4,421	44,127	75	48,623	3,898	44,159	77	48,134
RH- 16	7-12	10	1475	1,479	58,433	75	59,987	1,459	58,378	73	59,908
RH- 25	13-18	10	1206	1,904	52,006	35	53,945	1,904	52,006	35	53,945
RH- 27	9-19	10	813	7,949	30,986	79	39,014	8,863	31,092	88	40,043
TOTAL		90		16,921	667,226	421	684,568	17,255	667,456	432	685,143

**TABLE 4.8.3 SUMMARY OF ECONOMIC EVALUATION FOR OVERLAY DESIGN
AI METHOD**

Route No.	Section	Overlay Year	ADT in Overlay Year	One-Overlay Case			Two-Overlay Case		
				Overlay Cost (baht)	NPV (baht)	IRR (%)	Overlay Cost (baht)	NPV (baht)	IRR (%)
RT - 224	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH - 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH - 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH - 12	488-489	1985	1,038	991,156	1,845,690	42.8	-	-	-
	489-490	1985	1,038	390,125	2,550,710	122.1	-	-	-
	490-491	1985	1,038	390,125	2,551,060	122.1	-	-	-
	494-495	1985	1,038	390,125	2,484,310	121.8	-	-	-
	496-497	1985	1,038	390,125	2,550,950	122.1	-	-	-
	497-498	1988	1,186	431,173	1,785,520	109.2	445,005	1,790,110	131.2
RH - 16	8- 9	1991	1,870	191,274	2,056,850	194.5	-	-	-
	10- 11	1985	1,475	377,540	3,238,340	154.7	-	-	-
RH - 25	10- 11	1985	1,206	314,617	3,496,230	191.0	-	-	-
	11- 12	1985	1,206	314,617	3,496,160	191.0	-	-	-
	12- 13	1985	1,206	314,617	3,496,100	191.0	-	-	-
	13- 14	1985	1,206	314,617	3,496,220	191.0	-	-	-
	14- 15	1985	1,206	314,617	3,496,000	190.9	-	-	-
	15- 16	1985	1,206	314,617	3,496,310	191.0	-	-	-
	16- 17	1985	1,206	314,617	3,495,810	190.9	-	-	-
RH - 27	10- 11	1985	813	314,617	1,834,980	111.7	-	-	-
	11- 12	1985	813	535,669	1,473,140	78.8	553,783	1,481,810	100.0
	12- 13	1985	941	347,720	1,282,280	100.0	312,541	1,342,370	124.2
	14- 15	1985	813	677,109	1,331,700	61.4	675,372	1,329,690	79.0
	16- 17	1989	979	280,502	1,235,970	115.7	279,054	1,260,940	129.6
	17- 18	1985	813	582,816	1,425,990	72.2	612,303	1,423,050	88.6
	18- 19	1985	813	1,061,740	947,071	28.8	-	-	-

**TABLE 4.8.4 SUMMARY OF ECONOMIC EVALUATION FOR OVERLAY DESIGN
DOH METHOD**

Route No.	Section	Overlay Year	ADT in Overlay Year	One-Overlay Case			Two-Overlay Case		
				Overlay Cost (baht)	NPV (baht)	IRR (%)	Overlay Cost (baht)	NPV (baht)	IRR (%)
RT - 224	14- 15	1987	4,187	512,438	9,673,360	425.3	540,647	9,608,730	568.8
RH - 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH - 22	2- 3	1986	2,707	520,371	5,583,080	246.3	518,820	5,567,000	355.6
	5- 6	1987	2,856	389,447	5,322,950	309.3	407,985	5,357,100	375.6
	6- 7	1990	3,293	178,522	4,551,430	440.6	-	-	-
RH - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH - 12	488-489	1985	1,038	991,156	1,760,050	41.6	-	-	-
	489-490	1985	1,038	406,578	2,390,450	120.8	-	-	-
	490-491	1985	1,038	390,125	2,447,350	121.5	-	-	-
	491-492	1991	1,334	336,519	1,438,430	112.1	328,178	1,441,000	147.9
	493-494	1986	1,084	697,459	1,864,850	77.1	721,978	1,834,930	103.5
	494-495	1985	1,038	722,691	2,028,510	79.8	778,999	1,967,080	98.7
	495-496	1988	1,186	330,382	1,886,860	135.7	-	-	-
	496-497	1985	1,038	390,125	2,446,850	121.5	-	-	-
	497-498	1985	1,038	1,210,190	1,541,020	45.3	1,506,910	1,238,310	43.3
RH - 16	7- 8	1989	1,736	285,469	2,220,630	178.5	-	-	-
	8- 9	1985	1,475	586,226	2,793,390	122.5	605,032	2,803,470	147.3
	9- 10	1991	1,870	218,163	1,934,230	192.2	-	-	-
	10- 11	1985	1,475	529,650	2,849,960	135.6	534,608	2,888,040	151.7
	11- 12	1986	1,539	384,477	2,757,670	158.6	-	-	-
RH - 25	10- 11	1985	1,206	314,617	3,496,300	191.0	-	-	-
	11- 12	1985	1,206	314,617	3,496,150	191.0	-	-	-
	12- 13	1985	1,206	314,617	3,495,990	190.9	-	-	-
	13- 14	1985	1,206	314,617	3,496,270	191.0	-	-	-
	14- 15	1985	1,206	314,617	3,495,730	190.9	-	-	-
	15- 16	1985	1,206	314,617	3,496,400	191.0	-	-	-
	16- 17	1985	1,206	314,617	3,495,210	190.9	-	-	-
RH - 27	9- 10	1988	941	515,511	1,114,490	66.2	559,607	1,065,980	83.1
	10- 11	1985	813	629,962	1,378,850	66.4	652,109	1,352,650	87.9
	11- 12	1985	813	1,099,770	909,037	34.6	1,391,410	612,626	29.2
	12- 13	1985	813	1,001,330	1,007,480	39.0	1,243,320	760,717	35.6
	13- 14	1985	813	1,198,210	810,597	30.8	1,509,540	494,498	24.7
	14- 15	1985	813	1,198,210	810,597	30.8	1,509,540	494,498	24.7
	15- 16	1988	941	817,535	812,462	38.9	870,727	754,644	43.7
	16- 17	1985	813	942,269	1,066,540	42.1	1,184,260	819,781	39.0
	17- 18	1985	813	1,119,460	889,349	33.8	1,411,100	592,938	28.4
	18- 19	1985	813	1,061,740	947,071	28.8	-	-	-

