

タイ 国

東北部道路網整備計画調査

(フェイズII)

報告書

テキスト

昭和60年7月

国際協力事業団

開 一

図表 (5)

85 - 70

JICA LIBRARY



1030881[5]

タイ 国

東北部道路網整備計画調査

(フェイズII)

報 告 書

テ キ ス ト

昭和60年7月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85.10.14	122
	71
登録No. 12056	SDF

序 文

日本国政府は、タイ王国政府の要請に応じて、同国東北部道路網整備計画調査（フェイズⅡ）を行うことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

当事業団は、昭和59年7月8日から昭和60年3月14日まで土肥正彦氏を団長とする調査団を現地へ派遣した。

調査団は、タイ国政府関係者と意見を交換し、現地調査を実施した。今般、帰国後の国内作業を全て終了し、ここに報告書提出の運びとなったものである。

この調査結果が、本プロジェクトの実現及び日本・タイ両国の友好促進に寄与することができれば幸いである。

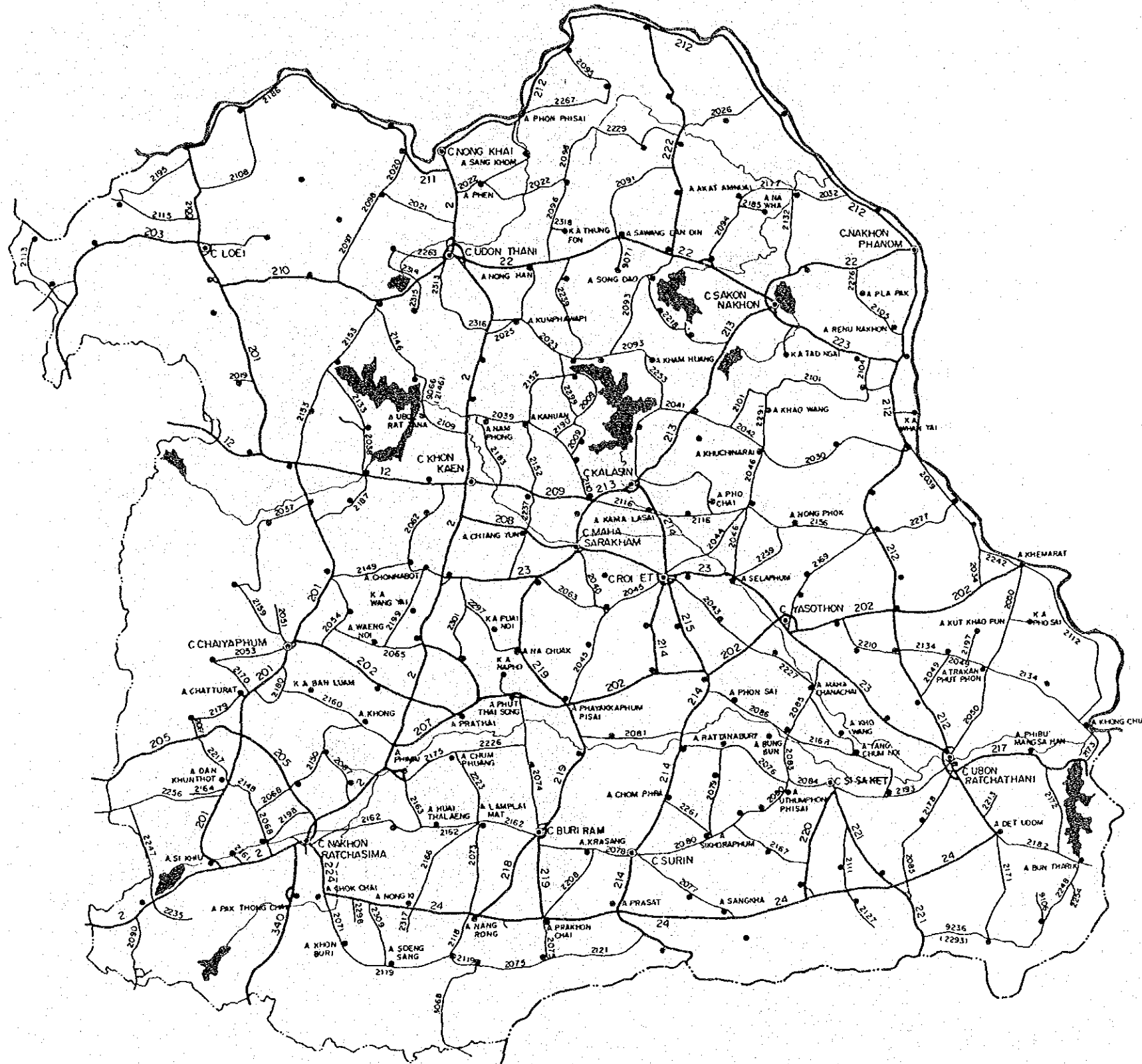
終りに、本件調査に御協力をいただいたタイ王国政府関係各位に対して深甚なる謝意を表すものである。

昭和60年7月

国際協力事業団

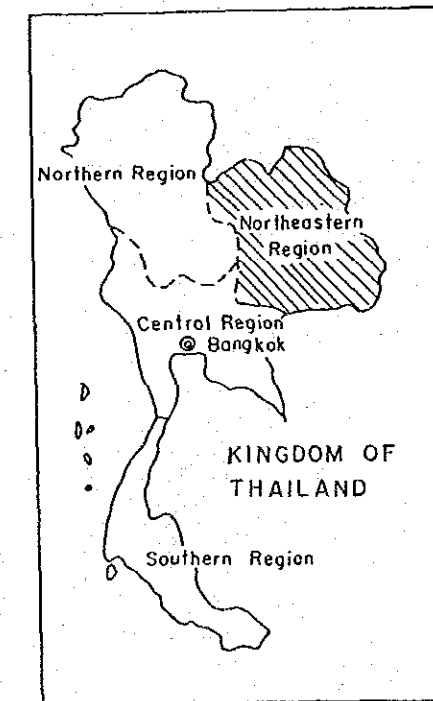
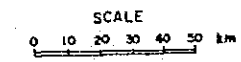
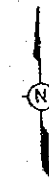
総裁 有田圭輔

