

土木研究所資料

既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究

昭和61年11月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室
地震防災部耐震研究室
企画部システム課

Copyright ©(1986)by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究

構造橋梁部 部長 篠原 洋司

橋梁研究室 室長 藤原 稔

主任研究員 西川 和廣

研究員 岩崎 泰彦

研究員 箕作 光一

中島 祥行

耐震研究室 室長 川島 一彦

研究員 運上 茂樹

システム課 課長 北川 明

研究員 柴崎 亮介

要 旨

本調査研究は、建設省技術研究会道路部門指定課題として、既設橋梁の耐久性を評価し向上技術を開発することを目標としている。関連する最新のデータの収集や室内及び現場における種々の試験を行ない、検討を加えるとともに、同時に進められている建設省総合技術開発プロジェクト(総プロ)「コンクリートの耐久性向上技術の開発」や建設省の技術管理業務連絡会橋梁部会「橋梁の点検要領及びデータバンクシステムの検討」などの成果との有機的な結合を図り、指針等の作成を含む橋梁の維持管理システムを構築することとしたものである。なお、本資料は建設省技術研究会の中での3ヶ年予定の内の初年度の成果についてまとめたものである。

キーワード：既設橋梁，架替橋梁，点検要領，データバンク，応力頻度測定，耐震性，

目 次

1. ま え が き	1
2. 調査研究の全体計画	3
2.1 調査概要	3
2.2 調査内容	6
2.2.1 既設橋梁の供用年数に関する検討	6
2.2.2 点検要領の検討	6
2.2.3 橋梁データバンクシステムの検討	7
2.2.4 耐荷力に関する検討	9
2.2.5 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討	13
2.2.6 健全度評価法に関する検討	14
2.2.7 補修補強に関する検討	16
3. 61年度実施した調査研究	18
3.1 既設橋梁の供用年数に関する検討	18
3.1.1 供用年数についての実態調査の概要	18
3.1.2 実態調査結果	18
3.1.3 ま と め	28
3.2 点検要領の検討に関する中間報告	29
3.2.1 点検要領の現状と問題点	29
3.2.2 点検実態	34
3.2.3 現行点検へ要望	37
3.2.4 統一案作成に際しての必要検討事項	41
3.2.5 ま と め	45
3.3 データバンクシステムに関する中間報告	47
3.3.1 既存の維持管理データベースシステムの特徴と問題点	47
3.3.2 維持管理業務を中心としたデータバンクシステムの位置付け	50
3.3.3 データバンクシステムの基本構想	52
3.3.4 まとめ及び今後の方向	56
3.4 耐荷力に関する検討の中間報告	57
3.4.1 応力頻度測定 of の目的	57
3.4.2 応力頻度測定について	57
3.4.3 本年度の測定内容	60
3.4.4 共和高架橋における測定結果	63

3.4.5	天白川右岸取付高架橋における測定結果	72
3.4.6	荒瀬橋における測定結果	75
3.4.7	神流川橋における測定結果	86
3.4.8	応力頻度計測のまとめ	97
3.4.9	TL-20 未満の設計荷重により設計された橋梁の供用実態調査	98
3.5	耐震性評価法に関する中間報告	109
3.5.1	概 要	109
3.5.2	耐震設計法の変遷に伴う被害形態の質的变化	109
3.5.3	既往の橋梁耐震性判定法	114
3.5.4	日本道路協会（昭和61年）の耐震調査法の適用性の検討	115
3.5.5	橋梁の被害要因の分析	123
3.5.6	今年度の調査結果のまとめ及び今後の検討課題	128
4.	お わ り に	129
5.	61年度担当者名簿	130

付 録

研究発表会パネルディスカッション記録	131
--------------------	-----

ま え が き

わが国の道路は、数次に亘る整備計画の推進により、質、量の両面にわたって飛躍的な向上を遂げている。道路橋は、その中にあって、狭あいなわが国の地形に適応するために、数多く架設され、交通の用に供せられている。

一方、最近のわが国の財政事情をみる時、従前のような高度経済成長は、もはや期待することはできず、道路整備もそれに適合した施策に基づいて進めていかなければならない情勢にある。このような状況下において、道路橋を適切に保全し、耐震性の確保も含めて、長期に亘る有効利用を図る必要性は言うに及ばず、総合的な観点から既設橋梁の維持管理システムを策定し、その効率的運用を図る必要のある状況に至っており、そのために十分な耐久性の評価手法ならびに向上技術の確立が要望されている。

第21回から第30回の建設省技術研究会においても、社会、経済情勢は現在とは異なっていたが、同様な観点から荷重実態の調査、耐荷力の判定手法、補修補強の調査など広範にわたって、調査検討が進められ、現在においても有用な諸成果として有効に利用されている。しかしながら、最近において塩害やアルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の早期劣化問題、鋼橋横桁取付部の疲労損傷など新たな損傷事例が見られており、その実態の把握、評価手法、適切な補修補強法の開発が必要となっているとともに、既存のRC床版の各種補修補強法の有効性確認などについての調査が必要となっている。

このような状況から、既設橋梁の耐久性を評価し向上する技術を開発することを目標として、関連する最新データの収集や室内および現場における種々の試験を行い、検討を加えるとともに、同時に検討が進められている建設省総合技術開発プロジェクト(総プロ)「コンクリートの耐久性向上技術の開発」や建設省の技術管理業務連絡会橋梁部会「橋梁の点検要領およびデータバンクシステムの検討」などの成果との有機的な結合を図り、指針の作成等を含む橋梁の維持管理システムを構築することをめざした調査研究を昭和61～63年度の3ケ年にわたり、実施することとした。

なお本資料は、建設省技術研究会道路部門指定課題「既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究」の全体計画及び概要と61年度に実施した調査研究成果に若干の修正を加え、さらに研究発表会におけるパネルディスカッションの内容をもりこんで取りまとめたものである。

昭和61年11月

建設省土木研究所

構造橋梁部

部長 篠原洋司

構造橋梁部 橋梁研究室

室長 藤原 稔

主任研究員 西川和廣

研究員 岩崎泰彦

研究員 箕作光一

地震防災部	耐震研究室	室 長	中 島 祥 行
		研 究 員	川 島 一 彦
企 画 部	システム課	課 長	運 上 茂 樹
		研 究 員	北 川 明
			柴 崎 亮 介

2. 調査研究の全体計画

2.1 調査研究の概要

本調査研究は次の項目から構成され、そのフローは表—2.1.1 に示す通りである。

- ① 既設橋梁の供用年数に関する検討
- ② 点検要領の検討
- ③ データバンクシステムの検討
- ④ 耐荷力に関する検討
- ⑤ 健全度評価方法に関する検討
- ⑥ 補修・補強に関する検討

これらの調査項目は、既設橋梁の維持管理システムの構築を図るために必要な検討事項をすべて含むものである。すなわち、①では我が国の既設橋梁の置かれている状況と問題点を明らかにし、②および③では、点検要領やデータバンクシステムといった維持管理体制に関する検討を行う。さらに、④および⑤では損傷を受けたり、もともと小さな活荷重により設計された古い橋梁等の補修・補強の必要性を判断するための基準を作成することを目標に、損傷の分類と詳細調査方法、橋梁の耐荷力、耐久性および耐震性を評価するための手法を確立する。そして、何等かの対策が必要な場合には、適切かつ有効な補修・補強方法の選択基準を⑥において示すという流れになっている。

なお、これらのうち②および③については技術管理業務連絡会橋梁部会の課題として、昭和 60 年度から 62 年度にわたって実施されるものであり、その成果を本調査研究に組み入れてゆく方針である。

本調査研究の実施体制および地建等の調査依頼予定は表—2.1.2～3 に示す通りである。

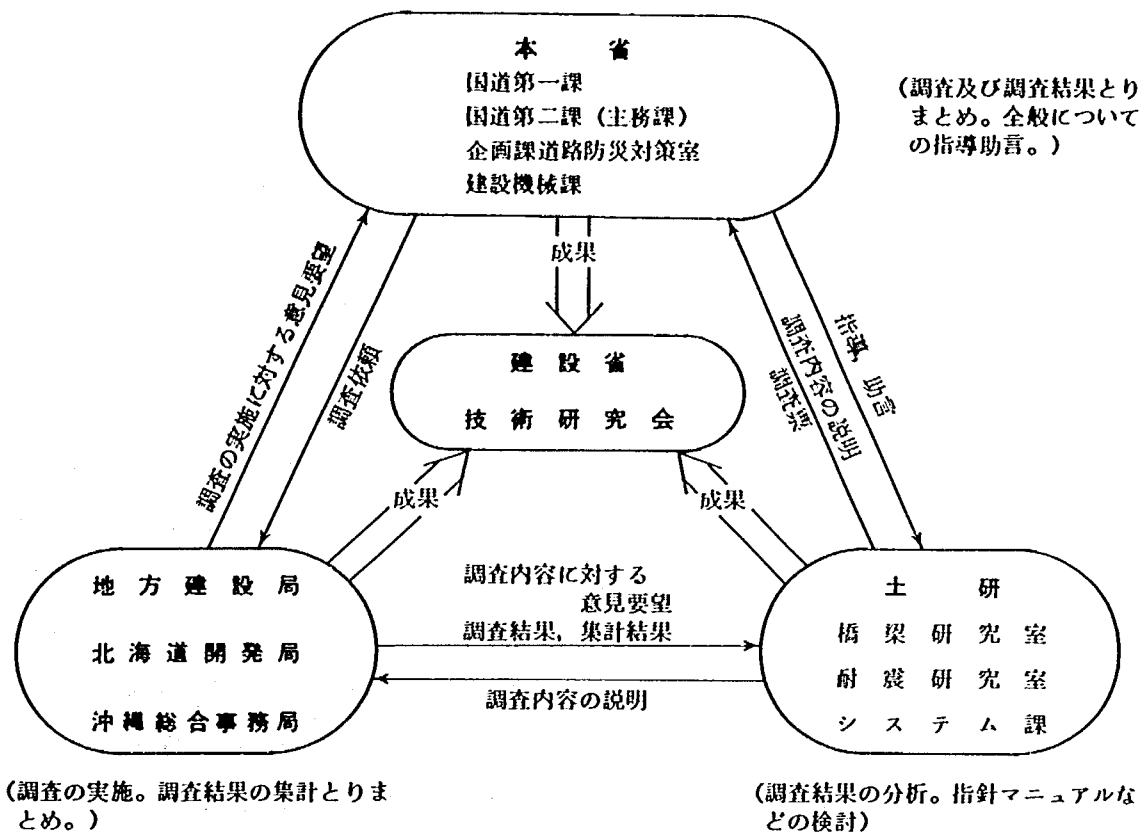
それぞれの項目についての詳しい内容については、次節以降に述べる。

表-2.1.1 調査研究項目およびフロー

年度 項目	昭和 61 年 度	昭和 62 年 度	昭和 63 年 度
① 既供関 設用する 橋年数 架梁の検 査に討	架替橋梁の実態調査 (地建)	橋梁の供用実態のとりまとめ (本省,土研)	
② 点検の 要領の 検討	点検要領統一案の検討	点検要領統一案の作成	
③ データ バンク システ ムの検 討	データバンクシステムの概略設計	データバンクシステムの整備のためのガイドラインの作成	
④ 耐荷力 に 関 する 検 討	照査する 耐荷力に 関する 検討	照査する 耐荷力に 関する 検討	補修・補強の 必要 性 評 価 基 準 の 検 討 (土研)
⑤ 健全度 評 価 方 法 に 関 する 検 討	健全度 評 価 方 法 に 関 する 検 討	健全度 評 価 方 法 に 関 する 検 討	健全度 評 価 方 法 に 関 する 検 討
⑥ 補修・ 補強に 関する 検討	補修・補強に 関する 検討	補修・補強に 関する 検討	補修・補強に 関する 検討

・技術管理業務連絡会
橋梁部会にて実施

表－2.1.2 実 施 体 制



表－2.1.3 地建等への調査依頼予定

年度	調査名	実施機関	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	北海道	沖縄
61	撤去、架替橋梁の実態調査					全	機	関				
	応力頻度測定橋梁の設定のための交通実態調査					全	機	関				
	応力頻度測定 (パイロット調査)		○	○		○						
	TL-20未満橋梁の供用実態調査					全	機	関				
	耐震補強実施例の実態調査 (その1)					全	機	関				
62	応力頻度測定 (その1) (本調査、約30橋)		○	○		○			○	○		
	既設PC橋の耐荷力に関する調査					全	機	関				
	詳細調査内容に関する実態調査					全	機	関				
	損傷実態調査					全	機	関				
	補修、補強事例追跡調査					全	機	関				
	補修、補強実態調査					全	機	関				
	耐震補強実施例の実態調査 (その2)		○	○		○						
63	維持管理を考慮した設計に関するアンケート					全	機	関				
	応力頻度測定 (その2) (本調査約30橋)				○		○	○			○	○
	評価手法の妥当性検証のための載荷試験					対象となる橋のある地建						

2.2 調査内容

2.2.1 既設橋梁の供用年数に関する検討

(1) 検討目的

一般に橋梁の耐用年数は、概ね 50 年程度と言われている。しかし、橋梁の実際に使用される期間は、単に損傷等による構造的寿命、すなわち、耐用年数のみで決まるのではなく、線形、幅員等、道路の一部として橋梁に求められる機能を満足できるか否かによって決定される寿命、いかなれば機能的寿命に大きく左右される。そして、機能的寿命は、時代により道路に求められる機能が変化するのに伴ない変動するものであるから、橋梁の寿命もまた不変のものではないと考えられる。本検討は、このような考えに基づき、機能的要因、構造的要因の双方から定まる実際の橋梁の寿命を供用年数から捕え、現在において過去にさかのぼって、寿命を支配した要因を探り、現在における実際の橋梁の寿命を明らかにし、将来の維持管理のあり方及び架替計画を検討する上での参考資料を得ることを目的とする。なお、供用年数の把握にあたっては、幸い過去、昭和 42 年、昭和 52 年にそれ以前に架替られた橋梁を対象に供用期間等に関する実態調査が実施されているため、本検討では、昭和 52 年以降に架替られた橋梁を対象に同様な調査を行うものとする。そして過年度調査結果と合わせて架替橋梁の供用年数を把握し、その結果から既設橋梁の供用年数についての考察を行うものとする。

(2) 検討内容

本検討においては、昭和 61 年度に昭和 52 年以降に架替られた橋梁を対象に、旧橋の属性（架設年月、橋種、構造形式等）、架替理由等に関する調査を行い、その結果及び供用期間等に関する過年度調査の結果を、以下についてとりまとめ既設橋梁の供用年数について考察する。

1) 架替理由

- ① 架替理由の現況
- ② 橋種別架替理由
- ③ 架設年次別架替理由
- ④ 架替理由の経年変化
- ⑤ 架替理由からみた既設橋梁の供用年数

2) 架替橋梁の供用年数

- ① 架替橋梁の供用年数
- ② 架替橋梁の供用年数からみた既設橋梁の供用年数

2.2.2 点検要領の検討

(1) 検討目的

現在、そして将来予想される厳しい社会、経済情勢を考えると、既設社会資本の維持管理の遂行は、極めて重要な課題であり、特に架替時の費用及び社会的影響の大きい道路橋においては、合理的な維持管理が不可欠なものと考えられる。そして、合理的な維持管理を行っていく上で最

も基本的なものとして、橋梁点検が位置付けられる。橋梁点検は、橋梁の安全管理上非常に重要であることは言うまでもないが、さらに点検から得られる結果は、橋梁維持管理上の貴重な資料となり効率的な維持修繕を可能にし、また、設計面にフィードバックされ将来架設される橋梁の耐久性を向上させるなど維持管理上大きな便益を生み出すものである。そこで、現在、各地方建設局において橋梁点検が実施されておりデータの蓄積も進みつつあるが、それぞれ点検要領を個別に定め運用していることもあり点検レベルに不統一が生じているほか点検データの有効利用の促進が図れないといった問題も生み出されている。

本検討は、上述の問題の解決を図るために必要な点検要領の全地建統一案の作成を行うことを目的に実施するものである。また、統一案の検討にあたっては、点検要領の項目およびその内容についての検討を行うとともに、損傷事例集、非破壊検査要領等の検討を行い、合理的で利便性の高い点検要領の作成を目指すものである。

(2) 検討内容

本検討は、主に技術管理業務連絡会橋梁部会点検要領分科会の場において実施するものであるが、建設省技術研究会では、概ね前年度に橋梁部会において検討した内容についてさらに検討を加え翌年度に報告するものとする。以下に、各年度の技術研究会での検討内容を示す。

1) 61年度

- ① 建設省及び公団（日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団）における点検要領の現状と問題点の把握
- ② 建設省における橋梁点検実態の把握
- ③ 現行点検への要望事項のとりまとめ
- ④ 点検要領統一案の作成に際しての必要検討事項のとりまとめ

2) 62年度

- ① 点検要領統一案の内容検討及び原案の作成

3) 63年度

- ① 点検要領統一案の詳細検討及び成案
- ② 損傷事例集の検討及び原案の作成
- ③ 非破壊検査の手引きの検討及び原案の作成

2.2.3 橋梁データバンクシステムの検討

1) 検討の目的

維持管理段階においては橋梁の設計、施工段階で生じていた種々の問題点が集約的に顕われると考えられることから、それらの問題点に対処するために、設計・施工段階や、問題点発生時までの点検・補修において得られていた情報（設計書、調書、図面など）を保存・管理しておくことが不可欠である。特に、社会や経済の高度化に伴って維持管理段階における対処の良否は社会・経済に対して大きな影響を与えるようになっており、既設橋梁数の増加と相まって維持管理業務の重要性を高めている。このように、維持管理業務をより合理化し、その水準を向上させるため

の基礎としての情報管理は今後一層重要になると考えられる。

橋梁の建設、維持管理で発生する情報は①調査、設計書、報告書、図面などその形態が多様で、しかも、1枚あたりの情報量の極めて大きい図面や写真によるものが多く、②かなりの長期間にわたって不定期に発生するものである。

このように橋梁に関する情報は、保存・管理の非常にしにくいものであり、現場における補修工法の選定や点検、補修に関する予算案の策定などに必ずしも有効に活用されていなかった。また耐荷力の算定手法や橋梁健全度の評価方法などの維持管理関連技術がこれまで必ずしも十分に検討されてこなかった原因の一つとしても点検結果や補修事例等に関する情報の不足があげられよう。

一方、最近では、電子計算機の演算速度の高速化に加えて、光ディスクなどの安価な大容量記憶装置が実用化され、図面情報の保存等が容易になっている。また、多量のデータを利用し易い形で蓄積・管理するために必要なソフトウェア（データベース管理システム）や見易く表示するためのソフトウェア等も蓄積されつつあり、電子計算機を利用して情報の管理を行うための環境が整備されてきている。

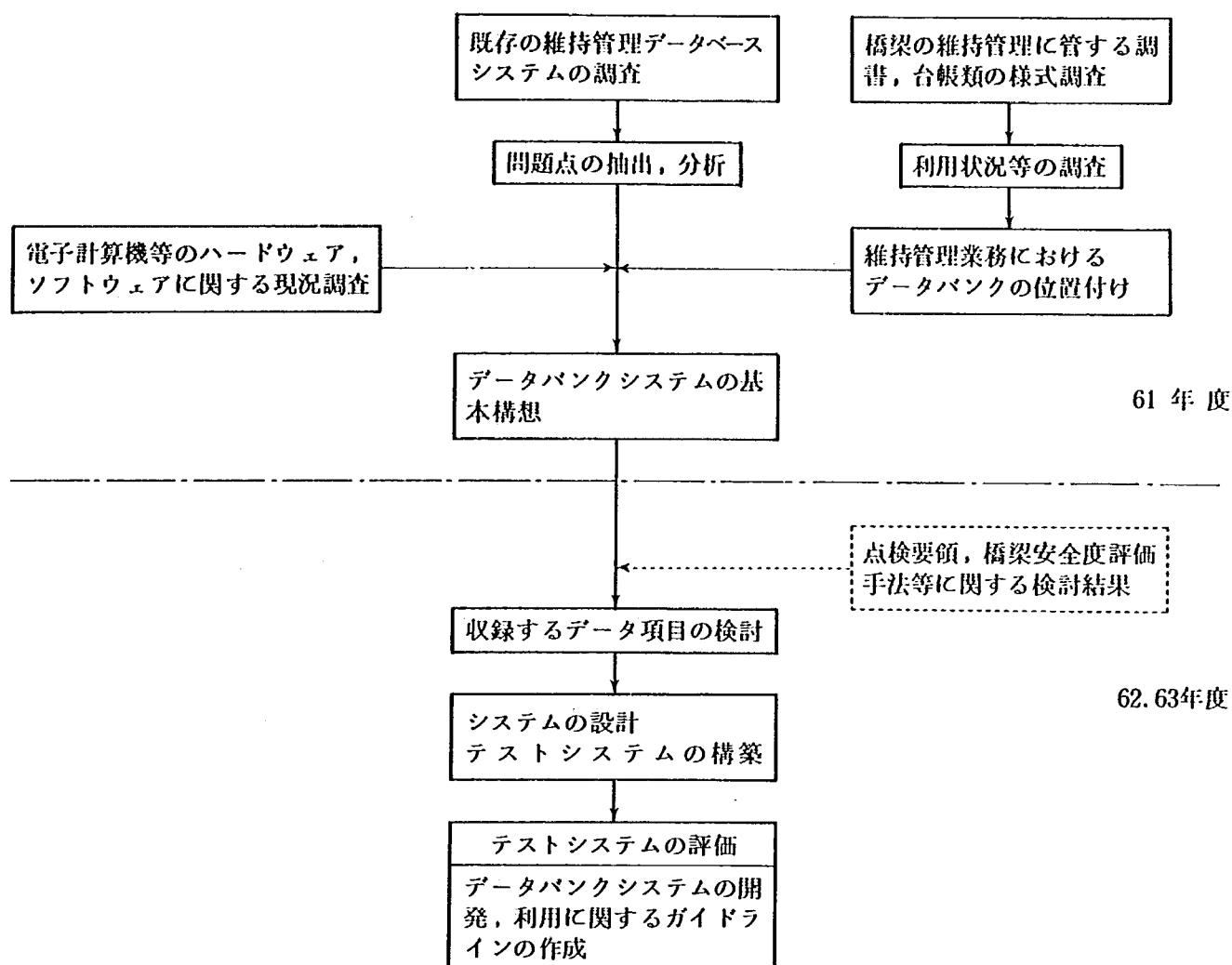
このような背景から、ここでは橋梁の維持管理に必要な情報の合理的、効率的な管理を行うことを目的として橋梁データバンクシステムの検討を行う。

2) 検討の内容

検討の流れの概要を図一2.2.3.1に示す。61年度はデータバンクシステムの基本構想の作成を目標として、既存の維持管理データベースシステムに関する調査を行い、その特徴や問題点を明らかにする一方で、橋梁の維持管理に関わる台帳や調書類の様式やその利用状況などについて調査を行い、維持管理業務におけるデータバンクシステムの位置付けや導入による効果などを整理した。

62年度は、基本構想等をもとに収録すべきデータ項目の設定、テストシステムの設計と構築を行い、さらにテストシステムの運用を通じて、得られた知見を橋梁データバンクシステムの開発・利用に関するガイドラインとしてまとめる方針である。

なお、本検討は技術管理業務連絡会橋梁部会データバンク分科会の場において主に実施するものであるが、建設省技術研究会では、概ね前年度に橋梁部会において検討した内容について翌年度さらに検討を加えて報告するものである。



図一 2.2.3.1 検討の流れ

2.2.4 耐荷力に関する検討

(1) 検討目的

現在既設道路橋の耐荷力を評価する方法として、『鋼道路橋（プレートガーダーおよびトラス）供用荷重算定指針（案）』および『鉄筋コンクリート T 桁橋の耐荷力算定指針（案）』が用いられている。これらはいずれも昭和 45 年度および 51 年度の建設省技術研究会における成果であり、これまで既設橋梁の耐荷力を評価する上での基本とされ、旧示方書の小さな活荷重により設計された橋梁の管理に貢献してきた。しかし、近年我が国の財政事情はより厳しいものとなり、限られた予算の範囲で効率的に道路整備を進めて行かなければならない状況にある。橋梁にあっては既設橋梁の耐荷力や耐久性を適確に評価し、より長く活用して行くことが重要な課題となっている。

現行の供用荷重算定指針(案)は、基本的には健全あるいはほぼ健全と見なせる橋梁を対象とし、TL-20 に対する安全性を評価する形となっているが、より適確な耐荷力および耐久性の評価を行うには、次に述べるような問題点が指摘される。

- ① すべての橋梁に対し一律に TL-20 を適用する形式となっているため、日交通量が 10 万台の橋も 2 千台の橋も同じレベルで評価されることになる。道路整備の観点からすればこれは正しいかもしれないが、既設橋を有効に活用するという観点からは、必ずしも合理的とは言えない。個々の橋梁が受ける交通実態に即した安全性の照査活荷重があつてしかるべきである。
- ② K_s , K_r , K_t および K_o という係数の決められかたが、必ずしも合理的でない。
- ③ 損傷を受けた橋梁の評価方法が示されていない。
- ④ 耐荷力が不足する場合と耐久性に問題がある場合では対策についての考えが自ずから異なるので、これらを明確に区別すべきである。
- ⑤ 床版の損傷を他の部材の耐荷力と同列で扱うのは必ずしも合理的でなく、むしろ耐久性の問題として評価すべきである。
- ⑥ 限界状態（あるいは荷重係数）設計法の適用が評価手法の合理化には不可欠である。