IRRの算定値は高く、おおむねADTに比例しており、その1/10のオーダーとなっている。高いIRRが算定される理由は、VOCの節減による便益が良好な舗装道とラテライト道路のVOCの差のオーダーとなっていることによる。この便益は通常、新設舗装道を建設するに十分なものであるが、オーバーレイに要する工費は新設舗装道建設費の一部分に過ぎないため、算定されたIRRは高いものとなる。

IRRおよびNPVによる両ケース（1層オーバーレイケースと2層オーバーレイケース）の順位がしばしば逆転していることは注目すべきことである。例えば、表4.8.3によると、RH-27区間14-15の場合、NPVは、1層オーバーレイ・ケースの方が高いが、IRRは2層オーバーレイ・ケースの方が高い。

この現象は、両ケースの費用支出の時点の相違によって発生する。前者は、最初に大きい投資を必要とし、その後は投資の必要がない。一方、後者は途中でまた投資が必要となる。このように、2段階の投資を必要とする場合はNPVを比較の主要指数とすべきであり、IRRは適切でないと思われる。

両ケースのNPVの差は、AI法の場合かなり小さく、1層オーバーレイ・ケースのNPVは2層オーバーレイ・ケースのNPVに対して低い方で4.7%、高い方で0.2%である（表4.8.4参照）。

DOH法では、NPVによる評価は1層オーバーレイ・ケースの方が高い。多くの区間で、1層オーバーレイ・ケースのNPVは2層オーバーレイ・ケースのNPVの39%以上となっている。

2回目のオーバーレイにおいて発生する支出は年利12%で割引きされるので、この現象は奇妙に思われる。しかし、7年より4年に設計供用予定期間を短縮しても、それに比例して総オーバーレイ厚は薄くならない。これは所要オーバーレイ厚が特に厚くなる場合に顕著である。例えば、DOH法によるRH-27 18-19区間の所要オーバーレイ厚は、7年の設計供用予定期間で190mmであり、それを4年の設計供用予定期間で設計してもわずか20mmしか薄くならない。オーバーレイの工費は基本的には厚さに比例している。2回目のオーバーレイ厚を決定する時には、1回目のオーバーレイの強度低下を2回目のオーバーレイの厚さを追加することによって補強する必要がある。したがってオーバーレイ現在価値換算工費の節減は、設計供用予定期間を短期間に分割したとしても期待できず、しばしばマイナスの効果となることがある。

また、オーバーレイ工事の実施面での問題も考慮に入れる必要がある。オーバーレイの設計供用予定期間を短縮すれば、オーバーレイの回数が増加し、その施工に当る地方局に余分の負担がかかることになる。

こうした観点から調査団は7年の設計供用予定期間でのオーバーレイ設計を提言する。

4.8.5. 拡幅を伴う修繕

ケーススタディー道路の中に、舗装幅員が規格より狭く、拡幅を必要とする区間が含まれてい

る。この区間を表 4.8.5 に示す。

その一例として、RH-25 について拡幅のフィージビリティを検討した。

RH-25 の現在日交通量は 1,206 台/日で、舗装幅員 6.0 m、路肩幅員 2.0 m の F3 規格を満足する必要がある。しかし、現在の舗装、路肩幅員は、その全線 10 km 区間を通して、それぞれ 5.0 m、1.5 m である。

したがって盛土を両側に 0.5 m、平均高 1.0 m で拡幅する必要があり、さらに厚さ 35 mm、幅員 6 m のアスファルト・コンクリートをタックコート散布後、布設する必要がある。この工事費は次のように算定される。