THE STUDY AREA



LEGEND

- NATIONAL HIGHWAYS
- PROVINCIAL AND RURAL ROADS
- CHANGWAT, AMPHOE
- ☪ RIVER, RESERVOIR





IM-1: Section with no road



IM-4: Near Amphoe Wang Yai



IM-5: At beginning point (railway crossing)



IM-7: At ending point (B. Tha Yom)



IM-8: At ending point (near Ampoe Kumphawapi)



IM-9: Flooding during rainy season



IM-12: At beginning point (Amphoe Sawang Daen Din)



IM-19: Concrete bridge



IM-24: Surface condition during rainy season



IM-25: Surface condition after rainy season



IM-26: At ending point



IM-27: Wooden bridge



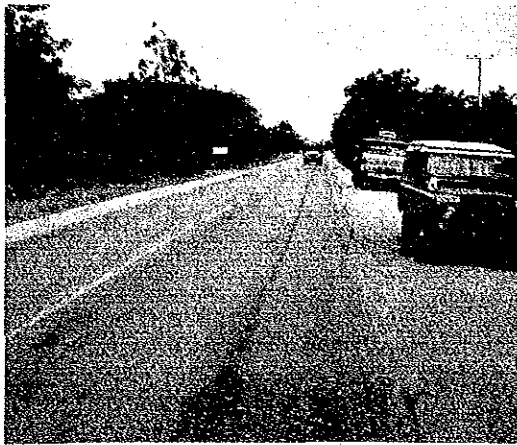
IM-29: Culvert-box under construction



IM-31: Concrete weir



IM-33: Trees utilized as bench marks



RT-224: Asphaltic concrete



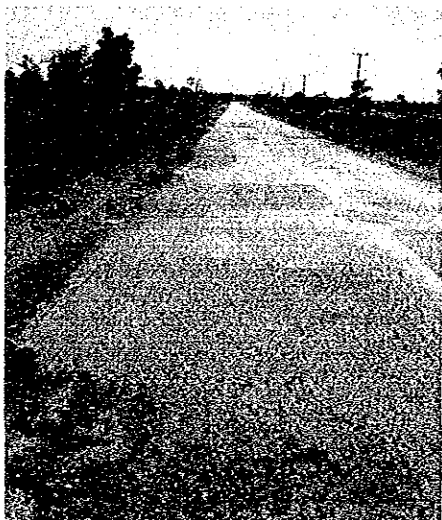
RH-21: Asphaltic concrete



RH-22: Penetration macadam



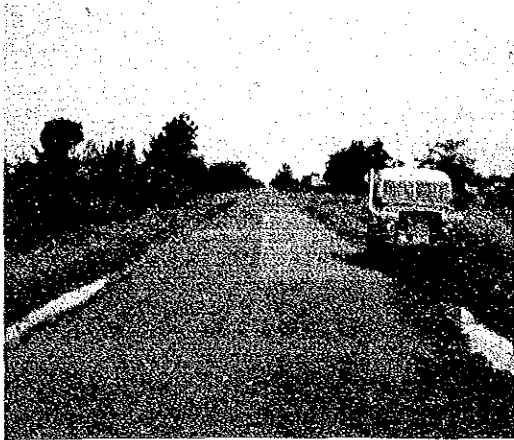
RH-5: Patching on PM pavement



**RH-12: Overlay and patching on
DBST pavement**



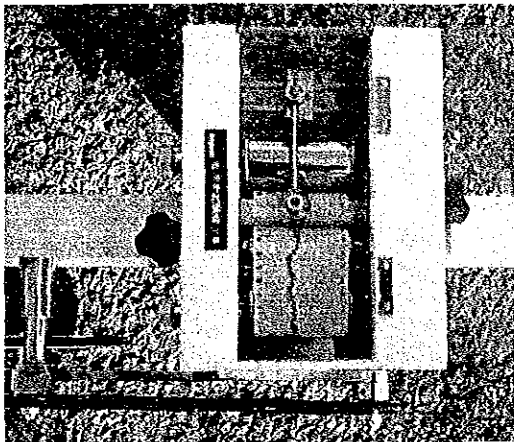
RH-16: DBST pavement



RH-25: Patching on DBST pavement



RH-27: Patching and cracks on DBST pavement



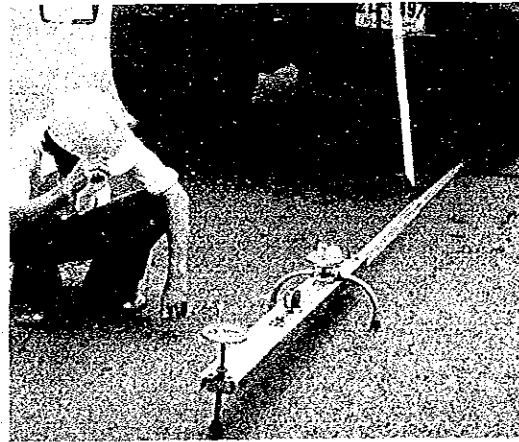
Profilometer



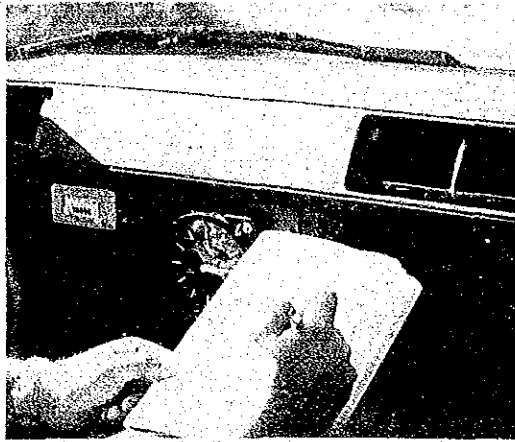
Cracking and patching survey



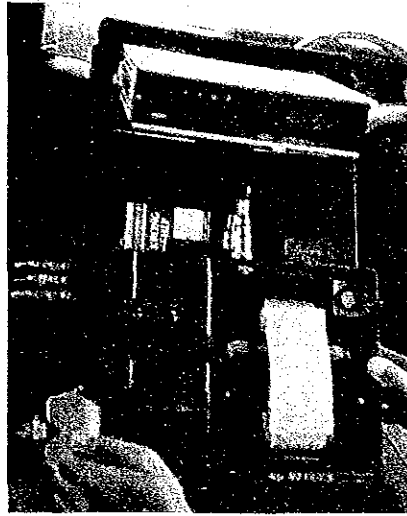
Rut depth survey



Deflection survey



Fuel consumption survey



Roughness survey



Inside of JICA inspection car



Cassava field (Changwat Nakhon Ratchasima)

