

マレーシア国

公共事業省

マレーシア国
全国橋梁維持・修繕計画調査

最終報告書

本 編

平成4年12月

国際協力事業団

社調一

CR(3)

92-116(2/2)

JICA LIBRARY



1102565(7)

24574

マレーシア国
公共事業省

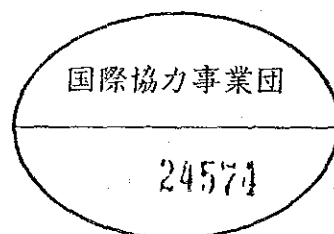
マレーシア国
全国橋梁維持・修繕計画調査

最終報告書

本 編

平成4年12月

国際協力事業団



本報告書においては、次の通貨換算率を用いた。

1.00リングット (M\$) = US\$0.366 = 45.862円

(1991年12月現在)

序 文

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に基づき、同国の全国橋梁維持・修繕計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年9月から平成4年10月までの3回にわたり、日本工営株式会社の大島久氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、マレーシア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

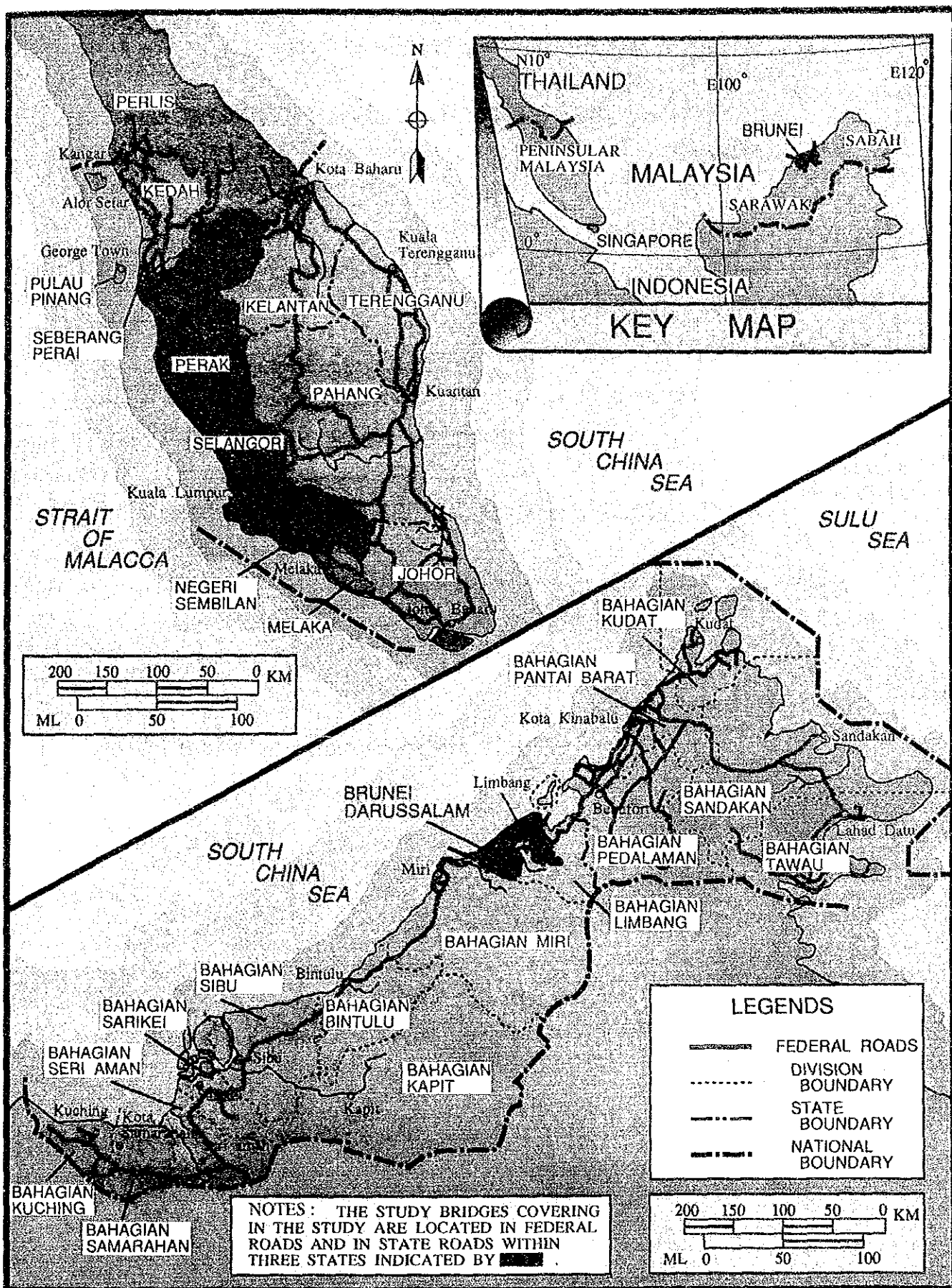
終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成4年12月

柳谷 謙 介

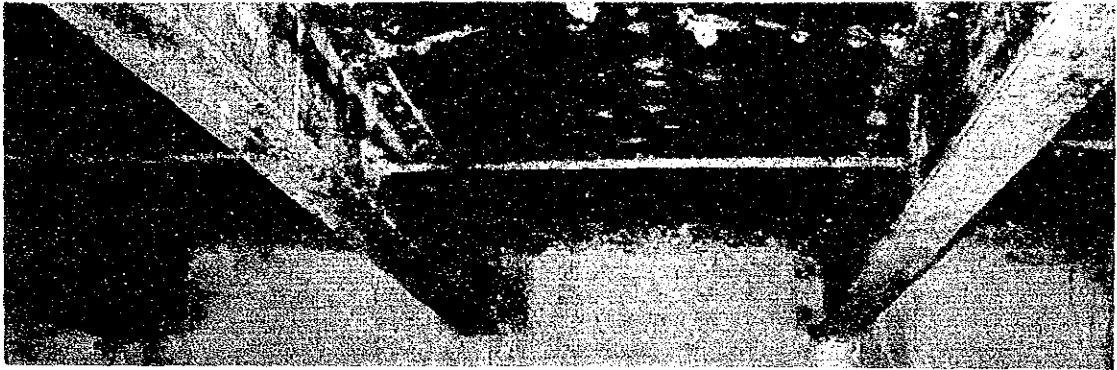
国際協力事業団

総裁 柳谷 謙 介

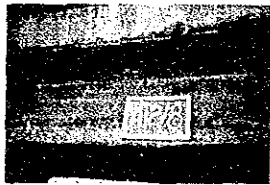


Photos of Typical Construction Type and Defects

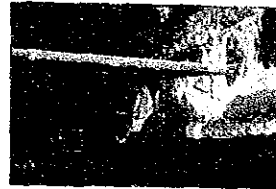
1. Steel Beam with Buckle Plate Bridge (SBB)



Cross Section

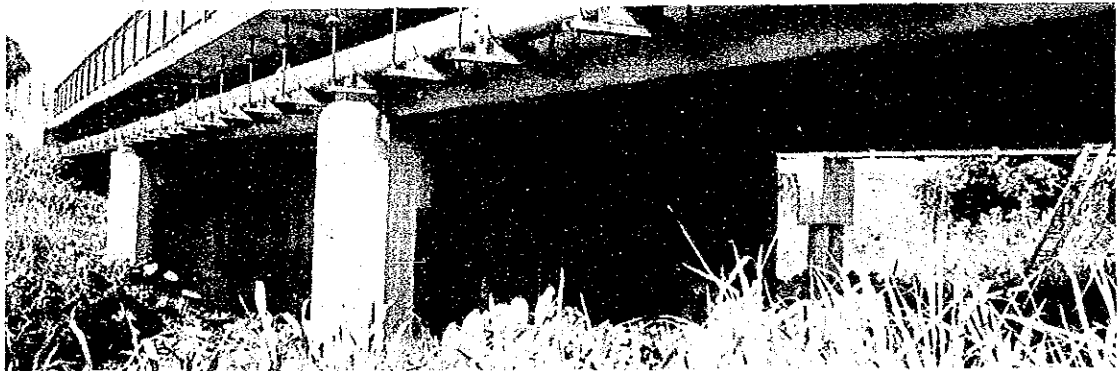


Lamination of Lower Flange



Corrosion of Web Plate and Sediment Accumulation on Lower Flange

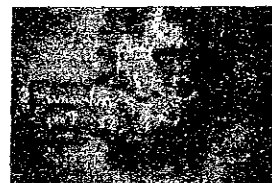
2. Steel Beam with Concrete Deck Slab Bridge (SBC)



General View



Paint Deterioration



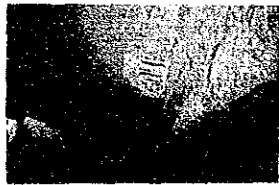
Two-Way Cracks on Deck Slab Soffit

Photos of Typical Construction Type and Defects

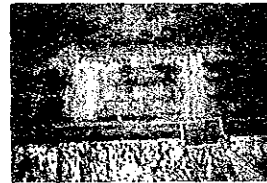
3. Reinforced Concrete Beam Bridge (RCB)



General View

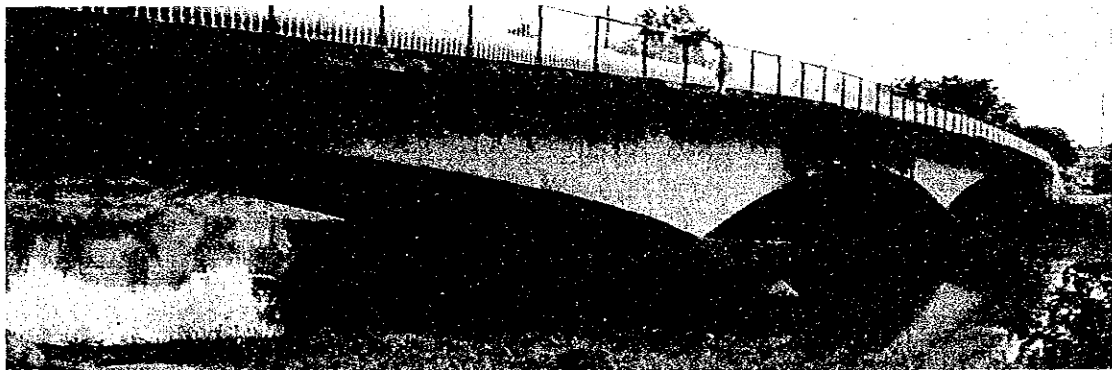


Flaking and Rebar Exposure

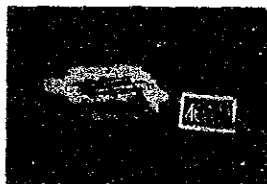


Free Lime

4. Reinforced Concrete Slab Bridge (RCS)



General View



Flaking and Rebar Exposure



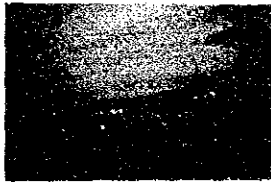
Water Leakage and Flaking

Photos of Typical Construction Type and Defects

5. Precast Reinforced Concrete Beam Bridge (PRB)



General View



Free Lime and Water Leakage between Beams



Flaking and Rebar Exposure

6. Prestressed Concrete Beam Bridge (PCB)



General View



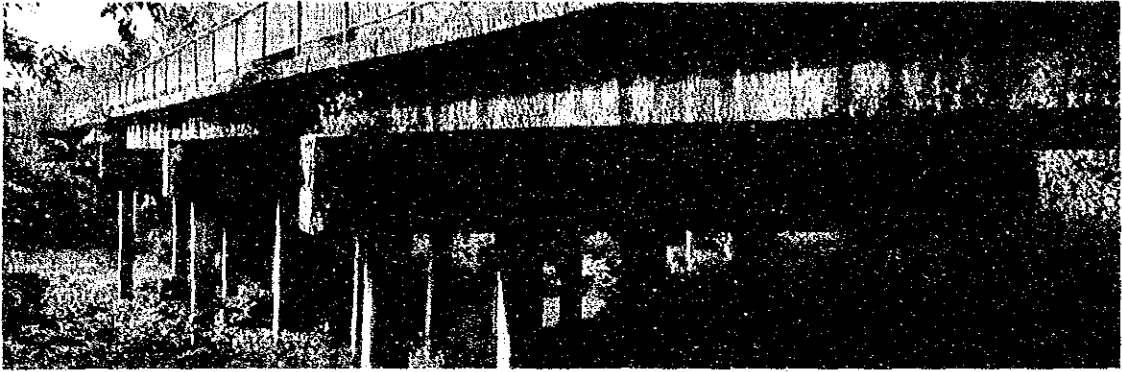
Exposed P.C. Tendon on Beam Web



Rebar Exposure on Deck Soffit

Photos of Typical Construction Type and Defects

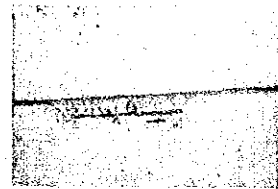
7. Pretensioned Inverted Tee Beam Bridge (IT)



General View

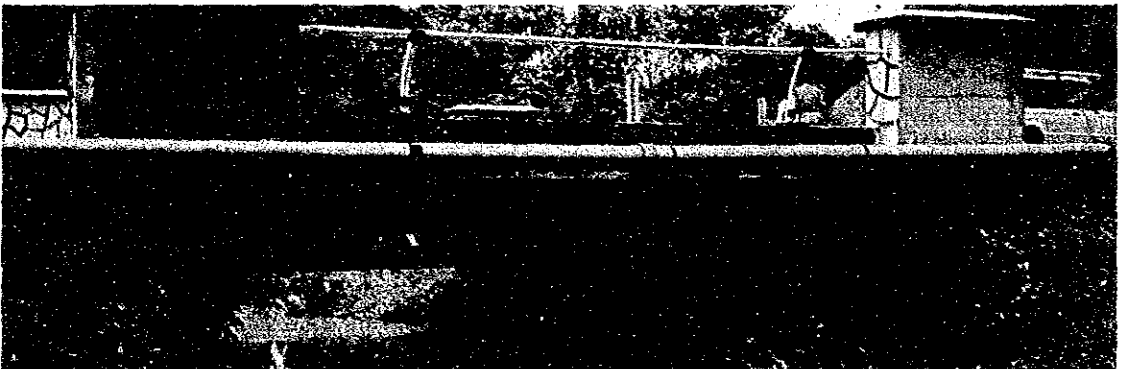


Free Lime and Water Leakage between Beams



Exposed P.C. Tendon on Beam Soffit

8. Encased Steel Beam Bridge (SBE)



General View



Exposed Lower Flange of Steel Beam



Flaking and Rebar Exposure on Deck Soffit

Photos of Typical Construction Type and Defects

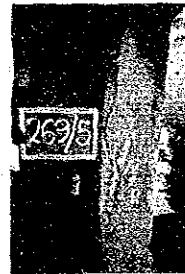
9. Pile Bent Type Abutment and Pier



General View



Abrasion due to Acid Attack



Longitudinal Cracks on Pier Column

10. Wall Type Pier



General View



Flaking and Rebar Exposure



Vertical Crack on Wall

A. 調査概要

マレーシア政府の要請に基づき、日本政府は「マレーシア国全国橋梁維持・修繕計画調査」（以下、調査と称す）の実施を決定した。この決定に基づき、日本政府の技術協力の実施機関である国際協力事業団（以下、事業団と称す）は調査団を組織し、本調査を実施した。調査団は1990年9月にマレーシアに派遣され、調査着手報告書を提出して本調査を正式に開始した。27ヶ月後の1992年12月に最終報告書及び橋梁点検・維持・修繕マニュアルを提出し、本調査を終了した。

本調査の主目的は下記の2項目である。

- 1) マレーシア国の既存橋梁のうち、重要度、緊急度の高い橋梁に関して系統的な維持、修繕にかかわるマスタープランを策定する。
- 2) マレーシア国の全ての代表的な橋梁を対象にした点検・維持・修繕マニュアルを作成する。

上記を目的とする本調査は、全国軸重調査（NALS）において、損傷評点3（損傷が著しい橋梁）、損傷評点4（構造的に危険な橋梁）及び耐荷力不足の橋梁（SSAL）と判定された半島マレーシアの連邦道路に位置する216橋梁を対象とした。更に、橋梁目視調査の実施とその結果をマニュアルに反映させることを目的とした、サバ、サラワク両州の連邦道路橋30橋及びペラ、ネグリシンピラン、セランゴール3州の州道橋40橋をも調査対象とした。

本調査では、広範囲な資料収集と現場調査を実施した。主な現場調査は下記の通りである。

- ・ 目視調査は、上記の216橋から選定された95橋とマレーシア政府より要請された5橋の特別橋梁を合わせた100橋、及びマレーシア政府によって選定されたサバ、サラワク両州の連邦道路橋30橋と州道橋40橋を合わせた70橋を対象とした。目視調査の中では、橋梁諸元調査、現場聞き取り調査、損傷度判定、現場写真撮影、修繕対策案の検討などを行っている。
- ・ 詳細構造調査は、95橋の内の17橋と特別橋梁5橋の内の1橋、及びサバ、サラワク両州30橋の内の各1橋を合わせた20橋を対象とした。詳細構造調査では、測量調査、地質・水質調査及び河川水文調査などを実施した。これらの調査の他、5橋梁に対して実橋載荷試験を実施した。
- ・ 関連資料であるNALSには当初想定した橋梁の損傷に関わる定量的なデータが記録されていなかったため、計199橋を対象に補足橋梁調査を実施した。これらの橋梁は、橋梁目視調査から除かれた121橋と目視調査対象橋梁ではあるが詳細構造調査からもれた78橋である。この調査の目的は、維持・修繕計画を立案するための資料を入手すること、即ち、損傷範囲の測定、修繕工法の選定及び修繕工事数量を見積もることである。補足橋梁調査において、11橋が既に架換えられており、2橋には損傷がないことが明らかになった。そのため、調査対象橋梁216橋は203橋に減少した。