オーバーレイ	6 m × 10 km × 35 mm × 2.35 × 750 パーツ/トン
タックコート	6 m × 10 km × 12 パーツ/m ²
土工追加工事	0.5 m × 1 m × 10 km × 2 × 120 パーツ/m ²
雑工事	7%
合計	6,014,740 パーツ

平均的な舗装の現況は次のとおりである。

PSI : 1,901

たわみ : 0.3471 mm (実測)

0.5296 mm (設計)

前述のモデル式を適用して IRR を計算した。表 4.8.6 にその結果を示す。

拡幅を伴う工事の IRR は 127% で、オーバーレイの場合の IRR 191% と比較してやや低くなるが、RH-25 の拡幅は経済的にフィージブルである。

TABLE 4.8.5 WIDENING REQUIREMENTS

Route No.	Existing Width		Widening Year	Desired Width		Remarks
	Pavement (cm)	Shoulder (cm)		Pavement (cm)	Shoulder (cm)	
RT-224	6.0	1.5	1986	7.0	2.5	-
RH-21	7.0	2.5	-	-	-	After year 2014
RH-22	5.0	1.5	1985	6.5	2.25	-
RH-5	6.0	1.0	1985	6.0	2.0	Shoulder only
RH-12	6.2	1.5	1985	6.0	2.0	Shoulder only
RH-16	6.0	1.5	1985	6.0	2.0	Shoulder only
RH-25	5.0	2.0	1985	6.0	2.0	-
RH-27	5.0	1.0	1990	6.0	2.0	-

TABLE 4.8.6 ECONOMIC EVALUATION FOR OVERLAY DESIGN (WIDENING)

Study Route : RH-25 (2071-0100)

Section: 7-17

Surface Type : DT/ST

Width of Road : 6.0 m

AI METHOD

One-Overlay Case (Unit: baht)

Year	ADT	Cumulative ESA (thousand)	PSI	Costs		Benefits		
				Overlay Cost	VOC Saving	RMC Saving	Total	
1985	1206	111	4.6	6,014,740	7,274,180	45,685	7,319,860	
1986	1271	229	4.3	-	7,664,620	45,581	7,710,150	
1987	1339	352	4.2	-	8,061,610	45,368	8,106,980	
1988	1414	481	4.0	-	8,514,500	45,198	8,559,700	
1989	1478	616	4.0	-	8,900,900	45,020	8,945,920	
1990	1544	757	3.9	-	9,290,590	44,833	9,335,430	
1991	1614	904	3.8	-3,350,630	9,705,130	44,639	9,749,700	
Total					2,664,110	59,411,500	316,274	59,727,800
Discounted Total					4,661,480	37,901,800	206,555	38,108,400

NPV : 33,446,900

B/C Ratio : 8.2

IRR : 126.9 %

DOH METHOD

One-Overlay Case (Unit: baht)

Year	ADT	Cumulative ESA (thousand)	PSI	Costs		Benefits		
				Overlay Cost	VOC Saving	RMC Saving	Total	
1985	1206	111	4.6	6,014,740	7,274,180	45,702	7,319,880	
1986	1271	229	4.4	-	7,664,620	45,581	7,710,200	
1987	1339	352	4.2	-	8,061,610	45,455	8,107,070	
1988	1414	481	4.1	-	8,514,500	45,322	8,559,830	
1989	1478	616	4.0	-	8,900,900	45,184	8,946,090	
1990	1544	757	3.9	-	9,290,590	45,039	9,335,630	
1991	1614	904	3.9	-3,350,630	9,705,130	44,887	9,750,020	
Total					2,664,110	59,411,500	317,170	59,728,700
Discounted Total					4,661,480	37,901,800	207,061	38,108,900

NPV : 33,447,400

B/C Ratio : 8.2

IRR : 126.9 %

4.9 結 論

修繕ルートに関する検討結果の結論は以下のとおりである。

- 1) 舗装路面状態とたわみとの間には相関は認められない。
- 2) したがって、修繕の必要性有無は、PSI等の路面の供用性の評価をまず行ない、それによって判断すべきである。
- 3) ケーススタディ区間の舗装の修繕は、極めて経済的である。
- 4) 修繕内容、特にオーバーレイの所要厚は、設計法によって大きく異なる。

いずれの設計法を適用した場合でも、7年の設計供用予定期間で設計した方が、4年、3年とそれを分割した段階施工より有利である。

机上での比較検討のみから、最適のオーバーレイ設計法を選定することは難しい。選定は各種条件下で施工されたオーバーレイの実際の劣化の推移を観測分析して、その結果をもとに行なわれるべきである。

日本および米国でのオーバーレイ実施例では、設計で5 cm以上のオーバーレイが算定されても最大厚を5 cmに限定して施工しているケースが多い。長年の経験を通して、これが現実的であると考えられている。

オーバーレイの設計法は同一の判断基準でエンジニアであれば、誰でもそれによって設計ができるような簡単で、かつ実際には施工しないような極端に厚いオーバーレイ厚を算定しないものであることが望ましい。

この観点から、タイ国に適合したタイ国独自の、簡単に誰でも利用できる設計法が将来作成設定されることを提言する。その作成に際しては、簡易にまとめられているJRA法などが参考となろう。

JICA