このようなことから、本調査研究では次の 2 つの項目についての検討を行い、既設橋梁の総合的な耐荷力および耐久性の評価指針を作成することを目的としている。

- ① 供用の安全性を照査するための活荷重を実態に即した形で設定するための手法の開発。
 - ② 損傷橋梁を含む既設橋梁の構造物としての耐荷力および耐久性評価するための手法の開発。
- なお、耐震に関する問題も重要な項目であるが、これについては別項にまとめて記述する。

(2) 照査活荷重に関する検討

本検討に関する諸調査の全体計画は次の通りである。(図-2.2.4.1)

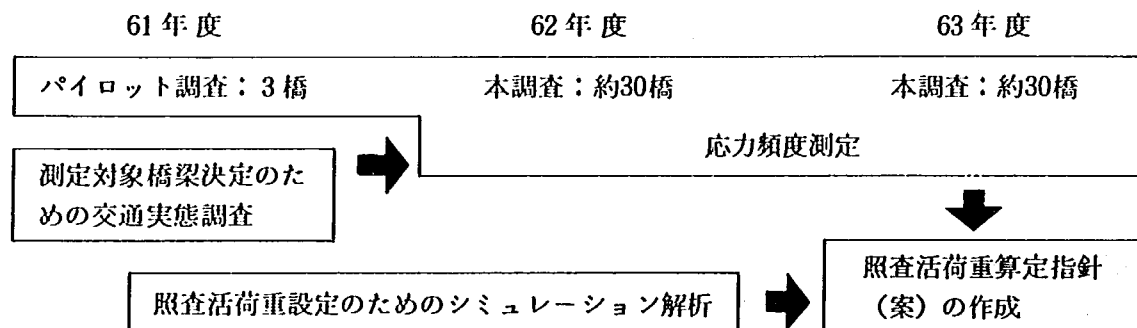


図-2.2.4.1

(a) 照査活荷重算定のためのシミュレーション解析

対象とする橋梁における交通条件（交通量、大型車混入率、渋滞頻度等）、橋梁の諸元（支間、車線数等）、今後の供用年数等の条件に基づき、電子計算機の中で、確率論に基づいた数値実験を行って、その橋梁の安全性照査に用いるべき活荷重を求める方法である。この方法は、限界状態設計法における活荷重係数の検討のために開発され、各機関で用いられている手法であるが、ここでは設定条件を種々に変えることにより、照査活荷重算定法を確立するためのデータを得ようとするものである。

作業は主として土木研究所が担当し、61～62年度に実施する。

(b) 応力頻度測定

種々の条件下において供用されている橋梁部材に生じる応力の実態を、多数の橋梁において系統的に実測することによって把握し、次の項目についての検討資料とする。

- ① シミュレーション解析の妥当性の検証
- ② 橋梁形式や部材の種類により与えられている係数 K_s 値の見直し
- ③ 疲労に対する耐久性評価方法の検討

通常、橋梁における応力測定は、重量既知の試験車両を所定の位置に静的に載荷する方法で行われることが多い。この試験方法は、多くの点における応力を同時に測定できるため、橋梁の構造特性を詳細に検討するためには優れているが、必ずしも実際の交通供用下における橋梁の状態を反映した結果が得られないという問題を残している。この点を補うための測定方法が応力頻度測定であり、長時間にわたって供用下の橋梁に作用する応力度を頻度分布の形で捕えようとするものであり、実際の活荷重の載荷条件(交通量、車両構成、渋滞、車輪通過位置、衝撃 etc.)を反映したデータを得ることができる。

応力を頻度の形で測定する方法は、すでに昭和 43～44 年度の建設省技術研究会道路部門指定課題において、土木研究所が自ら開発した応力頻度測定装置を用いて実施されており、それまで知ることのできなかつた重要な情報をもたらしている。しかし、当時の測定装置はその機能が極めて限られており、現在必要とされている橋梁に作用する応力の実態を把握するためには十分とはいえない。しかし、最近の電子技術の飛躍的な進歩により、応力頻度測定装置は高性能になり、かつ小形化され、自動化された。今回の調査では、この自動応力頻度測定装置(ヒストグラムレコーダ)を利用して、これまで得ることのできなかつた実態を明らかにするとともに、この装置を用いた橋梁の疲労に対する耐久性の評価法についても検討する。

61 年度は、測定上の問題点の抽出を目的としたパイロット調査とし、土木研究所が担当して 3 橋について実施する。62～63 年度は地方建設局が主体となり、年間約 30 橋ずつの計測を行う予定である。結果のとりまとめについては、土木研究所が担当する。

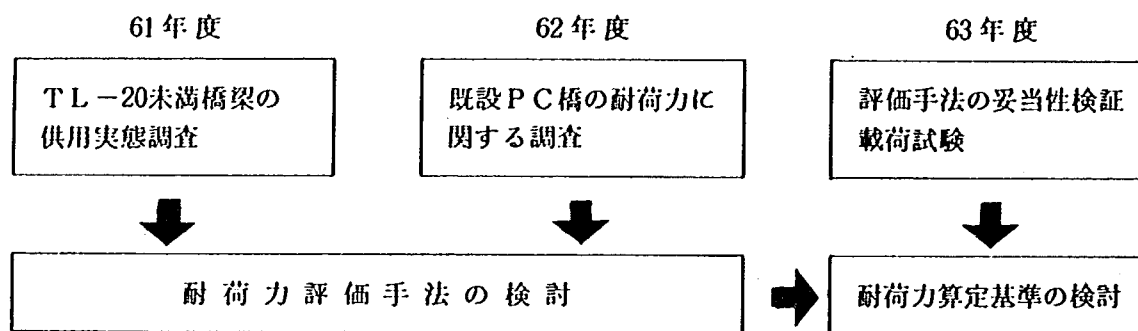
応力頻度測定の詳細については、3.4 に述べる。

(c) 応力頻度測定対象橋梁選定のための交通実態調査

62 年度以降の本調査のため、測定の対象となりうる橋梁を諸条件とともにリストアップするものであり、調査はアンケートの形で 61 年度に実施する。内容は、交通量常時観測(基本観測)の付近に位置し、通過交通の実態を詳細に把握し得る橋梁を対象とし、橋梁の形式、諸元、設計条件、交通量、測定の難易等について、1 橋 1 行程度の回答を求めるものであり、回答については土木研究所橋梁研究室のパソコンにデータファイルを作成し、この中から 62 年度以降に測定を行う橋梁を選定する。アンケート用紙の作成は土木研究所で行い、本省道路局を通じて各地方建設局等に調査を依頼、土木研究所がデータを取りまとめる。

(3) 耐荷力算定方法に関する検討

本検討に関する諸調査の全体計画は次のとおりである。(図-2.2.4.2)



図－2.2.4.2

(a) TL-20 未満の活荷重により設計された橋梁の供用実態調査

計算上耐荷力が不足していると考えられる橋梁が、現在どのような使われかたをしているのかについての実態を把握するための調査である。とくに供用実態と交通条件との関係について分析して、道路管理者がどのような供用性の判断をしているのかを明らかにし、耐荷力算定基準作成の際の参考とする。

調査はアンケートの形で 61 年度に実施する。調査内容は直轄管理の橋長 15 m 以上の橋梁のうち、TL-20 未満の活荷重により設計されたもの（825 橋）を対象とし、橋梁の形式、諸元、交通条件、設計条件、供用荷重算定値および現在の供用状態について 1 橋 1 行程度の回答を求めるものである。アンケート用紙の作成は土木研究所が行い、本省道路局を通じて各地方建設局等に調査を依頼、土木研究所が結果をとりまとめる。

(b) 既設 PC 橋の耐荷力に関する調査

本調査は、塩害による劣化が進行したり、旧基準で設計されている既設プレストレスコンクリート橋について、その交通に対する供用の安全性や補修・補強の必要性を合理的に判断するために必要な耐荷力算定要領の作成を目的として実施するもので、既設の PC 橋における諸元（耐荷力に係わる寸法、PC 鋼材量等の諸数値）、交通条件、環境条件および変状の有無あるいは程度について広範に調査し、要因分析を行って、既設 PC 橋の耐荷力を評価する方法を示すことを目標としている。また、設計図書類が保存されていない場合でも一般的な橋梁諸元から間接的に耐荷力を算定する方法についても検討する。

調査は調査票によるものとし、61 年度後半に実施する。各地方建設局等約 40 橋程度の既設 PC 橋を選択し、上記の内容についての調査票への回答を求める。調査票の作成は土木研究所が行い本省道路局を通じて各地方建設局に回答を依頼する。調査結果のとりまとめおよび要因分析は土木研究所が担当する。

(c) 耐荷力評価手法の検討

本項目における成果に基づき、また限界状態設計法の考え方を取入れて、既設橋梁の耐荷力を合理的かつ総合的に評価する手法について検討するものである。本検討は土木研究所が担当し、最終的な成果として耐荷力算定基準（案）を作成する。

2.2.5 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討

(1) 検討目的

1923年の関東地震以後、現在までに約3,000橋の道路橋が地震により何らかの被害を受けており、このうち15橋（火災によるものを除く）が落橋という事態に至っている。地震を経験した永久橋の全数に比べれば、落橋もしくは架替の必要性の生じた永久橋の橋数はわずかであるが、一般に橋梁の被害は、避難路あるいは緊急物資の輸送路としての道路の機能を喪失せしめると共に、復旧に多大な労力と日数を要し、地域社会、地域経済に与える影響が大きいことから、事前の震災対策が望まれている。

橋梁の耐震性を考える場合、既往の地震による被害等を調査分析し、これらの特性を十分反映した被害予測を行い、有効な耐震補強を加えていくことが重要である。

耐震調査では、多数の橋を対象としなければならないため、複雑な計算をすることなく、外観等現場において簡単に把握できる諸元を用いて落橋等致命的な崩壊の危険性を判定することが求められている。現在までも、既往の震害橋の統計解析結果を基本として、種々の判定法が提案されているが、これを耐震調査に利用する上では、推定精度の向上、耐震性の総合的な把握の可能性、一次調査後の詳細耐震判定法の開発等、検討すべき点が多く残されている。

また、耐震調査結果をもとに耐震性に劣ると判断された橋梁に対しては、耐震補強が加えられてきているが、個々の条件を反映してそれぞれ個別に実施されており、どのような構造が耐震補強法として最適かに関する系統的な調査が実施されていないのが実情である。

(2) 検討内容

本検討においては耐震性に劣る橋梁の抽出方法の高精度化の検討、既往の耐震補強事例調査、耐震補強法の整理検討を行い、より効率的かつ確実な橋梁の耐震性判定法及び耐震補強法の開発を図ることを目的とする。

本調査のフローは、図2.2.5.1に示す通りであり、最終的な成果目標としては、以下の項目を想定している。

- 1) 損傷度判定のための地震被害事例集
- 2) 耐震性評価手法
- 3) 耐震補強事例集
- 4) 耐震補強効果の評価手法

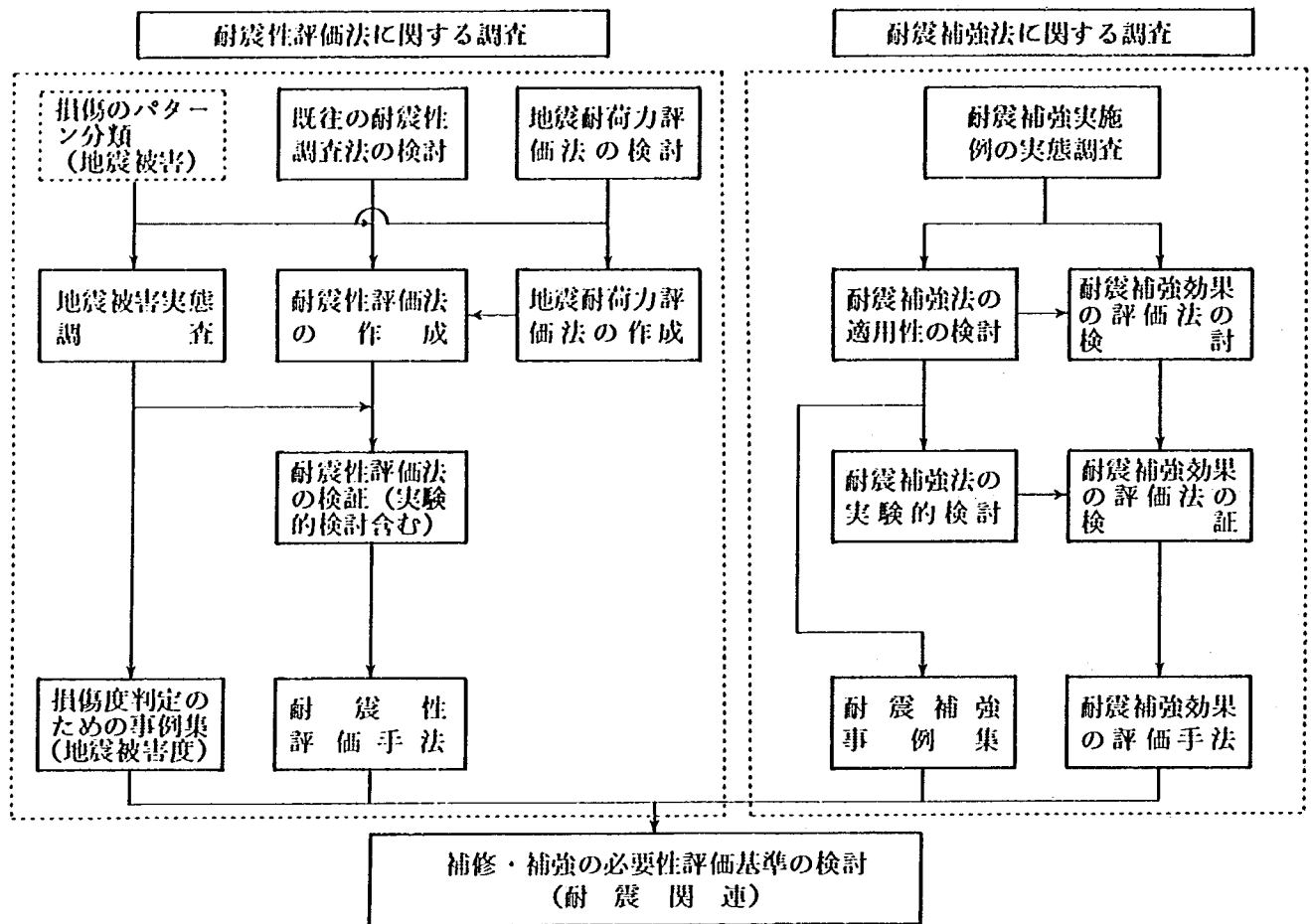


図-2.2.5.1 耐震性に関する調査フロー

2.2.6 健全度評価方法に関する検討

(1) 目的

既設橋梁の適切な維持管理を行うにあたって、その基本となる日常あるいは定期点検により、変状の発生が認められた橋梁については、まず、その時点でその変状が、①あまり進展する様子もなく、明らかに耐荷力上も問題ないものか、すなわち補修補強の両方とも必要とされないものか、②耐荷力上は問題ないが、早期に何らかの補修を施すべきか、③補強まで考えるべきか、について大まかな判断を下す必要があるだろう。そして、一般に②や③のケースの場合には、その判断が妥当なものであるかを確認するために、足場を設置したり、橋梁点検車などを用いて、外観やたたき調査の他に、機械器具による詳細な調査を実施することが多い。

ここでいう健全度評価方法とは、その詳細調査の際に用いる非破壊調査を含めた各種劣化損傷診断技術の使用によって出力される諸データの判定、および既存の劣化損傷事例を参考にした知見を基に、総合的に対象とする橋梁の健全度、換言すれば、損傷度を合理的に評価する方法を意味しており、本検討では、その方法の確立を目的としている。

本検討で得られる劣化損傷事例に関する資料については、他の耐荷力に関する検討や補修補強に関する検討で得られる結果と併せて作成する予定である“損傷度判定のための事例集”の基礎

資料になる性格のものである。また、鉄筋コンクリート床版を代表として各種設計基準の改定が逐次なされてきているが、経時的な観点から劣化損傷事例を調べることにより、その効果を定性的に知ることができるとともに、今後改善すべき事項が把握される。さらに冒頭の日常あるいは定期点検にフィードバックし、点検時に特に注視すべき箇所の合理的な選定に結びつくことが期待できる。

(2) 検討内容

本検討では、主として既設橋梁の補修補強の必要性評価基準のための検討に関する一環として、耐荷力判定に関与する項目を切り離し、種々の要因によって生じる劣化損傷の程度を的確に評価できる方法確立のために昭和62年度以降、次のような調査を実施するものである。そして、昭和63年度にそれらの成果をとりまとめ、上記評価基準の一部となる詳細調査要領及び損傷度判定のための事例集を作成する。

1) 非破壊検査マニュアルの検討

現在、既設橋梁や他の構造物の詳細調査時に用いられている各種非破壊検査方法に関して、その性能や使用方法について検討を加える(下記参照)。なお、本検討は技術管理業務連絡会橋梁部会の場において主に実施される。

2) 詳細調査内容に関する調査

次のような項目にアンケート形式により、調査を実施するもので、詳細調査方法の合理化や非破壊検査要領作成のための基礎資料とする。

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| a) 調査目的 | b) 調査概要 | c) 使用機械器具 | d) 橋梁諸元 |
| e) 調査部位 | f) 所要期間 | g) 費用 | h) 主要結果 |
| i) 問題点 | j) その他 | | |

3) 損傷実態調査

本調査は、次のような要領にしたがって①損傷形態、②損傷部位、③損傷程度と主として交通条件、環境条件および設計、施工条件を含めた橋梁諸元などとの関係について把握するために行うものである。

a) 一次調査

各地方建設局において、最近5年間程度の橋梁点検で得られているデータを事前に統一的に定めておいた健全度分類法に基づいて整理分類する。

b) 二次調査

一次調査で得られた結果を、さらに損傷度別、損傷原因別、構造部材別あるいは地域別等に分類する。そして、代表的な損傷形式について各々数橋梁を選定し、詳細な写真撮影を行うとともに必要に応じて詳細調査を実施する。

4) 損傷度判定のための事例集の検討

上記損傷実態調査における結果や既往の劣化損傷に関する調査類の結果をとりまとめ、写真を主体とし、考えられる劣化損傷原因、耐荷力に及ぼす影響、補修補強法などを併せた内容を有する損傷度判定のための事例集作成のためのフォーマットや記載資料の準備を行う。

2.2.7 補修補強に関する検討

(1) 検討目的

既設橋梁の老朽橋や、交通量の増加や車両重量の増大あるいは建設当初に予測しえなかった各種要因等による橋梁の早期劣化に伴ない何らかの手当を必要とする橋梁が増加する傾向にある。

一方、それら補修補強を必要とする橋梁に対して、適切な方法を講じるためには、劣化損傷の原因や程度に応じたものを採用することが当然の事として望ましい。しかしながら、現実的には一般にその原因を特定することが困難な場合が多いこと、予算的な制約があること、交通供用下での作業を余儀なくされ時間的、空間的に制約を受けること、さらに指針類などが十分に整備されていないことなどのために、個々に、類似した劣化損傷に対して施された補修補強例や、関連する資料や文献での知見を参考に、上述のような制約条件に対する対応方法の検討を加味して、既存の限られた補修補強のうちから用いる方法を選定しなければならないのが実情であろう。

これに対して、適切な補修補強の必要性判定基準の作成が急務であるが、その際、個々の劣化損傷に対してどのような方法を用いるべきか、また用いる場合の具体的な要領を主な内容とする補修補強要領の作成が重要な課題と考える。

したがって、このような状況を勘案し、少しでも、その選定を合理的なものとし、期待した長期にわたる補修補強効果を得るためには、まず、補修補強方法に関する現状を体系的に調べ、個々の方法の特徴、経済性あるいは問題点などを把握しておくことが肝要と考える。そこで、本検討では、次に述べるような内容に沿って昭和 62 年度以降、順次、必要となる調査を実施し、上記要領の作成を行うことを目的とする。

(2) 検討内容

本検討では、現在までに用いられてきた補修補強方法の種類、内容、それにかかる費用、その設計の考え方および一般的な選定理由などを調べるために、第一段階として全国的な補修補強実態調査を行い、その結果を分析考察し、特に、有用と判断されるものや数量的に多いものから代表的な補修補強方法を選定する。そして、第二段階として、必要に応じて載荷試験を行うなどして追跡調査を行い、詳細に効果の確認や問題点を明らかにしようとするものである。

表—2.2.7.1 には、本検討の内容(案)を示している。実態調査の対象としては、昭和 48 年度に「橋梁の補修補強工法に関する調査研究」と題して、同様な内容の調査検討が実施されており、ここでは、その結果と比較検討できることを配慮して、昭和 49 年度以降、各地方建設局、北海道開発庁および沖縄総合事務局で補修補強したもののうち、工事記録等が保存されているものとする予定である。参考として、表—2.2.7.2 には、前回の調査対象の抜粋を示している。対象物については、今回は、上部構造に加えて、下部構造(ただし、土中、水中部を除く)や支承、高欄、伸縮装置などの橋梁付属物についても対象とする予定である。

表－2.2.7.1 本検討の内容(案)

調査名	実施時期	対象範囲	対象物	調査項目
補修補強 実態調査	昭和62年度	各地方建設局、北海道開発庁および 沖縄総合事務局が昭和49年度以降に 補修補強したもの のうち工事内容が 明確なもの	鋼橋、コンクリ ート橋の橋体及 び鉄筋コンクリ ート床版 橋梁付属物下部 構造（水中、土 中は除く。）	①橋梁の概要（適用示方書、支 間、架設年、構造形式等） ②交通、環境条件 ③補修補強前の状況（劣化損傷 の主原因、程度、範囲等） ④選定理由 ⑤補修補強の工程、概要 ⑥効果確認の方法（計算法、載 荷試験方法等） ⑦問題点 ⑧費用 ⑨その他
補修補強事例 追跡調査	昭和62年度 （一部昭和 63年度）	上記のうちの代表 的なもの	同上	①補修補強後の交通、環境条件 ②再損傷の有無 ③損傷状況 ④問題点 ⑤その他

表－2.2.7.2 橋梁の補修補強工法に関する調査研究における調査対象
（昭和48年度建設省技術研究発表会道路部門指定課題）

対象範囲	対象物
各地方建設局、北海道開発庁で管 理している橋梁で補修のみでなく積 極的に耐荷力を増大させるような補 強目的を兼ね備えた事例	次のように上部構造のみ（ラーメン橋の脚柱を含む。）を対象物と して取りあげている。 ①コンクリート橋の橋体（RC橋およびPC橋における床版以外の 部材、たとえば主げた、横げた、アーチ部材等） ②鋼橋の橋体（RC床版以外の鋼部材、たとえば主げた、主げた、縦 げた、鋼床版、トラス、アーチ部材等） ③コンクリート床版（RC橋、PC橋および鋼橋のコンクリート床版 を対象とし、鋼床版は除く。）

3. 61 年度実施した調査研究

3.1 既設橋梁の供用年数に関する検討結果

既設橋梁の耐用年数に関する検討は、架替橋梁を対象に供用年数についての実態調査を実施し、その結果をとりまとめることにより行った。ここでは、実態調査の概要ならびにその結果について以下に述べるものとする。

3.1.1 供用年数についての実態調査の概要

(1) 調査目的

架替が実施された道路橋の架替理由、供用期間等を把握し、既設橋梁の供用年数及び供用年数を支配する因子を明らかにすることを目的とする。

(2) 調査対象橋梁

昭和 52 年 11 月以降、昭和 61 年 6 月までに架替を完了あるいは架替工事に着手した一般国道、主要地方道、一般都道府県道の橋梁の内、橋長が 15 m 以上でかつ架替に伴ない旧橋を廃橋扱いとした全ての橋梁を対象とする。

(3) 調査内容

調査対象橋梁について、主に以下に示す項目について調査する。

1) 旧橋の属性（架設年月、橋種、構造形式、適用示方書、立地条件等）

2) 架替理由

(4) 調査の作業分担

実態調査は、次のような作業分担で実施した。

1) 調査表の作成：建設省道路局及び土木研究所橋梁研究室

2) 調査表の記入：建設省各地方建設局、北海道開発局、沖縄総合事務局、都道府県、指定都市

3) 調査表の集計、分析：建設省道路局及び土木研究所橋梁研究室

3.1.2 実態調査結果

実態調査の対象となった橋梁は表—3.1.1 に示すように 1691 橋であった。

以下、これらの橋梁についての実態調査結果を、(1)架替理由、(2)供用年数の 2 項目についてとりまとめ、報告する。

(1) 架替理由

1) 架替理由の現況

昭和 52 年 11 月から昭和 61 年 6 月までに架替られた橋梁の架替理由を表—3.1.2 及び図—3.1.1 に示す。

これらの図表から理解されるように、架替理由を損傷による欠陥、耐荷力不足、耐震対策、機能上の問題、改良工事の 5 項目に大別してみると改良工事による架替が最も多く概ね全体の約