上記現場調査を通して入手したデータに基づき、損傷原因を効果的に改善する適切な修繕工法を選定するために、構造的、機能的及び水工学的視点から各対象橋梁の評価を実施した。

構造的視点からの評価は2種類に大別される。ひとつは材料劣化であり、他のひとつは耐荷力である。材料劣化の評価は目視調査を通して行い、各構造部材の材料劣化による損傷を確認した。一方、耐荷力については、代表橋梁20機の構造解析を行い、構造部材が長期軸重活荷重(LTAI)に対して耐荷力を有しているか否かを検討した。これらの代表橋梁の構造解析検討結果を用いて、他の同一橋梁形式の耐荷力の有無を判定した。

橋梁機能の評価は、交通容量、歩行者容量及び桁下余裕量の視点から検討した。各調査対象橋梁の交通容量については、橋梁上の許容交通量と架橋位置近傍の交通量観測点の現在交通量を比較して判定した。また、各架橋位置の歩行者容量は、歩道無しの場合は橋梁が都市部に位置しているか否か、あるいは学校、モスク、病院などの公共施設に隣接しているか否かを基準に基づき判定した。一方、桁下余裕量については、橋梁周辺に居住する住民への聞き取り調査を通して、洪水流量が許容できるか否かを判定すると同時に、排水灌漑局(DID)郡事務所から収集した洪水に関わるデータに基づき検討を行った。

河川工学的視点からの評価は目視調査を通じて行い、洪水痕跡や局部洗掘・河岸浸食位置の確認、主流路の確認及び河床の上昇あるいは低下状況の把握等を行った。更に、主要橋梁について水文・水理解析を行い、洪水の規模、架橋位置における河川の流下能力、架橋位置の洪水位等を理論計算に基づき算定した。

上記3視点からの評価・検討結果を踏まえ、各橋梁の損傷、欠陥を確認し、又その原因を説明し、この結果に基づき、適切な修繕工法の選定、その数量の算定を行った。

本調査における修繕工法は、構造的、機能的及び河川工学的な修繕工法の3つに分類される。構造的な修繕工法は、劣化した橋梁部材の補修及び耐荷力不足の橋梁部材の補強であり、機能的な修繕工法は車道拡幅、歩道添架、及び桁下余裕量不足による橋梁の嵩上げである。また、河川工学的な修繕工法は、主に橋台や橋脚周辺の河岸あるいは河床の防護工である。

直接費と間接費に大別される事業費の積算においては、最初に類似事業を参考にして技術経費、用地補償費、一般管理費、予備費などの間接費の乗率を検討して、決定した。次に、各修繕工法の工事単価を算定した。その後、各橋梁の工事数量に該当する工事単価を乗じて事業費を求め、各橋梁の事業費を合計して203橋の全事業費を算出した。その結果、全事業費は58,148百万マレイシアリンギットと算定された。

事業費の積算結果を踏まえて経済評価を行った。将来交通量の予測にはトレンド法を適用し、"Traffic Volume Malaysia 1988"の交通量調査データから将来交通量を推算した。一方、経済企画庁発行の関連工事の平均変換係数を用いて、算出された財務的事業費を経済費用に変換した。本調査で考慮した計測可能な便益は下記の通りである。

- ・ 交通障害の発生期間減少による自動車運行費用の節減
- ・ 橋梁部通行速度の上昇による自動車運行費用の節約
- ・ 維持費用の節約(事業実施の場合と実施しない場合との維持費の差)

経済評価は、費用便益比(BCR)、純現在価値(NPV)及び内部収益率(IRR)の三つの指標を用い、またプロジェクトライフを1994年から20年と想定して実施した。プロジェクト全体として見ると、落橋に伴う交通障害発生期間の減少により発生する便益が大部分を占めており、費用に対して便益が十分に大きく、費用便益比は6.75、内部収益率も58%に達する。更に、各橋梁別の経済評価の結果、修繕事業対象203橋の97%に相当する197橋は、1994年に経済的に事業実施可能であることが判明した。また、残り6橋についても、事業実施を5年間先送りすることにより内部収益率が向上するため、1999年に事業実施が可能となる。

B. 結 論

B-1 橋梁の維持及び修繕の必要性

運輸・通信部門の発展、とりわけ道路運輸分野における道路網の整備は、マレーシアにおける社会的、経済的発展に大きな役割を果たしてきた。この道路網に位置する橋梁は、交通の要衝であり、落橋あるいはその機能が損なわれた場合の社会的影響を考慮すると、極めて重要なものである。

調査対象橋梁216橋の内、34橋(15.7%)は1945年以前に、180橋(83.3%)は1946年から1974年の間に建設された。また、橋梁形式別視点に立って見ると、76橋(35.2%)は構造上及維持上の問題を有するバックルプレート床版鋼鉄桁である。従って、これらの橋梁の老朽化と耐荷力不足は最も重大な問題である。更に交通量の急激な増加及び交通荷重の増大は、橋梁の拡幅や耐荷性能の向上を必要としている。これらの状況を更に悪化させているのが塩害、中性化であり、これら化学的な要因は、橋梁材料の劣化を促進している。

交通安全性の減少、構造安全性の低下及び橋梁架換えによる政府の財政支出の増加などを回避するために、緊急の課題として、橋梁の点検、維持及び修繕を実施する必要がある。

B-2 本事業の実施

本調査で実施した概略修繕設計と経済評価結果に基づき、全調査対象橋梁は技術的及び経済的に事業実施可能と結論づける事ができ、全調査橋梁を対象として橋梁修繕事業を早期に実施すべきである。この事業は、「第6次マレーシアプラン1991-1995」に強調されているように、マレーシア政府の施策に合致するものである。203橋を対象とした全事業費は、下記に示すように1991年12月の価格水準で58.148百万マレイリンギットである。

費 目	(百万リンギット)
建設費	45.428
技術費	4.543
事務費	1.363
予備費	6.814
合 計	58.148

C. 勧告

C-1 プロジェクトの実施

下記の理由に基づき、調査を実施した203橋を対象にした橋梁維持・修繕事業をプロジェクトと定義して早期実施する事を強く勧告する。

- 1) 調査対象橋梁の全てが、様々な損傷や被害を被っており、その内の何橋かは非常に危険な状態である。
- 2) これらの橋梁は、主として標準的な補修あるいは補強工法を実施することによってその機能を改良することが技術的に可能である。
- 3) 経済評価結果から、本プロジェクトの実施は十分な妥当性を有する。
- 4) マレーシア政府は、全プロジェクト費用の予算措置能力を有するものと考えられる。

プロジェクトの実施に当たっては、プロジェクトの早期実施の必要性及びマレーシア国政府の予算措置能力を考慮し、下記事項を十分考慮して実施する事を勧告する。

- 1) 203橋を対象とするプロジェクトを5つのパッケージに分割する。
- 2) 第1パッケージの建設事業を1994年の早期に開始する。
- 3) 原則として各パッケージはマレーシアの会計年度内に完了することとし、1998年までにプロジェクトを終了する。

C-2 技術及び制度上の勧告

(1) 橋梁新設時における設計、施工上の欠陥をなくす必要性

調査結果から、調査対象橋梁に不適切な設計、施工に起因する欠陥を含む様々な欠陥があることが明らかになった。従って、新橋建設に際しては、設計、施工上の欠陥を極力防止すべきである。さもないと、これらに起因する維持、修繕作業を軽減することができない。

これらの欠陥の発生を防止するために、以下の対策を実施する必要がある。

- ・ 支間長10mから40mの範囲での代表的な形式の上部構造及び下部構造の標準設計を確立し、全国的にこの適用を制度化する。
- ・ 新しい橋梁を計画する場合、橋梁形式の選定、スパン割、橋長などを慎重に検討する必要がある。特に、河川工学的及び水文水理学的視点からの検討は重要である。
- ・ 施工詳細や架設・施工方法などを含めた実務的な橋梁設計マニュアルを作成する。

- ・JKR管轄下の全橋梁の設計業務に対する審査及び承認の権限をJKR橋梁課に与える。
- ・橋梁建設に際して、JKRの現場管理、監督チームを強化し、品質管理を重視する。

(2) 橋梁管理のための組織の確立及び体系的な橋梁点検・維持・修繕の実施の必要性

前節のB.結論で述べられているように、体系的な橋梁点検・維持・修繕の実施の必要性は明確である。しかし、これらの作業の成否は、それに関わる組織、体制及び要員に負う所が多い。従って、組織、監理体制に関わる勧告を下記に述べる。

- ・JKR橋梁課に橋梁点検・維持・修繕に関する全業務を監督する権限を付与すべきであり、同課はJKR管轄の橋梁に関して全管理権限を持つものとする。
- ・各州JKRは修繕工事管理に関わる責任を負うものとする。一方、各郡JKR事務所は橋梁の目視点検、定期点検及び日常的な橋梁維持作業の実施に対して責任を負うものとする。
- ・全ての橋梁点検記録及び維持・修繕記録はJKR橋梁課が保有する橋梁管理システムに一元化すべきである。
- ・作業の品質に直接影響をおよぼすJKRの技術者及び技能者の技能向上を図るため、専門的な訓練を定期的を実施すべきである。
- ・全国的な橋梁点検制度の中に、認定橋梁点検技師の登録制度を導入すべきである。これにより、点検技師は専門家としての自覚を持ち続けることができる。
- ・橋梁点検・維持チームの仕事は専門職であるので、専門家を育成するために頻繁な人事移動は避けられるべきである。
- ・橋梁点検・維持・修繕に関わる予算は、道路維持予算とは別途に配分されるべきである。

目 次

序 文
プロジェクト位置図
写真集
要 旨

	ページ
第1章 序 論	1- 1
1.1 プロジェクトの背景	1- 1
1.2 調査の背景と目的	1- 2
1.3 調査範囲	1- 3
1.4 調査の流れと主要作業項目	1- 4
1.5 調査に関わる組織	1- 4
1.6 最終報告書の構成	1- 7
1.7 主要な会議	1- 7
第2章 目視調査対象橋梁100橋の選定	2- 1
2.1 概 要	2- 1
2.2 調査対象橋梁の分類	2- 1
2.3 100橋の選定手法	2- 2
2.4 橋梁の事前評価	2- 3
2.5 想定される修繕計画の立案	2- 6
2.6 選定基準の設定	2- 7
2.7 目視調査対象橋梁100橋の選定結果	2-10
第3章 目視調査	3- 1
3.1 概 要	3- 1
3.2 目視調査手法	3- 1
3.3 橋梁の総合評点	3- 3
第4章 目視調査結果	4- 1
4.1 概 要	4- 1
4.2 橋梁の現況	4- 1
4.3 目視調査結果の分析	4- 4
4.4 標準的修繕対策計画の立案	4-13
第5章 詳細調査対象橋梁の選定	5- 1
5.1 概 要	5- 1
5.2 詳細調査対象橋梁20橋の選定	5- 1
5.3 載荷試験対象橋梁の選定	5- 9

第6章	測量調査	6- 1
6.1	概 要	6- 1
6.2	目 的	6- 1
6.3	調査方法	6- 1
6.4	測量調査の結果	6- 4
第7章	地質及び水質調査	7- 1
7.1	概 要	7- 1
7.2	目 的	7- 1
7.3	地質調査の内容	7- 1
7.4	表土調査の内容	7- 4
7.5	地質調査の結果	7- 5
7.6	表土調査の結果	7- 7
第8章	河川水文調査	8- 1
8.1	概 要	8- 1
8.2	河川水文調査の手法	8- 1
8.3	現場調査の結果	8- 2
8.4	水文・水理解析の結果	8- 4
8.5	河川評価結果	8- 8
第9章	詳細構造調査	9- 1
9.1	概 要	9- 1
9.2	調査方法と調査機器	9- 1
9.3	詳細構造測定	9- 2
9.4	材料強度計測	9- 4
9.5	材料劣化度測定	9- 8
9.6	橋梁機能調査	9-15
第10章	実橋載荷試験	10- 1
10.1	概 要	10- 1
10.2	載荷試験の計画	10- 1
10.3	載荷試験の手法	10- 4
10.4	載荷試験結果	10-11
第11章	適用活荷重の検討	11- 1
11.1	概 要	11- 1
11.2	英国における橋梁設計荷重の歴史的変遷	11- 1
11.3	マレーシアにおける設計活荷重の歴史的変遷	11- 2
11.4	マレーシアの現行活荷重基準	11- 2
11.5	適用活荷重の決定	11- 4

第12章	概略修繕設計	12- 1
12.1	概 要	12- 1
12.2	検討基準の設定	12- 2
12.3	橋梁の構造検討	12- 4
12.4	標準修繕設計	12-13
12.5	比較設計	12-21
12.6	概略修繕設計の結果	12-28
第13章	維持・修繕計画の策定	13- 1
13.1	概 要	13- 1
13.2	補足橋梁調査の手法	13- 1
13.3	維持・修繕計画の策定結果	13- 7
第14章	積 算	14- 1
14.1	概 要	14- 1
14.2	20橋に対する単価算定	14- 2
14.3	各修繕工法の標準単価	14- 6
14.4	事業費の積算	14- 9
第15章	経済評価	15- 1
15.1	概 要	15- 1
15.2	将来交通量の予測	15- 2
15.3	経済費用	15- 3
15.4	便益の計測	15- 5
15.5	経済評価	15-15
第16章	実施計画の策定	16- 1
16.1	概 要	16- 1
16.2	計画立案の骨子	16- 1
16.3	実施計画	16- 8
16.4	財務計画	16- 9
16.5	詳細設計	16- 9
16.6	事業の管理及び組織	16-10
第17章	結論と勧告	17- 1
17.1	概 要	17- 1
17.2	結 論	17- 1
17.3	勧 告	17- 6

圖 目 次

圖 1-1	Work Flow Diagram of the Study	1- 5
圖 1-2	No's of Bridge at Various Stages of the Study	1- 6
圖 1-3	Study Organization	1- 7
圖 2-1	Statistic of 216 Bridges	2- 2
圖 2-2	Selection Procedure of 95 Bridges	2- 3
圖 2-3	Statistic of 95 Bridges Selected	2-10
圖 2-4	Location Map of the 100 Bridges Selected	2-12
圖 4-1	Average Rating of Each Main Structure	4- 3
圖 4-2	Average Rating of Each Bridge Type	4- 4
圖 4-3	Damage Ratio and Average Rating in Steel Beam/Girder	4- 5
圖 4-4	Damage Ratio and Average Rating in Concrete Beam	4- 6
圖 4-5	Damage Ratio and Average Rating in Steel Buckle Plate Slab	4- 7
圖 4-6	Damage Ratio and Average Rating in R.C. Slab	4- 7
圖 4-7	Damage Ratio and Average Rating in Bearing	4- 8
圖 4-8	Damage Ratio and Average Rating in Abutment	4- 9
圖 4-9	Damage Ratio and Average Rating in Pier	4- 9
圖 4-10	Damage Ratio and Average Rating in Wingwall	4-10
圖 4-11	Damage Ratio and Average Rating in Railing	4-11
圖 4-12	Damage Ratio and Average Rating in Pavement	4-11
圖 4-13	Damage Ratio and Average Rating in Expansion Joint, Dainage and Bank Slope Protection	4-12
圖 5-1	Selection Procedures of 20 Bridges for Detailed Survey	5- 2
圖 5-2	Statistic of 17 Bridges Selected	5- 6
圖 5-3	Location Map of 20 Bridges Selected	5- 8
圖 6-1	Location Map of 18 Bridges for Topographic Survey	6- 3
圖 7-1	Location of Bridges Where Subsoil Investigation was Conducted	7- 2
圖 7-2	Travel Time Curve of Pile Length Test	7- 6
圖 7-3	Average Rate of Deterioration of Concrete under Sulphate Attack for Various Type of Cement	7-14

☒ 8-1	Location of Abutment	8-11
☒ 9-1	Judgement Diagram of Innocuous Degree of Aggregate	9-14
☒ 10-1	Hourly Fluctuation of Traffic Volume at Sg. Karang Bridge	10- 4
☒ 10-2	Flow Diagram of Loading Test	10- 5
☒ 10-3	Hanger Type Scaffolding	10- 8
☒ 10-4	Pipe Type Scaffolding	10- 8
☒ 10-5	Stress Distribution Diagram	10-12
☒ 10-6	Stress Distribution Diagram, Main Beam (G-1) of PCB Center Span	10-15
☒ 10-7	Stress Distribution Diagram, Main Beam (G-2) of PCB Center Span	10-15
☒ 10-8	Relation Diagram Between Bending Moment and Stress	10-16
☒ 10-9	Stress Distribution Diagram, Main Beam (G-1) of PCB Side Span	10-17
☒ 10-10	Bending Moment and Stress Relation Diagram	10-17
☒ 10-11	Conceptual Flow of Test Results Application in Selection of Rehabilitation Plan	10-21
☒ 11-1	Loading Curve for LTAL, UDL	11- 3
☒ 11-2	Configuration of Special Vehicle	11- 3
☒ 11-3	Loading Curve for MTAL, UDL	11- 4
☒ 11-4	Distribution Diagram of Span Length	11- 5
☒ 11-5	Distribution Diagram of Carriageway Width	11- 5
☒ 11-6	Percentage Difference in B.M. Compared to HA	11- 6
☒ 11-7	Percentage Difference in Shear Compared to HA	11- 6
☒ 11-8	% Difference in Sectional Forces Due to Dead Load and MTAL Compared to HA	11- 8
☒ 11-9	% Difference in Sectional Forces Due to Dead Load and LTAL Compared to HA	11- 8
☒ 12-1	Flow Chart of Preliminary Design	12- 1
☒ 12-2	Analytic Model for Assessmsnt	12- 7
☒ 12-3	6-Axle Articulated Special Heavy Vehicle	12- 9
☒ 12-4	Loading Application Criteria	12- 9