目次

目 次

	ページ
要約および提言	(1)～(17)
第1章 序 論	
1.1 調査の背景	1 - 1
1.2 調査の目的	1 - 2
1.3 調査の範囲	1 - 2
1.3.1 改良, 新設ルート	1 - 2
1.3.2 修繕ルート	1 - 5
1.4 調査の枠組	1 - 5
1.4.1 改良, 新設ルート	1 - 10
1.4.2 修繕ルート	1 - 11
1.5 調査の工程	1 - 12
1.6 調査組織	1 - 13
1.7 報 告 書	1 - 13
第2章 地方の概要	
2.1 地域の特徴と気候	2 - 1
2.2 社会と経済	2 - 2
2.2.1 行 政	2 - 2
2.2.2 人 口	2 - 2
2.2.3 地方総生産 (G R P)	2 - 5
2.2.4 貧困の状況	2 - 5
2.3 輸 送	2 - 7
2.3.1 道 路	2 - 7
2.3.2 鉄 道	2 - 7
2.3.3 航 空	2 - 8
2.4 農 業	2 - 8
2.4.1 農業人口	2 - 8
2.4.2 自然環境と土地利用状況	2 - 9
2.4.3 灌 溉	2 - 10

2.4.4	主要作物の生産状況	2 - 14
2.4.5	農業関連工業と市場	2 - 15
2.5	地域開発	2 - 16
第3章 改良, 新設ルート		
3.1	影響圏	3 - 1
3.1.1	影響圏の設定	3 - 1
3.1.2	影響圏内の人口	3 - 2
3.1.3	影響圏内の農業生産	3 - 5
3.1.3.1	農業の特徴	3 - 5
3.1.3.2	土地利用	3 - 5
3.1.3.3	平均単位面積当り収量と生産量	3 - 8
3.2	交通調査と予測	3 - 8
3.2.1	手順	3 - 8
3.2.1.1	交通量予測の手順	3 - 8
3.2.1.2	交通種別および車種	3 - 11
3.2.2	交通調査	3 - 12
3.2.3	交通量予測	3 - 13
3.2.3.1	基準年(1984年)の旅客貨物流動量	3 - 13
3.2.3.2	将来旅客および貨物流動量予測	3 - 18
3.2.3.3	車種別交通量推計	3 - 19
3.3	農業開発便益	3 - 21
3.3.1	アプローチ	3 - 21
3.3.2	作付面積	3 - 27
3.3.3	単位面積当り収量	3 - 27
3.3.4	農家庭先価格	3 - 27
3.3.5	生産費および土地開拓費	3 - 28
3.3.6	純生産付加価値	3 - 28
3.4	道路利用者便益	3 - 29
3.4.1	アプローチ	3 - 29
3.4.2	標準車種	3 - 29
3.4.3	理想条件におけるVOC	3 - 30
3.4.4	実道路リンクにおけるVOC	3 - 35

3.4.5	VOCの節減	3 - 38
3.5	エンジニアリング	3 - 39
3.5.1	現地調査	3 - 39
3.5.1.1	インベントリー調査および現地踏査	3 - 39
3.5.1.2	地形測量	3 - 39
3.5.1.3	土取場調査および土質調査	3 - 40
3.5.1.4	ボーリング調査	3 - 41
3.5.2	予備設計	3 - 42
3.5.2.1	設計基準	3 - 42
3.5.2.2	幾何構造設計	3 - 43
3.5.2.3	土工設計	3 - 46
3.5.2.4	舗装設計	3 - 46
3.5.2.5	排水設計	3 - 54
3.5.2.6	橋梁設計	3 - 60
3.6	建設費と維持管理費	3 - 63
3.6.1	建設費	3 - 63
3.6.1.1	数量	3 - 63
3.6.1.2	単価	3 - 65
3.6.1.3	建設費	3 - 68
3.6.2	道路維持管理費	3 - 69
3.6.3	オーバーレイおよび再表面処理工費	3 - 71
3.6.4	残存価値	3 - 71
3.6.5	予定工事工程および資金支出計画	3 - 73
3.7	社会インパクト評価	3 - 75
3.7.1	社会便益	3 - 75
3.7.2	アプローチ	3 - 75
3.7.3	行政機関へのアクセスの改善	3 - 76
3.7.4	教育水準の改善	3 - 76
3.7.5	医療サービスの改善	3 - 77
3.7.6	所得格差の是正	3 - 79
3.7.7	社会サービス費用の算定	3 - 80
3.8	評価および優先順位	3 - 86
3.8.1	アプローチ	3 - 86

3.8.2	経済評価	3 - 86
3.8.3	社会便益による順位	3 - 86
3.8.4	総合評価	3 - 88
3.8.5	実施に対する提言	3 - 90
第4章 修繕ルート		
4.1	ケース・スタディ区間の選定	4 - 1
4.2	技術調査	4 - 2
4.2.1	路面状況調査	4 - 2
4.2.1.1	目視によるPSI	4 - 2
4.2.1.2	測定によるPSI	4 - 3
4.2.1.3	MRMによるラフネス	4 - 3
4.2.2	構造劣化調査	4 - 4
4.2.2.1	ベンケルマン・ビームによるたわみ	4 - 4
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	4 - 4
4.2.3	燃料消費量調査	4 - 5
4.3	交通荷重解析	4 - 5
4.3.1	将来交通量	4 - 5
4.3.2	累積ESA数	4 - 6
4.4	調査結果の相関解析	4 - 10
4.4.1	目視と測定によるPSIの相関関係	4 - 10
4.4.2	目視によるPSIとラフネスとの相関関係	4 - 11
4.4.3	目視によるPSIと中心点たわみの相関関係	4 - 13
4.4.4	中心点たわみとたわみ曲率半径との相関関係	4 - 16
4.4.5	たわみより推定したCBR値の立証	4 - 19
4.4.6	燃料消費量とラフネスの相関関係	4 - 20
4.5	設計法の比較	4 - 24
4.5.1	設計法の概要	4 - 24
4.5.2	設計法の比較検討	4 - 32
4.6	修繕計画および手順	4 - 47
4.6.1	修繕区間の選定	4 - 47
4.6.2	修繕時期の決定	4 - 48