表-3.1.1 調査対象橋梁内訳

道路種別 \ 橋種	鋼	R C	P C	混合	その他	合計
一般国道 (指定区内)	49	53	24	10	0	136
〃 (指定区外)	61	179	34	9	26	272
主要地方道	115	360	35	10	29	549
一般都道府県道	165	366	65	14	124	734
合 計	390	958	143	37	163	1,691

調査対象 ; 昭和52年11月~61年6月に架替えられた橋梁で橋長15m以上

表-3.1.2 架替理由別橋数内訳 (昭和61年調査)

架 け 替 え 理 由			鋼橋	R C 橋	P C 橋	その他	合計
構 造 上 の 欠 陥	上 部 工	鋼 材 の 腐 食	35(9.0)			2(5.4)	37(2.2)
		コンクリート桁の亀裂剥離	1(0.3)	131(13.7)	3(2.1)	4(8.7)	139(8.2)
		同上(塩害による破損)		10(1.0)	3(2.1)		13(0.8)
		床 版 の 破 損	33(8.5)	27(2.8)	2(1.4)	12(11.5)	74(4.4)
		支 承 の 機 能 不 良		3(0.3)		1(0.6)	4(0.2)
		そ の 他		1(0.1)		12(7.4)	13(0.8)
		小 計	69(17.8)	172(17.9)	8(5.6)	31(23.6)	280(16.6)
	下 部 工	橋台橋脚の滑動沈下変位	4(1.0)	8(0.8)			12(0.7)
		橋台橋脚の亀裂等	4(1.0)	11(1.1)		2(5.4)	17(1.0)
		基礎工の洗掘等	3(0.8)	9(0.9)	2(1.4)	1(0.6)	15(0.9)
	小 計	11(2.8)	28(2.8)	2(1.4)	3(6.0)	44(2.6)	
耐荷力 不足	設 計 荷 重 不 足		31(7.9)	107(11.2)	6(4.2)	46(34.5)	190(11.2)
	自 動 車 荷 重 の 増 大		4(1.0)	9(0.9)	1(0.7)	4(2.5)	18(1.1)
	小 計		35(8.9)	116(12.1)	7(4.9)	50(47.0)	208(12.3)
耐震 対策	耐震性不良 (震前)		19(4.9)	13(1.4)		9(20.1)	41(2.4)
	震災復旧 (震後)		6(1.5)	5(0.5)		2(1.2)	13(0.8)
	小 計		25(6.4)	18(1.9)		11(21.3)	54(3.2)
機能上 の問題	幅員狭小 (すれ違い困難)		79(20.3)	165(17.2)	20(14.0)	23(24.5)	287(17.0)
	交 通 混 雑		1(0.3)	5(0.5)	2(1.4)	1(2.7)	9(0.5)
	支 間 不 足		3(0.8)	5(0.5)	4(2.8)	2(3.3)	14(0.8)
	桁 下 空 間 不 足			1(0.1)	1(0.7)	1(0.6)	3(0.2)
	小 計		82(21.4)	176(18.3)	27(16.9)	28(31.1)	313(18.5)
改良 工事	道 路 線 形 改 良		82(21.0)	230(24.0)	44(30.8)	28(30.8)	384(22.7)
	河 川 改 修		59(15.1)	170(17.7)	41(28.7)	11(8.8)	281(16.6)
	都 市 計 画		1(0.3)	10(1.0)	5(3.5)	1(2.7)	17(1.0)
	小 計		142(36.4)	410(42.7)	90(34.0)	40(42.3)	682(40.3)
災害	小 計		7(1.8)	30(3.1)	3(2.1)	5(7.2)	45(2.7)
そ の 他			18(3.7)	8(0.8)	5(3.5)	32(19.6)	63(3.7)
合 計			390(100)	958(100)	143(100)	200(100)	1691(100)

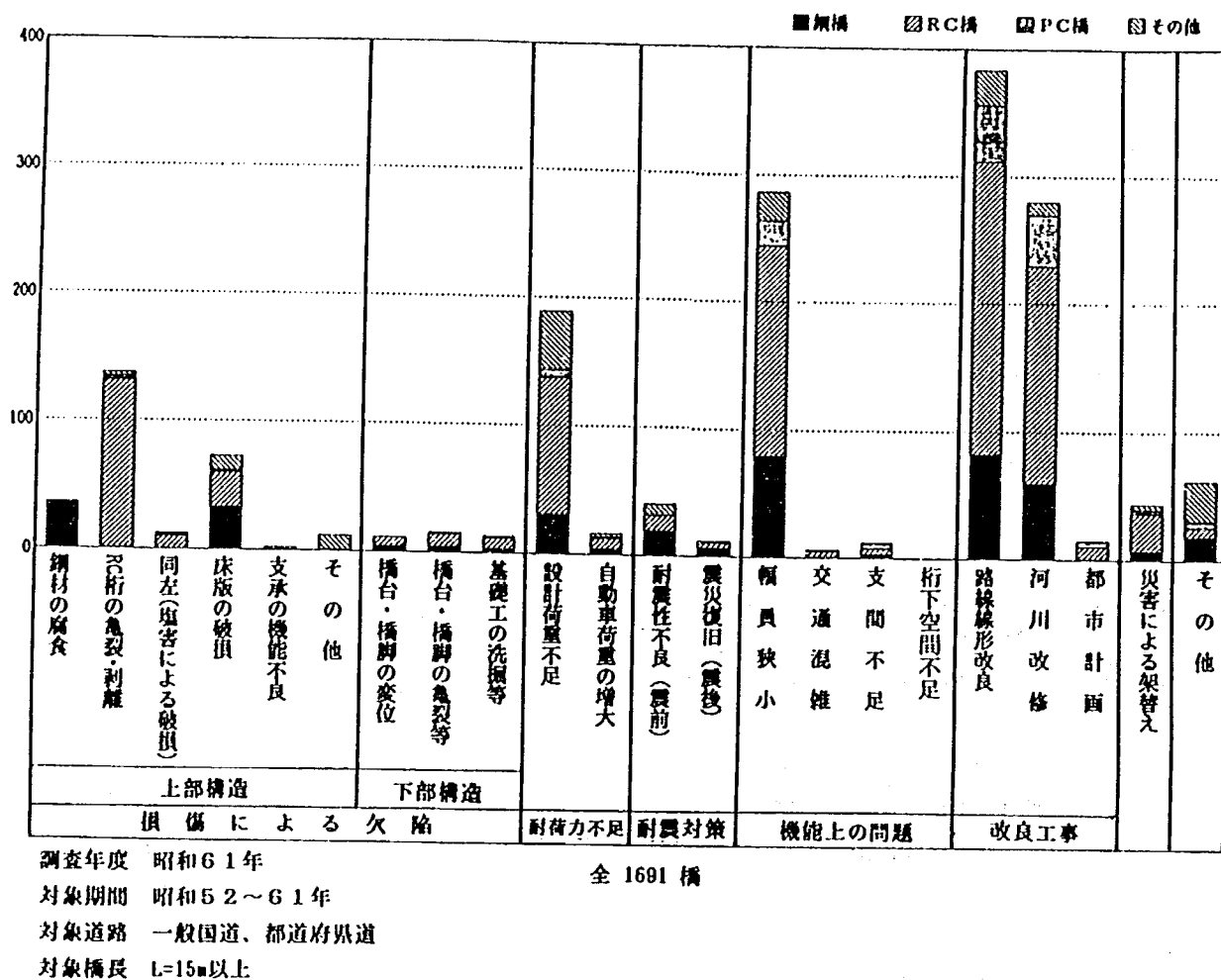


図-3.1.1 架替理由別橋数内訳

40%を占めている。これに次いで、損傷による欠陥のための架替ならびに機能上の問題による架替がそれぞれ20%弱となっており、以下、耐荷力不足、耐震対策、災害による架替の順になっている。

次に、大別された架替理由の内訳についてみると、改良工事においては、道路線形改良及び河川改修に伴う架替が大半を占めている。また、機能上の問題では、幅員狭小橋梁の架替が圧倒的に多い。損傷による欠陥により架替られた橋梁においては、上部構造の欠陥に起因する架替が下部構造によるものの6倍となっており、ほとんどが上部構造の欠陥による架替となっている。

なお、上部構造の欠陥の中では、コンクリート桁の亀裂・はく離による架替が鋼材の腐食に比べ多くなっているが、これは、架替られた橋梁に占めるRC橋の割合が鋼橋に比べかなり多いことによるものである。また、耐荷力不足による架替においては、設計荷重不足によるものが大部分を占めている。

2) 橋種別の架替理由

架替理由の構成を橋種別にみると、表-3.1.2、図-3.1.1に示すように鋼橋、RC橋については、大きな差はみられない。しかし、PC橋については、構造上の欠陥による架替の占める割合が他の橋種より小さくなっている。ただし、これは、PC橋が架設されるようになってから未だ35年程度経過していないため、橋齢の若い橋梁が多いことによるものと考えられる。

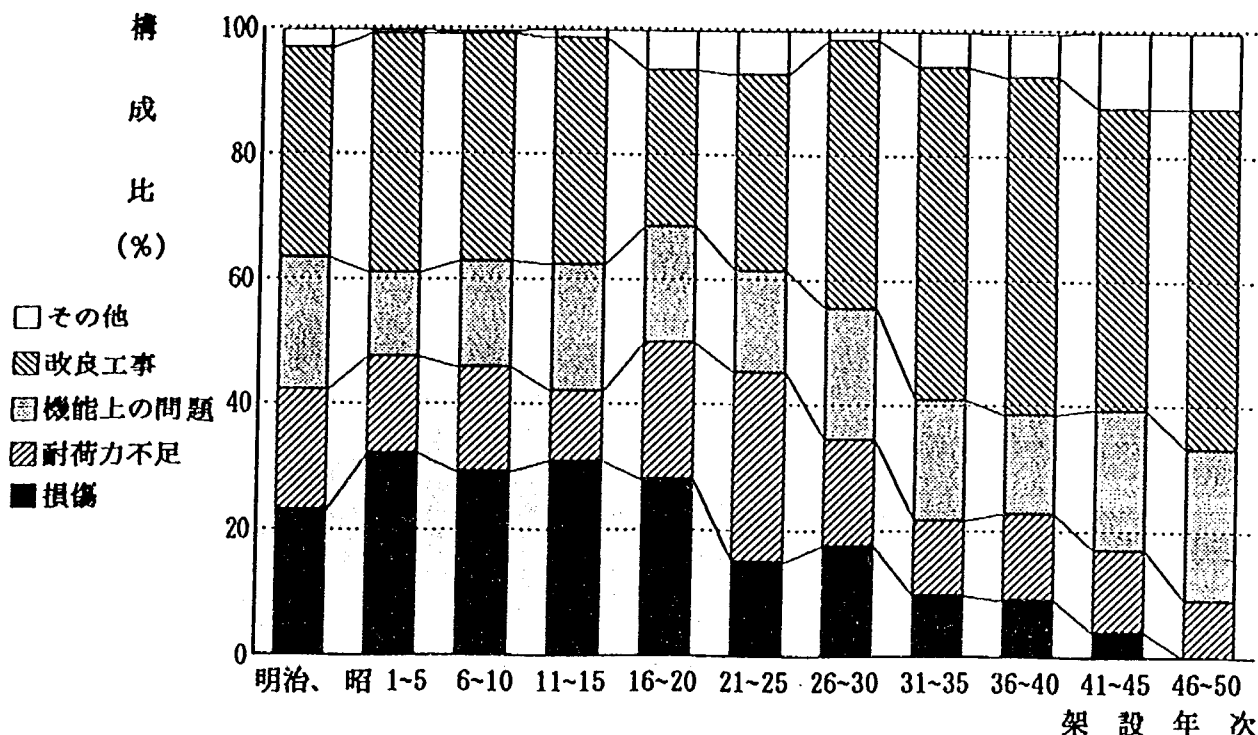


図-3.1.2 架設年次別架替理由構成比

3) 架設年次別の架替理由

旧橋の架設年次ごとの架替理由の構成比率を図-3.1.2 に示す。

まず、損傷による架替についてみると、昭和 46 年以降に架設された橋梁については損傷に起因するものはない。また、古く架設された橋梁ほど損傷による架替が多くなる傾向にあり、戦前に架設された橋においては、概ね 30% 弱が損傷により架替られている。

次に、耐荷力不足についてみると、損傷による架替と同様に、架設年次が早い橋梁ほど耐荷力不足による架替が多くなる傾向にあるが、現在の設計荷重に概ね移行した昭和 31 年度以降の橋についても約 10% 程度の橋が耐荷力不足を原因に架替られている。

また、機能上の問題による架替は、架設年次にかかわらずほぼ一定の比率となっているが、架設年次早い橋梁については、損傷あるいは耐荷力不足による架替橋梁が多いことを考えると、相対的に古い橋においては、機能上の問題、すなわち巾員狭少により架替られる橋梁が多いことが理解される。

改良工事による架替については、架設年次が早い橋梁においてその構成比率が小さくなっているが、これは他の理由が増えたことで相対的に減ったもので、架設年次とほぼ無関係と考えられる。

4) 架替理由の経年変化

架替理由については、過去、昭和 42 年及び昭和 52 年に同様な調査が実施されている。これらの調査結果は、図-3.1.3、図-3.1.4 に示すとおりであるが、対象とする橋梁及び架替理由の項目が本年度調査と異なっており、結果を直接比較することはできないと考えられる。したがって、ここでは、架替理由を表-3.1.3 に示す 6 項目について大別し、その構成比率による比較を行った。

調査年度 昭和42年
対象期間 昭和40～42年
対象道路 一般国道（指定区内）
対象橋長 L=10m以上

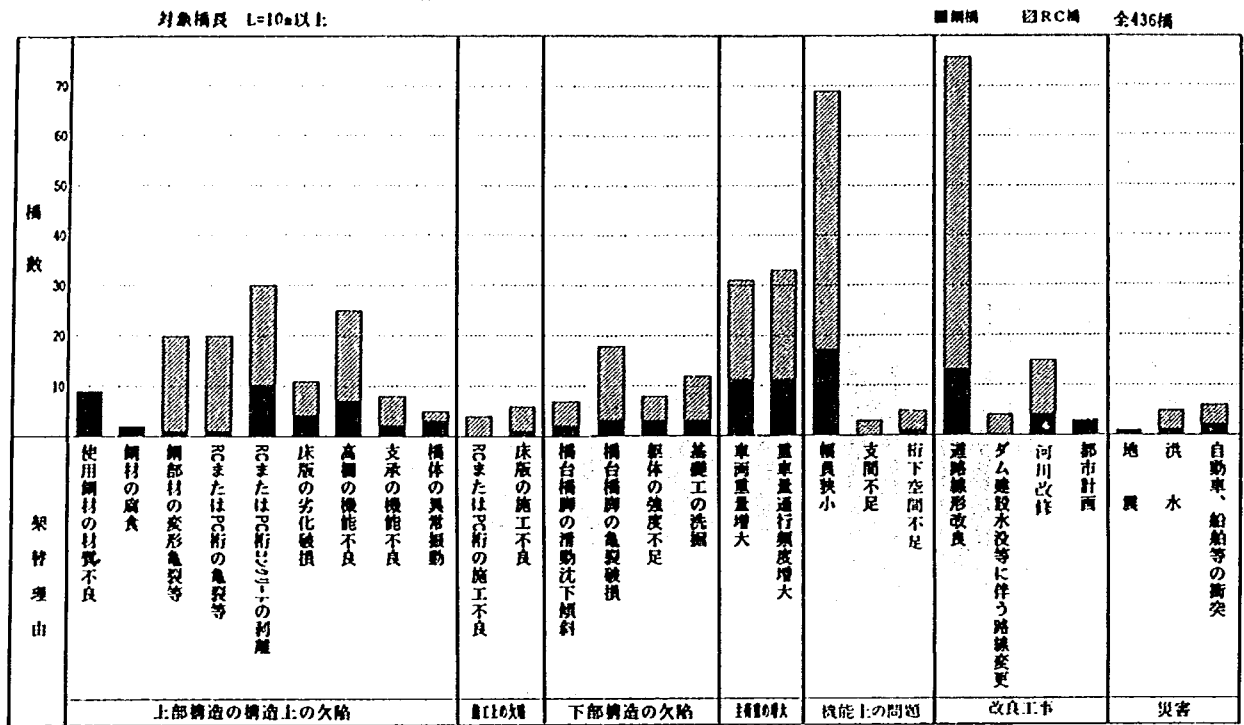


図-3.1.3 架替理由別橋数内訳

調査年度 昭和52年
対象期間 昭和42～52年
対象道路 一般国道、都道府県道

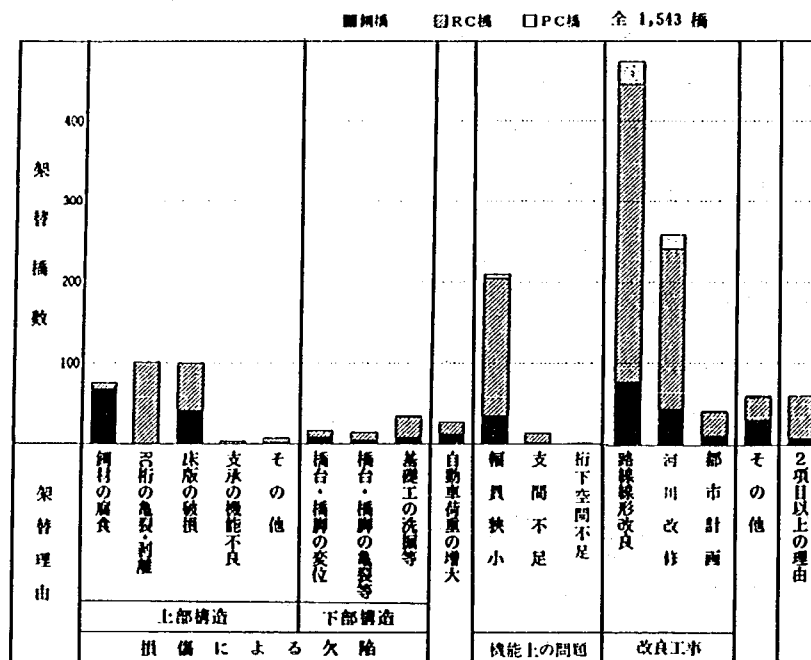


図-3.1.4 架替理由別橋数内訳

その結果、表-3.1.3から理解されるように、対象橋梁がほぼ等しい本調査と昭和52年度調査では、架替理由の構成比率が概ね一致しており、架替理由に大きな経年変化はみられない。ただし、改良工事による架替比率についてみると本調査では、昭和52年調査に比べ全体に占める割合が約10%低下している。このことは、急激なモータリゼーションに対応した線形改良に伴う橋

表-3.1.3 調査年次別架替理由構成比

(%)

理由 \ 調査年次	S.4 2	S.5 2	S.6 1
損傷による欠陥	40	24	19
耐 荷 力 不 足	15	2	12
耐 震 対 策	—	—	3
機 能 上 の 問 題	18	16	19
改 良 工 事	22	50	40
そ の 他	5	8	7
計	100	100	100

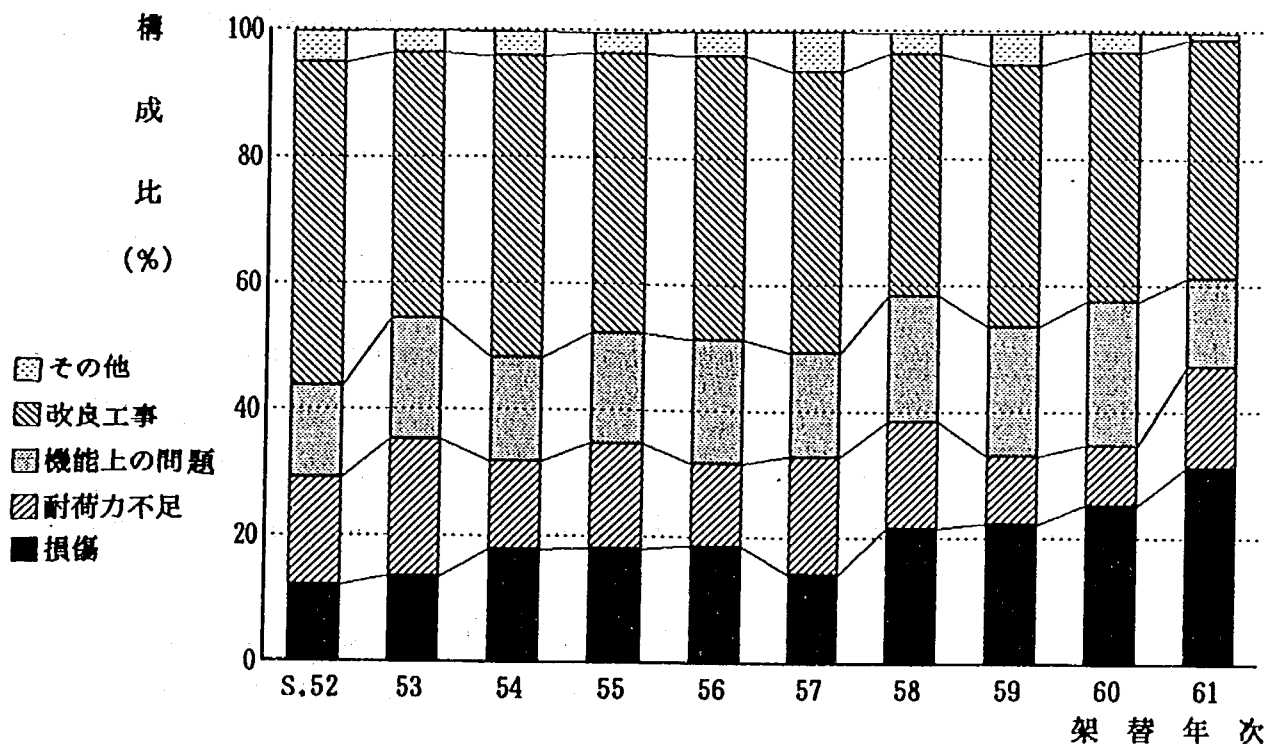


図-3.1.5 架替年次別架替理由構成比

梁の架替がある程度進展したことによるものと考えられる。なお、昭和52年の調査では、耐荷力不足による架替の比率が本調査に比べかなり小さくなっているが、これは、52年の調査の架替理由に設計荷重不足の項目がないため、表-3.1.3の耐荷力不足の項目に自動車荷重の増大のみが含まれることによるものである。

また、昭和42年度の調査結果はその後の調査結果と大きく異なるものとなっているが、これは、42年調査が一般国道指定区間内の架替橋梁を対象にして行なわれたことによるものであり、その後の調査結果と単純に比較することは無意味と考えられる。ただし、42年調査において、損傷による架替が、架替理由の中で高い比率を占めていることから考えると、42年以前においては、古い年代に架設された損傷の著しい橋梁の架替が中心に行なわれていたものと考えられる。

以上、本年度調査結果と過年度調査結果の対比により、架替理由の経年変化について把握したが、さらに経年変化を詳細に把握するために本年度調査結果について架設年次別の架替理由の構成比率をとりまとめた。結果を図—3.1.5 に示す。この図から過去 10 年間に於いては、損傷を原因とした架替が序々に増加する傾向にあることが理解される。

5) 架替理由からみた既設橋梁の供用年数

過去、概ね 20 年間に架替られた橋梁の架替理由からみるかぎり、既設橋梁の供用年数は、損傷などの構造要因よりはむしろ線形、巾員など道路の一部として橋梁に求められる機能要因に支配される傾向にある。しかし、これは、過去 20 年間にモータリゼーションの急激な進展の時期に合致し、線形あるいは巾員などの点から道路交通上のネックになることの多い橋梁が、構造的な寿命を待たずに架替られてきたことによるものであり、むしろ一時的なものであって将来にわたりあてはまる傾向とは考えられない。現に、過去 10 年間に於いては、損傷による架替の比率が序々に増加する傾向にあるが、現在までの線形改良、巾員狭少橋梁の解消事業の進展及びモータリゼーションの鈍化傾向を考えあわせると、今後の既設橋梁の供用年数は、機能的要因から損傷などの構造的要因に支配される傾向に推移するものと思われる。