☒ 13-1	Statistic of 205 Bridges	13- 7
☒ 13-2	Rehabilitation Method for SBC Type Bridges	13- 8
☒ 13-3	Rehabilitation Method for SBE Type Bridges	13- 9
☒ 13-4	Rehabilitation Method for SBB Type Bridges	13- 9
☒ 13-5	Rehabilitation Method for RCB Type Bridges	13-10
☒ 13-6	Rehabilitation Method for RCS Type Bridges	13-10
☒ 13-7	Rehabilitation Method for PRB Type Bridges	13-11
☒ 13-8	Rehabilitation Method for PCB Type Bridges	13-11
☒ 13-9	Rehabilitation Method for IT Type Bridges	13-12
☒ 13-10	Rehabilitation Method for Abutments	13-12
☒ 13-11	Rehabilitation Method for Piers	13-13
☒ 14-1	Components of Project Cost	14- 3
☒ 14-2	Relationship between Construction Cost and Cost Rate for Detail Design	14- 3
☒ 14-3	Relationship for Standard Unit Price of Concrete Pile Lining	14- 8
☒ 15-1	Flowchart of Economic Evaluation	15- 1
☒ 15-2	Flowchart of Traffic Projection	15- 3
☒ 15-3	A Example of Reliability Function $R(t)$ in Japan	15- 7
☒ 15-4	Probability Density of Bridge Unserviceability	15- 7
☒ 15-5	Probability Density of Bridge Unserviceability after Rehabilitation	15-10
☒ 15-6	IRR Distribution for Individual Bridges	15-21
☒ 15-7	IRR and Project Cost by State	15-23
☒ 16-1	Location Map of Bridges under Package I	16- 3
☒ 16-2	Location Map of Bridges under Package II	16- 4
☒ 16-3	Location Map of Bridges under Package III	16- 5
☒ 16-4	Location Map of Bridges under Package IV	16- 6
☒ 16-5	Location Map of Bridges under Package V	16- 7
☒ 16-6	Implementation Schedule	16- 8
☒ 16-7	Schematic Interrelationship between the Agencies ...	16-11
☒ 16-8	Typical Organization for Construction Supervision	16-11
☒ 17-1	Overall Implementation Schedule	17- 7
☒ 17-2	Schematic Flow of the Link between Inspection and Bridge Managemant	17-10

表 目 次

表 2-1	Conceivable Rehabilitation Plan for Every Type of Damage Identified for Main Bridge Component	2- 8
表 2-2	Number and Percentage of Each Bridge Type and Age Group	2- 9
表 2-3	List of 100 Bridges Selected for Visual Inspection	2-11
表 4-1	Summary of Bridge Ratings for Selected 100 Bridges	4- 2
表 4-2	List of Bridges Which Are Inadequate from Functional View Points	4-13
表 5-1	Assignment Criteria of Possible Rehabilitation Plan for Main Bridge Steel Components	5- 3
表 5-2	Assignment Criteria of Possible Rehabilitation Plan for Main Bridge Concrete Components	5- 4
表 5-3	Number and Percentage for Each Bridge Material and Age Group	5- 5
表 5-4	List of 20 Bridges Selected for Detailed Survey	5- 7
表 5-5	Evaluation of the 20 Bridge for Loading Test	5-12
表 5-6	Evaluation Results and Selection of Bridges for Loading test	5-12
表 6-1	Extent of Topographic Survey	6- 2
表 6-2	TBM Levels and Referenced Benchmarks	6- 5
表 7-1	Quantities for Subsoil Investigation at 5 Selected Bridges	7- 3
表 7-2	Quantities for Soil and River Water Quality Sampling and Testing	7- 4
表 7-3	Summary of the Existing and/or Recommended Foundation System for the 5 Selected Bridges Where Subsoil Investigation Was Carried Out	7- 5
表 7-4	Summary of General Geology and Subsoil Conditions at 10 Bridges Sites Where Sulphate Survey Was Carried Out	7- 8

表 7-5	Summary of Chemical Test Results	7-10
表 7-6	Classification on the Degree of Aggressiveness of Acidic Water on Concrete	7-11
表 7-7	Classification on the Degree of Aggressiveness of Acidic Soil on Concrete	7-11
表 7-8	Summary of Ratings on the Aggressiveness of Acids at Each Bridge Site	7-12
表 7-9	Summary of the Degree of Aggressiveness of Sulphate Attack Based on B.S. 8004:1986	7-13
表 8-1	Summary of Hydraulic Defects Observed	8- 3
表 8-2	Probable Basin Mean Rainfall	8- 6
表 8-3	Estimated Flood Runoff Peak	8- 7
表 8-4	Estimated Flood Level	8- 7
表 8-5	Alternative Calculation Results	8- 9
表 8-6	Summary of Hydraulic Defect and Rehabilitation Plan	8- 9
表 9-1	Concrete Cover	9- 3
表 9-2	Summary of Concrete Core Test Results	9- 4
表 9-3	Summary of Concrete Strength Test Results	9- 5
表 9-4	Concrete Cube Strength to be Used in the Structural Assessment of Bridges	9- 6
表 9-5	Summary of Steel Strength from Echo-Tip	9- 7
表 9-6	Strength of Steel Produced in UK since 1934	9- 7
表 9-7	Maximum Carbonation Depth	9- 8
表 9-8	Summary of Chloride Content in Concrete Members	9- 9
表 9-9	Summary of Sulphate Content in Concrete Members	9-10
表 9-10	Summary of the Rebar Corrosion Test Results	9-11
表 9-11	Summary of Formation Test Results	9-11
表 9-12	Bridge Function Survey Results	9-15
表 10-1	Loading Position and Loading Case	10- 3
表 10-2	Comparison of Test Result Value and Calculated Value (Main beam of SBC)	10-11
表 10-3	Working Stress Due to HA Loading and Dead Load	10-12
表 10-4	Comparison of Test Result Value and Calculated Value (Main Beam of RCB)	10-13
表 10-5	Comparison of Test Result Value and Calculated Value (Deck Slab)	10-13

表 10-6	Comparison of Test Result Values and Calculated Values (Main Beam)	10-14
表 10-7	Comparison of Test Result Values and Calculated Values (Main Beam, G-1)	10-16
表 10-8	Comparison of Test Result Value and Calculated Value (Deck Slab)	10-18
表 10-9	Comparison of Test Result and Calculated Value (Main Slab)	10-18
表 10-10	Dynamic Test Results in Terms of Working Stress under Existing Traffic	10-19
表 10-11	Dynamic Test Results in Terms of Working Stress at Different Running Speed	10-20
表 12-1	Summary of Analytic Assessment of Existing Bridges	12- 6
表 12-2	Assessment Results of Pile Failure	12- 7
表 12-3	Assessment Results of Special Heavy Vehicle Loading	12-10
表 12-4	Summary of Defects	12-11
表 12-5	Summary of Selected Rehabilitation Methods	12-12
表 12-6	Alternative Study (1)	12-23
表 12-7	Alternative Study (2)	12-25
表 12-8	Alternative Study (3)	12-27
表 12-9	Summary of Rehabilitation Plans and Main Work Item for 20 Brodges	12-29
表 12-10	Summary of Strengthening Design Results	12-30
表 12-11	Summary of Work Quantities	12-31
表 13-1	Type of Protection Method and Corresponding Application Criteria	13- 3
表 13-2	Type of Reinforcement Method and Corresponding Application Criteria	13- 4
表 13-3	Type of Hydraulic Rehabilitation Plan and Corresponding Application Criteria	13- 6
表 13-4	Final List of Study Bridges Which Require Rehabili- tation Work Based on Functional Viewpoints	13- 8
表 14-1	Summary of Applicable Multiplier Factors Compared with Those Adopted in the NALS	14- 5
表 14-2	Summary of Unit Price for Rehabilitation Works	14- 7
表 14-3	Summary of Standard Unit Price for Each Rehabilitation Method	14-10
表 14-4	Summary of Cost Estimate for All Study Bridges	14-11

表 15-1	Probability Density of Bridge Unserviceability after Rehabilitation	15-11
表 15-2	Vehicle Running Speed Assumed for Estimation of VOC	15-12
表 15-3	Vehicle Operating Costs by Vehicle Type	15-12
表 15-4	Assumed Equivalent Age of Bridge	15-13
表 15-5	Flow of Total Cost and Benefit	15-16
表 15-6	Result of Economic Evaluation for Individual Bridge	15-18
表 15-7	IRR and Project Cost by State	15-23
表 15-8	Sensitivity to Fluctuation in Cost and Traffic	15-25
表 16-1	Summary of Each Package	16- 2
表 16-2	List of Bridges under Package I	16- 3
表 16-3	List of Bridges under Package II	16- 4
表 16-4	List of Bridges under Package III	16- 5
表 16-5	List of Bridges under Package IV	16- 6
表 16-6	List of Bridges under Package V	16- 7
表 16-7	Project Funding Schedule	16- 9
表 17-1	Summary of the Most Dominant Rehabilitation Work ...	17- 5

資料集

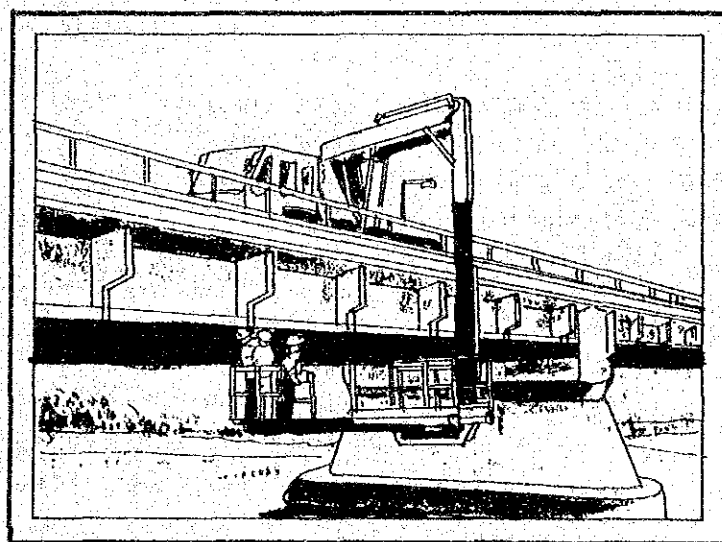
(別冊)

Appendix-A	Member List of Committees and Teams	A-1
Appendix-B	Minutes of Meetings	B-1
Appendix-C	List of 216 Bridges rated as 3,4 or SSAL ...	C-1
Appendix-D	Preliminary Evaluation Results and Assignment Results of Conceivable Rehabilitation Plan from Structural View Point	D-1
Appendix-E	Preliminary Evaluation Results and Assignment Results of Conceivable Rehabilitation Plan from Functional View Point	E-1
Appendix-F	Selection of 100 Bridges for Visual Inspection	F-1
Appendix-G	Visual Inspection Results for Five Special Bridges	G-1
Appendix-H	Possible Rehabilitation Plan from Structural and Functional View Point	H-1
Appendix-I	Selection of 20 Bridges for Detailed Survey	I-1
Appendix-J	Backup Data of Subsoil Investigation	J-1
Appendix-K	Backup Data of River Hydrological Study	K-1
Appendix-L	Loading Positions and Measurement Points ...	L-1
Appendix-M	Loading Test Results	M-1
Appendix-N	Structural Assessment Criteria	N-1
Appendix-O	Result of Analytic Assessment on Each Existing Bridge	O-1
Appendix-P	Summary of Bridge Assessment	P-1
Appendix-Q	Summary of Bridge Rehabilitation Plan Covering 216 Study bridges	Q-1
Appendix-R	Backup Data for Cost Estimate	R-1
Appendix-S	Backup Data for Economic Evaluation	S-1

AADT	: 年平均日交通量 (Annual Average Daily Traffic)
AAR	: アルカリ骨材反応 (Alkali Aggregate Reaction)
BCR	: 便益費用比 (Benefit Cost Ratio)
BMS	: 橋梁管理システム (Bridge Management System)
BOX	: ボックスカルバート (Box Culvert)
BS	: 英国規格 (British Standard)
DID	: 公共事業省灌漑排水局 (Drainage and Irrigation Department)
EPU	: 総理府経済企画庁 (Economic Planning Unit)
HPU	: 公共事業省道路計画課 (Highway Planning Unit)
IRR	: 内部収益率 (Internal Rate of Return)
IT	: プレテンション逆 T 桁橋 (Inverted-Tee Beam)
JICA	: 国際協力事業団 (Japan International Cooperation Agency)
JKR	: 公共事業省 (Jabatan Kerja Raya)
KEL	: 線荷重 (Knife Edge Load)
LTAL	: 長期軸重活荷重 (Long Term Axle Load)
P.C	: プレストレストコンクリート (Prestressed Concrete)
PCB	: プレストレストコンクリート桁橋 (Prestressed Concrete Beam)
PRB	: プレキャスト鉄筋コンクリート桁橋 (Precast Reinforced Beam)
MTAL	: 中期軸重活荷重 (Medium Term Axle Load)
NALS	: 全国軸重調査 (National Axle Load Study)
NPV	: 純現在価値 (Net Present Value)
NR	: 天然ゴム (Natural Rubber)
OECD	: 経済協力開発機構 (Organization of Economic Cooperation and Development)
R.C	: 鉄筋コンクリート (Reinforced Concrete)
RCB	: 鉄筋コンクリート桁橋 (Reinforced Concrete Beam)
RCS	: 鉄筋コンクリート床版橋 (Reinforced Concrete Slab)
RRLC	: 余剰耐荷力 (Reserved Residual Loading Capacity)
SBB	: バックルプレート床版・鋼鈑橋 (Steel Beam Buckle Plate)
SBC	: 鉄筋コンクリート床版・鋼鈑橋 (Steel Beam Concrete Slab)
SBE	: 鉄骨鉄筋コンクリート桁橋 (Steel Beam Encased)
SBG	: 鋼箱桁橋 (Steel Box Girder)
SBR	: スチレンブタジエンゴム (Styrene Butadiene Rubber)
STAL	: 短期軸重活荷重 (Short Term Axle Load)
SSAL	: 耐荷力不足 (Substandard Axle Load)
S/W	: 作業範囲合意書 (Scope of Work)
SV	: 特殊車両 (Special Vehicle)
UDL	: 等分布活荷重 (Uniformly Distributed Load)
UPV	: 超音波コンクリート品質試験機 (Ultrasonic Pulse Velocity)
V/C	: 現在交通量／橋梁上の交通容量 (Current Demand Volume/Traffic Capacity on Bridge Ratio)
VOC	: 自動車運行費用 (Vehicle Operating Cost)

第 1 章

序 論



第1章 序論

1.1 プロジェクトの背景

運輸・通信分野の発達、特に道路運輸分野に於ける道路網の発達は、マレーシアに於ける国民生活の向上や経済の拡大に寄与している。

19世紀後半の半島マレーシアにおいては、厳密な意味での道路網は整備されておらず、馬や牛車のための原始的な道路があるだけであった。急速な道路整備は、1900年代初頭この国のゴム産業の開発と共に始まり、大半の道路は、ゴムの生産地と主要な都市や港を結ぶために建設された。1913年までに、約3000kmの未舗装の道路が整備され、その後錫やゴム産業を支えるための道路開発は1950年代の半ばまで続いた。1957年に独立を達成したマレーシアは、経済の多様化を目指し、錫やゴムの世界市場への依存度を減ずるために、その政策を変更した。それ以後、マレーシアは著しい経済成長を遂げた。1966年、マレーシア政府は最初の5ヶ年計画を策定してより良好な道路網の整備を目標に、1988年までに約40,600kmの舗装道路と約4,500橋の橋梁が建設された⁽¹⁾。

高規格な道路と急速な経済成長に伴って、自動車台数は急増し、マレーシアの自動車登録台数の平均増加率は年率約10.7%に及んでいる。一方、1988年に行われた交通量調査によれば、連邦道路の交通量の内、中・大型のトラックが約16%、バスが2.4%を占めており⁽²⁾、ある連邦道路の年平均日交通量は、101,500台/日に及ぶ。このような交通量の急激な増加や大型・重車両の導入に伴う過積載車両の通行は、多くの道路に耐荷力不足や頻繁な維持、管理を強いる結果となった。

このような状況に基づき、合理的な道路・交通政策の立案の必要性を認識したマレーシア政府は、1985年に全国軸重調査(National Axle Load Study; NALS)を実施し、調査のPhase Iは1987年に、Phase IIは1991年に完了した。この調査の目的は、現在の道路輸送体系の見直しに基づき、より経済的な道路輸送システムを確立するためであった。調査の実施にあたって、調査対象道路に位置する全ての橋梁の耐力及び構造的視点からの現状の把握が必要であったが、1972年から1974年までに作成された連邦道路に関わる古い橋梁台帳は、極めて多くの小橋梁が記録されておらず、又、定期的に更新されていないので、不完全なものであった。そのため、調査対象の連邦道路に位置する全ての橋梁に関わる調査と資料収集が全国軸重調査で行われ、新しい橋梁台帳と各橋梁の調査票が作成された。