4.6.3	オーバーレイ設計に対する考慮	4 - 48
4.7	建設費の維持費および道路利用者費用	4 - 52
4.7.1	建設費	4 - 52
4.7.2	維持管理費	4 - 54
4.7.3	VOC	4 - 55
4.8	経済評価	4 - 58
4.8.1	序論	4 - 58
4.8.2	モデル式	4 - 58
4.8.2.1	概要	4 - 58
4.8.2.2	舗装劣化	4 - 60
4.8.2.3	オーバーレイ設計	4 - 61
4.8.2.4	諸問題	4 - 63
4.8.3	AI法とDOH法との比較	4 - 65
4.8.4	設計供用予定期間の選択	4 - 65
4.8.5	拡幅を伴う修繕	4 - 70
4.9	結論	4 - 73

LIST OF FIGURES

<i>FIGURE</i>	<i>Page</i>
1.3.1 Improvement and New Construction Routes	1- 3
1.3.2 Rehabilitation Routes	1- 7
1.4.1 Study Framework	1- 9
1.6.1 Organization for the Study	1- 14
2.4.1 Geographical Features	2- 12
2.4.2 General Features of Land Use	2- 12
3.2.1 Study Flow of Traffic Forecast	3- 9
3.3.1 Causation Process of Agricultural Benefits	3- 23
3.3.2 Study Flow on Projection of Agricultural Development Benefits	3- 25
3.5.1 Typical Cross Sections	3- 45
3.5.2 Traffic Analysis Chart	3- 49
3.5.3 Thickness Design Chart	3- 51
3.5.4 Pavement Design Chart	3- 53
3.5.5 Typical Design of Pipe Culverts.....	3- 56
3.5.6 Typical Design of Box Culverts	3- 57
3.5.7 Typical Design of Bridges	3- 62
4.4.1 Relationship between PSI by Visual Assessment and Roughness.....	4- 12
4.4.2 Relationship between PSI by Visual and Deflection.....	4- 14
4.4.3 Relationship between Radius of Curvature and Deflection.....	4- 17
4.4.4 Relationship between Fuel Consumption and Roughness	4- 22
4.4.5 Fuel Consumption Rates at Different Speeds	4- 23
4.5.1 Overlay Design-AI Method	4- 26
4.5.2 Overlay Design-TRRL Method	4- 28
4.5.3 Overlay Design-TRRL Method in the Tropics.....	4- 29
4.5.4 Overlay Design-California DOH Method	4- 30
4.5.5 Relationship Between RW_o/a^2 and h/a	4- 32
4.5.6 Thickness Design Chart	4- 33
4.5.7 Overlay Thickness by Design Method	4- 39
4.5.8 Relationship between Deflection and Pavement Life	4- 46
4.6.1 Rehabilitation Planning Procedures.....	4- 49
4.7.1 Typical Overlay and Reconstruction Sections	4- 53
4.8.1 Overlay Design Procedures	4- 64

LIST OF TABLES

<i>TABLE</i>	<i>Page</i>
1.3.1 Improvement and New Construction Routes	1- 2
2.2.1 Changwats and Amphoes Related to Study Routes.....	2- 3
2.2.2 Population by Changwat	2- 4
2.2.3 GPP of Related Changwats.....	2- 6
2.2.4 Per Capita GPP of Related Changwats.....	2- 6
2.4.1 Agricultural Land Use	2- 9
2.4.2 Irrigation Projects in Northeastern Region Under the Royal Irrigation Department	2- 13
2.4.3 Planted Area and Production	2- 14
3.1.1 Population of Influence Area by Study Route.....	3- 4
3.1.2 Land Use by Study Route	3- 7
3.2.1 Annual Average Daily Traffic.....	3- 21
3.3.1 Net Production Value Added	3- 29
3.4.1 Characteristics of Typical Vehicles	3- 30
3.4.2 Total Vehicle Operating Costs on Level Tangent Roads	3- 37
3.4.3 Vehicle Operation Cost Savings	3- 38
3.5.1 Condition of Existing Roads	3- 40
3.5.2 Designed Pavement Structure	3- 55
3.5.3 Number and Length of Required Bridges	3- 61
3.6.1 Summary of Construction Quantities.....	3- 64
3.6.2 Unit Costs of Major Work Items	3- 66
3.6.3 Foreign and Local Currency Portions of Unit Costs	3- 67
3.6.4 Summary of Costs	3- 68
3.6.5 Frequency of Routine Maintenance	3- 69
3.6.6 Unit Cost of Resurfacing and Overlay	3- 72
3.6.7 Cost of Resurfacing and Overlay	3- 72
3.6.8 Construction and Cost Disbursement Schedules	3- 74
3.7.1 Average Monthly Expenditures per Household for Decile Groups of Households Ranked by Monthly Per Capita Consumption Expenditures, Villages	3- 78
3.7.2 Amphoe Population and Number of Medical Personnel in Amphoe Hospitals	3- 79
3.7.3 Income Gain Weighted by Per Capita Income Level	3- 82
3.7.4 Estimation of Accessibility to General Services Benefit	3- 83

3.7.5 Estimation of Education Improvement Benefit	3- 84
3.7.6 Estimation of Medical Care Benefit	3- 85
3.8.1 Summary of Economic Evaluation	3- 87
3.8.2 Ranking by IRR	3- 87
3.8.3 Sensitivity Tests of IRR	3- 88
3.8.4 Ranking by Social Benefits	3- 89
3.8.5 Overall Ranking of Study Routes	3- 90
4.3.1 Traffic Growth Rate	4- 6
4.3.2 ESA Conversion Factors	4- 7
4.4.1 Comparison Between CBR Estimated from Deflection and Actually Measured	4- 21
4.5.1 Overlay Thickness by Design Method	4- 37
4.7.1 Vehicle Operating Cost on Level Tangent Roads	4- 57
4.8.1 Summary of Overlay Requirements	3- 66
4.8.2 Summary of Total Discounted Costs of Road Rehabilitation	3- 67
4.8.3 Summary of Economic Evaluation for Overlay Design-AI Method	3- 68
4.8.4 Summary of Economic Evaluation for Overlay Design-DOH Method	3- 69
4.8.5 Widening Requirements	3- 71
4.8.6 Economic Evaluation for Overlay Design	3- 72