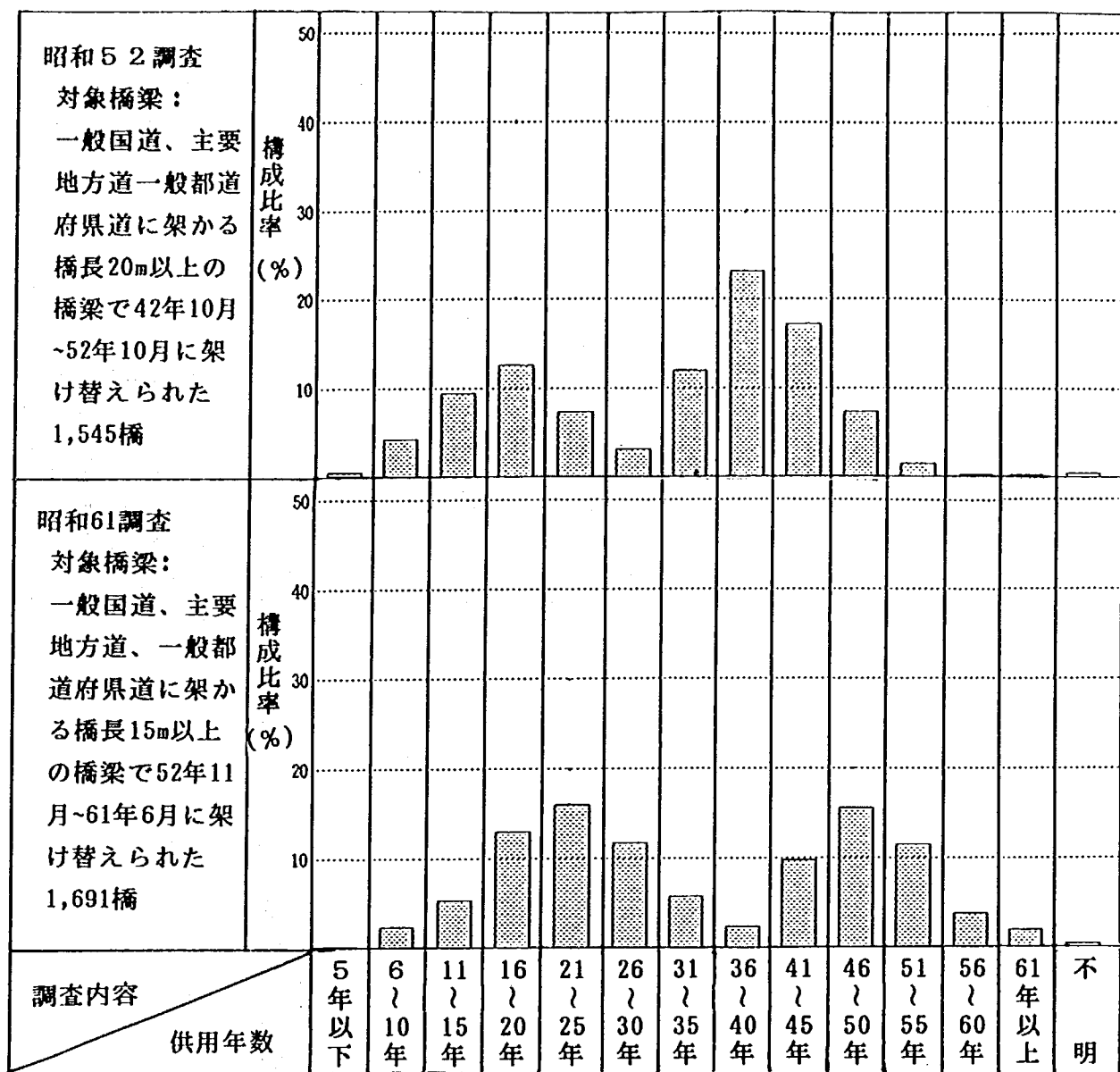
(2) 架替橋梁の供用年数

1) 架替橋梁の供用年数

昭和 52 年度及び 61 年度調査の対象となった架替橋梁の供用年数分布を図—3.1.6 及び表—3.1.4 に示す。

これらの図表から 52 年度調査の対象橋梁では、供用年数 16～20 年及び 36 年～40 年にピークがあり、61 年度の対象橋梁では、21 年～25 年及び 46 年～50 年にピークがあることが理解される。しかし、ここで得られた結果は、あくまでも架替られた橋梁の供用年数分布であって架替時点での残存橋梁ストックが供用年数分布に大きな影響を与えているため既設橋梁の供用年数を直接示すものではない。

ただし、間接的に既設橋梁の供用年数を推定することは可能である。すなわち、ここで架設年次が概ね昭和 15 年以前の橋梁、供用年数でみると 52 年調査で 36 年以上、61 年調査で 46 年以上の橋梁については、61 年調査結果では 52 年調査結果に比べその構成比率が減少しており、これとは逆に、概ね昭和 35 年以降に架設された橋梁、すなわち 52 年調査で供用年数 15 年以下、61 年調査で供用年数が 25 年以下の橋梁においては、その構成比率が増加していることがわかる。このことは、昭和 52 年から 60 年に架替られた橋梁で架設年次が昭和 15 年以前のものについては、平均的な供用年数を上廻って架替られ、架設年次が昭和 35 年以降のものについては平均的な供用年数を下廻って架替られたことを表わしているものと考えられる。したがって、両調査で架替比率がほぼ同様である概ね昭和 16～34 年の橋梁が平均的な供用年数で架替られたと考ええると、現時点における橋梁の平均的な供用年数は、概ね 35 年程度であると推定される。なお、供用年数分布で 52 年調査では供用年数が 26～30 年のところに、61 年調査では、供用年数が 36～40 年のところにくぼみが見られるが、これは、第二次世界大戦直後に架設された橋梁が極端に少ないことが表われたものである。



注1、構成比は、昭和52調査は1545橋に対する比率、昭和61調査は1691橋に対する比率を示す。

2、供用年数=架替年-架設年

図-3.1.6 架替橋梁の供用年数分布

次に橋種別の架替橋梁の供用年数分布をみると図-3.1.7, 3.1.8に示すように鋼橋、RC橋では、ともに供用年数20~25年及び50~55年のものが多いが、鋼橋では20~25年のピークが50~55年のピークを上廻り、RC橋では逆に50~55年のピークが上廻っており鋼橋、RC橋ではやや異なる傾向がみられる。しかし、鋼橋、RC橋の供用年数ごとの架替理由の構成比に大きな相違がないこと、及び架替時点において、戦前に架設されたRC橋の残存ストックがかなり多かったことを考えると、鋼橋、RC橋の供用年数に大きな差はないものと考えられる。

なお、PC橋においては、架替が開始されてからの期間が短いため供用年数の傾向を把握することは不可能と考えられる。

また、架替理由別の供用年数分布を表-3.1.5に示す。この表から架替理由別の平均供用年数を

表-3.1.4 橋種別供用年数内訳

橋種 供用年数	昭和52調査				昭和61調査				
	鋼橋	RC橋	PC橋	合計	鋼橋	RC橋	PC橋	その他	合計
5年以下	4 (1.1)	6 (0.5)		10 (0.6)	2 (0.5)	1 (0.1)		1 (0.5)	4 (0.2)
6~10年	19 (5.0)	37 (3.4)	11 (16.9)	67 (4.3)	22 (5.6)	5 (0.5)	6 (4.2)	7 (3.5)	40 (2.4)
11~15年	32 (8.5)	82 (7.4)	33 (50.8)	147 (9.5)	39 (10.0)	23 (2.4)	10 (7.0)	20 (10.0)	92 (5.4)
16~20年	53 (14.1)	122 (11.1)	19 (29.2)	194 (12.6)	72 (18.5)	66 (6.9)	48 (33.5)	34 (17.0)	220 (13.0)
21~25年	28 (7.4)	85 (7.7)	2 (3.1)	115 (7.4)	57 (14.6)	136 (14.2)	39 (27.3)	38 (19.0)	270 (16.0)
26~30年	13 (3.4)	36 (3.3)		49 (3.2)	50 (12.8)	108 (11.3)	20 (14.0)	21 (10.5)	199 (11.8)
31~35年	36 (9.6)	149 (13.5)		185 (12.0)	19 (4.9)	57 (5.9)	4 (2.8)	18 (9.0)	98 (5.8)
36~40年	74 (19.6)	283 (25.7)		357 (23.2)	7 (1.8)	26 (2.7)		7 (3.5)	40 (2.4)
41~45年	65 (17.2)	200 (18.1)		265 (17.2)	22 (5.6)	130 (13.6)		10 (5.0)	162 (9.6)
46~50年	40 (10.6)	75 (6.8)		115 (7.4)	34 (8.7)	212 (22.2)		14 (7.0)	260 (15.4)
51~55年	5 (1.3)	18 (1.6)		23 (1.5)	47 (12.1)	135 (14.1)		8 (4.0)	190 (11.2)
56~60年	4 (1.1)	1 (0.1)		5 (0.3)	14 (3.6)	45 (4.7)		4 (2.0)	63 (3.7)
61年以下	3 (0.8)	2 (0.2)		5 (0.3)	5 (1.3)	11 (1.1)		16 (8.0)	32 (1.9)
不明	1 (0.3)	7 (0.6)		8 (0.5)		3 (0.3)	16 (11.2)	2 (1.0)	21 (1.2)
合計	377 (100)	1103 (100)	65 (100)	1545 (100)	390 (100)	958 (100)	143 (100)	200 (100)	1691 (100)

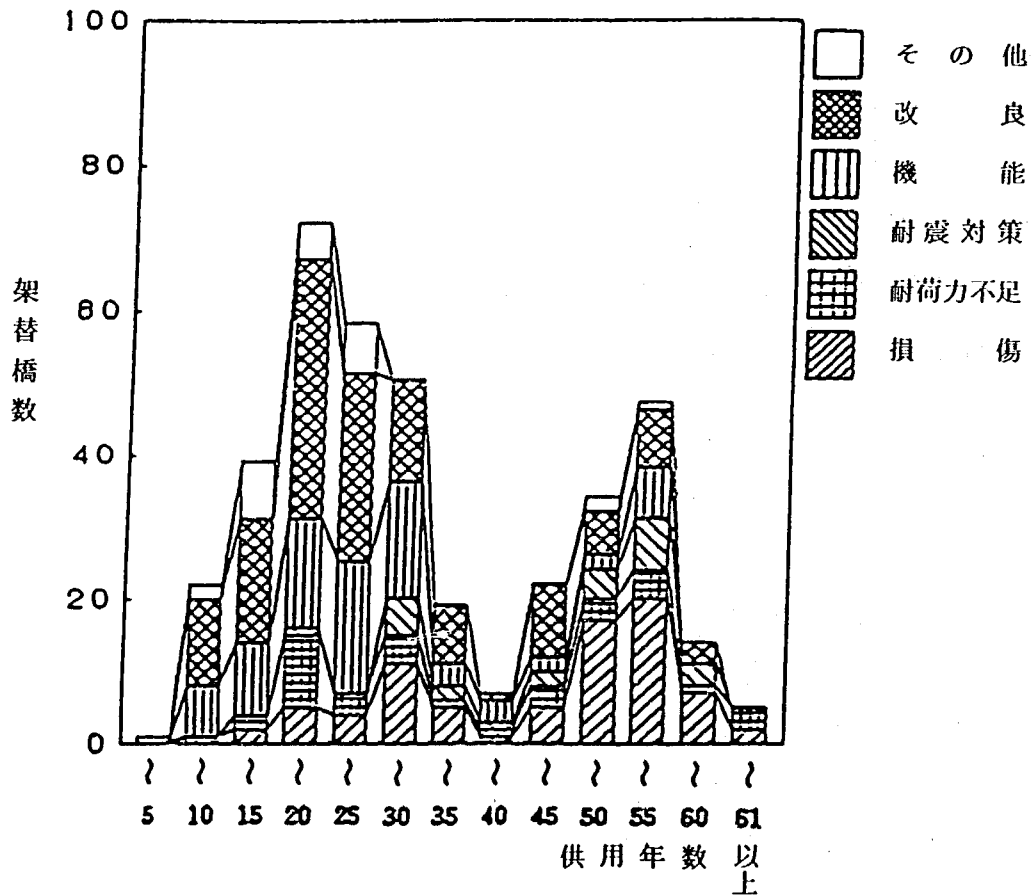
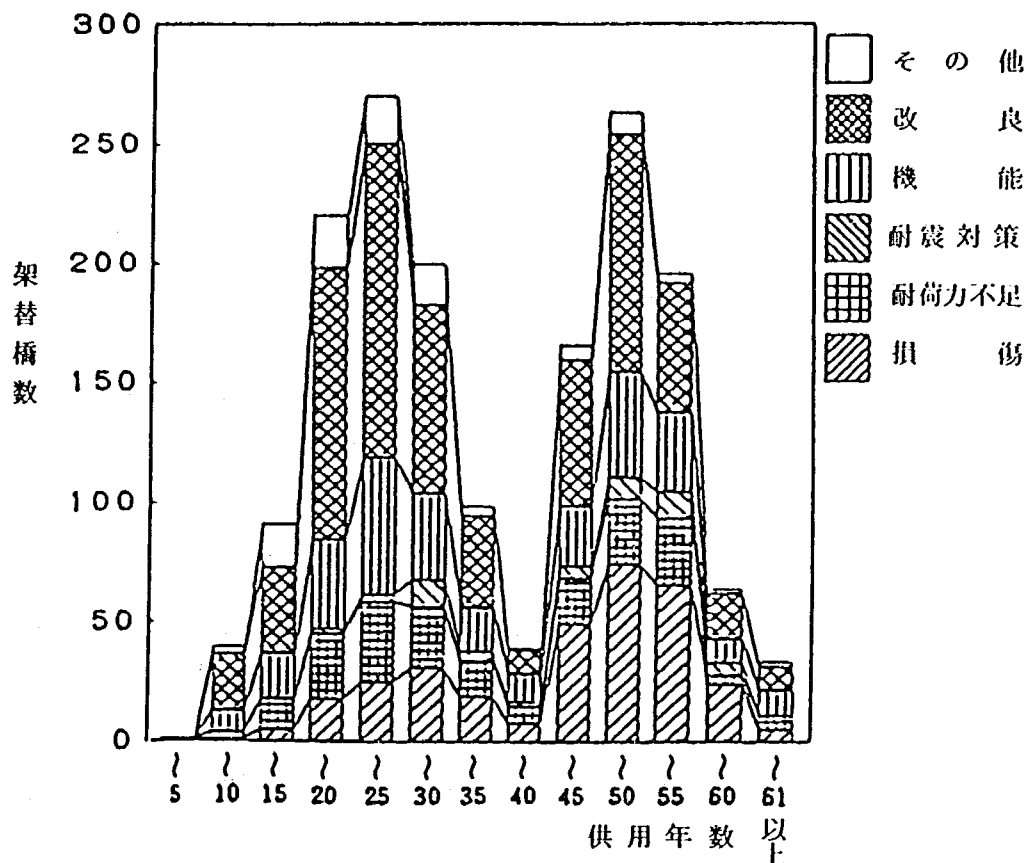


図-3.1.7 供用年数別架替橋数(鋼橋)



図－3.1.8 供用年数別架替橋数（RC橋）

みると、架替理由が損傷では約 42 年、機能（幅員狭少）では約 34 年、改良では 32 年となっている。したがって、この結果から過去 10 年間に架替られた橋梁においては平均的にみると損傷などによる構造的寿命を迎える約 10 年程度以前に拡巾、線形改良などに伴ない架替られていることが理解される。

表－3.1.5 架替理由別供用年数内訳

供用年数 架替理由	1～5	6～10	11～15	16～20	21～25	26～30	31～35	36～40	41～45	46～50	51～55	56～60	61以上	合計	平均
損 傷	0	1	5	18	25	31	19	8	49	74	65	24	5	324	41.9
耐荷力不足	1	3	13	27	33	25	15	7	19	27	28	4	6	208	34.1
耐震対策	0	0	1	2	3	11	4	2	5	9	11	5	0	53	40.6
不 能	0	9	19	37	57	36	18	12	25	44	33	10	11	311	33.9
改 良	0	24	36	114	132	79	38	10	61	100	54	19	10	677	31.9
そ の 他	1	3	18	22	20	17	4	1	6	9	4	2	2	109	26.6
合 計	2	40	92	220	270	199	98	40	165	263	195	64	34	1682	34.4

供用年数の不明な橋梁があるため、表中の合計橋梁数は調査対象橋数 1691 橋と相違している。

2) 架替橋梁の供用年数からみた既設橋梁の供用年数

既設橋梁の供用年数を把握することは、将来の橋梁架替計画を立案する上で非常に重要である。過去 20 年間に架替られた橋梁の供用年数分布から考えると既設橋梁の供用年数は、概ね 35 年程

度と推定される。しかし、供用年数は、単に構造的な寿命で決まるのではなく、ある時点で道路交通上要求される機能を既設橋梁ストックが満足できるか否かにより左右されるものであり、不変のものではない。このことは、架設年次ごとに架替理由の構成比率が異なっていることから理解される。したがって、既設橋梁の供用年数を将来にわたり明確に推し量ることは困難である。ただし、(1)の 4) および 5) で述べたように今後とも線形改良に伴う架替及び幅員狭少橋梁の架替が推進されるとともに急激な道路交通情勢の変化がないとすれば、序々に構造的要因による架替が増加し、それに伴い供用年数は延びてくると考えられる。また、架替理由がこのように推移するとすれば、損傷を早期に発見し適切な補修補強を行うことが、既設橋梁の供用年数の延伸によって今後益々重要になると言い得よう。

3.1.3 ま と め

ここでは、架替橋梁の供用年数等についての実態調査結果を架替理由、供用年数の、2 項目からとりまとめ既設橋梁の供用年数について検討した。その結果、過去 20 年間においては既設橋梁の供用年数は、損傷などの構造的要因よりも線形、巾員などの道路の一部として橋梁に求められる機能的要因に支配されていることが把握された。しかし、架替理由の経年変化や現在における橋梁ストックの架設年次分布を考えると、構造的要因が今後序々に既設橋梁の供用年数に与える影響を強めていくことが予想され、将来においては、構造面での寿命（耐用年数）を伸すことが既設橋梁の供用年数の延伸に大きな役割を果たすものと思われる。したがって、今後、構造物の耐久性を高めていくことが従来にも増して強く求められていくものと考えられる。このような傾向を考えると、現在においては、将来を見越し適切な橋梁の維持管理を推進していく必要がありそれを実施するための方法論及び架替の要否を適切に評価できる手法を確立する必要があると思われる。

3.2 点検要領の検討に関する中間報告

技術管理業務連絡会橋梁部会点検要領分科会においては、現在までに、点検要領の具体的内容の検討に先立ち、点検要領の現状、点検実態、現行点検への要望等の把握を行うとともに点検要領全地建統一案の作成に際し必要となる検討事項のとりまとめを行っている。ここでは、その概要について報告する。

3.2.1 点検要領の現状と問題点

現在、橋梁点検は、各地建ごとに個別に定めた点検要領に従い実施されており、点検要領全地建統一案（以下統一案と呼ぶ）の検討に際しては、これらの内容及び問題点について把握する必要がある。ここでは、各地方建設局、北海道開発局（以下、地建に含める）、日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団の点検要領の比較検討から把握された現状と問題点について以下に述べる。

(1) 現 状

点検要領の現状について、その構成内容、点検業務の流れ図と判定標準、対象構造物と頻度についてとりまとめ以下に示す。

1) 点検要領の構成内容

各機関別の点検要領の構成内容を表—3.2.1 に示す。この表から、各地建の点検要領について次の点が把握される。

- ① 適用範囲が全地建で規定されていない。
- ② 点検の目的が規定されていない地建もある。
- ③ 定期点検は全地建で規定されているが、日常または臨時点検については4地建のみで規定されている。
- ④ 事前調査、作業員の構成及び資格などの点検体制について規定している地建は少ない。とりわけ、点検業務の流れ図が全地建で規定されていない。
- ⑤ 点検項目は、概ね網羅的に規定されているが、それに対応する判定基準は、必ずしも全項目に規定されていない。
- ⑥ 点検方法については、点検車及び目視による点検が概ね全地建で規定されており、叩き、材料、寸法検査も約半数の地建で規定されている。
- ⑦ 点検記録は、全地建で検査表と写真の形で記録されている。また、北陸地建においては、点検記録のデータベース化が実施されている他、ビデオ記録を採用している地建もある。

2) 点検業務の流れ図と判定標準

図—3.2.1、表—3.2.2 で示す道路公団の例で理解されるように、3公団においては、いずれも判定標準と一対となった点検業務の流れ図が規定されており、橋梁維持修繕業務の中での点検の位置付けが明確になされているが、各地建においては、判定標準のみが規定され、点検業務の流れ図は規定されていない。また、各地建の判定標準についてみると、表—3.2.3 に示すよう

表-3.2.1 点検要領の構成内容(その1)

●: 判定基準のあるもの

○: 項目がある △: 不十分ながら項目がある -: ないまたは不明

	東 地	北 地	北 地	陸 地	東 地	中 地	部 地	近 地	鉄 地	中 地	国 地	四 地	国 地	九 地	州 地	北 海 道 開 発 局	神 戸 事 務 所	神 戸 事 務 所	合 資 公 司	高 速 公 路	高 速 公 路	高 速 公 路	日 本 道 路 公 団	日 本 道 路 公 団	本 国 有 鉄 道
1. 適 用	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○
2. 目 的	○	-	○	-	-	-	-	-	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○
3. 点検の種類																									
日 常 点 検	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	○	○	○	○	○	-
定 期 点 検 (一次, 概略)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	○	○	○	○	○
臨 時 点 検 (二次, 詳細)	○	-	-	-	○	床 版 △	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	○	○	○	○	○	○
4. 点検の実施の体制等																									
(1) 事 前 調 査	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(2) 従事者の構成	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	日 常 △	-	-	-
(3) 従事者の資格	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
(4) 点検業務の流れ図	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○
(5) 使 用 器 具	-	-	○	○	○	○	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	○	○	○	○	-
(6) 安 全 管 理	○	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. 点 検 項 目																									
鋼 部 材	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	●	●	●	●	●	●	●
コンクリート部材	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	●	●	●	●	●	●	●
床 版	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	●	●	●	●	●	○	○
支 承	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	●	●	●	●	●	○	○
基 礎	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	●	○	○	○	●	●
塗 装	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●
伸 縮 継 手	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	●	●	●	●	●	-	-
舗 装	○	-	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	●	○	○	○	○	-	-

表-3.1.2 点検要領の構成内容(その2)

●:判定基準のあるもの

○:項目がある △:不十分ながら項目がある -:ないまたは不明

	東北 地建	北 地建	陸 地建	関 東 地建	中 部 地建	近 畿 地建	中 国 地建	四 国 地建	九 州 地建	北海 道 開 発 局	沖 縄 事 務 所	地 方 道 路 公 団	首都 高 速 道 路 公 団	阪 神 高 速 道 路 公 団	日 本 道 路 公 団	本 国 有 鉄 道
高欄，地覆	○	—	●	○	○	○	○	○	○	○	—	●	○	●	—	
排水工	○	—	●	○	○	○	○	○	○	—	—	●	○	●	—	
点検路	—	●	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	
非常口	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	○	—	—	
その他	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	—	●	●	●	○	
6.点検方法 (定期点検)																
特殊点検車	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	
目視検査	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	
叩き検査	—	—	○	○	○	—	○	○	○	—	—	○	○	○	○	
材料検査	—	—	○	△	○	—	○	—	—	—	—	○	○	○	○	
寸法検査	—	—	○	—	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	
7.判定標準	床版 △	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	
8.判定基準																
橋梁別	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	線路 △	
部材別	線路 △	○	○	線路 △	線路 △	—	○	—	○	—	—	○	○	○	○	
9.記録																
検査表，写真	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	
ビデオ	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10.データベース化	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	作業中 △	

表－3.2.3 地方建設局における判定標準の比較

北陸地方建設局	中部地方建設局	関東地方建設局
1. 損傷なし。 2. 正常範囲内の変状。または局部的に美観を損う程度の損傷。 3. 当面放置しても問題はないが、観察が必要。耐久性を増大させるためには、補修、補強を行う方がよい。 4. できるだけ早期に対策を講じた方がよい。 5. 放置すると近い将来危険な状態になることが予想されるので、直ちに対策を講ずる必要がある。	A. 橋梁の安全性に影響のないと思われるもの。 B. 追跡調査が必要であると思われるもの。 C. 補修対策が必要であると思われるもの。 D. 補強対策が必要であると思われるもの。	A. 変状なし。 B. 軽微な変状はあるが、安全性に影響のない程度。 C. 変状が著しく、安全性を低下せしめるもの。
A. 異状なく、健全であるもの。 B. 若干の異状が認められるので、追跡調査が必要と判断されるもの。 C. 補修対策が必要と判断されるもの。 D. 早急に補強対策が必要と判断されるもの。	1) 要 修 理 欠陥の程度が大きく通行不可能が予想されるもので緊急に修理を要するもの。 ○床版に陥没を生じるか、穴があく。 2) 要 補 修 構造物として安全率が低下しているもの、欠陥が進行性のもの、環境を阻害しているもので早急に補修を要するもの。 ○コンクリートが欠けたり汚水が出たり、剝離が始まる。 3) 要 検 査 現在機能的には何等影響がないもので供用しながら状態を動態調査により観察するもの。 ○クラックの中に水が浸透し、遊離石灰が見られる。 4) 要追跡調査 欠陥はあるが特に対策を講じる必要がないもの、その原因補強方法が見出されぬもので次回の巡回定期点検で重点管理するもの。 ○橋軸方向にもクラックが発生亀甲状となる。 ○橋軸直角方向（主鉄筋方向）にクラックが発生する。 5) 良 好 何等欠陥がなく健全なもの。 但し、○印はコンクリート構造物を示す。	A. 早急に処置又は詳細な再調査を必要とするもの。 B. 異状が認められ、今後継続的な点検を必要とするもの。 C. 異常は認められるが現状で安定しており、構造上支障のないもの。 D. 異常の認められないもの。