全国軸重調査(Phase I及びII)の結果から、極めて多数の橋梁が過積載荷重に起因した構造部材の損傷・劣化及び不適切な維持・管理などのために被害を被っていることが判明した。この内の何橋かは、経済的な補修が困難なほど損傷しており、又、多数の橋梁は緊急に維持、修繕対策を実施する必要があると判明した。同時に、この調査で、橋面上の極端に厚い舗装のオーバーレイや構造検討を実施しないで行っている橋梁構造の変更など現在の維持・管理が構造物に悪影響を及ぼしていることも明らかになった。全国軸重調査は、マレーシア政府に下記対策の実施を勧告した。

註記 ; 出展 (1) MALAYSIAN ROAD, General Information 1990

(2) Annual Statistical Bulletin 1988

- ・ 公共事業局 (Public Works Department; 現地略称 JKR) 橋梁課に詳細設計及びそれに関連する作業の見直し、監督及び橋梁管理の一元化を図る権限を与えるべきである。
- ・ 極めて危険な状態にある“損傷評点 '5' ”と判定された橋梁及び耐荷力不足 (SSAL : Substandard Axle Load) と評価された橋梁を、緊急に架け換えるべきである。
- ・ 重大な損傷を有する橋梁“損傷評点 '3' ”や危険な状態にある橋梁“損傷評点 '4' ”、あるいは耐荷力不足の橋梁 (SSAL) など、多数の橋梁を、使用不能状態になる前に補修・補強すべきである。
- ・ 全ての新しい橋梁は、長期軸重活荷重 (Long Term Axle Load ; LTAL) を基本にして提案された新橋梁設計活荷重に基づいて設計されるべきである。
- ・ 橋梁点検のための体系的な制度を確立すべきである。

上記全国軸重調査の勧告に基づき、マレーシア政府は橋梁の維持、修繕及び体系的な橋梁調査実施の重要性を認識し、JKRは下記対策を実施した。

- ・ JKR橋梁課に橋梁管理部門を設置。
- ・ 橋梁管理システム (Bridge Managemant System ; BMS) の開発。
- ・ 損傷評点 '5' と判定された橋梁及び耐荷力不足と評価された橋梁の架け換え。

1.2 調査の背景と目的

橋梁管理システムの強化の必要性和橋梁の維持・修繕の重要性の認識に基づき、マレーシア政府は、既設橋梁の維持・修繕に関する調査の実施を日本政府に要請した。この要請に応じて日本政府は、「マレーシア国全国橋梁維持・修繕計画調査」の実施を決定し、技術協力の実施を所管する国際協力事業団（以下、事業団と称す）にそれを委託した。

この決定に基づき、事業団は、多久和 勇氏を団長とする事前調査団を1990年2月13日から2月24日に渡ってマレーシアに派遣し、マレーシア政府を代表する経済企画庁 (Economic Planning Unit: EPU) と、1990年2月23日に本調査に関わる作業範囲合意書 (Scope of Work) を締結・署名した。その後、事業団は、本格調査を実施するため作業監理委員会及び調査団を1990年8月に組織し、調査団を1990年9月6日にマレーシアに派遣した。

本調査の主目的は下記の2項目である。

- 1) マレーシア国の既存橋梁のうち、重要度、緊急度の高い橋梁に関して系統的な維持、修繕にかかわるマスタープランを策定する。

- 2) マレーシアの全ての代表的な橋梁を対象にした点検・維持・修繕マニュアルを作成すること。

上記目的に加えて、JKRカウンターパートに対して、橋梁の維持・修繕に関わる現場調査技術、実橋載荷試験及び評価手法などの実務的な技術移転を実施することである。

1.3 調査範囲

本調査は、全国軸重調査で損傷評点3、4及び耐荷力不足と判定された半島マレーシアの連邦道路に位置する橋梁216橋、サバ、サラワク両州の連邦道路橋30橋及びペラ、ネグリシンピラン、セランゴール3州の州道橋40橋を対象としている。

半島マレーシアの連邦道路橋に関する調査は、下記調査を含む。

- ・ 既往資料や関連情報の収集、見直し。
- ・ 100橋の代表橋梁を対象として、橋梁目視調査を実施する。
- ・ 実橋載荷試験を実施する5橋を含む20橋に関わる詳細調査を行い、修繕対策の概略設計を実施する。
- ・ 工事費積算、経済評価及び維持、修繕計画の策定。
- ・ 点検・維持・修繕マニュアルに上記の調査結果を反映する。

サバ、サラワク両州の連邦道路橋に関する調査は、下記調査を含む。

- ・ サバ、サラワク両州の各15橋を対象にして橋梁目視調査を行い、橋梁目視調査報告書を作成する。
- ・ この内2～3の橋梁に関して詳細調査を実施し、修繕対策の概略設計を行う。
- ・ 点検・維持・修繕マニュアルに、上記の結果を反映する。

半島マレーシアの州道橋に関わる調査の目的は、現場調査技術及び調査の記録手法を州及び郡JKRへ紹介することと、各橋梁の維持、修繕対策を提案することであり、下記調査を含む。

- ・ ペラ州10橋、セランゴール州20橋及びネグリシンピラン州10橋の合計40橋について橋梁目視調査を実施し、橋梁目視調査報告書を作成する。
- ・ 上記の調査結果を点検・維持・修繕マニュアルに反映する。

1.4 調査の流れと主要作業項目

本調査は、三つのフェーズに分けられる。Phase-Iは橋梁目視調査と代表橋梁20橋の選定、Phase-IIは橋梁詳細調査と実施計画の策定及びPhase-IIIは最終報告書（案）の提出と最終報告書の作成である。各Phaseは、更に現地作業と国内作業に分けられ、(A)及び(B)でそれぞれ表される。

各Phaseの主要作業項目を下記に示す。

- ・ Phase I(A)調査 : 100橋の選定と橋梁目視調査
- ・ Phase I(B)調査 : 評価基準の設定と20橋の選定
- ・ Phase II(A)調査 : 詳細調査、概略設計及び維持、修繕計画の策定
- ・ Phase II(B)調査 : 工事費積算、経済評価及び実施計画の立案
- ・ Phase III(A)調査 : 点検・維持・修繕マニュアル（案）と最終報告書（案）の作成
- ・ Phase III (B)調査 : 最終報告書の作成と提出

作業の流れと上記主要作業の相互関係を図1-1に示す。又、各Phaseの主要調査項目とそれに伴う調査対象橋梁数の関係を図1-2に表す。

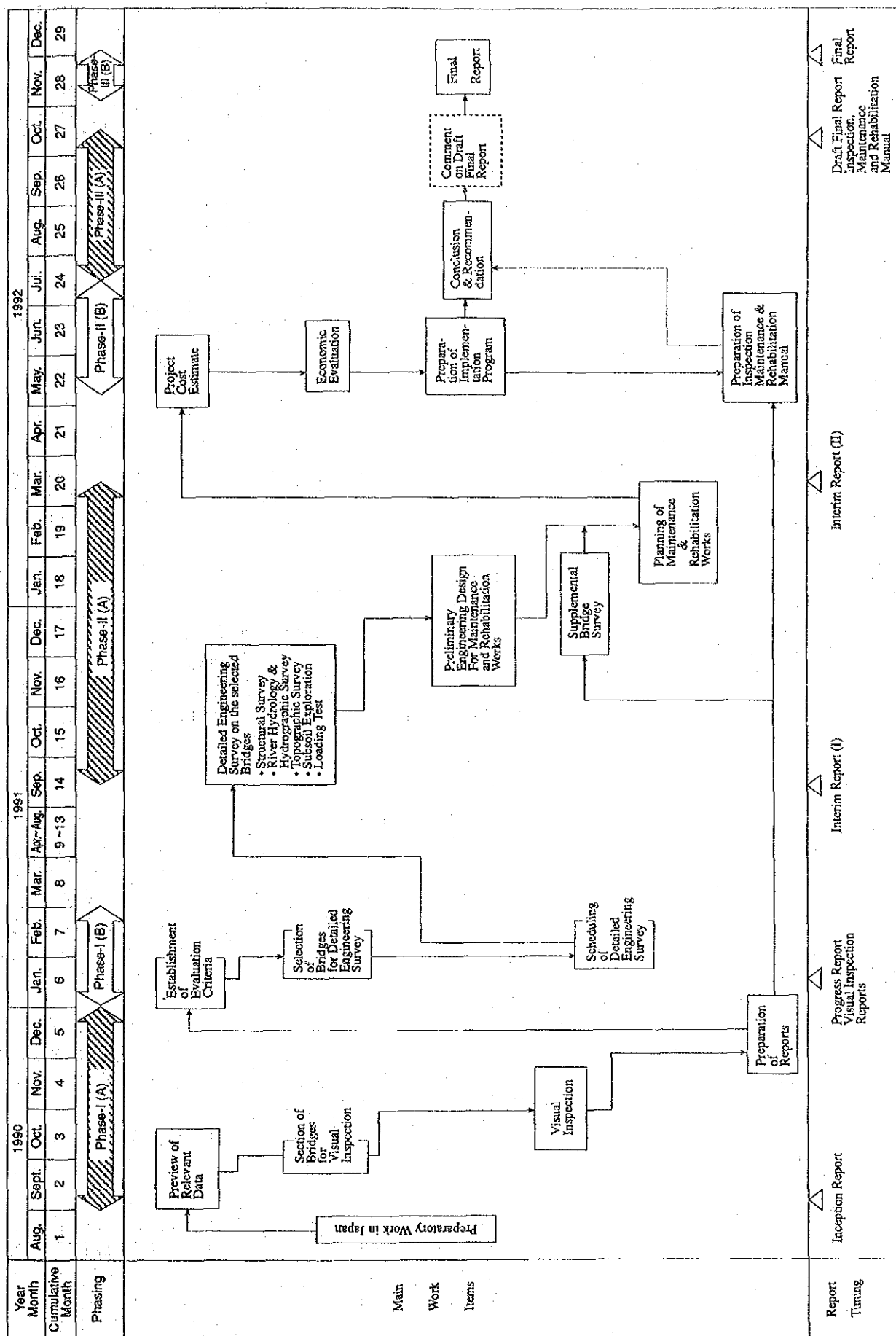
1.5 調査に関わる組織

本調査を円滑に実施するため、マレーシア政府は、経済企画庁（EPU）の社会基盤整備・公共事業部長を議長とする調査運営委員会（Steering Committee）及びJKR道路部長を議長とする技術諮問委員会（Technical Committee）を設けた。

本調査のマレーシア側政府担当機関はJKRであり、JKRは関係各官庁との調整機関としての役割をも担う。カウンターパートチームは、JKR橋梁課長を中心とする5人で組織された。

一方、事業団は、本調査の実施に際して、助言及び指導を行う3人の委員からなる作業監理委員会と日本工営株式会社 大島 久氏を団長とする9人の専門家で構成される調査団を組織した。

Figure 1-1 Work Flow Diagram of the Study



The flowchart illustrates the Bridge Study Process, organized into three main phases: Phase I (Scope of Work), Phase II (The Study), and Phase III (Implementation).

Phase I: Scope of Work

- Initial Bridge Counts:**
 - 966 Bridges (NALS Phase I, 1985/12 - 1987/10, Federal Road 1, 2, 3 routes)
 - 68 Bridges (Bridges designated as condition rating 3, 4 or SSAL)
 - 151 Bridges (Bridges designated as condition rating 3, 4 or SSAL)
 - 2900 Bridges (Bridges located in Federal Roads)
 - 1500 Bridges (About)
 - 400 Bridges (About)
- Selection of Bridges for Visual Inspection:**
 - 100 Bridges (Selected from 966 Bridges)
 - 15 Bridges (Selected from 151 Bridges)
 - 40 Bridges (Selected from 2900 Bridges)
- Discarded Bridges:**
 - 121 Discarded Bridges (From 100 Bridges)
 - 78 Discarded Bridges (From 15 Bridges)
 - 15 Bridges (From 40 Bridges)
- Supplemental Bridge Inspection:**
 - 199 Bridges (Selected from 100 Bridges)
 - 20 Bridges (Selected from 15 Bridges)
 - 4 Bridges (Selected from 40 Bridges)
- For Detailed Engineering Survey and Preliminary Design:**
 - 216 Bridges (Selected from 199 Bridges)
 - Max. 5 Bridges (Selected from 20 Bridges)
- For Loading Test:**
 - 216 Bridges (Selected from 216 Bridges)
- For Preparation of Inspection, Maintenance, Rehabilitation Manual:**
 - 286 Bridges (Selected from 216 Bridges)
- For Implementation Program:**
 - 216 Bridges (Selected from 216 Bridges)

Phase II: The Study

- Selection of Bridges by GOM:**
 - Five Special Bridges Requested by GOM (Selected from 100 Bridges)
 - Selection of Bridges by GOM (Selected from 15 Bridges)
 - Selection of Bridges by GOM (Selected from 40 Bridges)

Phase III: Implementation

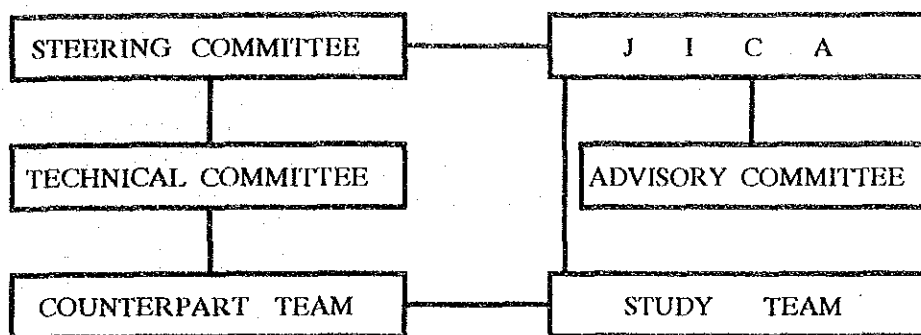
- Final Bridge Counts:**
 - 216 Bridges (For Implementation Program)
 - 286 Bridges (For Preparation of Inspection, Maintenance, Rehabilitation Manual)

Legend:

- No's of Bridges subject to Study at various stage.
- GOM - Government of Malaysia
- 1 Including 5 special Bridges
- 2 Including 3 special Bridges

前記各組織の相互関係を図1-3に示す

Figure 1-3 Study Organization



上記委員会の委員名及びチームの団員名をAppendix-Aに記す。

1.6 最終報告書の構成

最終報告書は、現場調査、構造検討、積算、経済評価結果及びこれらの作業に基づいた結論と勧告を取りまとめている。

最終報告書は、下記の4分冊から構成されている。

第1巻	要約編
第2巻	本編
第3巻	資料集
第4巻	図面集

これに加えて、橋梁点検・維持・修繕マニュアルを別冊で作成し、マレーシア政府に提出した。

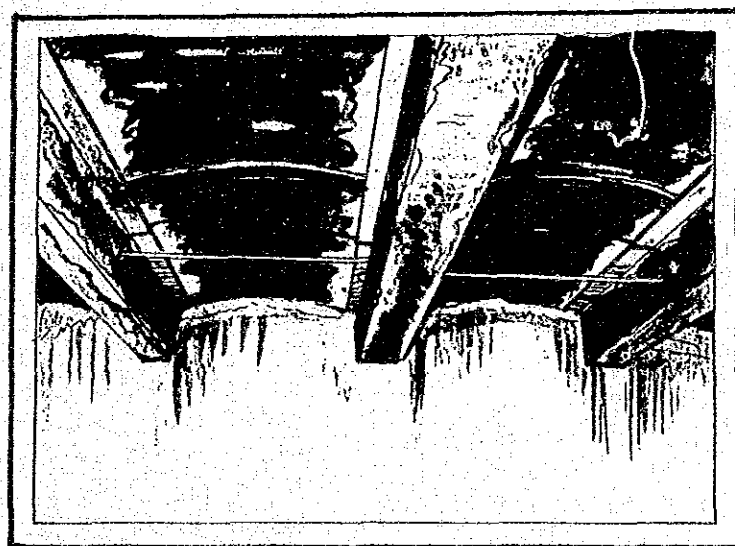
1.7 主要な会議

調査期間中に、下記の主要な会議がマレーシアで開催された。各会議の議事録をAppendix-Bに添付する。

会 議	日 時	議 題
第1回技術諮問委員会	1990年 9月 10日	調査着手報告書
第1回調査運営委員会	1990年 9月 12日	調査着手報告書
第2回技術諮問委員会	1990年 12月 18日	調査進捗報告書 及び橋梁目視調査報告書
第3回技術諮問委員会	1991年 9月 19日	調査中間報告書(I)
第2回調査運営委員会	1991年 9月 23日	調査中間報告書(I)
第4回技術諮問委員会	1991年 3月 7日	調査中間報告書(II)
第3回調査運営委員会	1991年 3月 11日	調査中間報告書(II)
第5回技術諮問委員会	1992年 10月 6日	最終報告書(案) 及びマニュアル(案)
第4回調査運営委員会	1991年 10月 9日	最終報告書(案) 及びマニュアル(案)

第 2 章

目視調査対象橋梁 100 橋の選定



第2章 目視調査対象橋梁100橋の選定

2.1 概 要

全国軸重調査において損傷評点3、4及び耐荷力不足と判定された対象橋梁の数が極めて多いのを考慮して、本調査の作業範囲合意書には各調査段階における調査対象橋梁数が規定されている。それに基づくと、橋梁目視調査に対して最大100橋及び橋梁詳細調査と修繕対策の概略設計に対して最大20橋を対象とする。

従って、本章の主目的は、橋梁目視調査を実施するために本調査の対象橋梁を代表するような100橋を選定することである。目視調査結果は詳細調査対象橋梁20橋の選定基準を設定するために活用され、又、橋梁目視調査を行わなかった橋梁の維持・修繕対策の立案に反映される。