GLOSSARY

Amphoe	:	District
AADT	:	Annual Average Daily Traffic
AASHTO	:	American Association of State Highway and Transportation Officials
AC	:	Asphalt Concrete
ACI	:	Additional Crop Income in the Influence Area
ADT	:	Average Daily Traffic
AGW	:	Average Gross Weight of Heavy Trucks
AI	:	Asphalt Institute
ARD	:	Accelerated Rural Development Office
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
A.Y.	:	Average Yield
Ban	:	Village
B/C	:	Benefit/Cost Ratio
BC	:	Base Course
BKK	:	Bangkok
C	:	Centigrade, Celsius
CBR	:	California Bearing Ratio
Changwat	:	Province
CI	:	Crop Income
cm	:	Centimeter
CRF	:	Capital Recovery Factor
CMP	:	Current Market Price
D	:	Diameter
DAD	:	Daily Average on Design Lane
DBST	:	Double Bituminous Surface Treatment
Dd	:	Design Deflection
DOH	:	Department of Highways
DTN	:	Design Traffic Number
EEC	:	European Economic Community
Ep	:	Existing Pavement Structure
Es	:	Existing Subgrade
ESA	:	Equivalent Standard Axles
ETO	:	Express Transport Organization

FSH	:	Feasibility Study Handbook for Improvement and New Construction Road Projects
FYRR	:	First Year Rate of Return
GDP	:	Gross Domestic Product
GPP	:	Gross Provincial Product
GRP	:	Gross Regional Product
ha	:	Hectare (10,000 m ²)
HRB	:	Highway Research Board
IBRD	:	International Bank for Reconstruction and Development
IRR	:	Internal Rate of Return
ITN	:	Initial Traffic Number
JICA	:	Japan International Cooperation Agency
JRA	:	Japan Road Association
kg	:	Kilogram
King Amphoe	:	Branch District
km	:	Kilometer
km ²	:	Square Kilometer
L	:	length
m	:	Meter
mm	:	Millimeter
MAC	:	Ministry of Agriculture and Cooperatives
MRM	:	Mays Ride Meter
Muang	:	Town
NESDB	:	National Economic and Social Development Board
NHT	:	Number of Heavy Trucks
NPV	:	Net Present Value
NSO	:	National Statistical Office
°	:	Degree
OAE	:	Office of Agricultural Economics
O/D	:	Origin and Destination

p.a.	:	Per annum
%	:	Percent
P.A.	:	Planted Area
PM	:	Bituminous Penetration Macadam
PRI	:	Provincial Road Improvement
PSI	:	Present Serviceability Index
R	:	Radius of Curvature of Deflection
RACI	:	Regional Average Crop Income per Person
rai	:	Unit of Area (0.16 hectare)
RC	:	Reinforced Concrete
RID	:	Royal Irrigation Department
RMC	:	Road Maintenance Cost
RUCT	:	Road User Cost in Thailand
SA	:	Soil Aggregate Surfacing
SBST	:	Single Bituminous Surface Treatment
sec	:	Second
SPRP	:	Second Provincial Road Project
SPT	:	Standard Penetration Test
SRT	:	State Railway of Thailand
ST	:	Single Bituminous Surface Treatment
SVOCT	:	Standardization of Vehicle Operating Costs for Thailand
TA	:	Overlay Thickness of Asphalt Concrete
Tambon	:	Sub-District
TRRL	:	Transport and Road Research Laboratory, U.K.
via	:	By way of
VOC	:	Vehicle Operating Cost
W	:	Width

要約および提言

要約および提言

1. 調査の背景と範囲

タイ国東北部道路網整備計画調査はフェイズⅠ調査(計画)とフェイズⅡ調査(フィージビリティ調査)の2つのフェイズに分けて実施された。フェイズⅠ調査は1983年3月完了、改良、新設ルートとして33ルート、1,146.3 km、修繕ルートとして44ルート、774.0 kmを選定し、このうちから改良、新設ルートについては18ルート、666.9 km、修繕ルートについては25ルート、468.0 kmを、早急にフィージビリティ調査をすべきルート、すなわちステージⅠに含まれるルートとして区分した。

フェイズⅡ調査は主としてフェイズⅠ調査においてステージⅠに区分されたルートを対象として、改良、新設ルートについては15ルート、502.1 kmのフィージビリティ調査を実施、修繕ルートについては前もって選定した8ルートの中から90 kmを選び舗装道の修繕に関する技術的問題を明確にするためのケーススタディを実施した。

2. 東北地方の概要

調査ルートは東北地方全域に散在し、改良、新設ルートは東北地方17県のうち12県、41郡に関連している。

東北地方の面積は169,500 km²、人口は17,219,000人(1983年)で、両者ともほぼ全国のその1/3に当る。過去5ヶ年の人口増加率は2.2%で全国平均の増加率1.8%より高い。

1982年における東北地方の地方総生産(GRP)は1972年価格で456億バーツとなっており、これは、同年の国内総生産(GDP)3,243億バーツの14.1%を占める。1982年における一人当たりGRPは2,658バーツであり、一人当たりGDP 6,690バーツ(1972年単価で)の1/3に過ぎない。

東北地方の低所得レベルは、主に農業生産性の低さに起因しており、農業部門の低生産性は、不均一な降雨、不良土壌等の自然条件の悪さが主たる原因となっている。また、農業生産地における道路網の不整備も重要な要因となっている。

道路改良によるアクセスの改善は、農産物販売先価格の増大をもたらす一方、生産費の低減に寄与する。その結果、農民の生産性増強に対する意欲を向上させることになる。したがって、地域に貢献する道路網の整備は、より効率的な農業生産を実現し、所得、生活水準および社会環境の地域格差を緩和する上で非常に重要な役割を演ずる。

3. 改良、新設ルート

改良、新設ルートの評価は過去タイ国の調査で適用されてきた、通常の評価手法によって行ったが、それに加えて社会インパクトを金銭的に評価する新しい試みも実施した。したがって、調査ルートの優先順位は経済および社会インパクトの二つの評価を組み合わせ決定した。

3.1 影響圏の設定

道路の改良によって人口および生産高に影響を及ぼすと考えられる範囲を影響圏とし、各調査ルート毎に設定した。影響圏の境界は原則としてルート沿い両側5kmの幅とし、大河川、山岳、既存道路、鉄道等他交通機関等の制約条件を考慮に入れて設定した。