に、その内容及びランク付けはまちまちである。

3) 対象構造物と頻度

地建において点検の頻度を規定しているのは、東北地建と北海道開発局のみであり、両地建においては、年1/回と規定している。ただし、いずれにおいても対象構造物と頻度との関係は明示されていない。一方、3公団においては、点検種別ごとに対象構造物及び頻度が規定されている。なお、参考までに首都高速道路公団の例を表－3.2.4 に示す。

(2) 問 題 点

点検要領の現状から現行の地建における点検要領の問題点をとりまとめると次のとおりとなる。

- 1) 各地建において点検体制、判定標準などがまちまちであり、点検結果の全国的な比較が不可能であり、有効利用が図りにくい。
- 2) 点検種別ごとの頻度及び対象構造物が明示されておらず、各構造物の健全度を定期的に、また望ましい頻度で把握できない。
- 3) 点検業務の流れ図が示されていないため維持修繕業務の中での点検の位置付けが不明確となり、点検結果の利用方法がやや曖昧になっている。

表－3.2.4 首都高速道路公団の点検対象構造物と頻度

構造物 点検の種類		コンクリート				鋼			舗装	伸縮縫手	高架欄	コンクリート版	支承	塗装	非常口	付属構造物						頻度
		桁	床版	橋脚	橋トネル	鋼床版	鋼脚	H・Tボルト								排水施設	桁止落防置	防音壁ス	フエン	遮光防止板	標識	
日常点検	高架上 (昼間)	高架上を上からの目視および車上感覚により点検																			1回/日	
	〃 (夜間)	高架上を車上から主として照明設備、標識灯・誘導灯などの点検																			1回/週	
	高架下 (昼間)	高架下を車上から目視により点検																			1回/週	
定期点検	高架下の徒歩による点検	○	○	○	○	○	○	○		△	外側△	○	△	外面○	△	△	△	△	△	△	1回/年	
	工事用足場上からの点検			上面△		○	○	○		下側△	木切部△	○	○	橋桁内○		桁上△	○				区場設置時	
	橋脚および梁上の点検	端部△	端部△	○		端部△	○	端部△		△		端部△	○	端部△		端部△	○				1回/年	
	コンクリート橋桁内の点検	内部○																			1回/5～7年	
	コンクリート動態点検	○	○	○	○																2回/年	
	コンクリート桁の写真点検	○	○																			1回/5～7年
	H・Tボルトの点検							○														1回/10年
	舗装の写真点検								○													1回/1～2年
	舗装の細部点検								○	橋面△												必要に応じて
	伸縮縫手の移動面の点検									移動面△												2回/年
	伸縮縫手の棚部の点検									○												必要に応じて
	高架の写真点検										内側○							内側○	内側○	△		1回/5年
	床版の写真点検	目視△	目視△	目視△		目視△	目視△	目視△		目視△	目視△	○	目視△									1回/5～7年
	床版の細部点検											○										1回/5～7年
非常口の点検														○							12回/年	
付属構造物の点検										△					○	○	○	○	○		1回/5年	

○：ほぼ全体が点検できる。

△：一部が点検できる。

- 4) 点検項目によっては判定基準が規定されていない場合も多く、かなりの点検が個人の主観的判断に委ねられており、点検結果の客観的な比較が困難である。

3.2.2 点検実態

統一案の内容の検討にあたっては、点検実態を十分に踏まえる必要があると考えられ、その目的も含め3.2.2で点検要領の現状把握を行った。しかし、現行の各地建における点検要領においては、点検頻度や実施体制が必ずしも明示されていない場合も多く、点検要領から点検の実態を把握することは困難であ

表－3.2.5 アンケート対象機関

地 建 名	本 局	技術事務所	事務所
東 北 地 建			12
関 東 地 建		1	10
北 陸 地 建		1	5
中 部 地 建		1	10
近 畿 地 建		1	11
中 国 地 建			9
四 国 地 建		1	6
九 州 地 建		1	10
北海道開発局	1		10
沖縄総合事務所			2
小 計	1	6	85
合 計	92		

表-3.2.6 点 検 対 象 橋 梁

	日常点検			定期点検		
	0	50	(%)100	0	50	(%)100
全 橋 梁						
全橋梁の数十パーセント	(1.1)			(4.4)		
パトロール中に目視できる範囲	(6.7)					
ある規定の橋長のもの	(6.7)			(29.0)		
重 要 橋 梁				(2.2)		
損傷、老朽かの著しい橋梁	(4.4)			(2.2)		
補修、塗装対策橋梁				(1.1)		
点検車でなくては点検できない橋梁				(4.4)		
年間計画による				(2.2)		
規制区間内橋梁						
日常、定期点検異常橋梁				(6.7)		
地震、台風、大雨時						
異常時発生の都度	(1.1)					
管理者及び専門家による指定橋						
特 に 無 し				(1.1)		
そ の 他				(5.6)		
無 回 答	(23.3)			(7.8)		

る。そこで、各地建の表-3.2.5 に示す機関を対象に橋梁点検実態調査を行い、その実態を把握することとした。以下に結果を示す。

(1) 対 象 橋 梁

表-3.2.6 に示すように、定期点検は、全橋梁あるいは一定の橋長以上の橋梁を対象に実施している機関が60%強であるが、損傷の著しい橋梁、重要な橋梁等、特定の橋梁を対象に実施している機関もある。また、日常点検は、全橋梁を対象に実施されている場合が多く、パトロール中に目視が可能な橋梁について行われている場合もある。

(2) 実 施 頻 度

表-3.2.7 に示すように、定期点検は、1回/年実施している機関が60%強と最も多い。また、日常点検では、毎日という機関が55%弱と過半を占めている。ただし、ここでの頻度は、あくまでも点検の実施頻度であり1橋当りの点検頻度を示すものではない。

(3) 点検従事者

表-3.2.8 に示すように、定期点検は、職員が実施している機関が約半数、業務委託によりコン

表-3.2.7 点 検 実 施 頻 度

	日常点検			定期点検		
	0	50	(%) 100	0	50	(%) 100
毎 日			(54.4)			
0.5～ 1.0 回/月			(4.3)			
2 ～10 "			(13.0)			
11 ～20 "			(7.6)			
0.1～ 0.5 回/年						(8.7)
0.6～ 0.9 "						(1.1)
1 "						(60.8)
1.5 "			(1.1)			(2.2)
2 "			(1.1)			(10.9)
3 " 以上						(8.7)
必要に応じて						(1.1)
な し						(1.1)
無 回 答			(13.5)			(5.4)

表-3.2.8 点 検 従 事 者

	日常点検			定期点検		
	0	50	(%) 100	0	50	(%) 100
職 員			(72.0)			(50.5)
技術事務所						(2.1)
協会職員			(5.4)			(16.8)
コサルタント						(15.9)
測量技師、技師補						(8.4)
そ の 他			(3.2)			
無 回 答			(19.4)			(6.3)

サルタンツ等で実施されている場合が40%強である。また、日常点検は、大部分の機関で職員が実施している。

(4) 従事者数

表一3.2.9に示すように、定期点検における従事者数は、機関によりかなりばらついているが概ね施設を用いる場合は2～6人程度、施設を用いていない場合では2～4人程度である。また、日常点検は、1～2人で実施している機関が大半である。

(5) 費用

表一3.2.10に示すように、費用については、回答が少なくはっきりとした傾向は把握できないが、定期点検においては機関によりかなりのばらつきがある。このことは、従事者がばらついていたことと考え合わせると、機関により点検内容にかなりの差があることを表わしているものと考えられる。

(6) 年間の点検橋梁数

表一3.2.11に各機関の管理橋梁数に対する年間点検橋梁数の割合を示す。この表から定期点検についてみると管理橋梁の90～100%について、すなわち全橋に対し1回/年の頻度で点検を実施している機関が25%と最も多くなっているが、管理橋梁の10.1～20(%)と回答した機関が次に多く、機関によりまちまちとなっている。このことは、点検実施機関により定期点検の頻度が大きく相違していることを示すものであり、橋梁の管理水準が機関により異なっているという問題を提起するものである。そして、この問題は、点検要領に具体的な点検頻度が示されていないことに主因があると考えられる。

(7) 点検の装置、施設

表一3.2.12に示すように、定期点検では、点検車を用いるかあるいは足場を架設して実施している機関が多い。また、日常点検では、パトロールカーによると回答した機関が多く、道路巡廻の一貫として橋梁の日常点検を実施している機関もかなりあるものと考えられる。

(8) まとめ

以上、点検実態について示したが、点検実施機関により、点検の頻度、実施体制などが大きく相違していることが把握された。このことは、機関により管理水準が大きく異なることを意味しており、既設橋梁全体の適切な維持管理並びに耐用性の向上の観点から考えると一つの改善すべき問題ととらえられる。したがって、統一案の作成に際しては、点検頻度及び実施体制を十分検討し、できる限り明示する必要があると考えられる。

3.2.3 現行点検への要望

点検要領の統一化にあたっては、現行点検に対する要望を要領の中に十分反映していくことが必要と考えられる。ここでは、橋梁点検実態調査結果から現行点検に対する要望として把握された事項についてとりまとめて以下に示す。

(1) 点検頻度

点検頻度については、現在よりも増すべきであるという要望が比較的多くなされており、具体

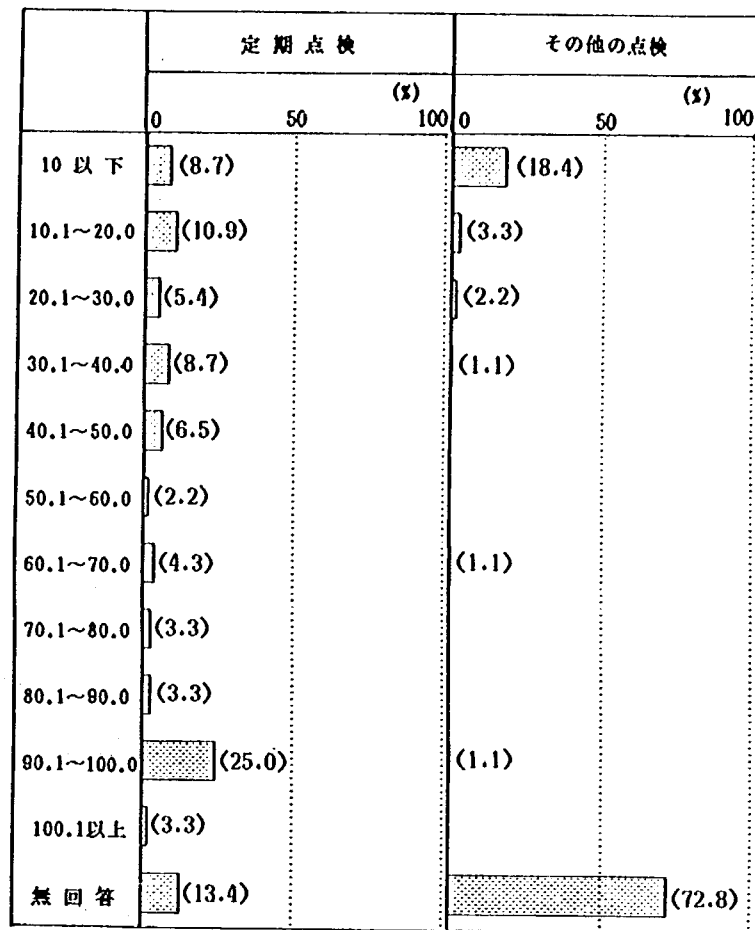
表-3.2.9 点検従事者数

	日常点検	定期点検					
		簡単な場合			施設を用いた場合		
		0	50	(%) 100	0	50	(%) 100
1 (人)			(48.9)		(5.4)		(1.1)
2			(29.3)		(35.8)		(9.8)
3		(1.1)			(18.5)		(9.8)
4					(9.8)		(4.3)
5					(3.3)		(4.3)
6					(1.1)		(4.3)
7					(1.1)		(2.2)
8							(1.1)
9							(1.1)
10					(1.1)		
11以上							
無回答			(20.7)		(23.9)		(62.0)

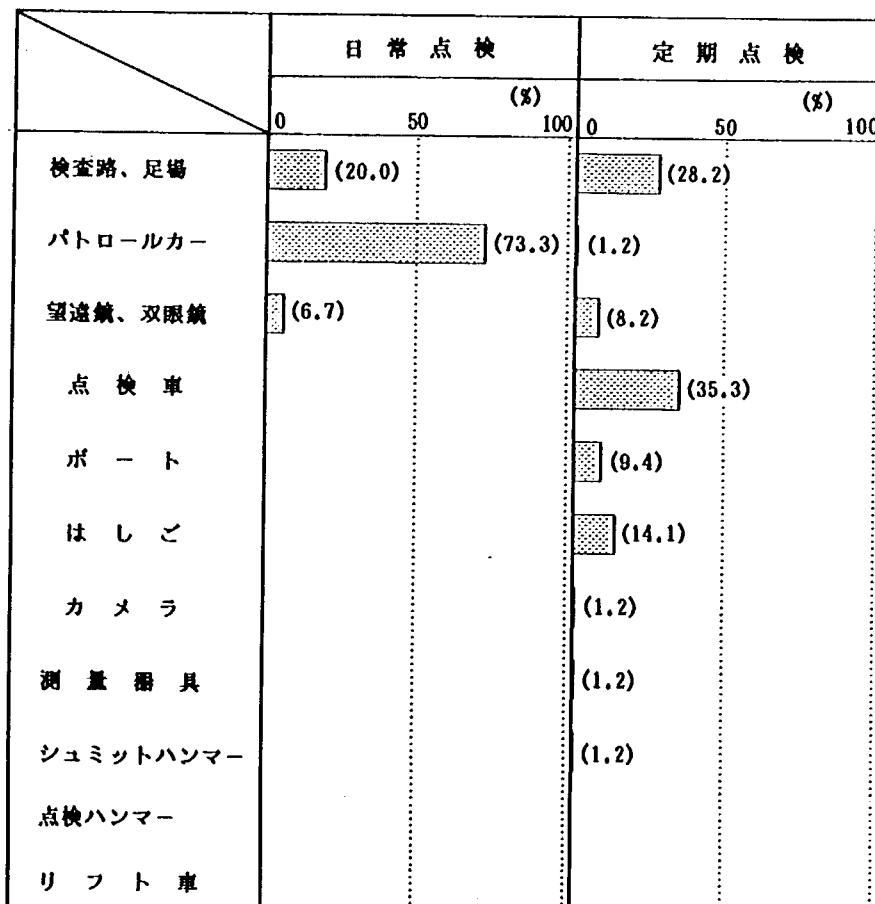
表-3.2.10 点検費用

	日常点検	定期点検						異常時点検		
		簡単な場合			施設を用いた場合					
		0	50	(\$) 100	0	50	(\$) 100	0	50	(\$) 100
0 ~ (万円) 2.0			(6.5)		(6.5)		(3.3)		(2.3)	
2.1 ~ 4.0					(5.4)		(4.3)		(1.1)	
4.1 ~ 6.0					(3.3)		(2.2)			
6.1 ~ 8.0					(3.3)		(3.3)			
8.1 ~ 10.0							(1.1)			
10.1 ~ 20.0							(1.1)		(1.1)	
20.1 ~ 40.0							(4.3)			
40.1 ~ 60.0							(1.1)			
60.1 ~ 80.0									(1.1)	
80.1 ~ 100.0										
100以上									(1.1)	
無回答			(93.5)		(81.5)		(79.3)		(93.3)	

表－3.2.11 管理橋梁数に対する1年間の点検橋梁数の割合



表－3.2.12 点検装置，施設



的に要望された頻度をみると、全橋 1 回/年～1 回/3～4 年と幅広いものとなっている。

(2) 従事者数

従事者数については、少なすぎるという意見が比較的強く、具体的には 3～9 人程度とすべきであるとの要望がなされている。これは、点検実態として把握された 2～4 人/定期点検 1 回をかなり上廻るものである。このほか、専門職員 2 名で実施との要望もある。

(3) 従事者の資格、経験

従事者の資格、経験については、現行の点検要領中に規定されていないため改善すべきとの要望がかなり多くなされている。具体的には、

- i) 点検要領に従事者の資格、経験規定を明示する。
- ii) 専門技術者を配置する。
- iii) 研修会、講習会を実施し従事者の教育を徹底する。

との要望がなされており、いずれも点検従事者の技術力の向上を求める内容となっている。

(4) 点検機械、器具及び設備

点検機械、器具及び設備については、以下に示すように、点検に必要な設備の配置及び省力化、点検精度向上を目指した機械、器具の開発、導入に係る要望が主になされている。

- i) 検査路、はしご、安全ロープ、点検用ボートの設置。
- ii) 点検ロボットの開発。
- iii) 点検車両の設備の充実（清掃装置、照明装置、テレビモニター装置等の設備、及びトラス橋への適用可能車両の開発。）
- iv) 点検車両の増車
- v) 亀裂、割れ等の自動測定装置、鉄筋かぶり探知機、塗膜劣化度測定装置等の開発、導入。

(5) 点検方法

点検方法については、現行点検方法の改善及び新たな点検方法の導入に係る要望がなされている。要望項目を以下に示す。

i) 上部工本体

- ① 塗膜劣化度の測定方法の確立、導入。
- ② 変位、変形、亀裂、ワレ等の測定方法の省力化。
- ③ 中性化試験の導入（PC、RC 橋）

ii) 床版、下部工躯体

- ① クラック測定方法の省力化。
- ② 鉄筋かぶり測定方法の確立、導入。
- ③ コンクリート劣化度測定方法の確立、導入。

iii) 下部工基礎

- ① 洗掘測定方法の確立、導入。

iv) そ の 他

- ① 非破壊検査方法についてマニュアルの作成。

3.2.4 統一案作成に際しての必要検討事項

ここでは、点検要領の比較検討結果、点検実態調査結果、及び現行点検への要望を踏まえ、点検要領統一案の作成にあたり検討が必要な項目についてとりまとめ、以下に示すものとする。

(1) 点検業務の流れ図

点検要領統一案の作成にあたっては、橋梁維持修繕業務の中での橋梁点検の位置付けを明確にする必要があり、点検業務の流れ図の検討が不可欠となる。

点検業務の流れ図は、想定する点検内容により

- 1) 点検では重大な損傷の発見及びその補修に主眼を置き、その他の損傷については、必要な場合詳細調査を行い、その結果から補修の要否の判定を下す流れとなっているもの。
- 2) 点検で詳細な点検を行い、点検の結果から補修の要否の判定を行なう流れとなっているもの。の二つに大別される。

1)の流れは、維持管理水準の向上の面から見ると、2)の流れに比べその向上は小さいと考えられるが、現在の建設省における維持修繕実務の流れに類似しており、この流れを採用した場合、現行からの移行は比較的円滑に行なえるものと考えられる。

これに対し、2)の流れは、採用した場合、維持管理水準の向上がかなり期待されるものの、詳細な点検が必要となり、点検実態調査結果から把握された現在の実施体制及び点検にあてられる予算を踏まえると、その採用はかなり困難なものと考えられる。

したがって、導入の難易から考えると、1)の流れが優れていると考えられるが、1)と2)の流れでは、実現される維持管理水準が異なることから、今後さらに設定すべき維持管理水準と、それを満足させるために必要な点検費用、点検頻度及び点検実施体制との関係について検討を加え、最終的な判断を下すべきものと思われる。

なお、上記1)に対応する、点検業務流れ図（案）を図一3.2.2に示す。

(2) 点検要領の枠組

点検要領の枠組については、表一3.2.13に示す内容を基本とするが、各項目及びその内容について次のような検討が必要である。

1) 適用

定期点検の対象橋梁を明確にするとともに、日常、定期、異常時点検の定義付けについて検討する必要がある。

2) 実施頻度

全ての橋梁について同一の頻度で点検を実施するのか、あるいは橋梁形式、適用示方書、架設年次などにより頻度に差を持たせるのか、また、部材別に頻度を規定すべきかについて検討する必要がある。なお、この検討にあたっては、既設橋梁の損傷実態及び橋梁の損傷と橋梁形式、適用示方書、架設年次との関係を把握する必要があるものと考えられる。また、点検内容の異なる複数調査を組み合わせる実施する場合の点検頻度の検討も必要となる。なお、予算上の制約についても十分考慮する必要がある。

3) 実施体制

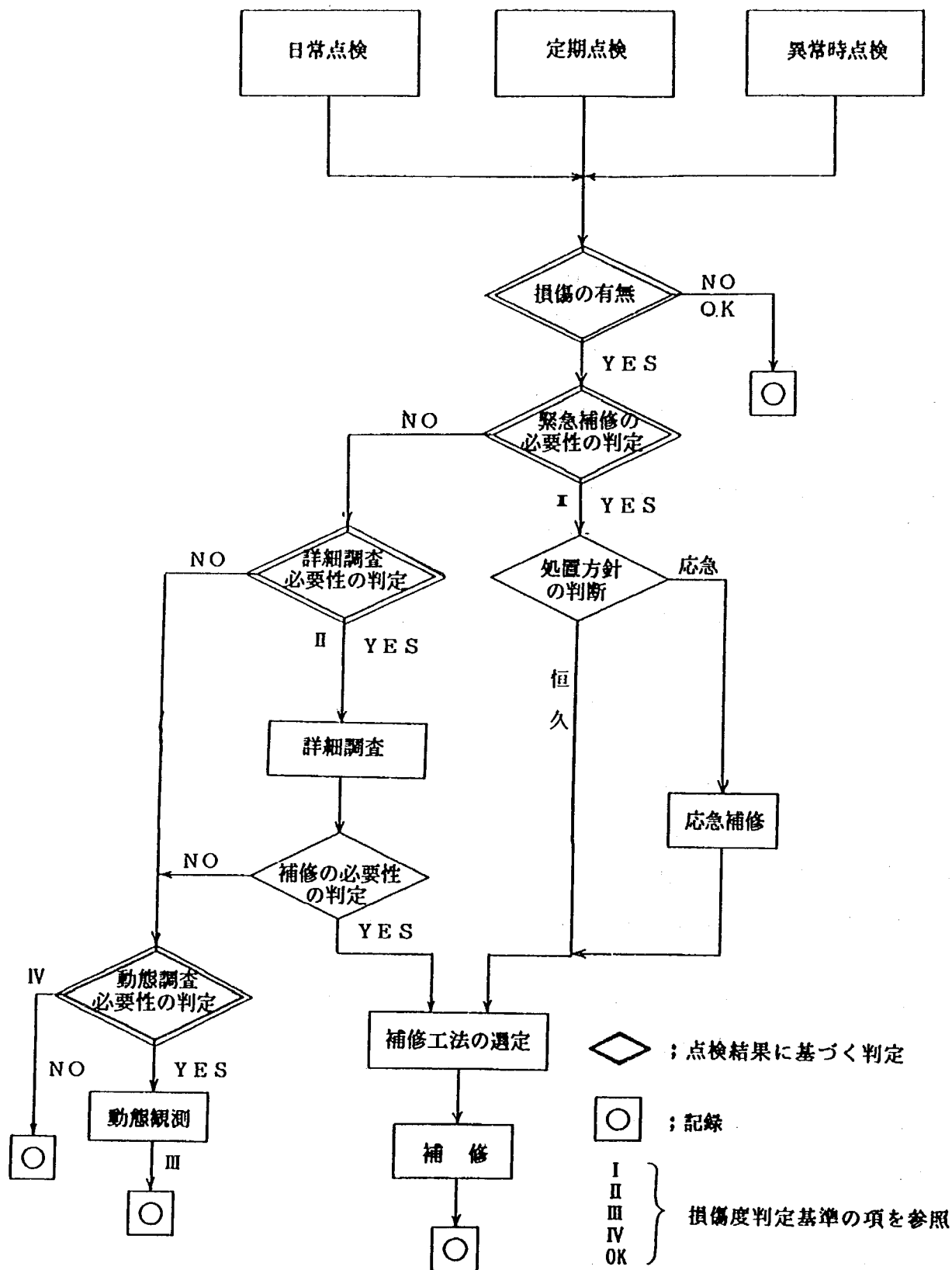


図-3.2.2 点検業務流れ図(案)

表－3.2.13 橋梁点検要領の基本的枠組（案）

1. 適用（対象）	・主として定期点検に適用 （場合によっては、日常点検、異常時点検も対象とする。） ・対象は橋長 100m以上の橋梁全橋
2. 目的	・橋梁の現状把握 ・異常、損傷の早期発見による破損事故の事前防止 ・橋梁の維持管理の遂行 ・将来における維持管理のための資料
3. 実施機関	事務所または技術事務所
4. 実施頻度	少なくとも 年毎
5. 実施体制	1名で1班を構成（点検車の場合は 2名/班） 作業員の構成、資格
6. 点検機械、器具 及び設備	点検車、検査路、足場、ボート等及び測定器具
7. 点検項目、内容	
7-1 点検項目	各部材毎
7-2 点検方法	目視、寸法、たたき、非破壊検査等
7-3 判定基準	・部材別の損傷度判定 ・定性的、定量的判定 ーーー ランク、ウェイト
7-4 補修の判定	・補修の要否、時期 ・補修工法、工費
8. 記録	
8-1 調査表、記入様式、活用方法	
8-2 写真、ビデオ	
付 録 橋梁点検マニュアル	
1) 部材別損傷実態	
2) 非破壊検査要領	
3) 損傷度判定マニュアル	
4) 補修工法選定マニュアル	
5) その他	