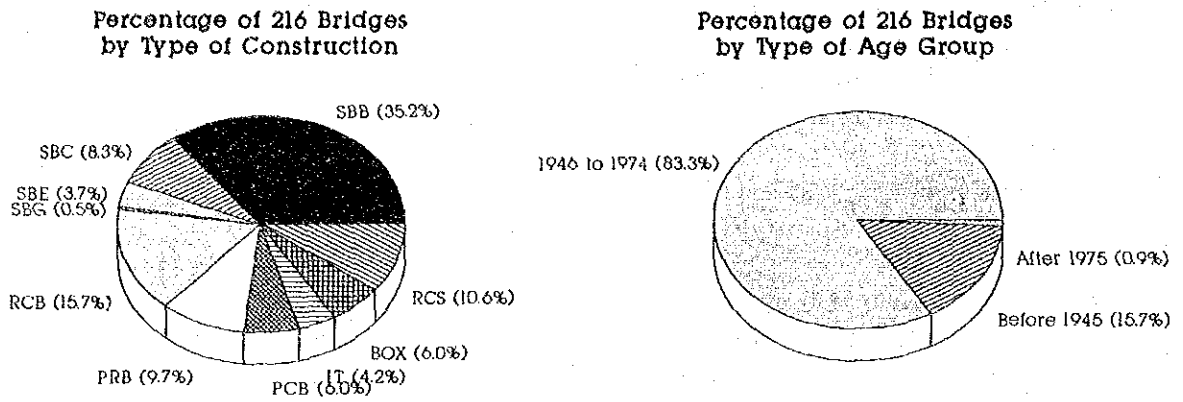
2.2 調査対象橋梁の分類

維持・修繕対策の立案を主眼にした調査対象橋梁は、全国軸重調査で損傷評点3、4及び耐荷力不足と判定された全ての半島マレイシアの連邦橋梁と定義されている。JKRカウタンターパートと共に確認作業を行った結果、それらの橋梁数は216橋であった。全国軸重調査で作成された橋梁台帳に基づくこれらの橋梁の一覧表をAppendix-Cに示す。

選定作業の事前準備として、調査対象橋梁を橋梁上部工形式別に分類した。その結果、216橋の内、バックルプレート床版・鈑桁橋（SBB）が76橋（35.2%）、鉄筋コンクリート桁橋（RCB）が34橋（15.7%）、鉄筋コンクリート床版橋（RCS）が23橋（10.6%）、プレキャスト鉄筋コンクリート桁橋（PRB）が21橋（9.7%）、コンクリート床版・鈑桁橋（SBC）が18橋（8.3%）、プレストレストコンクリート桁橋（PCB）が13橋（6.0%）、ボックスカルバートが13基（6.0%）、プレテンション逆T桁橋が9橋（4.2%）、鉄骨鉄筋コンクリート桁橋（SBE）が8橋（3.7%）及びコンクリート床版・鋼箱桁橋（SBG）が1橋（0.5%）である。

又、これらの橋梁を橋齢別（供用年数）にも分類した。この分類は、マレイシアのほとんどの橋梁がその時代の英国規格に準拠して設計・施工されていると考えられるので、設計活荷重を知る上で重要である。1946年から1974年の間に建設された橋梁は、HA荷重で設計されたと知られており、それ以後の橋梁は、HA荷重で設計し、HB荷重を橋梁中心線に沿って限定載荷してその安全度を照査している。1945年以前の橋梁については、橋梁設計に関する資料が無いので設計荷重は明確ではないが、英国国防省の橋梁設計荷重に準拠して設計されたものと考えられる。従って、対象橋梁数はこれら三つのグループに分類できる。即ち、1945年以前が34橋（15.74%）、1946年から1974年までが180橋（83.33%）、1975年以降が2橋（0.93%）である。調査対象橋梁の橋梁形式別及び橋齢グループ別の分類を図2-1に示す。

Figure 2-1 Statistics of 216 Bridges



2.3 100橋の選定手法

目視調査対象橋梁100橋は、216橋の調査対象橋梁から全て選定する予定であったが、マレーシア政府から目視調査対象橋梁の中に下記5橋の特別橋梁を含めるよう要請があった。

橋 名	損傷評点	耐荷力分類
メルデカ橋	2	STAL
タマロー橋	2	MTAL
バトゥバハ橋	2	STAL
サルタンヤヤプトラ橋 ⁽¹⁾	-	-
クアラレパ橋	2	MTAL

従って、全調査対象橋梁216橋から95橋を選定し、上記特別橋梁5橋を合わせて目視調査対象橋梁100橋とする。

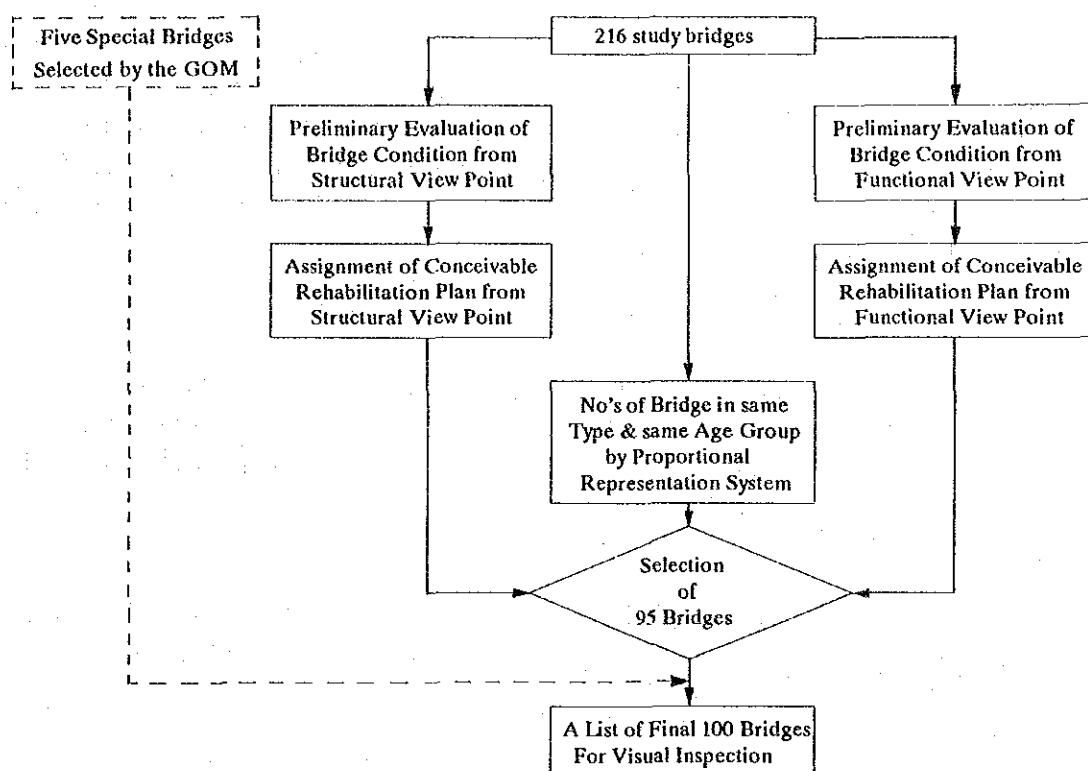
216橋から95橋を選定する手法を図2-2に図示する。最初に、216橋について、橋梁の構造的視点及び機能的視点から事前評価を行い、それを踏まえて、これら二つの視点から各橋梁に想定される修繕計画を配する。

次に、216橋を同一橋梁形式及び橋齢グループに分類し、全体橋梁数216に対する各グループの橋梁数の比率を求める。その後、比例配分で求めた各グループの橋梁の数の範囲内で、想定される修繕計画の種類が多い橋梁を原則的に代表橋梁として選定する。

最終に、上記手法に基づいて選定された95橋に5橋の特別橋梁を加えて、目視調査対象の100橋とした。

註記；(1) 本橋は、全国軸重調査に含まれていない。

Figure 2-2 Selection Procedure for 95 Bridges



2.4 橋梁の事前評価

216橋について、橋梁の構造的及び機能的視点から事前評価を行った。

2.4.1 構造的視点からの橋梁事前評価

全国軸重調査で作成された橋梁台帳（電算データ）と橋梁目視調査調書に基づき、構造的視点からの事前評価を行った。

具体的には、現場写真を参考に橋梁調査調書の技術者所見や橋梁台帳の註記を見直し、構造部材の損傷の種類や程度を各橋梁毎に把握した。

この結果に基づき、構造部材の損傷の種類や程度を各橋梁毎にまとめた。（Appendix-D参照）

上記資料に基づく事前評価によって、調査対象の全ての橋梁が、主要構造部材に様々な損傷を被っていることが明らかになった。全体調査対象橋梁に対して、主要構造部材に何らかの損傷を有する比率は、主桁52%、床版49%、橋台45%及び橋脚23%である。

これらの損傷に加えて、橋梁の何橋かは多様な化学的要因によって被害を被っており、橋梁の14%は塩害によって、16%は硫酸塩被害の可能性が高く、5%はある種の酸によって、0.5%はアルカリ骨材反応の可能性が高く、3%は中性化によって、1%は環境に起因する被害を受けていることが判明した。

2.4.2 機能的視点からの橋梁事前評価

橋梁の主な機能は、自動車交通や歩行者を支障なく通行させることであり、橋梁が渡河している場合は、その桁下空間が洪水流量に適合することである。従って、全ての橋梁について、これら三つの項目、即ち、橋梁上の交通容量、歩行者容量、桁下空間に関して評価を行った。

(1) 橋梁上の交通容量

橋梁上の交通量の評価については、全国軸重調査報告書の橋梁構造寸法データとHPU (Highway Planning Unit) 発行の "Traffic Volume Malaysia 1988 - 1989" に基づき実施した。この主目的は、既設橋の車道幅員が現在の交通量に対して十分な交通容量を有するか否かを決定することである。

橋梁上の交通容量は、両方向2車線の換算サービス交通量に基づきそれは、"Highway Capacity Manual" Special Report 209 (本マニュアル8-1頁参照) に記載されている下記計算式によって算定される。

$$SF_i = 2,800 \times (v/c)_i \times f_d \times f_w \times f_{HV}$$

ここで：

SF_i = サービス水準 i に対する実際の道路と交通条件下での両方向合計の時間換算サービス交通量、単位は台/時

$(v/c)_i$ = サービス水準 i における理想条件下の交通容量に対する交通流率の比、表8-1より、 $(v/c)_i = 1.00$ とした。
(原則的に全ての橋梁位置のサービス水準 = 'E' 及び平坦な地形と仮定する)

f_d = 交通量の方向別分布に対する補正係数、表8-4より、 $f_d = 0.97$ とした。

f_w = 狭い車線幅員と路側幅員に対する補正係数、表8-5より求める。それは、橋梁取付道路の車線幅員、橋梁の有効幅員及び想定サービス水準 'E' の関数である。

f_{HV} = 交通中の大型車の存在に対する補正正数、計算式は以下のとおり

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1) + P_D(E_D - 1)}$$

ここで：

P_T = トラック混入率、小数表示、橋梁位置での P_T は、架橋位置での中型及び大型トラックの合計混入率から求められ、Traffic Volume Malaysia 78-88に基づいて算出する。

P_R = レクリエーション車両混入率、小数表示、 $P_R = 0$

P_B = バス混入率、小数表示、橋梁位置での P_B は、そこでのバス混入率から求められ、Traffic Volume Malaysia 78-88に基づいて算出する。

E_T = トラックの乗用車換算係数、表8-6より、 $E_T = 2.0$ とした。

E_R = レクリエーション車両の乗用車換算係数、表8-6より、 $E_R = 1.6$ とした。

E_B = バスの乗用車換算率、表8-6より、 $E_B = 1.6$ とした。

更に、現在交通量／橋梁上の交通容量の比及び下記計算式による交通量飽和年度を、“Traffic Volume Malaysia”からのデータと橋梁上の交通容量; SF_L に基づき算定した。

$$Cy = 1988 + \frac{\text{Log } C - \text{Log } V}{\text{Log}(1 + G)}$$

ここで：

Cy = 交通量飽和年度

C = 橋梁上の交通容量

V = 現在交通量

G = 交通量の年間増加率、小数表示

V/C が1.00以上の場合は、橋梁上の交通容量は十分でないことを意味しており、 V/C が1.00以下の場合は、交通容量は十分であることを示す。

上記手法に基づく評価結果、216橋の1.9%に相当する4橋が、交通容量は十分でないことが判明した。

(2) 歩行者容量

橋梁が都市部あるいは学校やモスクなどの公共施設に隣接している場合、相当数の歩行者が橋梁を利用していると思われるが、各橋梁の歩行者数に関するデータを収集することは、歩行者数調査を行わない限り困難である。

これに関して、全国軸重調査の目視調査調書から、橋梁が都市部に位置しているか否か、市街地からの距離、学校やモスクの位置など、橋梁周辺の情報を入手した。

更に、全国軸重調査に参加したJKR技術者にも関連情報の提供を求め、これらのデータを基に、相当数の歩行者があるか否かを大まかに推定した。この結果から、相当数の歩行者があると考えられるにも拘らず、歩道の無い橋梁が216橋の中に11橋あることが判明した。

(3) 桁下空間

橋梁評価の主目的は、桁下空間が洪水流量に適合しているか否かを検討することである。換言すると、入手可能な洪水関係のデータに基づき、洪水時に橋梁が冠水するか否かを判定することである。

しかし、全国軸重調査ではこの点に余り注目していなかったために、各架橋位置の洪水情報は非常に限られていた。そのため、調査団は、JKR橋梁課を通して灌漑排水局 (Drainage and Irrigation Department ; DID) の各郡事務所に、洪水や河川改修計画の情報提供を依頼した。入手した情報には、橋梁が冠水するかどうかなどの情報が含まれており、橋梁が冠水する場合には、追加情報として、年間洪水頻度及び洪水継続時間を入手した。調査対象橋梁に影響を及ぼすと思われる河川改修計画に関する情報は得られなかった。この事前評価によって、全対象橋梁の2.8%に相当する6橋が、洪水時に冠水したり、不十分な桁下空間を有していることが明らかになった。

以上、交通容量、歩行者容量及び桁下空間の三項目にわたる評価結果を、各橋梁毎にまとめAppendix-Eに示す。

2.5 想定される修繕計画の立案

構造的及び機能的視点からの各橋梁の事前評価結果を踏まえ、各橋梁に対して想定される修繕計画を配した。

2.5.1 構造的視点から想定される修繕計画の立案

想定される修繕計画は、三種類に大別される。即ち、主要構造部材の保護、補強、取換え（架換え）である。又、各主要構造部材の想定される修繕計画は、一般的に構造材料と損傷の種類及び程度によって異なる。

従って、各主要構造部材の損傷の種類に対応する、想定される修繕計画を各橋梁に配置するための基準を設定し、それを表2-1に示す。橋梁事前評価を通して明らかになった損傷の種類及び程度を踏まえて、表2-1を参考にしながら、各主要構造部材に想定される修繕計画を配した。それらの結果を、Appendix-Dに添付する。

2.5.2 機能的視点から想定される修繕計画の立案

交通容量、歩行者容量及び桁下空間などの橋梁の三つの主要な機能面からの事前評価結果を踏まえて、想定される修繕計画の立案を行った。これら想定される修繕計画は以下の通りである。

- ・ 現状で交通容量が不足している橋梁に対して想定される修繕計画は、橋梁の拡幅である。
- ・ 歩行者数が相当数あるにも拘らず歩道が無い橋梁に対して想定される修繕計画は、歩道の添架である。
- ・ 桁下空間が不十分で洪水時に冠水する橋梁に対して想定される修繕計画は、橋梁の嵩上げや橋長の延長である。

これら機能面で不十分な橋梁に対して、上記の想定される修繕計画を配した。それらの結果をAppendix-Eに示す。

2.6 選定基準の設定

2.6.1 橋梁形式と橋齢による分類

維持・修繕計画の種類や工法は、一般的に構造材料と橋梁構造形式及び橋齢（供用年数）に密接に関係している。

従って、調査対象橋梁216橋を各橋梁形式及び三つの橋齢グループ（1945年以前、1946年から1974年まで、1975年以降）に分類し、全調査対象橋梁に対する同じ橋梁形式及び橋齢グループの橋梁数の比率を求めた。そして、その比率に目視調査対象橋梁数の95橋を乗じて、当該グループから選定すべき橋梁数を算出した。

全調査対象橋梁に対する各橋梁形式と橋齢グループの橋梁数と比率、及びそれに基づき選定されるべき95橋のグループ毎の橋梁数を表2-2に示す。

Table 2-1 Conceivable Rehabilitation Plan for Every Type of Damage Identified for Main Bridge Component