3.2 交通量予測

交通量予測は、転換交通がほとんどないと予測されるルート（IM-1、IM-33を除く全ルート）については“伸び率方式”を、既存道路のない場合もしくは、転換、誘発交通が多く見込まれるルート（IM-1、IM-33）については、“配分方式”を適用して行なった。

交通調査については、交通量調査を22箇所、起終点調査（OD調査）を4箇所で行った。更に、交通需要の弾力係数を得るため訪問調査を約1,000件のサンプル数で実施した。

適用した交通量予測の手順は以下のとおりである。

- i) 基準年の旅客、貨物流動量は伸び率方式の場合、交通量調査の結果から推定し、配分方式の場合は、ゾーニングを行い、関連道路の状況を考慮し、OD調査結果および予測農業生産量に基づいて推定した。非農産物の流動については、旅客数に相関するモデル式を作成し推定した。
- ii) 将来の旅客、貨物流動量については、1988年（開通年）、1994年、2002年の農産物伸び率および旅客の所得弾力係数にもとづいて、ウィズ、ウィズアウト・プロジェクトのケース別に推計した。
- iii) 推計した将来の旅客、貨物流動量は、将来の車種構成、平均乗車人員、平均積載量をもとに、車種別に日交通量（ADT）に換算した。
- iv) 二輪車については、ADTに相関したモデル式を設定し推計した。

3.3 農業開発便益

道路改良に起因する農業開発便益は、県、郡の役所および農業省（MAC）、大学等の関係機関で入手したデータを解析して算定した。

影響圏内の主要作物は、米、メイズ、ソルガム、緑豆、大豆、落花生、キャッサバ、ケナフ、砂糖きび、綿花およびカスター等である。IM-33以外の影響圏の可耕地はすでに未耕地の森林を除いて耕作されつくしている。政府の森林保護政策を配慮して本調査では、森林の耕地への転換は原則として考慮しなかったが、IM-33の影響圏にはかなりの未開発の可耕地が残されているので、その転換による開発便益を算定した。

農業開発便益算定には、次の要因を考慮した。

- 既存耕作地における作付け面積比率のアップ
- 新規開発耕作地（IM-33のみ）
- 作物収量および庭先価格の増大
- 作付け種の転換
- 生産費の減小

上記要因に基づく純生産価値の増大は、農業開発便益として1988、1994、2002年について算定した。

3.4 道路利用者便益

道路利用者便益は、最新のデータによって走行費（VOC）の基本価格を修正し、タイ国運輸省道路局（DOH）で採用している方式に従い算定した。

道路利用者便益の算定は、次に述べる手順によった。

- i) 標準車両を選定し、水平・直線舗装道路上での走行費用を算定。
- ii) 路面状況すなわち、舗装道路、ラテライト道路（良好、普通、不良）および土砂道上での走行速度別VOCを算定。
- iii) 水平・直線道路上でのVOCを勾配、曲線、幅員の狭い橋梁、交差点等のVOCに影響を及ぼす制約条件によって修正。
- iv) 道路利用者便益はウィズ、ウィズアウト・プロジェクト両ケースの関連道路網における総VOCの差として算定。

3.5 予備設計

技術的な検討および予備設計のため、次の項目について現地調査を行った。

- インベントリ調査（全ルート）
- 地形測量（DOH所有の完成図の利用できたルートを除く、総延長150 km）
- 土質サンプリングおよび試験
- 舗装材料試験
- ボーリング（5箇所）調査

DOH道路設計基準にしたがって、IM-33は国道24号線の延長として計画されているので、国道P₂規格を、他の14ルートについては、県道F₁規格を適用した。

線形については、建設費節減のため、最大限、現道の線形に合わせる方針で計画した。したがって線形の変更は、DOHの基準を満足しない区間でのみ計画された。IM-33には計画ルートに沿う既存道路が存在しないので、全区間新設道路として計画した。更にIM-1の現道欠落リンク6.8 km区間および、IM-9の洪水の被害をしばしば受ける0.2 km区間については、新設道路を計画した。

盛土建設方式は原則としてサイド・ボロー方式とし、その盛土高は高水位面より最低70 cmになるように計画した。

舗装はIM-33については、DOH法（AI, Ms-1法）を用い、アスファルト・コンクリート舗装、他の14ルートはTRRL Road Note 31法を用いDBSTとして設計した。設計期間は7年間とした。

排水構造物の位置、数量、形状、他の設計基準は降雨強度のデータをもとに計算した流量によって決定した。パイプ・カルバートは、維持作業の容易性を考慮し直径80～150 cmのものを、ボックス・カルバートについては、1.5 m × 1.5 m、2.4 m × 2.4 m、3.0 m × 3.0 mのもの

を標準として採用した。

現在の木橋は、ボックス・カルバートに置き換えることのできる短スパンの橋梁を除いてすべて鉄筋コンクリート橋に置き換える計画とした。橋梁の幅員は、DOHの基準に従ってIM-33は11.0 m、他の14ルートは9.0 mとした。

建設費（財務費用）は、工事数量および最近の東北地方における事例を解析に算定した単価を用い推定した。この建設費にもとづき、次の算定を行った。

- 経済費用
- 外貨および内貨比率
- 工程に基づく年別建設費の配分
- 残存価値

道路局の維持管理予算を解析し、DOHで用いられている方式を適用して、ウィズ、ウィズアウト・プロジェクトの両ケースの維持管理費を算定し、両ケースの維持管理費の差を維持管理費の節減とした。

舗装の設計期間は7年として計画したので、開通7年後にIM-33についてはアスファルト・コンクリートのオーバーレイを、残りの14ルートについては再表面処理を計画した。

3.6 経済評価

経済評価は、1988年開通、2002年を最終年とする15年間を対象期間として、その間の費用および便益を算定して行なった。

経済評価にあたって考慮した費用および便益（1984年単価で算定）は次のとおりである。

- i) 便 益：道路利用者費用の節減、農産物純生産価値の増大、維持修繕費の節減
- ii) 費 用：建設費、定期維持管理費用、残存価値（マイナス費用）

算定した内部収益率（IRR）は最高22.4%（IM-4）より最低8.8%（IM-7）までの範囲にあり、IM-26、IM-7、IM-25、およびIM-27のIRRは12%以下であった。