点検作業員の資格、構成については、点検精度に直接影響を与えられられるため、統一案に規定すべきであるとの要望も強く、点検項目、点検内容との関係から具体的に検討する必要がある。なお、検討にあたっては事務所等の実施体制に十分配慮する必要がある。

4) 点検機械、器具及び設備

点検項目、点検内容、点検方法との関係から必要となる点検機械、器具及び設備についてさらに詳細に規定する必要があると考えられる。したがって、

i) 橋梁点検車の改善（ブームの改良、テレビモニター装置等の付加）の見通しの把握及び改善車導入可能性

ii) 点検の省力化につながる器具（各種装置含）の把握及び導入可能性

についても検討を行なうことが必要である。また、各種機械、器具、設備の適用範囲及びその性能についても検討を行い、点検要領に反映することが望ましいと考えられる。

5) 点検項目

点検項目は、橋梁維持修繕業務の中での橋梁点検の位置付けにより大きく相違すると考えられる。すなわち、橋梁点検の主眼を重大損傷の発見に置くとすれば、かなり大まかな点検項目を規定すれば良いが、点検結果から補修の判定まで実施しようとする、かなり詳細な点検項目を規定する必要がある。したがって、点検項目の検討にあたっては、橋梁点検の位置付けを明確にする必要がある。また、点検項目は、橋梁の主要材料により相違すると考えられるため、鋼橋、PC 橋、RC 橋別に点検項目を検討する必要がある。

6) 点検方法

各点検項目に対応する点検方法について具体的な検討を行なう必要がある。また、目視点検以外の測定器具による方法（寸法、たたき、シュミットハンマー、超音波振動、放射線、磁気探知機、染料、浸透法、測量、塗装膜厚測定器等）については、その適用部材及び導入効果について把握し、点検要領の点検方法としてどのように位置付けるかについて検討を行なう必要がある。なお、測定器具による具体的な測定方法については、非破壊検査マニュアルとしてとりまとめていく必要があると思われる。

7) 損傷度判定基準

損傷度判定基準については、橋梁維持修繕業務の中で点検をどのように位置付けるかにより、その内容が相違すると考えられる。したがって、損傷度判定基準の作成にあたっては、第一に点検の位置付けを明確にし、その後、損傷度判定標準の作成及び各部材別の損傷度判定基準の検討を行なう必要がある。

なお、図-3.2.2 点検業務の流れ図に対応する損傷度判定標準（案）を表-3.2.14 に示す。

表－3.2.14 損傷度判定標準(案)

判定区分	一般的状況
I	損傷が著しく、交通の安全確保、又は、第三者に対し、支障となっているか、もしくはその恐れがあり、緊急補修の必要がある。
II	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行なう必要がある。
III	損傷が認められ、動態観測を行なう必要がある。
IV	損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。
O, K	点検の結果からは、損傷は認められない。

8) 補修の判定について

(1)で述べたように、点検結果から補修の要否の判定を行なうためには、前提として非常に詳細な点検が必要となり、これに対応して定期点検等を実施するとすれば、かなりの点検費用が必要と考えられる。したがって点検要領の枠組に補修の要否の判定を含めるか否かについては、経済的観点から慎重な検討が必要である。

9) 点検記録

調査票（チェックシート）のフォーマット、データベースへ入力すべき点検データ及び写真、ビデオ等の保存のあり方について検討を行なう必要がある。データベースに入力すべきデータの検討にあたっては、データの利用方法、利用頻度についての十分な検討が必要とされるほか、入力データ量がデータベースの容量などの決定に影響を与えることからデータベースシステムとの斉合に十分留意することが求められる。

10) その他

橋梁点検マニュアルについては、部材別損傷実態、非破壊検査要領、損傷度判定マニュアル、補修工法選定マニュアルからなる構成を基本とするが、補修工法選定マニュアルについては、現時点で損傷と補修工法の関連に不明な点も多く、点検マニュアルに含めるか否かについては、さらに検討を進める必要がある。また、損傷度判定マニュアルの検討にあたっては、損傷実態調査の実施も必要と考えられる。この他、損傷度判定マニュアルの作成にあたっては、点検精度の均一化、点検技術者への教育効果を踏まえ損傷例の写真表現について検討していく必要がある。

3.2.5 ま と め

本年度は、現在までに第一に点検要領の現状、点検実態の把握を行った。その結果、現在、点検要領が各地建で個別に定められていること、加えて要領中に頻度及び実施体制が必ずしも明確に規定されていないことから、各機関により点検の実施内容に大きな相違が生じていることが明らかになり、統一案の作成の必要性が確認された。第二に、点検要領の問題点及び現行点検への

要望事項を把握するとともに、点検要領の基本的枠組を作成し、点検要領の具体的検討にあたっての必要検討事項をとりまとめた。今後は、本年度とりまとめた必要検討事項を参考に点検要領統一案の原案の検討を行う予定である。

3.3 データバンクシステムに関する中間報告

技術管理業務連絡会橋梁部会データバンク分科会においては、データバンクシステムの基本構想の作成を目標として、既存の維持管理データバンクシステムに関する調査を行いその特徴や問題点を明らかにする一方で、橋梁の維持管理に関わる台帳や調書類の様式、利用状況等を調査し、維持管理業務におけるデータバンクシステムの位置付けや導入による効果を整理した。

3.3.1 既存の維持管理データベースシステムの特徴と問題点

本節では、橋梁の維持管理に利用されているデータベースシステムのうち建設省北陸地方建設局の橋梁情報検索システム(BIRES)、日本道路公団の維持管理システム^{注)}、首都高速道路公団の保全資料管理システム^{注)}(MEDS)を選び、システムの概要やその特徴等について比較・検討した。また、特に橋梁情報検索システム(BIRES)については、システムの利用状況、利用のし易さ等をヒアリングにより調査し、新しいデータバンクシステム開発にあたっての留意点をまとめた。

図-3.3.1に各システムの概要を示す。BIRESは地建本局にある大型計算機を事務所の端末からリモートバッチ方式で利用する形態となっている。MEDSも同様の形態であるが、電算機がレンタルであり、TSSによる利用となっている点が異っている。一方、道路公団の維持管理システムでは各管理事務所にパソコンを設置することによって、事務所管内データは事務所で管理する形態となっている。これらのシステムの特徴及び問題点をまとめたものが表-3.3.1である。

注) 日本道路公団及び首都高速道路公団のシステムは橋梁だけでなく、他の土木構造物をも対象としている総合的なシステムである。

橋梁情報検索システム(BIRES)について特にその利用状況や利用のし易さに対する評価、問題点等について地方建設局、技術事務所、工事事務所、出張所の担当者に対してヒアリング調査を行った。

調査結果をまとめると、BIRESは利用手続きのし易さ、利用マニュアルのわかり易さ、検索のし易さ、判定基準のわかり易さの面で「し易い」から「普通」とされており、評価できる。さらに、BIRESの利用により便利になった点として、検索・集計が速い、データが一括管理されているため、その所在がはっきりしているなどの点があげられている。一方、不便になった点としてデータの修正が煩雑と指摘されているほか、データの入力し易さという面でデータ作成(記入)が煩雑であるという評価となっている。これは、データの入力・修正にあたってコードを拾い出す必要があるために利用マニュアルを絶えず参照しなくてはならないことや、それらの作業を職員が行う体制となっていることなどによっていると考えられる。さらに、この評価が、入力データが点検・補修に際して必ずしも作成されない1つの原因となっていると考えられる。

このようなデータ入力のもれはデータバンクシステムの信頼性を失わせることになるので、入力の簡素化を図るだけでなく、入力データ作成を点検・補修の業務委託に合わせて発注するなどの体制面での改善も必要と考えられる。

BIRESの出力の見易さについて見ると、全ての出力様式が見にくいという評価になっている。

表-3.3.1 各システムの特徴と問題点

	BIRES (北陸地建)	道 路 公 団	MEDS (首都高速)
特 徴	1 データバンク化の範囲は基本的には橋梁台帳を中心としている。 2 リレーショナルDB (INQ) を利用している。 3 入力 (パンチ) は、技術事務所で行う。 4 収録データは、カナ・英数字のみであり、図形は、マイクロフィルム化されている。 5 操作は、端末機からのリモートパンチ処理。 6 出力は、カナ・英数字のみである。 7 昭和55年度から稼働している。 8 部材ごとの点検結果を総合評価する機能を持っている。	1 データを組織的に階層化し、広く浅いセンターシステムと深く細かいローカルシステムに分け、分散管理分散処理形態とした。そのため、各担当部局が自ら利用するデータを自ら管理する形となっている。 2 リレーショナルDB (INQ) を採用している。 3 図面データについてはマイクロフィルムとして保管されている。 4 操作は、インテリジェント端末を使った日本語対話型であり、分かりやすい。 5 出力は、日本語・グラフであり、見易い。 6 昭和57年から開発、道路資産管理については、昭和62～63年度に完成予定。 7 点検要領がデータバンクによるデータの管理を前提としたものとなっている。	1 NTTのDEMOS-E を専用通信回路で使用。 2 既成プログラム DORIS (NTT開発) を利用し、他に COBOL の技術支援を受ける。 3 ファイル保管料金を支払って、機械維持の費用を削減した。 4 操作は、端末機からのカナ・英数字入力による。 5 出力は漢字とグラフィックディスプレイによる図形出力が可能。 6 図面は、マイクロフィルム化されている。 7 昭和57年度から開発し、昭和59年度にはほぼ完了。
問 題 点	1 データ入力書式が、複雑であり、データ入力時のエラーチェックが特に必要となっている。 2 点検・補修データの更新・蓄積作業もやりにくい形となっている。 3 出力がカナ・英数字に限られているため見にくい。 4 技術事務所以外で行われる点検・補修データが必ずもうまく収集されていない。 これは点検要領の中でデータバンクシステムの位置付けが明確になっていないことも一因となっていると思われる。	1 入力・出力用のプログラム開発が必要になるなど、プログラム開発費用が多額となる。 2 現在、システムの一部が実現されているにすぎないため、適用性等については検証されていない。	1 NTTのファイル使用料が、高価であるため、データの増加に伴ってレンタル方式か専用マシンの購入かについて長期的な経済比較が必要となる。 2 さらに各現場でシステムを使用する場合については、十分経済性を検討する必要がある。 3 検索などの操作手順がわかりにくい。

これは BIRES の出力がカタカナと英数字だけで表現されているためであると考えられる。このことから、出力結果の漢字化が重要であることがわかる。

また、BIRES が利用されない理由として図面や写真が収録されていないことがあげられている。マイクロ化された図面や設計書については、そのマイクロ番号が BIRES に収録されていることから、BIRES を用いてそれらの所在を確定することができる。しかし、マイクロフィルムは入手の迅速性の面で難点があるため、このような評価となったと考えられる。今後は、光ディスクの利用などにより図面・画像情報の検索・入手を迅速化することにより、データバンクシステム全体の利用性向上を図っていく必要があると思われる。

以上の検討結果より、新しい橋梁データバンクシステムの開発にあたっては以下のような点に留意する必要があると考えられる。

1) データ作成

- a. データ収集にあたりデータ項目を必要最小限にする。
- b. データ入力様式の簡素化を図りデータの作成・記入を容易にする。(例えば新設・補修工事では工事施工者がデータ作成する。)
- c. 既存の台帳・調書を整理統合して、本システムで実行可能とする。

2) データ入力・更新作業

- a. データ入力時のエラーチェック機能を設ける。(チェックリストの出力等)
- b. 点検・補修データの更新・蓄積作業が簡単にできるようなシステムにする。

3) データの検索・利用

- a. 誰でも検索できるように分かり易い操作マニュアルにする。
- b. 出力書式については、なるべく漢字・文字等で表現をし、番号で表現する場合は、書式中に凡例も合わせて出力する。
- c. 設計図書との併用が可能なシステムにする。(光ディスクとの結合等)

3.3.2 維持管理業務を中心としたデータバンクシステムの位置付け

橋梁の維持管理及び関連業務におけるデータバンクシステムの位置付けを概念的にまとめたものが図-3.3.2である。

事務所レベルでは、データバンクシステムは主に橋梁の維持・修繕の必要性の判断や修繕工法の選定などに際しての参考データ提供者として位置付けられている。また、橋梁点検結果や補修結果などのデータは、事務所においてデータバンクに入力される。一方、本局・本省(土研)レベルでは、主に予算要求・管理や、維持管理における技術的問題把握のための情報提供者として位置付けられている。技術的問題点の検討結果は設計・施工・維持管理に関する基準・指針類の改定の形で事務所へフィードバックされ、また、データバンクシステム自体へもデータの有効利用手法としてフィードバックされる。

データバンクシステムの利用による効果を(1)事務所レベル、(2)本局・本省レベルに分けてまとめると以下ようになる。

(1) 事務所レベル

① 橋梁の現状把握の迅速化

橋梁の現状に関するデータ(設計～維持管理)の検索が迅速化される。その結果、種々の調査依頼等にも迅速に対応できるほか、台帳・調査書の作成・更新が効率化される。

② 資料管理の合理化

橋梁に関する過去のデータの散逸が防止できる。また、それらの内容の検索が容易に行える。

③ 改良や維持修繕の必要性の判定等のための資料の提供

個々の橋梁について改良や維持修繕の必要性、あるいは詳細調査の必要性を判定するための資料(損傷度の進行状況、修繕履歴等)を統一的な形式で迅速に得られる。

④ 維持・修繕工法の選定等にあたっての参考資料の提供

(事務所レベル)

(本局・本省(土研)レベル)

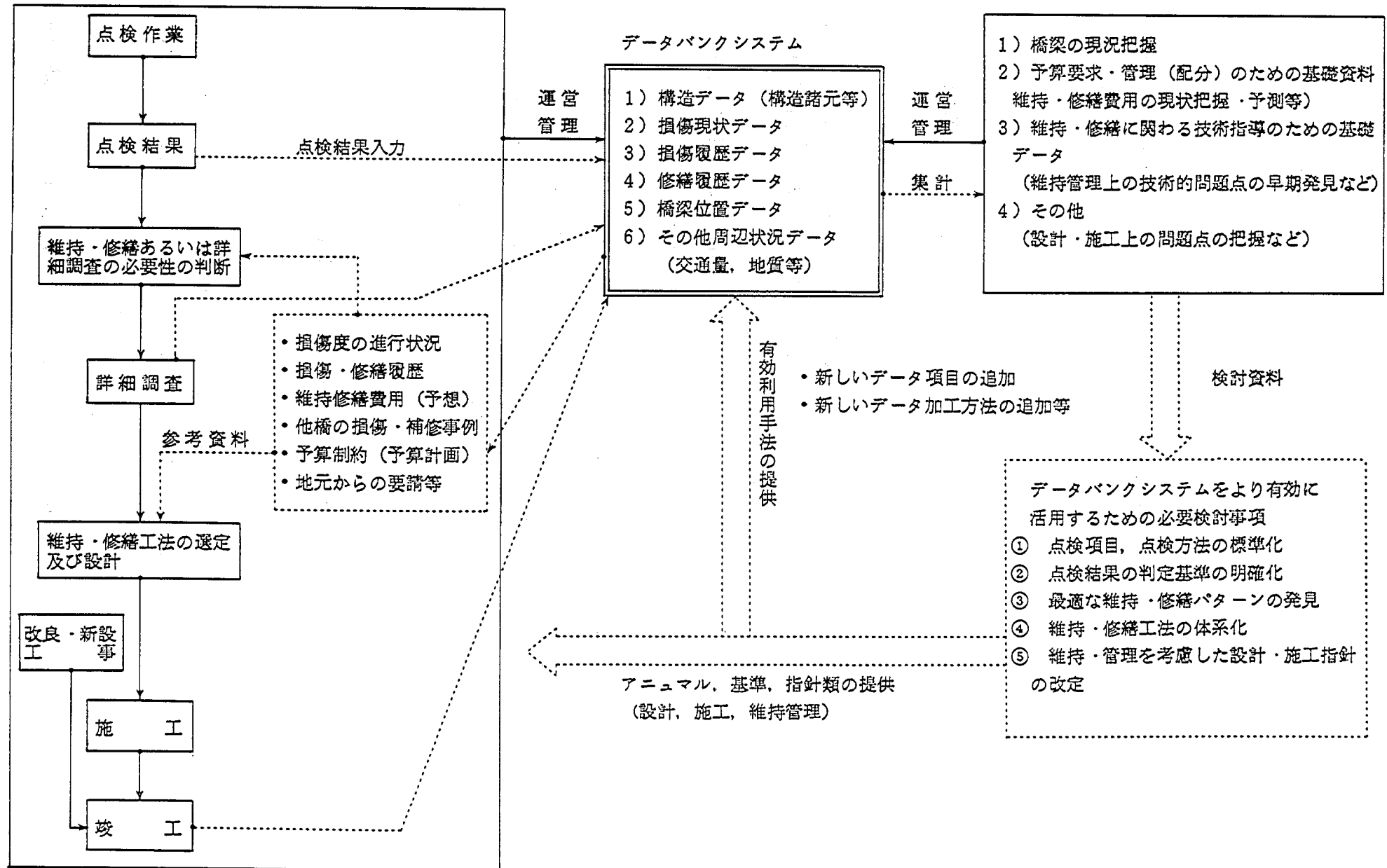


図-3.3.2 維持管理業務を中心としたデータベースシステムの位置付け

維持・修繕工法の選定及びその設計・施工管理にあたっての参考資料を迅速かつ網羅的に得られる。(例：他橋における損傷や補修実績等が容易に得られる。)

なお、言うまでもなく③～④のような効果を効率的に発揮させるためには点検結果の判定方法や維持・修繕工法の選定基準について検討しておく必要がある。

(2) 本局・本省（土研）レベル

① 橋梁に関する資料収集の迅速化

数多くの管理橋梁について損傷度、老朽度、構造形式、修繕状況などの現状データを迅速かつ網羅的しかも統一された形式で得ることができる。また従来、特に困難であった過去のデータについてもカバーできる。

② 改良や維持・修繕に関する計画の合理化

統一的な形式で網羅的に得られる各橋梁の現状及び履歴データ等が、改良あるいは修繕橋梁の選定から改良・修繕費用の把握及び将来推計のための基礎データとなるなど、合理的な計画策定が促進される。

③ 維持・修繕に係わる技術レベル向上の促進

維持修繕結果とその後の経過などに関するデータを網羅的に容易に得ることができるため、点検、維持修繕に関する技術基準の作成、改良が促進されるなど技術レベルの向上が図られる。

④ その他、橋梁の設計・施工に関する技術レベルの向上

橋梁の維持管理において生じた問題点を早期にかつ網羅的に得られるため、それらの検討結果、設計・施工指針等へ迅速かつ体系的にフィードバックすることができる。

3.3.3 データバンクシステムの基本構想

データバンクシステムの開発・導入にあたっては収録データ項目やハードウェア構成等をシステムの費用対効果を考慮して決める必要がある。本節は、既存のシステムに関する検討等を基に以下の項目についてシステムの基本構想をまとめたものである。

- 1) システム開発にあたっての基本的方向
- 2) 収録データ項目
- 3) システムのハードウェア構成
- 4) システムのソフトウェア構成（データベース管理システム（DBMS）等）
- 5) 利用及び管理・運用体制
- 6) システム導入にあたっての移行方法

なお、ハードウェア等は他の業務のOA化やそのためのデータバンクシステムの構築にも利用できることから選定にあたってはそれらの計画を考慮する必要がある。しかし、ここでは、橋梁のデータバンクシステムに必要と考えられるもののみを取り上げている。

1) システム開発にあたっての基本的方向

橋梁情報検索システム（BIRES）の利用実態より見て、システム開発にあたっての基本的方向（戦略）をまとめると以下のようなになる。

(1) データ入力 of 容易さ、出力の見易さ、操作の簡単さなどシステムの利用し易さを重視する。

利用しにくいシステムは、その内容がどれほど秀れていても利用度がしだいに低下し、新規データの入力やデータ更新が十分に行われなくなる可能性が高い。この意味で特に主要なデータ入力部門である工事事務所レベルでの利用し易さ向上を図ることが最も重要と考えられる。

(2) 自ら利用するデータは自ら管理するシステム形態とする。

このような形態を基本とすることで、各利用者に自らのシステムという意識を養うことができ個々の現場に応じたシステムの応用手法などを今後開発していく上で大きなプラスとなるほか、システムの管理・運用体制をより柔軟にすることができる。

(3) 柔軟性のあるシステムとする。

今後もハードウェアやソフトウェアが急速に進歩することが予想されることに加えて、橋梁の維持管理技術も改善され、必要なデータ項目やそれらの処理方法も変化していくと考えられることから、システムの拡張や変更、機能追加などが行い易いシステムとしておく必要がある。

(4) 維持管理関連業務におけるシステムの位置付けを明確にし、組織的な利用を行う。

システムの効果を効率的に発揮させ、また、データ入力や修正のもれが生じないようにするために、既存の台帳・調書類のシステムの総合化やシステムの入力データや出力データと点検要領や維持管理要綱等との整合などを行う必要がある。

2) 収録データ項目

個々のデータ項目の検討は、点検要領や橋梁健全度の評価手法等の検討を待つ必要があるが、基本的には現在の橋梁台帳や点検調書をベースとすればよいと考えられる。台帳や点検調書においては図面や写真などにも重要な情報が含まれていることから、これらを光ディスクに収容することによって画像単位で自由に検索できるようにする必要がある。

しかしながら、たとえば数表を光ディスクに画像として収容した場合、表中の数字を集計したりすることはできない。したがって集計やその他演算処理の対象となる情報については、文字・数値情報として蓄積しておく必要がある。文字・数値情報の作成や入力・更新には労力がかかることから、調書・台帳類に収められている情報のうち、どの程度を文字・数値情報とし、どの程度を画像として光ディスク化するかについて今後検討する必要がある。

また、データバンクシステムを使用するレベルによって必要とするデータ項目の細かさが異なると考えられる。すなわち、事務所レベルでは一般に細かいデータ項目を必要とするが、事務所の所管橋梁のみのデータがあればよい。本局・本省レベルでは粗いデータ項目でよいが地建全体・又は全国の橋梁に関するデータを必要とする。したがって事務所レベルで所管橋梁について細かいデータを収集・蓄積し、その中から本局・本省レベルで必要とされるデータ項目を選び、あるいは加工して本局・本省データバンクへ転送・蓄積する階層構造型のシステムとすることが効率上望ましいと考えられる。

3) ハードウェア構成

図面や写真等を収録するために光ディスクの整備は不可欠であると考えられる。

一方、数値・文字情報については、本局等で管内事務所のデータを一括管理する方法や、各事

務所で分散して保有する方法などが考えられるが、これらについては、収録すべきデータの量、質と電算機や通信ネットワークの整備・運営費用、システムの利用性などを考慮して今後検討する必要がある。

4) ソフトウェア構成 (DBMS: データベース管理システムとデータの入出力, 加工プログラム)

- (1) DBMS にはネットワーク型, リレーショナル型などいくつかのタイプがある。ネットワーク型は, 定型的なデータ検索を高速で行うことができるが, データ項目の追加, 変更などに対する柔軟性が乏しく, 一方, リレーショナル型は検索速度はさほど高くないがデータ項目や検索方法に関する柔軟性が高い。

橋梁データバンクにおいては, 収録データ項目やその検索方法が, 維持管理を中心とした今後の技術進歩や社会情勢の変化によって変わっていくと考えられるので, DBMS にはそれを許す柔軟性が要求される。そのため, DBMS にはリレーショナル型を採用することが望ましいと考えられる。

- (2) データの入力し易さや出力されたデータの見易さはシステムの利用性を決める重要な要因の一つである。そのため入力にあたってはできるだけ画面入力とし, また出力にあたっては単なる文字や数字の羅列ではなく簡単な図等を併用するなど見易さの向上に努める必要があり, そのためのプログラム整備は重要である。

- (3) データバンクシステムに収録されたデータの利用価値をさらに高めるために将来的には, 点検結果から維持補修や詳細調査の必要性を判定するプログラムや補修を行う場合の工法や工費の概略値を出力するプログラムなどを開発し, データバンクシステムの中へ組込んでいく必要がある。

5) 利用及び管理・運用体制

- (1) データバンクシステムの導入による効果を充分に発揮させるために, 既存の台帳, 調書類についてはデータバンクシステムで自動作成できるように書式の統一等を図り, 他の関連書類についてもデータバンクシステムとの位置付けを明確にすることで, データの作成や更新等にあたって, 少なくとも作業の重複が生じないようにする必要がある。
- (2) データバンクシステムは 24 時間利用される可能性があるので, 電算システムの運営体制もこれを考慮する必要がある。
- (3) 点検や補修によりデータが発生するたびにそれらが誤りなく入力される体制とする必要がある。そのためには, 点検, 補修等の業務契約において, データの作成, 入力, エラーチェックを特記事項とすることなどが考えられる。さらに, 別途, データが発生した時点で必ず, 誤りなく入力されているか等の確認を行う体制を設けることも必要と思われる。
- (4) データバンクシステムの収録データ項目及びデータの内容が外部へ漏洩しないような管理・運用体制とする必要がある。
- (5) システムの利用方法に関する教育や利用効果に関する PR 等を積極的に行う必要がある。
- 6) システム導入にあたっての移行体制