Main Bridge Component	Type of Damages	Conceivable Rehabilitation Plan	Input Code
Steel Beam / Girder	(1) Corrosion	Protection	SBPR
	(2) Crack (4) Failing off	Reinforcement	SBRF
	(5) Rupture (23) Abnormal Noise	Replacement	SBRP
	(24) Abnormal Vibration		
	(25) Abnormal Deflection (26) Deformation		
Concrete Beam / Girder	(7) Cracks	Protection	CBPR
	(8) Flaking / rebar exposure (9) Free Lime	Reinforcement	CBRF
	(22) Water Leak (32) Defect		
	(24) Abnormal Vibration	Replacement	CBRP
	(25) Abnormal Deflection		
Steel Deck Slab	(1) Corrosion	Protection	DSPR
	(2) Crack (4) Failing off	Reinforcement	DSRF
	(5) Rupture (26) Deformation	Replacement	DSRP
Concrete Deck Slab	(7) Crack	Protection	DCPR
	(8) Flaking / rebar exposure (9) Free Lime	Reinforcement	DCRF
	(22) Water Leak		
	(12) Slipping off	Replacement	DCRP
Bearing	(1) Corrosion	Protection	BPR
	(4) Failing off (28) Settlement	Restoration	BRS
	(5) Rupture (26) Deformation (32) Defect	Replacement	BRP
Abutment – (Concrete)	(7) Crack	Protection	APR
	(8) Flaking / rebar exposure (9) Free Lime	Reinforcement	ARF
	(11) Wear / erosion (32) Defect		
(Foundation)	(31) Scouring	Protection	AFPR
	(28) Settlement (29) Abnormal Movement	Reinforcement	AFRF
Pier – (Concrete)	(7) Crack	Protection	PPR
	(8) Flaking / rebar exposure (9) Free Lime	Reinforcement	PRF
	(11) Wear / erosion (32) Defect		
(Foundation)	(31) Scouring	Protection	PFPR
	(28) Settlement (29) Abnormal Movement	Reinforcement	PFRF
Pier – (Steel)	(1) Corrosion	Protection	SPPR
	(2) Crack (5) Rupture	Reinforcement	SPRF
(Foundation)	(31) Scouring	Protection	PFPR
	(28) Settlement (29) Abnormal Movement	Reinforcement	PFRF
Surfacing	(17) Pot-Hole (18) Paving Crack	Restoration	SFRS
	(16) Difference in Level (19) Rutting	Reinforcement	SFRF
Expansion Joint	(1) Corrosion	Protection	EJPR
	(16) Difference in Level	Restoration	EJRS
	(5) Rupture (22) Water Leak	Replacement	EJRP
	(23) Abnormal Noise (26) Deformation		
Steel Railing	(1) Corrosion	Protection	SRPR
	(2) Crack	Reinforcement	SRRF
	(5) Rupture (26) Deformation	Replacement	SRRP
Concrete Railing	(7) Crack (9) Free Lime	Protection	CRPR
	(8) Flaking / rebar exposure	Reinforcement	CRRF
	(32) Defect	Replacement	CRRP
Bank Slope	(31) Scouring	Protection	BSPR

Table 2-2 Number and Percentage of Each Bridge Type and Age Group

Age Group	Before 1945		1946 to 1974				After 1975			TOTAL		
	No's of Bridges Upon 216	% of the Group	No's of Bridges Upon 95	No's of Bridges Upon 216	% of the Group	No's of Bridges Upon 95	No's of Bridges Upon 216	% of the Group	No's of Bridges Upon 95	No's of Bridges Upon 216	% of the Group	No's of Bridges Upon 95
Bridge Type												
BOX	1	0.5	1	12	5.6	1 (5)	-	0.0	-	13	6.1	2
IT	-	0.0	-	9	4.2	4	-	0.0	-	9	4.2	4
PCB	-	0.0	-	11	5.1	9 (5)	2	0.9	-	13	6.0	9
PRB	1	0.5	1	20	9.3	8	-	0.0	-	21	9.8	9
RCB	5	2.3	2	29	13.4	14	-	0.0	-	34	15.7	16
RCS	2	0.9	2	21	9.7	9	-	0.0	-	23	10.6	11
SBB	17	7.9	8	59	27.3	24	-	0.0	-	76	35.2	32
SBC	3	1.4	1	15	6.9	6	-	0.0	-	18	8.3	7
SBE	4	1.8	2	4	1.8	2	-	0.0	-	8	3.6	4
SBG	1	0.5	1	0	0.0	-	-	0.0	-	1	0.5	1
TOTAL	34	15.8	18	18	83.3	77	2	0.9	0	216	100.0	95

Note: Figure in () shows no's of bridges originally calculated by proportional representation method, it is however agreed with JKR to reduce numbers of BOX from 5 to 1 and to add these four numbers to PCB in view of bridge importance.

2.6.2 選定基準

目視調査対象橋梁の選定に際しては、目視調査から外された橋梁に対して橋梁目視調査結果をフィードバックして、それら橋梁の維持・修繕計画の立案に資することを考慮して、同一の橋梁形式及び橋齢グループから、全ての種類の損傷や想定される修繕計画を包含するような代表的な橋梁を選定することが重要である。従って、各橋梁毎の構造的及び機能的視点からの修繕計画を各橋梁毎に取りまとめ、各橋梁を同一橋梁形式及び橋齢グループ毎に並べ換えた。

それを基に、最も多くの主要な想定される修繕計画を有する橋梁を当該グループの代表橋梁として最初に選定し、次に、同様な橋梁もしくは既に選定した橋梁に含まれていない修繕計画を有する橋梁を順次選び出す。同じ種類や数の修繕計画を有する橋梁が2、3橋ある場合には、橋梁の損傷状況の程度を表す平均損傷評点の大きい橋梁を選定する。

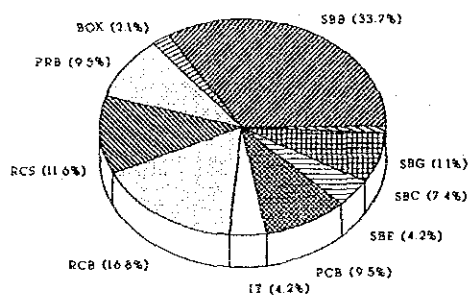
2.7 目視調査対象橋梁100橋の選定結果

上記選定基準に基づき、全ての損傷や想定される修繕計画を網羅するような代表橋梁の選定を、各当該グループの橋梁数に比例した所定の橋梁数に達するまで繰り返して行った。この作業を通じて、代表橋梁95橋が選定され、その結果をAppendix-Fに示す。これらの橋梁形式及び橋齢毎の分類を図2-3に示す。

最終的に目視調査対象橋梁は、上記の95橋とマレイシア政府に依って選定された5橋を併せた100橋である。100橋の一覧表と橋梁位置を表2-3及び図2-4にそれぞれ示す。

Figure 2-3 Statistics of the 95 Bridges Selected

Percentage of 95 Selected Bridges
by Type of Construction



Percentage of 95 Selected Bridges
by Age Group

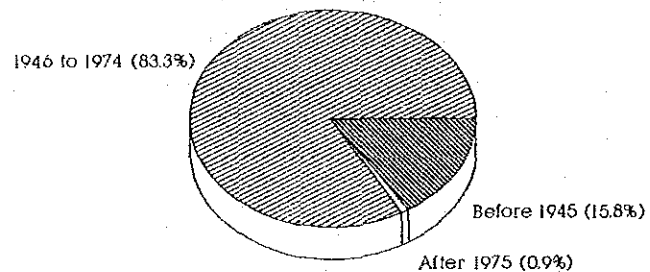
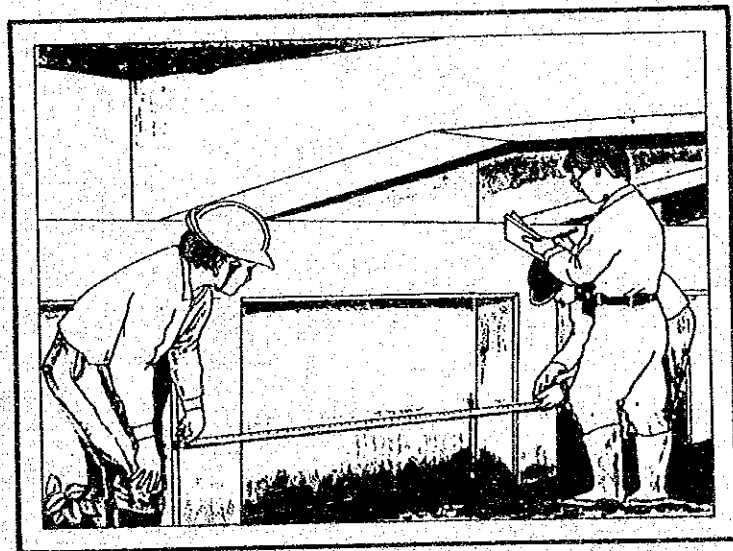


Table 2-3 List of the 100 bridges Selected for Visual Inspection

NO.	KEY	STATE	DISTRICT	YEAR BUILT	STUDY CATEGORY	CAPACITY	MAX. SPAN (M)	NO. OF SPAN	BRIDGE LENGTH (M)	TYPE OF BRIDGE
1	00100100	JOHOR	KLUANG	1954	3	BTAL	15.90	3	27.40	Reinforced Concrete Beam
2	00106900	JOHOR	KLUANG	1937	3	MTAL	2.18	1	2.18	Concrete Box Culvert
3	00113700	JOHOR	SEGAMAT	1953	3	STAL	8.83	3	20.34	Reinforced Concrete Beam
4	00114920	JOHOR	SEGAMAT	1953	3	STAL	8.43	2	12.66	Reinforced Concrete Beam
5	00151360	PERAK	BTG PADANG	1960	3	STAL	8.06	7	63.56	Reinforced Concrete Beam
6	00159100	PERAK	KINTA	1948	3	SSAL	11.50	3	31.30	Steel Beam Buckle Plate
7	00161140	PERAK	KINTA	1950	3	STAL	9.77	2	10.11	Steel Beam Buckle Plate
8	00169510	PERAK	LRT MATANG	1935	3	STAL	10.72	1	10.72	Steel Box Girder
9	00186210	KEDAH	KOTA SETAR	1940	3	SSAL	3.23	1	3.23	Steel Beam Buckle Plate
10	00220870	PAHANG	MARAN	1935	3	STAL	3.03	1	3.03	Concrete Box Culvert
11	00237200	PAHANG	KUANTAN	1960	3	STAL	9.90	3	26.70	Steel Beam R.C. Slab
12	00303220	JOHOR	K. TINGGI	1940	3	PJA	4.84	1	4.84	Encased Steel Beam
13	00303690	JOHOR	K. TINGGI	1940	3	PJA	4.59	2	9.18	Reinforced Concrete Slab
14	00304060	JOHOR	K. TINGGI	1963	3	GTAL	36.65	5	92.25	Reinforced Concrete Slab
15	00304360	JOHOR	K. TINGGI	1928	3	STAL	3.35	1	3.35	Steel Beam R.C. Slab
16	00306380	JOHOR	K. TINGGI	1974	3	STAL	16.57	5	64.57	Prestressed Inverted Tee Beam
17	00306710	JOHOR	K. TINGGI	1969	3	STAL	19.90	7	51.66	Prestressed Inverted Tee Beam
18	00313180	JOHOR	MERSING	1950	3	STAL	4.40	1	4.40	Encased Steel Beam
19	00313520	JOHOR	MERSING	1990	3	STAL	1.80	2	3.60	Reinforced Concrete Slab
20	00314180	JOHOR	MERSING	1994	3	STAL	5.50	2	11.00	Precast Reinforced Concrete Beam
21	00317000	PAHANG	ROMPIN	1974	3	MTAL	45.78	9	397.32	Prestressed Concrete Beam
22	00316110	PAHANG	ROMPIN	1962	3	SSAL	30.46	7	121.96	Prestressed Concrete Beam
23	00323070	PAHANG	PEKAN	1965	3	STAL	10.42	3	31.26	Reinforced Concrete Beam
24	00326650	PAHANG	PEKAN	1965	3	STAL	5.88	4	23.52	Precast Reinforced Concrete Beam
25	00337240	PAHANG	KUANTAN	1957	3	STAL	6.58	1	6.58	Reinforced Concrete Slab
26	00338960	TRENGGANU	KEMAMAN	1965	3	STAL	28.03	18	219.13	Prestressed Concrete Beam
27	00339210	TRENGGANU	KEMAMAN	1963	3	STAL	15.22	10	152.20	Prestressed Concrete Beam
28	00341800	TRENGGANU	KEMAMAN	1955	3	STAL	12.10	3	36.14	Reinforced Concrete Beam
29	00348740	TRENGGANU	DUNGUN	1973	3	STAL	30.20	8	152.25	Prestressed Concrete Beam
30	00356780	TRENGGANU	K.T.	1959	3	STAL	5.90	9	53.10	Precast Reinforced Concrete Beam
31	00361490	TRENGGANU	BESUT	1960	3	STAL	8.01	3	18.03	Precast Reinforced Concrete Beam
32	00363660	KELANTAN	P. PUTEH	1952	3	STAL	5.41	6	32.45	Precast Reinforced Concrete Beam
33	00367230	JOHOR	PONTIAN	1968	3	STAL	11.77	3	35.21	Prestressed Concrete Beam
34	00367810	JOHOR	PONTIAN	1968	3	STAL	12.09	5	47.83	Prestressed Inverted Tee Beam
35	00310660	JOHOR	BATU PAHAT	1960	3	STAL	10.42	3	31.24	Reinforced Concrete Beam
36	00314680	JOHOR	MUJAR	1955	3	STAL	6.87	9	48.03	Reinforced Concrete Beam
37	00316880	JOHOR	MUJAR	1968	3	STAL	6.03	3	17.82	Reinforced Concrete Beam
38	00319060	MELAKA	JASIN	1955	3	STAL	6.22	7	42.70	Reinforced Concrete Slab
39	00319650	MELAKA	JASIN	1940	3	PJA	4.95	1	4.95	Precast Reinforced Concrete Beam
40	00320650	MELAKA	JASIN	1950	3	STAL	4.27	1	4.27	Encased Steel Beam
41	00521300	MELAKA	MELAKA TGH	1950	3	STAL	6.80	1	6.80	Reinforced Concrete Beam
42	00521710	MELAKA	MELAKA TGH	1960	3	STAL	10.72	1	10.72	Reinforced Concrete Beam
43	00521960	MELAKA	MELAKA TGH	1980	3	STAL	7.13	2	14.26	Reinforced Concrete Beam
44	00523620	MELAKA	MELAKA TGH	1980	3	STAL	7.11	2	14.22	Precast Reinforced Concrete Beam
45	00534570	SELANGOR	SEPANG	1990	3	STAL	6.95	6	32.54	Reinforced Concrete Beam
46	00540780	SELANGOR	K. LANGAT	1960	3	STAL	7.30	3	11.94	Reinforced Concrete Beam
47	00540910	SELANGOR	K. LANGAT	1950	2	SSAL	6.29	1	6.29	Steel Beam Buckle Plate
48	00541000	SELANGOR	K. LANGAT	1950	3	STAL	3.24	1	3.24	Steel Beam Buckle Plate
49	00541120	SELANGOR	K. LANGAT	1950	2	SSAL	4.73	1	4.73	Steel Beam Buckle Plate
50	00546560	SELANGOR	K. SELANGOR	1939	3	PJA	6.30	1	6.30	Reinforced Concrete Beam
51	00549980	SELANGOR	K. SELANGOR	1969	3	STAL	10.84	3	30.84	Reinforced Concrete Slab
52	00549550	SELANGOR	K. SELANGOR	1985	3	STAL	12.61	8	63.56	Steel Beam R.C. Slab
53	00563860	PERAK	MANJUNG	1972	3	STAL	14.07	3	41.50	Prestressed Inverted Tee Beam
54	00567340	PERAK	KINTA	1960	3	STAL	6.06	2	12.12	Precast Reinforced Concrete Beam
55	00701910	KEDAH	KBL PASU	1970	3	STAL	30.52	3	48.80	Prestressed Concrete Beam
56	00706230	PERLIS	PERLIS	1950	2	SSAL	6.63	1	6.63	Steel Beam Buckle Plate
57	00800320	PAHANG	BENTONG	1950	3	SSAL	3.47	1	3.47	Steel Beam Buckle Plate
58	00803050	PAHANG	RAUB	1950	4	SSAL	9.04	2	18.08	Steel Beam Buckle Plate
59	00834650	KELANTAN	KUALA KRAI	1960	3	STAL	4.63	3	13.71	Reinforced Concrete Slab
60	00836100	KELANTAN	MACHANG	1941	3	PJA	4.86	2	9.72	Reinforced Concrete Slab
61	01105770	NS	JEMPUL	1970	3	PJA	6.18	3	18.32	Precast Reinforced Concrete Beam
62	01900060	PERAK	MANJUNG	1960	3	STAL	3.60	1	3.60	Reinforced Concrete Slab
63	01900670	PERAK	MANJUNG	1950	3	STAL	4.78	1	4.78	Steel Beam R.C. Slab
64	02305040	JOHOR	SEGAMAT	1950	3	STAL	8.29	2	12.28	Steel Beam Buckle Plate
65	02305470	JOHOR	SEGAMAT	1950	4	SSAL	5.86	2	7.80	Reinforced Concrete Slab
66	05001070	JOHOR	BATU PAHAT	1919	2	SSAL	4.77	1	4.77	Steel Beam Buckle Plate
67	05001890	JOHOR	BATU PAHAT	1950	3	SSAL	5.05	1	5.05	Steel Beam Buckle Plate
68	05002560	JOHOR	BATU PAHAT	1940	2	SSAL	4.75	1	4.75	Steel Beam Buckle Plate
69	06100840	NS	SEREMBAN	1950	3	SSAL	9.41	1	9.41	Steel Beam Buckle Plate
70	06200220	NS	SEREMBAN	1932	3	STAL	4.66	1	4.66	Steel Beam Buckle Plate
71	06204870	SELANGOR	U. LANGAT	1964	3	STAL	18.24	3	54.50	Steel Beam R.C. Slab
72	06300690	NS	PD	1950	3	SSAL	6.27	1	6.27	Steel Beam Buckle Plate
73	06301180	NS	PD	1950	3	SSAL	4.84	1	4.84	Steel Beam Buckle Plate
74	06302180	NS	SEREMBAN	1950	3	SSAL	6.31	1	6.31	Steel Beam Buckle Plate
75	06302340	NS	SEREMBAN	1940	3	SSAL	6.70	1	6.70	Steel Beam Buckle Plate
76	06400480	SELANGOR	PETALING	1950	3	STAL	6.56	1	6.56	Reinforced Concrete Slab
77	06901820	PERAK	H.R. PERAK	1950	2	SSAL	3.67	1	3.67	Steel Beam Buckle Plate
78	06903340	PERAK	BTG PADANG	1950	3	STAL	4.97	1	4.97	Steel Beam Buckle Plate
79	06903120	PERAK	BTG PADANG	1950	3	STAL	10.89	3	23.18	Steel Beam R.C. Slab
80	06905010	PAHANG	LIPIS	1961	3	STAL	30.74	4	122.36	Prestressed Concrete Beam
81	06909970	PERAK	MANJUNG	1960	3	PJA	3.14	1	3.14	Encased Steel Beam
82	08006070	PERAK	LAMSELAMA	1950	3	STAL	7.20	4	27.14	Steel Beam R.C. Slab
83	08006060	PERAK	LAMSELAMA	1950	-	SSAL	5.06	1	5.06	Steel Beam Buckle Plate
84	08403900	PAHANG	JERANTUT	1930	3	SSAL	11.21	1	11.21	Steel Beam Buckle Plate
85	08404270	PAHANG	JERANTUT	1930	3	STAL	10.91	1	10.91	Steel Beam Buckle Plate
86	08404940	PAHANG	JERANTUT	1930	3	STAL	6.21	1	6.21	Steel Beam Buckle Plate
87	06701230	KEDAH	K.MUDA/SIK	1940	3	PJA	6.13	2	12.26	Reinforced Concrete Beam
88	06701600	KEDAH	K.MUDA/SIK	1968	3	STAL	30.64	3	91.52	Prestressed Concrete Beam
89	07000230	PERAK	H.R. PERAK	1950	3	STAL	5.68	1	5.68	Steel Beam Buckle Plate
90	07002480	PERAK	BTG PADANG	1950	3	STAL	3.88	1	3.88	Steel Beam Buckle Plate
91	07802330	PERAK	K. KANGSAR	1950	2	SSAL	6.35	1	6.35	Steel Beam Buckle Plate
92	07802460	PERAK	K. KANGSAR	1950	4	SSAL	5.34	1	5.34	Steel Beam Buckle Plate
93	07804020	PERAK	HULU PERAK	1950	3	SSAL	6.35	1	6.35	Steel Beam Buckle Plate
94	07804750	PERAK	HULU PERAK	1950	3	STAL	9.34	1	9.34	Steel Beam Buckle Plate
95	07806360	PERAK	HULU PERAK	1950	3	STAL	3.07	1	3.07	Steel Beam Buckle Plate
95 Bridges										
<< SPECIAL Bridges >>										
96	00178210	P. PAHANG	SBO PRAIU	1954	2	STAL	57.32	12	271.61	Reinforced Concrete Arch
97	00223500	PAHANG	TERMELOH	1974	2	MTAL	151.50	19	515.21	Steel Box Girder
98	00371000	KELANTAN	K. BHARU	Valley Paluan						Reinforced Concrete Beam
99	00512940	JOHOR	BATU PAHAT	1968	2	STAL	52.02	5	196.18	Prestressed Concrete Beam
100	01212140	PAHANG	PEKAN	1978	2	MTAL	58.20	7	402.30	Prestressed Concrete Box Girder
5 Bridges										