3.7 社会インパクトの評価

道路整備に伴う社会インパクトを金銭的に評価する試みを行った。検討項目は次のとおりである。

- 行政機関へのアクセスの改善
- 教育水準の改善
- 医療サービスの改善
- 所得格差の是正

アクセスの改善により、影響圏内住民の行政および医療サービス機関の利用回数は増加する。この増加需要に対応する増分のサービス費用需要増に対応して増加した役人、もしくは医療機関職員の給料および諸経費が影響圏住民に対する純便益になるものと仮定した。

影響圏外の地域とのアクセスの改善は、就学率の上昇をもたらしそれに対応して教員の新規需要が発生する。その増分の教員の給料および諸経費は、その地域にとって便益とみなされる。

所得格差の軽減は、道路改良による影響圏内の農業収入の増分を、1人当り所得に換算し東北地方の平均所得水準の相関において評価した。

上記4項目の社会インパクトの合計を総建設費で割り、社会インパクトのB/C比を各ルートごとに算定した。B/C比の最高は41% (IM-4)、最低7%であった。

3.8 総合評価

総合評価は経済評価を優先した。二つのルートのIRRの差が10%以上の場合は、社会インパクトB/C比は考慮せず、IRRにもとづく優先順位の修正は行わず、IRRの差が10%以内で、社会インパクトB/C比の差が50%以上の場合のみ、IRRで決定した順位を、社会インパクトB/C比の順位に従って修正した。したがって、総合評価の結果では、12%以下のIRRを示したルート (IM-26, IM-7, IM-25, IM-27) が12%以上のIRRを持つルートより上位にランクされることはなかった。

3.9 実施計画に関する提言

IRRは最も低いルートで8.8%であり、かつ12%以下のIRRを持つ4ルートの中には高い社会インパクトB/C比を持つルートが含まれている。したがって、全調査ルートの開通目標を1988年として所要建設資金の手当の準備を始めることを提言する。その所要資金は約10.39億バーツである。もし限界IRRを12%とすると、IM-25は1989年、IM-7およびIM-26は1990年、IM-27は1993年を目標開通年として工事の実行を行えば、これらのルートのIRRも12%以上となることが期待される。

4. 修繕ルート

ケース・スタディー区間として選定された延長90kmの修繕ルートについて、修繕に関する技術的諸問題を解明するための調査を実施した。調査は、PSI、ラフネス、たわみを含む各測定値の相関関係、各種オーバーレイ設計法の比較、修繕計画の策定、修繕計画に基づく設計、建設費、経済評価の手法に関して実施された。

4.1 技術調査

次の技術調査を実施した。

- 目視による PSI : HRB Special Report 113 に規定されている評価法に従って延長150 mを1単位として評価。
- 測定による PSI : 縦断方向の凹凸 (3 mプロフィールメーターによる)、ひびわれ、パッチング比、およびわだち堀れ深さを延長150 mを1単位として測定、評価。
- ラフネス : JICA試験車にセットしたMays Ride Meter (MRM) を使って延長150 mを1単位として測定。
- たわみ : ベンケルマン・ビームを用い、車軸の中心線および規定のオフセット地点でのたわみを50 m間隔で測定。

- CBRとその他の試験 : 現場 CBR 試験 (8 箇所) と現場と同じ状態になるよう締め固めたサンプルについての室内 CBR 試験 (24 箇所) の実施。既存アスファルト・コンクリート表層材については、ステイフネス試験 (2 箇所) を実施。
- 燃料消費調査 : ラフネスとの相関を求めるため、JICA 試験車で測定。

4.2 調査結果の相関解析

計画、設計のための基礎資料を得るため、次のような相関解析を行なった。

AASHTO Road Test および日本では、目視による PSI と、縦断方向の凹凸、ひび割れおよびパッチング比、わだち堀れ深さの測定値を使って求めた PSI との相関を表わす数式が確立されている。

これにない、上記項目間の相関について解析を行ない、次のような数式を誘導した。

アスファルト・コンクリート舗装 (AC) :

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

二層瀝青表面処理工 (DBST)

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

ここに、 σ : 縦断方向の凹凸の標準偏差 (mm) , (3 m プロフィールメーターによる)

C : ひび割れおよびパッチング比 (%)

D : わだち堀れ (cm)

ただし、浸透式マカダム舗装 (PM) については、良好な相関関係を示す数式は導けなかった。

目視による PSI とラフネスとの間には、次のような相関関係が得られた。

$$PSI = 5 e^{-\left\{ \frac{\ln(M-M_0)}{8.439} \right\}^5}$$

ここに、M : ラフネス値

M_0 : 最良の条件でのラフネス値

$$AC = 250 \text{ mm/km}$$

$$DBST = 1,000 \text{ mm/km}$$

$$PM = 1,300 \text{ mm/km}$$

目視による PSI と中心点におけるたわみとの相関関係を調査した。両者の間に良い相関が見い出されれば、PSI によりオーバーレイの設計が可能となると思われたが、良好な相関関係は見い出されなかった。

たわみ曲率より既存舗装路床の CBR を推定してオーバーレイの設計をする方法が近年適用されている。たわみ曲率を推定するためには、オフセット地点でのたわみの測定が必要であるが、中心点におけるたわみと曲率との間に良好な相関関係が見られるなら、中心点におけるたわみから曲率を推定することが可能となる。結果としては、高い相関が認められたが、ケース・スタディ区間の路床土の CBR 値は高く、CBR 値が低い場合にも良好な相関が得られるかどうかは不明で、更に検討が必要と思われる。

たわみ曲率、現場測定、および現場の状態に合わせて締め固めたサンプルの室内測定より得られた各 CBR 値間の比較解析を行ったが、必ずしも良好な相関関係を示さなかった。したがってたわみ曲率より路床土の CBR を推定する方法を確立するためには、更に多くのデータによる検討が必要であろう。

ラフネスと燃料消費量の関係は、ラフネスが 5,500 mm/km 以下の場合にはほぼ一定で 0.0758 リッター/km である。ラフネスが 5,500 mm/km を越えると、燃料消費量は急速に増加し、その平均燃料消費量は 0.1064 リッター/km となる。燃料消費量測定は平均走行速度 60km/h で行ったが、ラフネス 5,500 mm/km 以上の区間については、48km/h の平均走行速度しか保持できなかった。この結果は、VOC 算定の基本データとして利用した。