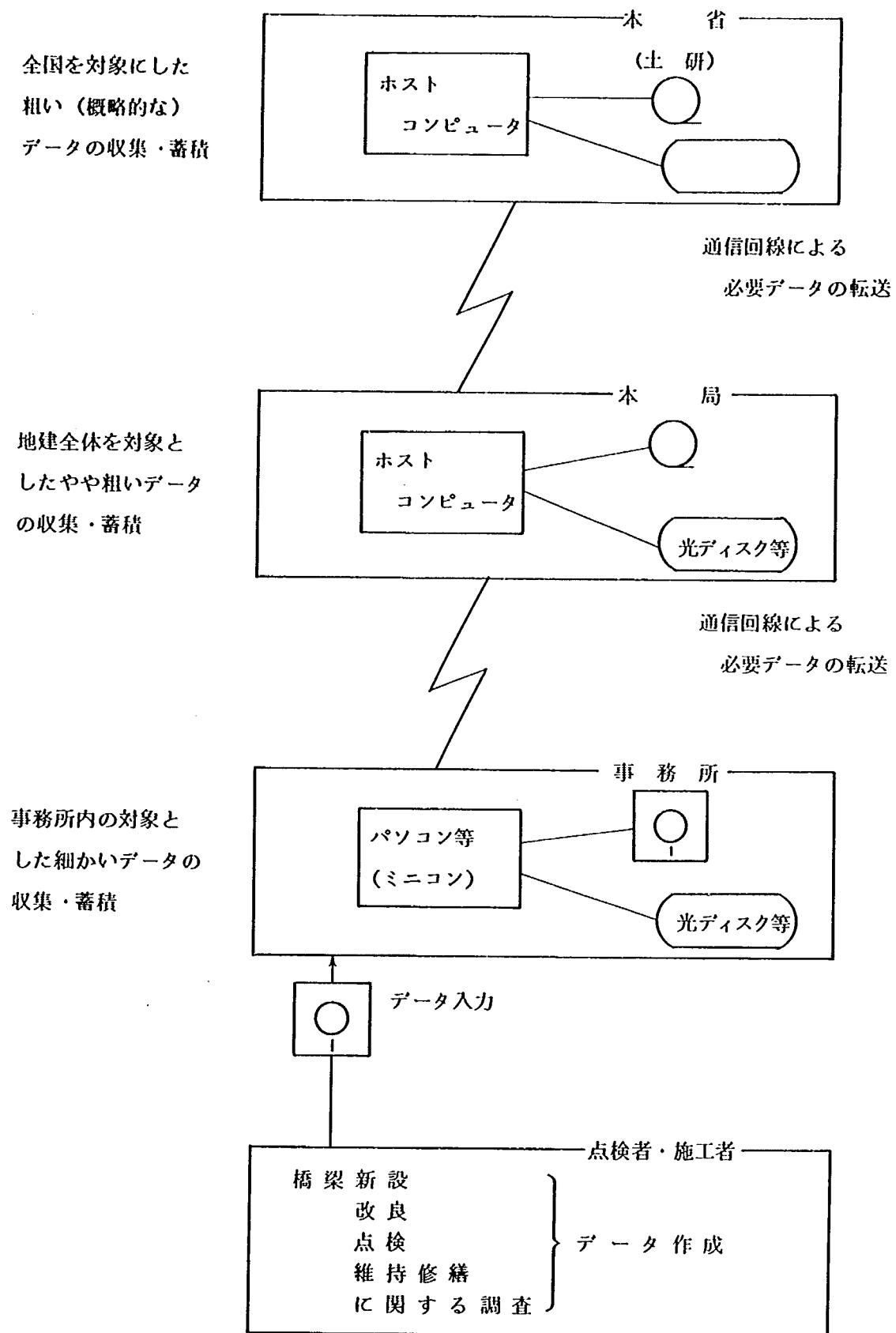


図-3.3.2 橋梁データバンクシステム基本構想のイメージ図(分散型を想定)

- (1) 台帳、調書等の形で保管されている既存のデータについて、どの程度過去までさかのぼって入力するかを、入力費用、期間等を考慮して決める必要がある。
- (2) システムの利用方法や利用による効果、データの入力、修正、更新などの重要性等を利用者に対して充分教育・PR する必要がある。

3.3.4 まとめ及び今後の方向

以上の検討結果をイメージ図として表わしたものが図-3.3.2 である。

今後の方向としては、事務所レベルを主に対象としたテストシステムを開発・運用・評価することとする。その主な理由は事務所レベルのシステムはデータ項目の面で、全体システムを包含するものであり、またデータの作成、入力、更新、修正、利用が頻繁に行われると考えられることから、利用性の面でも最も厳しい条件にあると判断されるためである。

3.4 耐荷力に関する検討の中間報告

3.4.1 応力頻度測定の実目的

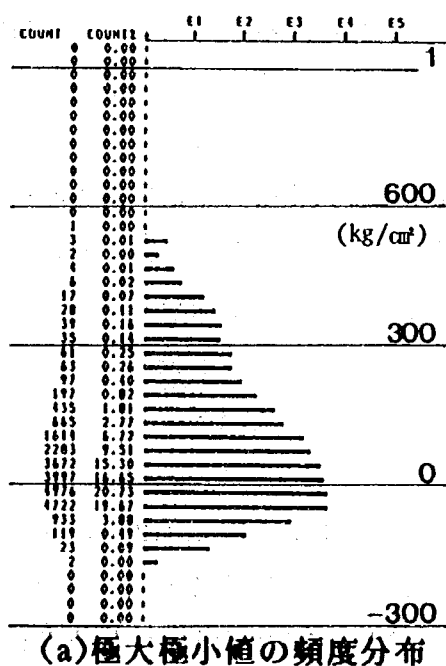
応力頻度測定は、供用下の橋梁各部材に生じる実応力の実態を把握し、既設橋梁の耐荷力評価手法の合理化のため、以下の検討に資することを目的として実施するものである。

- ① 交通条件、橋梁形式等の要因と橋梁部材に作用する実応力度を関連づけ、現行の供用荷重算定手法を合理化するための基礎資料とする。
- ② コンピュータシミュレーション解析による安全性照査活荷重の算定について、手法の妥当性を検証する。
- ③ 既設橋梁の健全度診断の一手法としてのヒストグラムレコーダ（自動応力頻度測定装置）活用の可能性について検討する。
- ④ 活荷重の特性について得られる諸データを新橋の設計活荷重の合理化に役立てる。

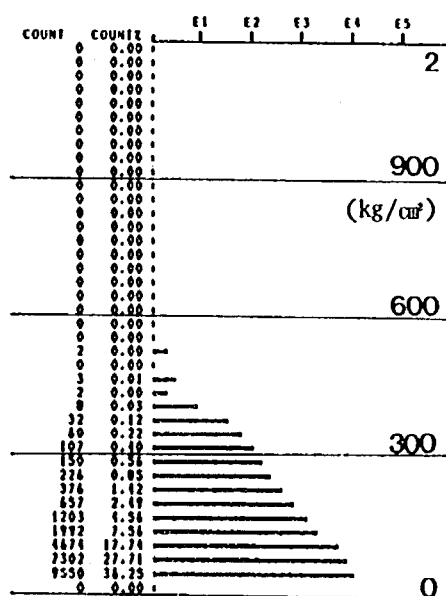
3.4.2 応力頻度測定について

(1) 応力頻度とは

通常、橋梁の載荷試験を行う場合には、交通規制をした状態で重量既知のトラックを何台か指定の位置に停車させ、橋梁各部に貼り付けたひずみゲージにより静的な応力（ひずみ）を計測することが多い。この場合、交通規制に伴う諸手続きや荷重車の手配等の準備と計測時に多くの人員が必要である。これに対して応力頻度測定は、供用下における橋梁の各部材における応力を、そのピーク値や振れ幅の頻度分布として捕えようとするものであり、通過交通に対して全く影響を与えずに計測することができる。また、自動化された測定機器が開発されたため測定期間中に

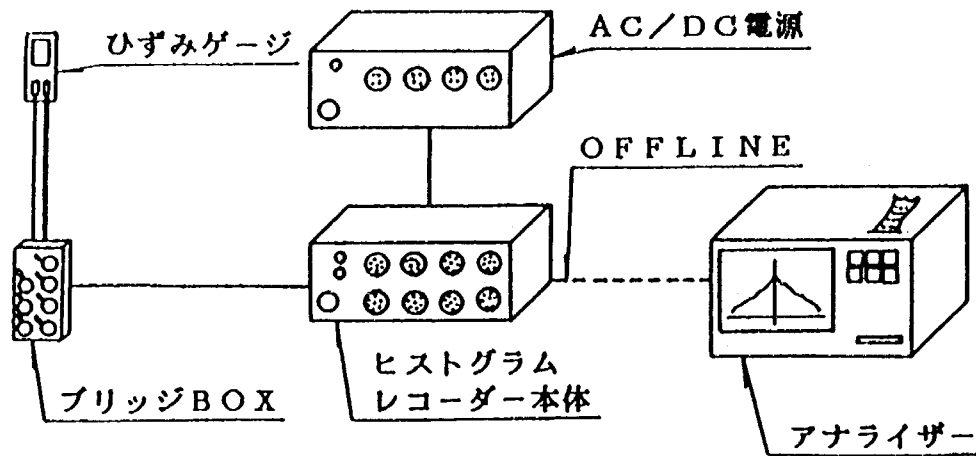


(a) 極大極小値の頻度分布



(b) 応力範囲(振れ幅)の頻度分布

図-3.4.1 応力頻度測定結果の例



図一 3.4.2 ヒストグラムレコーダーおよび接続図

は全く人手を必要としない。図一3.4.1は応力頻度測定結果の一例を示したものであるが、(a)は応力波形のピーク（極大極小）値の応力レベルごとの発現回数を示したものの、(b)は応力範囲（応力の振れ幅）の発現回数を示したもので、測定期間はいずれも24時間である。

通常の载荷試験で計測される応力（ひずみ）は、特定の载荷条件下におけるものに限定されるが、応力頻度測定では測定期間中におけるあらゆる载荷状態における応力度が含まれる。したがって、測定期間を十分に長くとることができるならば、実際の交通条件下で対象とする橋梁に生じ得るあらゆる载荷条件における応力（ひずみ）測定を行ったことに相当する。いわゆる载荷試験と異なり、载荷条件と測定された個々の応力度とを対応づけることはできないが、ここで必要とされているデータを得るためには载荷条件の特定は必ずしも必要でない。

測定される応力頻度データにはその橋梁の交通特性が含まれているが、さらに主構造間の荷重分配効果や部材間の共同作用、あるいは路面の凹凸による衝撃の影響についても同時に測定される。言換えれば、橋梁の部材に発生する応力があるがままの状態で測定することになる。部材間の共同作用や衝撃の影響を個別に検討するためのデータとしては問題があるかもしれないが、供用下にある橋梁の安全性の評価を行うためには十分なデータであると考えられる。さらに、部材の断面積が腐蝕などにより減少している場合には、その影響も測定される応力度に反映される。このように、供用下における応力頻度測定は、特定の橋梁の耐荷力に密接な関係のある指標を直接測定していることに他ならず、具体的には、供用期間中に予想される最大活荷重に対する安全性を考える場合には、極大応力度の頻度分布の最大値が目安となり、疲労による損傷を考える場合には応力範囲の頻度分布がそのまま部材に与える疲労被害（ダメージ）を表す。

(2) 応力頻度の測定方法

測定はヒストグラムレコーダを用いて行う。ヒストグラムレコーダは、図一3.4.2に示すように、動的にひずみを計測し、AD変換および頻度解析を行ってその結果を記憶するヒストグラムレコーダ本体（以下、レコーダという）と、キャリブレーション、解析方法の指定など初期条件の設定および計測データのアウトプットのときにのみ接続して使用するヒストグラムアナライザ（以下、アナライザという）から成り、ブリッジボックスを介してひずみゲージ等のセンサーを

応力頻度の測定手順はおよそ次の通りである。

- 以後アナライザを取外し、測定完了まで放置する（所要時間経過後、自動的に停止する。）

- [illegible]

— 59 —

13) さらに別のプリンタに接続すれば、図-3.4.1のような応力頻度分布図が得られる。

以上のように、計測中はアナライザは必要ないので、レコーダが複数台あれば複数橋において同時に計測を行うことが可能である。

3.4.3 本年度の測定内容

(1) 目 的

応力頻度測定 of 3 年間のスケジュールは 2.2.4 に述べた通りである。本年度は初年度に当たるため、次の項目を目的としてパイロット測定を実施した。

- ① 現場測定上の問題点の抽出
- ② 必要機材のリストアップ
- ③ 作業時間、必要人員等の調査
- ④ 応力頻度測定の方法およびデータの利用に関するデモンストレーション

(2) 測定の対象橋梁および作業分担

本年度は、土木研究所から比較的近い 3 地方建設局（東北、関東、中部）のそれぞれ 1 橋ずつ（実際には 1 橋増えて 4 橋）を対象として測定を行った。パイロット測定ということから、足場や電源等の作業条件の業条件のよい橋梁を対象としたが、得られるデータを何等かの形で実務に生かし、さらに応力頻度測定を既設橋の維持管理にどのように活用し得るかを見極めることをねらって、次の条件を満たす橋梁をそれぞれの地方建設局の推薦により選定した。

- ① プレートガーダー形式であること
- ② リフト車あるいははしごで主桁に接近できること
- ③ 電源の確保が容易なこと
- ④ 耐荷力あるいは耐久性に関して、現在何等かの問題を有していること

測定を行った橋梁は次の通りである（測定順）

- ① 共和高架橋（中部地建 名古屋国道工事事務所）
- ② 天白川右岸取付高架橋（中部地建 名古屋国道工事事務所）
- ③ 荒瀬橋（東北地建 仙台工事事務所）
- ④ 神流川橋（関東地建 大宮国道工事事務所）

作業分担は次の通りである。

土木研究所；測定業務発注、測定機材、測定箇所の設定、結果のとりまとめ

地方建設局；対象橋梁の選定、リフト車（or はしご）の手配、電源の確保、資料の提供

なお、次年度以降は主な作業は地建の担当となるので、各技術事務所の担当者に一連の作業の立合を依頼した。また、局および工事事務所の担当者にもできる限り現場を見ていただくようにお願いした。

(3) 測定の種類

各橋で行った測定は、24 時間応力頻度測定が中心であるが、神流川橋については試験車による走行試験および 365 日長期測定を合わせて実施した。

(a) 24 時間応力頻度測定

1 日 24 時間を 1 単位として橋梁部材に作用する応力頻度を測定するものであり、ヒストグラムレコーダ（自動応力頻度測定装置）を使用する。部材に作用する応力はひずみ波形として同装置の動ひずみアンプにより電氣的な波形に変換され、AD 変換後指定した解析法により応力頻度分布が求められる。ひずみから応力への換算はヤング係数によった。同装置は種々の解析プログラムが用意されているが、本調査では以下に述べる 2 通りの解析法を適用することにした。

① Peak-Valley 法（以下 PV 法という）

極大極小法ともいい、車両通過時に生じる応力（ひずみ）波形の極大値（Peak）および極小値（Valley）の発生する頻度をその応力度のレベルごとにカウントするものである。部材に作用する引張圧縮それぞれの応力度の最大値を直接知ることができるため、主として部材の耐荷力の評価に用いる。

② Rain-Flow 法（以下 RF 法という）

部材の耐久性については主として疲労に対する検討が中心となるが、疲労に対する影響は応力のレベルそのものよりもその振れ幅の大きさが支配的である。本法は応力（ひずみ）波形から応力範囲（Stress Range；全振幅）の頻度分布を求める解析手法としてその有効性がよく知られている Range-Pair 法を電子計算機に適した形に修正したものである。主として疲労に対する耐久性の評価に用いる。

(b) 365 日間長期測定

24 時間応力頻度測定の結果は、ある意味では特定の 1 日におけるデータでしかない。この測定データの信頼性を高め、有効に活用していくためには、測定データのばらつきについて調査しておく必要がある。本測定は、応力頻度測定の最小単位を 1 日 24 時間と考え、1 日に生じる最大最小応力度および最大応力範囲を長期にわたり測定順に記録しようとするものである。

測定には、前述したヒストグラムレコーダを使用するが、解析方法は土研で考案したものであり、本年度はソフトウェアを試作して試験的に測定を開始する。ヒストグラムレコーダ 1 台を長期にわたり使用することになるので、測定の対象橋梁は最後に 24 時間測定を行う神流川橋のみとした。

測定されるデータは、24 時間応力頻度測定データのばらつきについて調べるとともに、コンピュータシミュレーションによる照査活荷重算定手法の妥当性検討にも利用する。

(c) 試験車による走行試験

既設橋梁の耐荷力あるいは耐久性の評価を行う場合、測定される応力と載荷条件の対応がついたほうが都合がよいことがある。このような場合には試験車による静的載荷試験を行うことが普通であるが、それには交通規制が必要となるため、煩雑な諸手続きや規制のため人員の確保など、多大な労力と時間を要することになる。今回実施する走行試験は、多くの労力を必要とせず、手軽に必要な情報を得ることを目標としている。

試験の方法は、通常の動的載荷試験におけるひずみの計測と同様である。すなわち、測定しようとする箇所にひずみゲージを貼り付け、動ひずみアンプを介して電磁オシログラフ（ビジグラ

フ)などにひずみ波形を描かせるものである。データレコーダを用いてデータを記録することもできる。また、応力頻度測定と同様に行う場合には、ひずみゲージおよびブリッジボックスを共通に使用することができる。

荷重としては、砕石等を積んだ重量(可能ならば軸重、軸距)既知の大型ダンプトラックを試験車として使用する。載荷試験は、交通の切れ目を利用して試験車に指定の車線を走行させ、測定の対象とする支間を通過するときのひずみ波形を記録する方法で行う。この場合、橋上に人員を配置し、トランシーバーを利用して合図する必要がある。試験車は必ずしも車線中央を通過するとは限らない。また、同時に一般の車両が通過することもあるので同じ条件の走行試験を何度も繰返して行い、問題がなかった場合のデータのみを有効とする。試験車には助手が同乗して測定支間通過時の速度を記録する。

今回、神流川橋のみについて本試験を行い、コンクリート床版補強用に新設された縦桁が有効に機能していることの確認を行うとともに、測定データの精度についても検討した。

(4) 応力範囲の頻度分布の大きさを表わす指標

図—3.4.1(b)に示した応力範囲の頻度分布図は、そのまま繰返し応力が部材におよぼすダメージを表しているが、この情報を指標としての数値に置換えられれば測定結果を比較するのに便利である。そこで、ここでは次の式で定義される換算疲労被害 ED (Equivalent Fatigue Damage) を用いることを提案する。

$$ED = \sum \left(\frac{\Delta \sigma_i}{1000} \right)^4 \times n_i \dots \dots \dots (3.4.1)$$

ここで、 $\Delta \sigma_i$ は応力範囲のレベル、 n_i は $\Delta \sigma_i$ が生じた回数である(解析プログラムの性質上グラフに示されたカウント数の 1/2 をとる)。

この指標は、繰返し応力範囲 $\Delta \sigma$ と疲労寿命(繰返し回数) N が以下の関係にあること、

$$\Delta \sigma = C \times N^{-1/m} \quad ; C \text{ は定数, } m=4$$

および実構造物の疲労の評価によく用いられている Miner の線型累積被害則から導いたものである。詳しい説明は省略するが、ここで定義する ED は、応力頻度を測定した部材に 200 万回疲労強度が 1000 kg/cm² の溶接部(等の弱点)があったとした場合に、24 時間の間に受ける疲労によるダメージを表わし、ダメージが蓄積されて ED の合計が 1.0 になったときに疲労損傷が生じることを意味する。

また、ED の逆数は、測定を行った日の交通条件が続いたと仮定した場合、損傷が生じるまでの日数を表わすことになり、これをさらに 365 で割れば損傷が生じるまでの年数を表わすことになる。ここでは、この値を換算疲労寿命 EL (Equivalent Fatigue Life) と定義する。

200 万回疲労強度の 1000 kg/cm² というのは、橋梁の部材に含まれている溶接部の中では最も強度の低いものにほぼ相当するので、EL の値が期待する供用年数よりもずっと大きければ、疲労の問題はほとんど生じないものと評価することができ、反対にこの値が小さい場合には、さらに慎重な検討が必要であることになる。また、200 万回疲労強度が異なる継手等の場合には、1000

kg/cm² との比を 4 乗した係数により補正できる。

3.4.4 共和高架橋における測定結果

(1) 橋梁の概要

共和高架橋の概要は以下の通りである。

- | | |
|-----------------|------------------------------------|
| 1) 所在地 | 国道 23 号線 愛知県大府市 |
| 2) 架設年次 | 昭和 43 年 |
| 3) 橋格 | 一等橋 (昭和 39 年示方書) |
| 4) 形式 | 2 径間連続非合成 1 桁橋 (8 主桁, 上下線一体) |
| 5) 床版 | 鉄筋コンクリート床版 ($t=19$ cm, $B=3.3$ m) |
| 6) 橋長 (支間割) | 411 m (2@20 m; 測定支間) |
| 7) 幅員 (車線数) | 11.5+1.0+11.5 m (6 車線, 上下線分離) |
| 8) 日交通量 (うち大型車) | 97,326 台/日 (38,755 台/日) …60 年度 |

橋梁の一般図および標準断面図を図 3.4.4 に示す。

本橋は、日交通量が 97,000 台、そのうち約 40% の 39,000 台が大型車と我が国でも有数の厳しい活荷重条件下で供用されている。したがって、本橋の部材には、設計活荷重に近い荷重が作用していることが予想される。

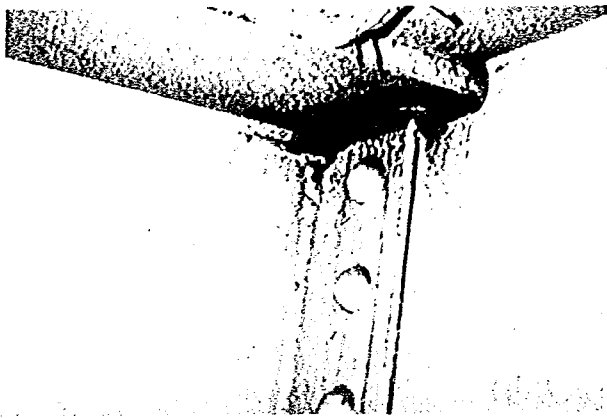
また、本橋では、横桁および対傾構を主桁に取付ける垂直補剛材の溶接部に疲労きれつが発生しているのが昭和 57 年に発見されており (写真-3.4.1)、部分的に補修が行われたが、小規模なきれつについてはその後の挙動を現在も追跡しているところである。その後 RC 床版の補強のため、主桁間に縦桁の増設が行われたが、疲労損傷に対して縦桁の増設がどのような影響を及ぼすかについては不明のままである。

今回の試験においては、応力頻度測定を行うに当たっての問題点の抽出が主たる目的であるが、同時に重交通下において橋梁部材が受けている応力の実態を把握すること、および今回導入するヒストグラムレコーダを用いた疲労損傷の評価を試みるため、以上のような条件を有している本橋を試験の対象とした。とくに疲労問題に関しては、昭和 57 年に当時開発されたばかりのヒストグラムレコーダを用いて試験的に測定した応力頻度が残っており、縦桁増設前後の損傷部の応力の比較が可能なため、興味深い結果が期待される。

(2) 測定の概要

応力頻度の測定箇所を図-3.4.5 に示す。昭和 57 年に応力の測定を行った P.15~P.16 支間を対象支間とし、G 1~G 8 主桁支間中央の下フランジ上面でそれぞれ 1 箇所ずつ、横桁および対傾構を主桁に取付ける垂直補剛材の上端付近 3 箇所にひずみゲージを貼付けた。ゲージ No. はそれぞれ G 1~G 8 および S 1~S 3 とした。G 1~G 3 および S 1~S 2 は、昭和 57 年の縦桁増設前に測定した位置と同一である。

測定期間はすべて 24 時間とし、応力波形の解析方法は前述した PV 法 (極大極小値をカウントする方法) および RF 法 (応力の振れ幅をカウントする方法) によった。ただし機器のチャンネル



写真－3.4.1 発生した疲労きれつ
(共和高架橋，昭和57年)



写真－3.4.2 測定装置の設置状況
(共和高架橋)

数の制限から (8 ch×2)，G 5～G 8 については PV 法のみ，S 2～S 3 については RF 法のための解析とした。ひずみゲージおよび機器の設置状況を写真－3.4.2 に示す。

応力頻度測定は，7 月 22 日～24 日 (火～木) に行った。22 日の午後 3 時頃に到着し，測定の準備を開始した。作業は計測の専門業者 3 名が当り，土研の担当者 2 名が測定箇所等の指示を行った。橋下空間は自由に使用できたが，橋脚高が 10 m と高いため名古屋国道工事事務所のリフト車を足場として使用した。

当初，橋面照明用の 200 V 電源を使用する予定であったが，測定箇所までの配線が困難であったため，近くの工場から 10 V の電源を借用することにした。その後，ひずみゲージの貼付け，配線等の準備を行い，キャブレーションおよび 5 分間の予備計測の後，午後 9 時に 24 時間の測定を開始した。電源の確保に若干手間取ったが，約 6 時間ですべての準備が完了した。