第 3 章

目 視 調 査



第3章 目視調査

3.1 概 要

本調査で実施した橋梁目視調査は、二つに大別される。そのひとつは、半島マレーシアの連邦道路に位置する100橋を対象にした目視調査であり、他のひとつは、マレーシア政府によって選定されたサバ、サラワク両州の30橋及びペラ、ネグリシンピラン、セランゴール3州の40橋を対象にした目視調査である。前者の調査の目的は、全国軸重調査で作成された橋梁目視調査調書の見直し及び対象橋梁毎の維持・修繕計画の立案である。後者の目的は、現場調査技術や調査結果の記録手法を州及び郡JKRの技術者に紹介すること、必要な維持・修繕対策を提案すること及びこれらの調査結果を橋梁点検・維持・修繕マニュアルに反映させることである。

前者の目視調査手法と調査結果は本報告書に記載されているが、後者の目視調査のそれらは、サバ、サラワク州に対し各1分冊及び半島マレーシア3州に対し1分冊、計3分冊にまとめられ「橋梁目視調査報告書」に記載されている。同報告書は1990年12月、マレーシア政府に提出された。

3.2 目視調査手法

3.2.1 準備作業と要員計画

目視調査の開始に先立ち、全国軸重調査で作成された橋梁目視調査調書を参照して、100橋の目視調査対象橋梁の位置と形式を把握し、50万分の1の地図に橋梁位置をプロットすると共に、道路状況や橋梁までの距離、橋梁の規模及び宿泊施設のある場所などを考慮して、JKRカウンターパートと共に詳細な調査日程表を作成した。

また、現場調査の開始前に、現場調査チームの団員とカウンターパートの全員の出席の下に会議を開催し、手際よく、組織的に調査を実施するために調査の目的、調査日程、専門用語の定義、各人の役割、調査記録用紙の整理の仕方及び調査用機器の操作方法などを確認した。

調査対象橋梁数及びそれらの位置が半島マレーシア全土に分散していること考慮して、半島マレーシアを北部と南部に分けて二つの現場調査チームを編成し、原則として、各現場調査チームは団長、二人の橋梁技師及び二人の補助員の計5名で構成する。

3.2.2 現場調査

損傷調査、現地聞き取り調査、損傷度評点調査、現場写真撮影及び修繕対策案の検討などを主眼とした現場調査を各橋梁現場で実施した。

現場調査には、各チーム、下記調査機具・用具一式を携行した。

・測定機具 ; 5m及び50mテープ、ノギス、ナイロンストリングと重錘、

- 標尺、ハンマー及び下錘り
- ・記録用具 ; カメラ、黒板、チョーク
 - ・接近用具 ; ロープ、梯子、ゴムボート、双眼鏡
 - ・安全用具 ; 救命胴衣、ヘルメット、ゴーグル、軍手、救急箱

(1) 損傷調査

構造物の傾斜、局部洗掘、沈下、異常変位、材料劣化などの損傷を発見するため損傷調査を行い、計測結果や発見された損傷を調査票に記録した。

(2) 現地聞き取り調査

洪水位や迂回路の有無を確認するため、橋梁近傍に住む住民にこれらの情報に関する聞き取り調査を行い、調査結果を野帳に記録した。

(3) 損傷度評点調査

損傷の経年変化を確察する重要性に鑑み、目視調査では損傷や欠陥を出来る限り定量的に評価することは重要である。

このため、日本の建設省によって開発・作成された損傷度判定基準と損傷度判定チェックリスト⁽¹⁾を、マレーシアの状況に合わせて多少修正し、本調査に導入した。この損傷度判定チェックリストと損傷度判定基準は「橋梁点検・維持・修繕マニュアル」のAnnex-C及びAnnex-Fにそれぞれ添付されている。

上記手法に基づく本調査の中では、損傷は5段階に分けられ、損傷度評点の基準は次のように定義される。

損傷評点

一般的状況

- | | |
|----|---|
| 1; | 点検の結果、異常が認められない。 |
| 2; | 損傷が認められ、経過観察のためにその状態を記録する必要がある。 |
| 3; | 損傷は比較的大きく、定期的に観察する必要がある。 |
| 4; | 損傷は著しく、そして広範囲であり、補修を行うか、あるいは修繕対策の必要性の有無を決定するために詳細調査を行う必要がある。 |
| 5; | 損傷が極めて重大で、交通の安全性に影響を及ぼす恐れがあり、緊急に応急的な補修を行うか、あるいは重量制限標識を設置した後、遅滞無く修繕対策を行う必要がある。 |

註 記 ; (1) 「橋梁点検要領(案)」 昭和63年7月 建設省土木研究所

(4) 現場写真撮影

目視調査で見つかった全ての損傷や欠陥及び橋梁全景の現場写真撮影を行った。撮影にあたって、現場写真の判別を容易にするため、黒板に橋梁番号を書き込んで撮影対象物と共に写真に収めた。

(5) 維持・修繕対策の検討

216橋を対象にした橋梁修繕計画とマレイシアの橋梁点検・維持・修繕マニュアルを作成するという本調査の主目的を考慮して、発見された損傷の種類や程度のみならずその発生原因の推定などを踏まえて、維持・修繕対策の検討を行った。

3.3 橋梁の総合評点

橋梁の安全性を把握し、及び維持・修繕の優先順位を決めるために、各橋梁に簡単な数値的指標を持たせることは、例えそれが橋梁の状態を大まかに表す程度のものでも有効と考えられる。

従って、橋梁の安全性の視点からの総合評点と維持・管理の視点からの総合評点の2種類の数値を本調査に導入した。これらの総合評点は、下記の重み係数を考慮して算出するが、この重み係数は支承、舗装及び伸縮装置を除いて、JKR橋梁課が開発した橋梁管理システム（BMS）に使用されている重み係数と同じである。

橋梁主要部位

重み係数

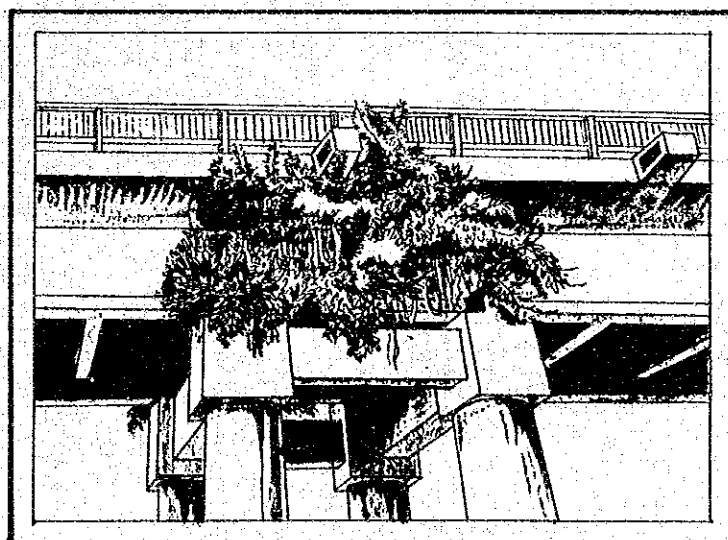
橋台	1.0
橋脚	1.0
支承	0.7(0.2)
主桁	1.0
床版	0.8
舗装	0.5(0.1)
擁壁	0.5
伸縮装置	0.5(0.2)
高欄	0.5
排水装置	0.3
築堤法面	0.5

註 記 ; () 内の数値は、BMSで採用している重み係数である。

本調査では、全国軸重調査で使用された総合評点手法に替えて、上記の総合評点手法を採用した。尚、各橋梁現場で実施した損傷評点から橋梁の総合評点を求める算出手法は、「橋梁点検・維持・修繕マニュアル」第3章に記述されている。

第 4 章

目 視 調 査 結 果



第4章 目視調査結果

4.1 概 要

本調査のPhase 1(A)において、全調査対象橋梁216橋から選定した95橋とマレーシア政府によって選ばれた特別橋梁5橋を含む100橋を対象として、橋梁目視調査を行った。その調査では、全国軸重調査で作成された橋梁資料が一部活用可能であると考えられていたので、橋梁の損傷状態の評価及び維持・修繕対策の把握に重点を置いた。

本章では、目視調査結果に基づいた対象橋梁の全般的な損傷状態やその分析結果などが述べられている。これら分析結果は維持・修繕計画の立案に資する。

特別橋梁5橋に対する所見と提言を盛り込んだ目視調査結果は、Appendix-Gに添付されている。この調査結果に基づき、ヤヤ・プトラ橋はある特有のひび割れがあり、詳細調査を行って発生原因を解明する必要があると思われる。しかし、メルデカ、バトゥ・パハ、タマロー及びクアラ・レパ橋については、再舗装、鋼管杭へのコンクリート巻立て、伸縮装置の取換え及び清掃作業などの維持・補修対策を実施することによって、その橋梁の延命を図る事が可能であると判断された。

更に、目視調査の結果、NALSの橋梁調書に記載されている橋梁の損傷に関わる記述は不正確また曖昧である事が判明した。しかし、当初NALSの資料に基づき100橋の目視調査結果を目視調査を行わなかった橋梁にフィードバックして、これら調査をしなかった橋梁の維持・修繕計画の策定を行う予定であった。従って、維持・修繕計画策定に必要な資料を補うため、目視調査を実施しなかった橋梁を対象に、補足橋梁調査を実施する事を決定した。

4.2 橋梁の現況

(1) 橋梁の損傷度評点

損傷度判定チェックリストを用いて各部材の損傷の種類、程度及び範囲の記録に基づき、「橋梁点検・維持・修繕マニュアル」第3章に詳述されている手法に従って、各部材の個々の損傷に対する損傷度評点、部材全体としての損傷度評点、更に橋梁全体としての損傷度評点を算定した。

上記損傷度評点の結果を、橋梁の維持・管理及び安全性の観点からの総合評点及び各橋梁の主要構造部材毎の損傷評点と共に表4-1に示す。

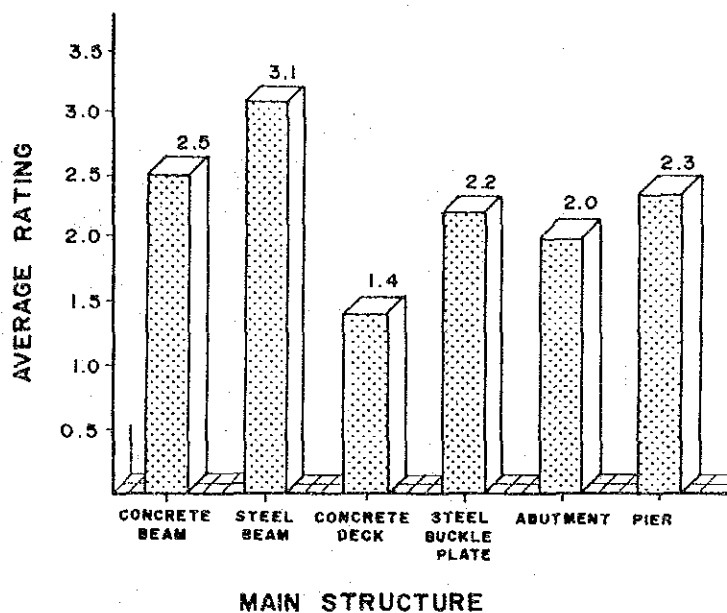
Table 4-1 Summary of Bridge Ratings for Selected 100 Bridges