4.3 交通荷重解析

オーバーレイ設計に必要な累積換算単軸荷重(累積 ESA)は主として交通量および車両積載量に関する DOH の既存データを利用して推定した。

4.4 設計方法の比較

オーバーレイ設計法の適性を評価するため、諸外国で使われている次の 7 つの設計法を選び、オーバーレイ厚を算定し比較した。

- 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)

オーバーレイ設計法の比較の結果によると、各設計法による所要オーバーレイ厚に大きな差が見られる。例えば、たわみ量 1.0 mm、等累積 ESA の条件下で、DOH 法、EM 法ではかなり厚く、TRRL 571 法、JRA 法は中位、TRRL 444 法、Ruiz 法、AI 法は比較的薄いオーバーレイ厚を算定する。これらの差の生ずる理由は、たわみ量、累積 ESA、限界破壊ライン(正常な舗装と劣化した舗装との境界を示すライン)間の相関関係を示す各設計法の設計チャートを比較すると明らかになる。

設計法の適性はそれぞれの設計法で設計されたオーバーレイが実際に破壊するまでの劣化のプ

プロセスを現場で観測し、解析することにより判定すべきであるが、日本および米国での施工例ではオーバーレイ厚は最大で50 mm～60 mmとなっており、極端に厚いオーバーレイ厚を算定する設計法は現実的でないと言える。結論として、JRA法、AI法等の中位あるいはやや薄いオーバーレイ厚を算定する設計法の中から、適当な設計法を採用すべきであろう。

4.5 修繕計画の設定

長期的修繕工事計画設定のための基本的概念および方法を次の三段階、修繕区間の選定、修繕時期の判断、および修繕設計に分けて提案した。

修繕区間は供用性（PSI またはラフネス値で表示）にもとづいて選定すべきで、PSI 値2.0をその限界値とすることが適切である。

既存舗装のPSI 値、たわみおよび将来の交通荷重より修繕時期を予測するモデル式を開発し、提案した。このモデル式でPSI 値2.0以上である舗装が2.0以下となる年を予測することが可能となった。

修繕計画の設定には、現実的観点からの考察が必要であることを述べた。すなわち、ある設計法で算定したオーバーレイ厚をそのまま適用するのではなく、現場の状況、工事費および過去の事例を参考にし、最終的なオーバーレイ厚を決定すべきであることを提案した。

4.6 設計、工事費および経済評価

上述の修繕計画手順にもとづくモデル式を開発し、修繕必要区間、修繕時期、オーバーレイ厚、工事費および経済評価の一連の解析を各ケース・スタディ区間（1 km単位）について実施し、次のような比較検討を行なった。

一 AI法およびDOH法の比較

- 一 オーバーレイ設計供用予定期間7年のケースと4年、3年の短期の設計供用予定期間に分割したケースの比較

モデル式への入力データは測定たわみ値、PSIおよび累積BSAで表示された将来交通量であり、次の算定が実施された。

- 一 現PSI ≤ 2 の場合、直ちにオーバーレイの設計を行う。現PSI > 2 の場合、PSI が2となる累積BSAを計算し、オーバーレイの必要とする年を変換して算定する。
- 一 オーバーレイ厚は最低3.5 cmとし、算定による厚さが3.5 cm以下の場合、3.5 cmとなるように設計供用予定期間を延長する。
- 一 最低オーバーレイ厚3.5 cmを必要とする設計供用予定期間が7年以上となる場合、7年度末でのオーバーレイの残存価値を計算し、マイナス費用とする。
- 一 オーバーレイ設計供用予定期間を4年、3年の短期間に分割する場合、二回目のオーバーレイ厚は、一回目のオーバーレイ厚を実際の厚さの80%として算定する。
- 一 維持費は、DOH予算より誘導した基準費用とPSIの減小に比例させて算定する。

— VOCは燃料消費調査結果にもとづいて車種別に、かつPSIで分類した表面状態(良、普通、不良)に応じて算定する。

— 算定オーバーレイ厚が12cmを越える場合は、5cmのアスファルト表層工とアスファルトコンクリートを等値換算した碎石路盤工を組合せた構造による再構築とする。

各ケース・スタディ区間のモデルで算定したIRRは、最高440%、最低28%の範囲内にあり、AI法、DOH法いずれの設計方法で設計した場合も、修繕工事はフィージブルであるという結果を得た。

AI法によると、8ルート、総延長90kmのケース・スタディ区間の内、7年以内に修繕を要する区間は、4ルート(RH-12, 16, 25, 27) 22kmであり、DOH法では6ルート(RT-224, RH-22, 12, 16, 25, 27) 35kmで、その差は13kmであった。7年の設計期間における総オーバーレイ工費はAI法で9,550,400パーツ、DOH法で20,860,500パーツであり、IRRはAI法を適用した場合が高く、その差は17%から40%であった。

7年間および短期4年、3年の分割ケースを比較すると、純現在価値(NPV)での差は生じなかった。したがって、二回に分けてオーバーレイを行うことは必ずしも経済的でないと言える。さらに、7年以内の短期でオーバーレイを計画することは、工事による交通障害および近隣住民に及ぼす不便さの回数増等を考慮すると、不適當であると判断される。

4.7 技術諸問題に関する提言

— ケース・スタディ区間の修繕はすべて経済的にフィージブルである。

— 修繕区間の選定は、PSIまたはラフネスで表される供用性をもとになされるべきである。

— DOHの行っている現在の7年間のオーバーレイ設計供用予定期間は適切であり、短期の設計予定期間は有益とはならない。

— 机上の解析だけでオーバーレイ設計法の適切さを判断することは困難である。日本および米国で実際に行っているオーバーレイの厚さが50mm~60mmに限定されていることを考えると、極端に厚いオーバーレイを算定するような設計法を採用することは現実的でない。

— 誰でも簡単にオーバーレイの設計が出来るような設計法が将来、確立されることが望まれる。その一つの例として、たわみ量と、日交通量のみからオーバーレイ厚が算定できるJRA法が挙げられる。

— 本調査で開発したモデルはデザインチャート(たわみ量および累積ESAに関する限界線を示す)を有する設計法であれば、どんな設計法であっても若干の修正を加えることにより利用できる。当モデルが有益にDOHで利用されることを切望する。

調査ルート図およびフィージビリティ調査結果の要約を以下に示す。