Bridge Data			Main Parts							Secondary Parts							Overall Rating From Maintenance View Point	Overall Rating From Safety View Point
No.	Key	Type	Fd	Ab	Pr	Bg	B/G	Dk	St	Wg	Ej	Rg	Dr	Sp				
1	00103100	RCB	(-)	2.5 (4)	2.5 (4)	1 (1)	3 (4)	1 (1)	3	1	2	1	-	-	2.0	3.0		
2	00103900	BOX	(-)	3 (3)	(-)	(-)	(-)	1 (1)	1	1	-	-	-	-	1.7	2.1		
3	00113760	RCB	(-)	1 (1)	1 (1)	(-)	1.7 (3)	1.7 (3)	1	1	2	3	-	-	1.5	1.9		
4	00114620	RCB	(-)	1 (1)	3 (3)	(-)	2 (3)	1 (1)	1	1	2	1	-	-	1.6	2.1		
5	00151360	RCB	(-)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1.3 (3)	1 (1)	4	1	-	4	3	-	1.6	1.4		
6	00159100	SBB	(-)	2.5 (4)	2 (3)	(-)	4 (4)	4 (4)	4	1	2	1	-	1	2.6	3.7		
7	00161140	SBB	(-)	2.5 (4)	3 (3)	(-)	4 (4)	3 (3)	4	1	-	2	-	-	2.9	3.5		
8	00166510	SBB	(-)	2 (3)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	4	1	-	1	-	-	2.5	3.6		
9	00168210	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	1	1	-	1	-	-	2.1	2.6		
10	00228070	BOX	(-)	3 (3)	(-)	(-)	(-)	3 (3)	1	1	-	1	-	-	2.1	3.0		
11	00237200	SBC	(-)	4 (4)	4 (4)	(-)	2 (4)	1 (1)	1	-	-	1	1	4	2.5	3.4		
12	00303220	SBE	(-)	3 (3)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	3	4	-	4	-	-	3.1	2.8		
13	00303890	RCS	(-)	2.5 (4)	1 (1)	(-)	(-)	1 (1)	1	1	2	1	-	-	1.4	2.1		
14	00304060	RCS	(-)	1 (1)	1 (1)	(-)	(-)	1.4 (3)	4	-	2	1	-	-	1.5	1.8		
15	00304390	SBC	(-)	2 (3)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	4	4	-	1	-	-	2.6	2.8		
16	00306390	IT	(-)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1.3 (3)	1 (1)	1	-	2	3	2	-	1.3	1.4		
17	00306710	IT	(-)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1.3 (3)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	1.2	1.7		
18	00313150	SBE	(-)	2 (3)	(-)	(-)	1 (1)	1 (1)	1	3	-	1	-	-	2.4	3.3		
19	00313520	RCS	(-)	3 (3)	3 (3)	(-)	(-)	2.5 (4)	1	1	2	1	-	-	1.3	1.5		
20	00314180	PRB	(-)	2 (3)	1 (1)	(-)	1 (1)	1 (1)	3	-	2	1	-	-	1.5	2.4		
21	00317000	PCB	(-)	1 (1)	1 (1)	(-)	1.7 (4)	1.3 (4)	4	-	2	1	3	-	2.2	3.0		
22	00319110	PCB	(-)	3.5 (4)	3 (4)	1 (1)	1.4 (4)	1 (1)	4	-	2	1	-	-	2.0	2.3		
23	00323070	RCB	(-)	2.5 (4)	4 (4)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1	4	2	1	-	-	2.1	3.4		
24	00329950	PRB	(-)	2.5 (4)	4 (4)	(-)	1.8 (4)	1 (1)	1	1	2	2	-	-	2.1	3.4		
25	00337240	RCS	(-)	4 (4)	(-)	(-)	(-)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	1.9	2.7		
26	00338580	PCB	(-)	3.5 (5)	4 (5)	4 (5)	1 (1)	1 (1)	3	-	2	1	1	-	2.4	3.4		
27	00339210	PCB	(-)	4 (4)	3.2 (4)	(-)	4 (4)	1 (1)	4	-	-	1	1	-	2.9	3.4		
28	00341800	RCB	(-)	4 (4)	4 (4)	4 (4)	2.3 (4)	1 (1)	3	4	-	1	2	-	2.9	3.5		
29	00346740	PCB	(-)	2 (3)	1 (1)	1 (1)	3 (4)	1 (1)	2	-	2	1	1	-	1.6	2.1		
30	00358790	PRB	(-)	1.5 (2)	1 (1)	(-)	3 (4)	(-)	2	-	2	2	-	2	1.9	2.3		
31	00361490	PRB	(-)	1 (1)	2.5 (4)	(-)	1 (1)	(-)	3	1	-	1	-	1	1.5	2.0		
32	00366680	PRB	(-)	2.5 (4)	3.4 (4)	(-)	3.8 (4)	(-)	3	-	-	1	-	-	2.9	4.0		
33	00507230	PCB	(-)	2.5 (4)	4 (4)	4 (4)	1 (1)	1 (1)	4	1	2	4	-	-	2.1	2.8		
34	00507810	IT	(-)	1 (1)	4 (4)	(-)	1.8 (3)	(-)	4	1	2	4	-	-	2.5	2.7		
35	00510560	RCB	(-)	2 (3)	2.5 (4)	4 (4)	1 (1)	1 (1)	1	-	2	4	1	-	2.0	2.6		
36	00514860	RCB	(-)	1 (1)	3.9 (4)	(-)	3.7 (4)	1 (1)	1	-	2	1	-	-	2.2	2.6		
37	00516690	RCB	(-)	1 (1)	4 (4)	4 (4)	3.7 (4)	1 (1)	3	-	2	1	-	-	2.5	2.8		
38	00519360	RCS	(-)	1 (1)	4 (4)	(-)	(-)	1.1 (2)	4	-	2	1	1	-	2.1	2.4		
39	00519550	PRB	(-)	3.5 (4)	(-)	(-)	1 (1)	(-)	1	1	-	1	-	-	1.7	2.5		
40	00520650	SBE	(-)	2.5 (4)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	1	-	-	1	-	-	2.8	4.0		
41	00521300	RCB	(-)	2 (3)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	1	1	-	-	-	-	2.7	3.6		
42	00521710	RCB	(-)	4 (4)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	2.4	3.1		
43	00521980	RCB	(-)	3 (3)	4 (4)	(-)	4 (4)	1 (1)	1	4	2	4	-	-	3.0	3.1		
44	00523620	PRB	(-)	1 (1)	4 (4)	(-)	4 (4)	(-)	3	-	2	3	-	-	2.9	3.0		
45	00534570	RCB	(-)	4 (4)	4 (4)	(-)	1 (1)	1 (1)	1	-	2	2	-	-	2.3	2.6		
46	00540780	RCB	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	Remarks: Repaired in 1990			
47	00540910	SBB	(-)	3 (3)	(-)	(-)	1 (1)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	1.5	1.7		
48	00541000	SBB	(-)	4 (4)	(-)	(-)	3 (3)	3 (3)	1	1	-	1	-	-	2.5	3.4		
49	00541210	SBB	(-)	4 (4)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	3	-	-	1	-	-	3.3	3.7		
50	00541660	RCB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	1	1	-	2	-	-	2.2	2.6		
51	00541860	RCS	(-)	4 (4)	2 (4)	(-)	(-)	2.7 (4)	4	-	2	2	-	-	2.8	4.0		
52	00549550	SBC	(-)	1 (1)	2.8 (4)	4 (4)	1 (1)	1 (1)	2	1	2	1	3	-	1.8	2.1		
53	00553880	IT	(-)	1.5 (2)	4 (4)	(-)	1 (1)	(-)	3	-	-	1	-	-	2.1	2.3		
54	00557840	PRB	(-)	2 (3)	1 (1)	(-)	4 (4)	(-)	3	-	-	1	-	-	2.3	2.7		
55	00701810	PCB	(-)	2.5 (4)	3 (3)	4 (4)	1 (1)	1 (1)	3	-	2	1	-	-	2.2	2.6		
56	00706230	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	2 (2)	2 (2)	1	1	-	1	-	-	1.4	1.6		
57	00800350	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	1	1	-	1	-	-	2.3	2.9		
58	00800350	SBB	(-)	2.5 (4)	4 (4)	(-)	3.5 (4)	2 (3)	4	1	-	2	-	-	2.6	3.6		
59	00834850	RCS	(-)	1 (1)	4 (4)	(-)	(-)	4 (4)	3	4	-	3	-	-	3.1	2.9		
60	00838100	RCS	(-)	1 (1)	3 (3)	(-)	(-)	4 (4)	3	1	-	2	-	-	2.4	2.8		
61	01105770	PRB	(-)	4 (4)	1 (1)	(-)	3 (4)	(-)	1	4	2	1	3	-	2.4	3.0		
62	01800060	RCS	(-)	1 (1)	(-)	(-)	(-)	4 (4)	1	1	-	1	-	-	1.7	2.3		
63	01800670	SBC	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	1	1	-	2	-	-	2.4	2.9		
64	02305040	SBB	(-)	1 (1)	1 (1)	(-)	4 (4)	4 (4)	3	1	2	4	-	-	2.4	2.4		
65	02305970	RCS	(-)	2.5 (4)	1 (1)	(-)	(-)	2 (3)	1	1	2	1	-	-	1.6	2.6		
66	05001070	SBB	(-)	2 (3)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	1	-	-	1	-	-	2.1	2.8		
67	05001890	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	3 (3)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	1.5	1.7		
68	05002590	SBB	(-)	2 (3)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	1	3	-	1	-	-	2.5	3.4		
69	05100840	SBB	(-)	2 (3)	(-)	(-)	1 (1)	1 (1)	1	3	-	1	-	-	1.5	1.7		
70	05200280	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	3 (3)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	1.5	1.7		
71	05204870	SBC	(-)	1 (1)	1 (1)	3.7 (4)	2.3 (3)	1 (1)	1	-	1	1	1	1	1.5	1.9		
72	05300960	SBB	(-)	4 (4)	(-)	(-)	3 (3)	3 (3)	1	1	-	2	-	-	2.7	3.4		
73	05301190	SBB	(-)	3.5 (4)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	1	1	-	2	-	-	3.0	4.0		
74	05302160	SBB	(-)	3 (3)	(-)	(-)	3 (3)	1 (1)	1	1	-	4	-	-	2.3	2.4		
75	05302340	SBB	(-)	2 (3)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	1	1	-	2	-	-	2.0	2.8		
76	05403480	RCS	(-)	3 (3)	(-)	(-)	(-)	1 (1)	1	-	-	4	-	-	2.3	2.1		
77	05801820	SBB	(-)	2 (2)	(-)	(-)	3 (3)	1 (1)	2	1	-	4	-	-	2.2	2.1		
78	05803340	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	1	1	-	1	-	-	2.3	2.9		
79	05903120	SBC	(-)	2.5 (4)	1 (1)	(-)	2.7 (4)	2.7 (4)	1	1	-	1	-	-	1.9	3.2		
80	05905010	PCB	(-)	1 (1)	1 (1)	3 (3)	1.8 (3)	1 (1)	4	-	2	4	1	-	1.9	1.8		
81	06000970	SBE	(-)	4 (4)	(-)	(-)	4 (4)	(-)	1	1	-	4	-	-	3.1	4.0		
82	06005070	SBC	(-)	2.5 (4)	1 (1)	(-)	3.3 (4)	2.6 (4)	3	-	-	1	-	-	2.3	3.2		
83	06006050	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	2	1	-	1	-	-	2.4	2.9		
84	06403900	SBB	(-)	3.5 (4)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	3	1	-	3	-	-	2.7	3.1		
85	06404270	SBB	(-)	2.5 (4)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	4	1	-	4	-	-	3.1	3.7		
86	06404940	SBB	(-)	2 (2)	(-)	(-)	3 (3)	3 (3)	1	3	-	2	-	-	2.4	2.8		
87	06701230	RCB	(-)	1 (1)	1 (1)	(-)	4 (4)	4 (4)	4	1	-	4	-	-	2.6	2.4		
88	06701890	PCB	(-)	3 (3)	1 (1)	4 (4)	1 (1)	4 (4)	2	3	2	3	2	-	2.4	2.4		
89	07000230	SBB	(-)	3 (3)	(-)	(-)	4 (4)	1 (1)	1	1	-	1	-	-	2.2	2.8		
90	07002480	SBB	(-)	4 (4)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	4	1	-	2	-	-	3.4	4.0		
91	07602330	SBB	(-)	1 (1)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	2	1	-	2	-	-	2.3	2.6		
92	07602460	SBB	(-)	4 (4)	(-)	(-)	4 (4)	4 (4)	4	3	-	1	-	-	3.5	4.0		
93	07604020	SBB	(-)	3 (3)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	1	1	-	2	-	-	2.7	3.4		
94	07604750	SBB	(-)	2.5 (4)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	2	3	-	4	-	-	3.1	3.7		
95	07606390	SBB	(-)	3.5 (4)	(-)	(-)	4 (4)	3 (3)	4	3	-	2	-	-	3.3	3.7		
95 Bridges																		

(2) 各主要構造部材の全般的現況

各主要構造部材の現況を明らかにする為、主要構造部材別の平均損傷評点を図4-1に示す。

Figure 4-1 Average Rating of Each Main Structure

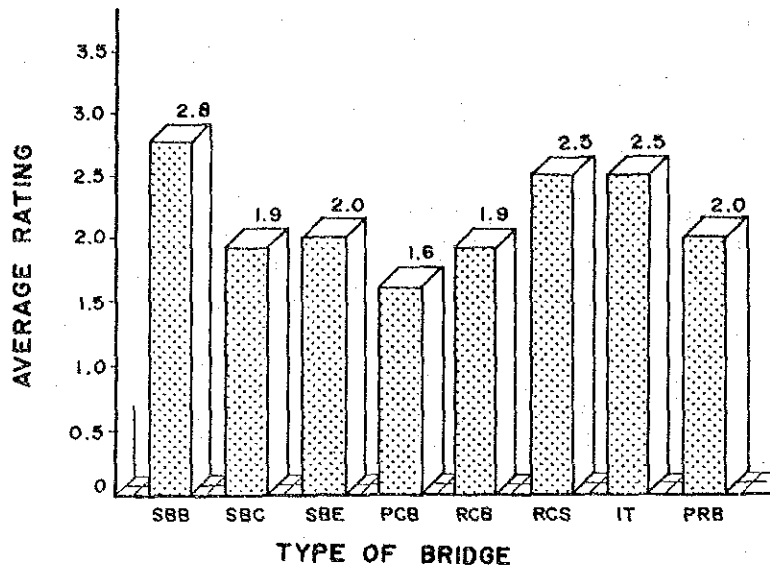


- ・鋼桁とコンクリート桁は、他の構造部材に較べて劣化が進行している。特に、鋼桁の劣化は極めて著しい。
- ・コンクリート床版は、バックルプレート床版より良好な状態にあり、又、最も良好な状態にある部材はコンクリート床版である。

(3) 各橋梁形式の全般的現況

各橋梁形式別の全般的現況を各橋梁の総合評点の平均値で図4-2に示す。

Figure 4-2 Average Rating of Each Bridge Type



- ・ バックルプレート床版・鉄桁橋（SBB）は、橋梁形式の中で最も損傷の著しい橋梁形式である。
- ・ 鉄筋コンクリート床版橋（RCS）とプレテンション逆T桁橋（IT）は、コンクリート床版・鉄桁橋（SBC）、鉄骨鉄筋コンクリート桁橋（SBE）及びプレキャストコンクリート桁橋（PRB）などに較べて比較的損傷が著しい。
- ・ プレストレストコンクリート桁橋は、最も良好な状態にある。

4.3 目視調査結果の分析

4.3.1 構造的視点からの目視調査結果の分析

本検討の目的は、損傷度評点結果を踏まえて調査対象橋梁の各主要部材の損傷の全般的な傾向を把握することであり、又、損傷の種類、程度及び範囲などを考慮して、損傷に応じた修繕対策の立案に資することである。

上記目的に沿って、橋梁部材の損傷度評点結果を、X軸に損傷の種類、Y軸に特定損傷率⁽¹⁾ (Specific Damage Ratio)、Z軸に平均損傷評点⁽²⁾ (Average Rating of Specific Damage)を表す三次元グラフにまとめた。このグラフは、橋梁形式毎の損傷現況を色々な角度から示している。

註記 ; (1) 特定損傷率は、特定の損傷が発見された橋梁の部材数の合計を調査を行った橋梁の全部材数で除したものである。

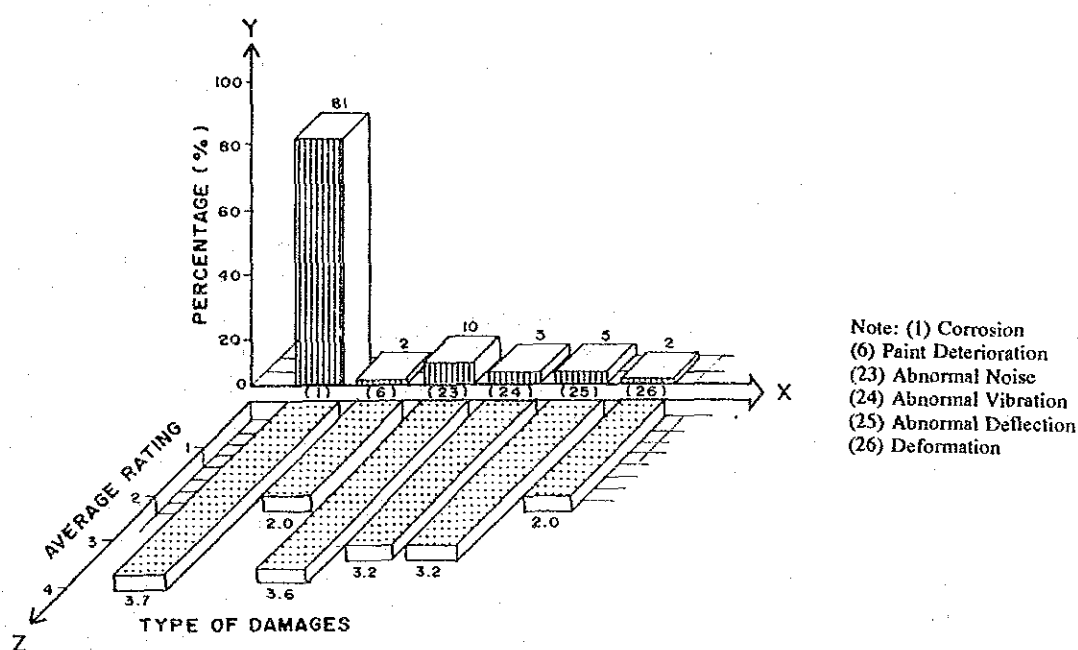
(2) 平均損傷評点は、ある橋梁部材の特定の損傷に対する損傷評点の合計値をその損傷が発見された橋梁部材数の合計で除したものである。

(1) 鋼 桁

図4-3に示すように、鋼桁の支配的な損傷は腐食であり、その平均損傷評点(3.7)が示すように損傷が著しく進行している。この原因は、再塗装の頻度などの不適切な維持・管理に起因しているだけでなく、床版の水切り、排水管の長さ不足、床版張り出し部に地覆が無いなどの構造的な問題にも起因している。更に、異常音、異常振動なども、不十分な維持・管理に起因するものであろう。

従って、腐食の進行が著しいこの形式の修繕対策案としては、一般的な再塗装ではなく、何らかの補強や部分的な部材交換を行う必要があると思われる。

Figure 4-3 Damage Ratio and Average Rating in Steel Beam/Girder



(2) コンクリート桁

コンクリート桁の支配的な欠陥は、図4-4に示す様にひび割れと剥離・鉄筋露出である。剥離・鉄筋露出の特定損傷率がひび割れのそれより高いのは、ひび割れを全く伴わない剥離・鉄筋露出が見られることから判断すると、施工不良による鉄筋のかぶり不足や締固め不足に起因しているように思われる。

ITやPRBの桁間に主に見られる遊離石灰や漏水は、桁相互の連結が十分でないことを示しており、それは、横方向の荷重分配の減少や桁間からの漏水を引き起こしている。

ひび割れや剥離に対する修繕対策案は、主に注入工法や充填工法である。間隔の狭い曲げひび割れやひび割れを伴う剥離、あるいはせん断ひび割れなどの場合は、修繕対策として何らかの補強が必要であると考えられる。