測定は 23 日の午後 9 時に自動的に終了し，翌 24 日の朝にひずみゲージおよび機器の取外し等の作業を行い，名古屋国道工事事務所にてデータのアウトプットを行った。その状況を写真－3.4.3 に，出力したデータを図－3.4.6～8 に示す。

なお，23 日はヒストグラムレコーダにより自動的に測定が行われるため，もう一つの測定橋梁である天白川右岸取付高架橋の作業を行った。

(3) 主桁に作用する応力度

測定された主桁の応力頻度分布図 (図－3.4.6 および 7) を見ると，端桁である G 1 と G 8 がよく似た分布形状を示しており，その他の中桁 G 2～G 7 と明らかに異なる傾向を有していることがわかる。図－3.4.6 のデータから，24 時間の間に測定された最大応力度および最小応力度について整理したものが表－3.4.1 である。最大応力度 $\sigma_{\max}$ が G 8 の 630 kg/cm^2 と，従来の測定例に較べてかなり大きな値となっている。しかし，設計活荷重応力度 σ_{20} との比較では高々 60% にも満たない数値であり，他の主桁にあっては 30～50% の範囲の応力でしかない。24 時間と限られた期間のデータではあるが，設計値と実測値との間にかかなりの開きがあることがわかる。厳しい交通条件であるにもかかわらず，このように小さな応力しか生じていない理由として，車線の幅に比較的余裕があること，渋滞の頻度が小さいことなどをあげることができるが，最も影響が大き

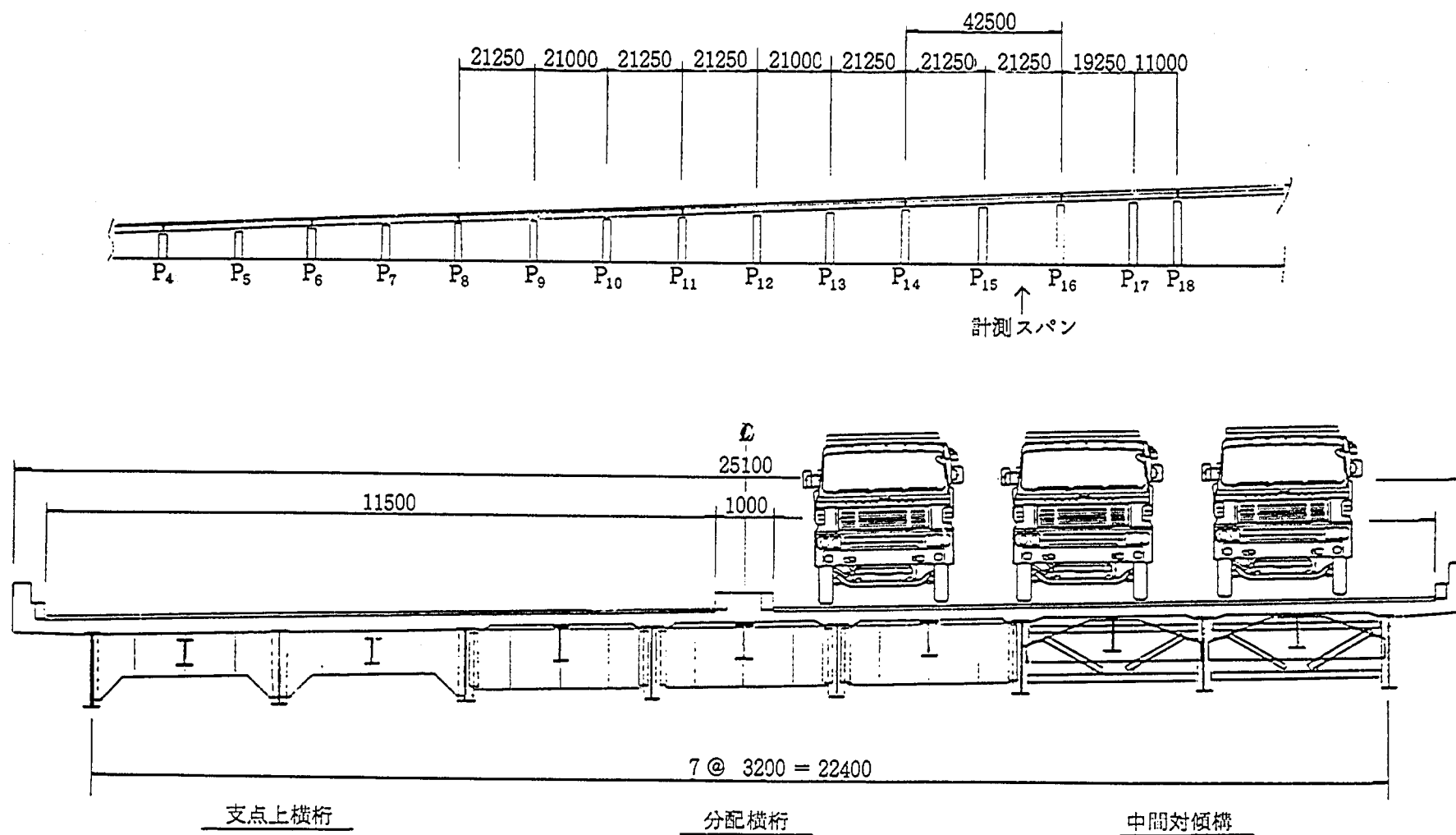


図-3.4.4 共和高架橋一般図

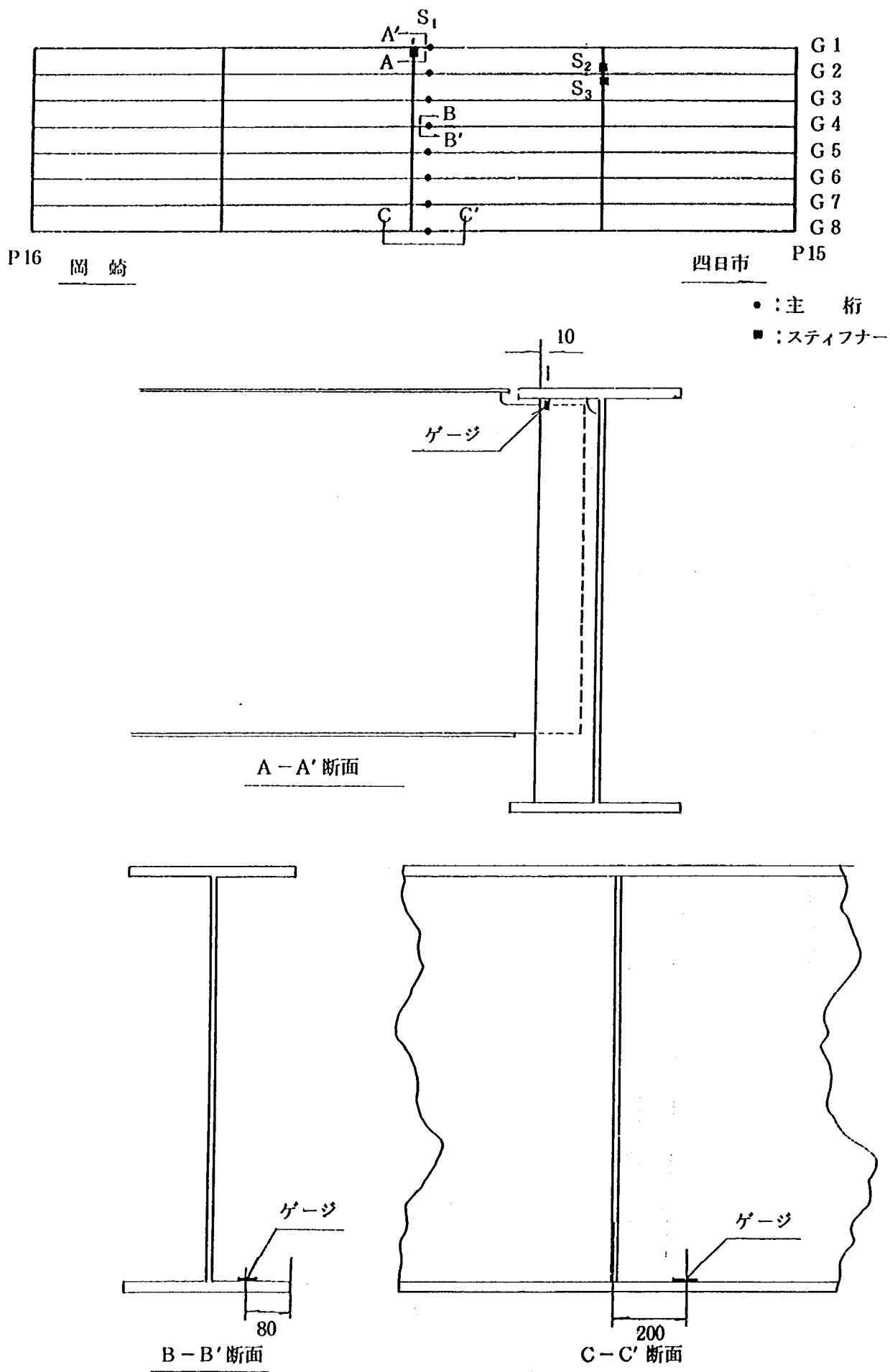


図 - 3.4.5 共和高架橋ひずみゲージ貼付位置図

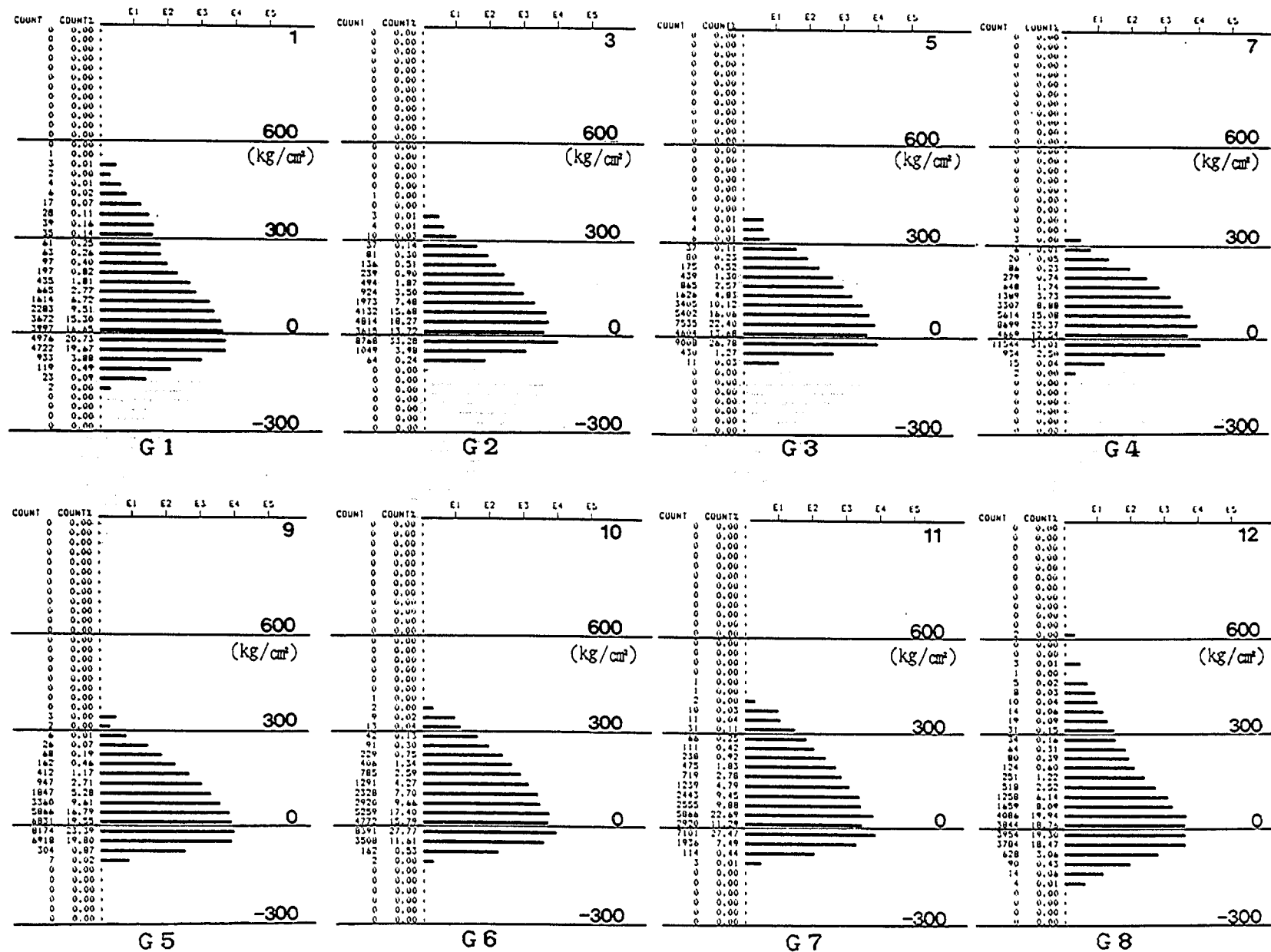


図-3.4.6 共和高架橋 主桁の応力頻度〔P V法〕

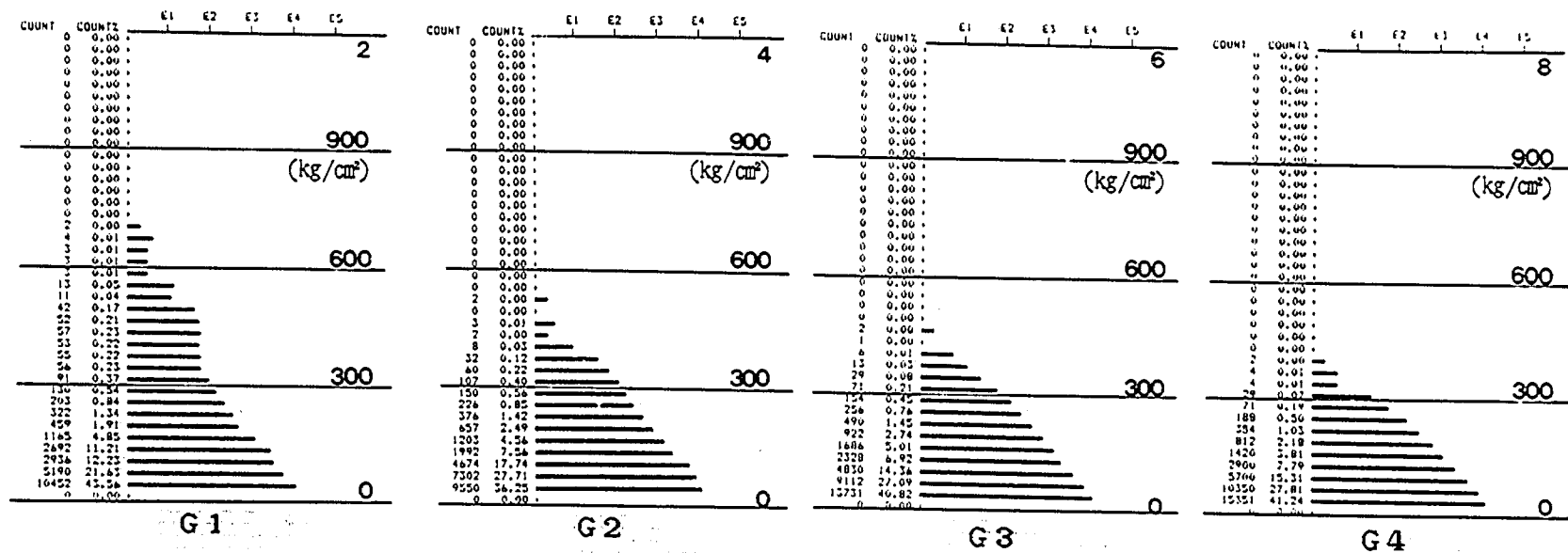


図-3.4.7 共和高架橋 主桁の応力頻度〔RF法〕

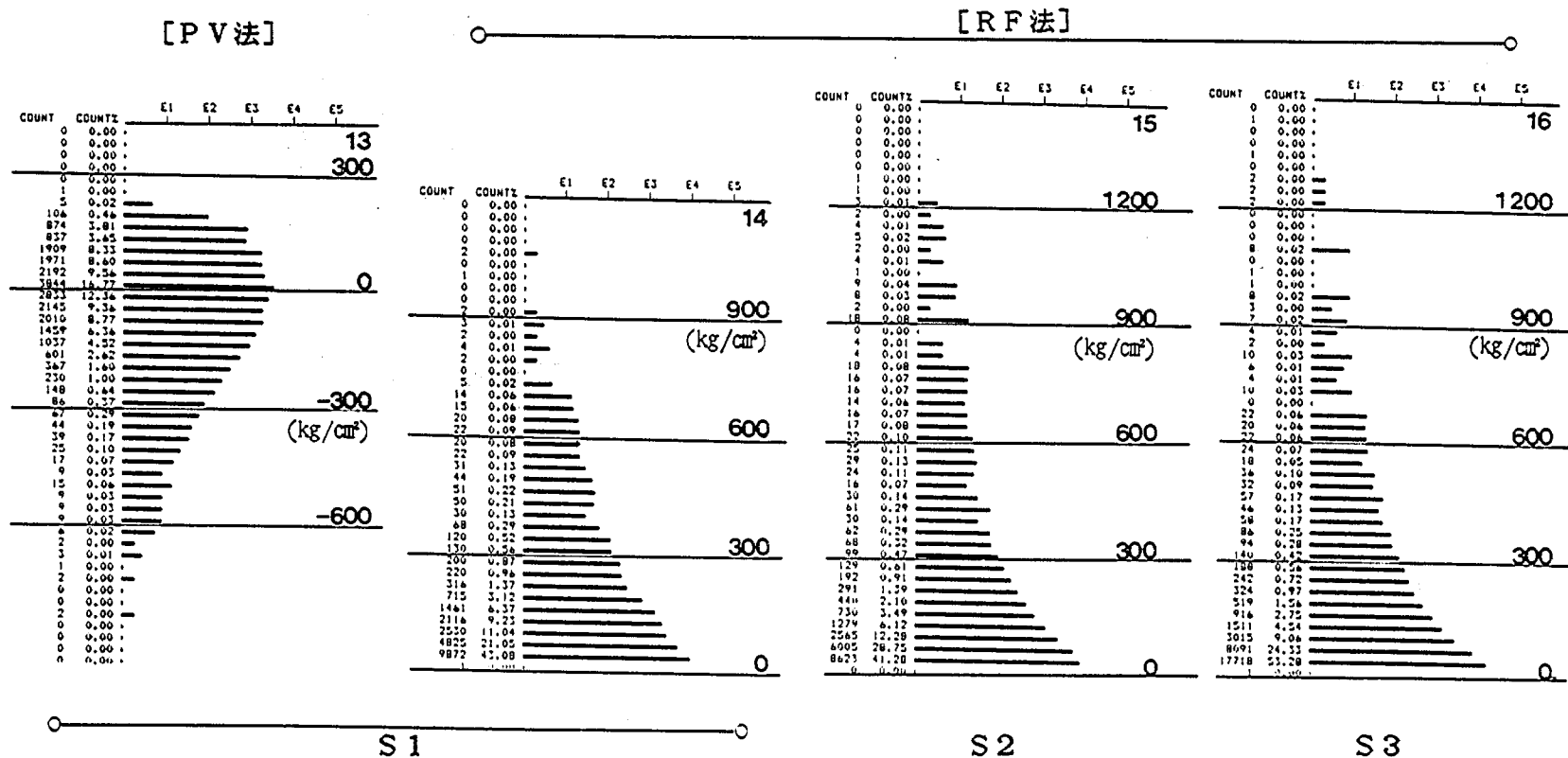


図-3.4.8 共和高架橋 スチフナーの応力頻度 [P V 法 , R F 法]

表-3.4.1 主桁の応力度（共和市架橋）

（単位：kg/cm²）

ゲージ No	最大応力 $\sigma_{\max}$	最小応力 $\sigma_{\min}$	設計活荷重 応力度 σ_{20}	$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{20}}$
G1	(472.5) 570	-180	1,200	(0.394) 0.475
G2	(315) 450	-90	1,130	(0.279) 0.398
G3	(367.5) 390	-90	1,130	(0.325) 0.345
G4	330	-120	1,130	0.292
G5	360	-120	1,130	0.319
G6	420	-120	1,130	0.372
G7	480	-120	1,130	0.425
G8	630	-180	1,200	0.557

注）（ ）内は昭和57年度に測定された応力度（縦桁増設前）

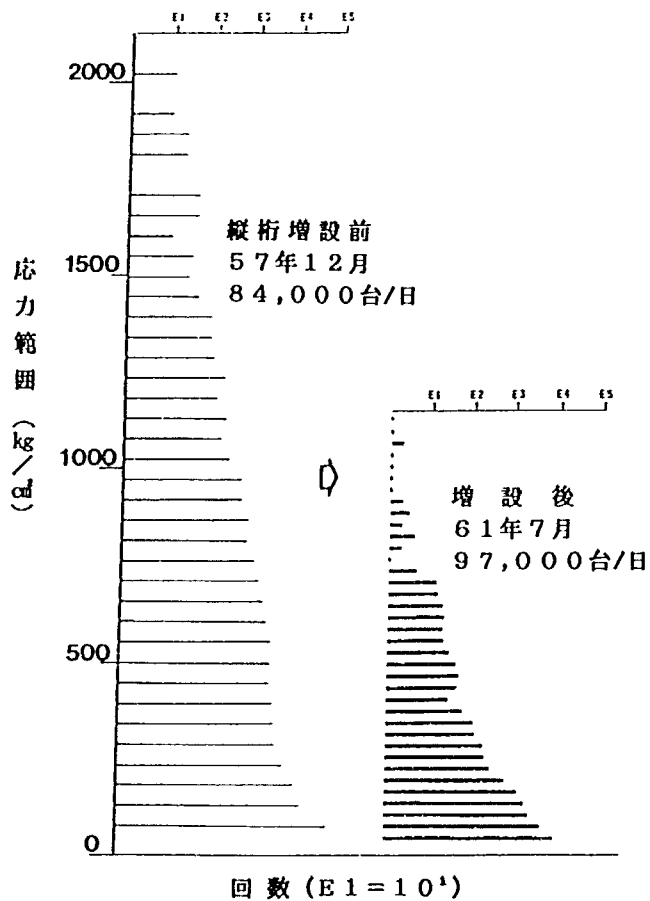


図-3.4.9 S1における縦桁増設後の
応力頻度の変化

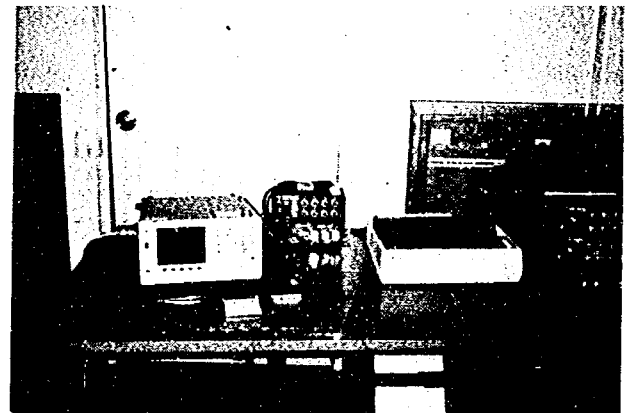


写真-3.4.3 測定データの出力
（名古屋国道工事事務所）

いのは、コンクリート床版を非合成として設計していることであろうと考えられる。

また、上下線を比較すると上り線側の方 (G 8 側) が全体に大きくなっている。これは、上り線側のほうが通過車両の重量が大きいことを示すものであるが、これは、上り線側の方が疲労による損傷の程度が著しいという傾向と一致する。

57 年度の測定値と較べると、G 1～G 3 とともに交通量の増加に応じて $\Delta\sigma_{\max}$ も増加している。交通量は、当時 (84,000 台/日) よりも 15% 程度増加しているが、特に左端車線に接する G 1 および G 2 桁の増加が G 3 に較べてより顕著である。

(4) 疲労に関する検討

図—3.4.9 は、S 1 における昭和 57 年と今回の応力頻度データを比較したものである。測定時のキャリブレーションが異なるため棒グラフの間隔が一致していないが、縦横のスケールは共通である。縦桁の増設により、交通量が増加したにもかかわらず発生する応力度は著しく低減されているのがわかる。

表—3.4.2 は、応力頻度の測定データから最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}$ 、換算疲労被害 ED および換算疲労寿命 EL を求めたものである。

表—3.4.2 疲労に対する検討 (共和高架橋)

ゲージ No	最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	換算疲労被害 ED (1/日)	換算疲労寿命 EL (年)
G1	720	(2.58×10^{-6}) 5.30×10^{-6}	(1062) 517
G2	540	(1.62×10^{-6}) 2.27×10^{-6}	(1691) 1207
G3	480	(1.57×10^{-6}) 2.24×10^{-6}	(1745) 1223
G4	420	1.65×10^{-6}	1660
S1	1080	(1.03×10^{-3}) 1.25×10^{-5}	(2.7) 219.2
S2	1290	(3.30×10^{-4}) 3.12×10^{-5}	(8.3) 87.8
S3	1440	5.65×10^{-5}	48.5

注) ()内は昭和57年度の測定結果 (縦桁増設前)

主桁の ED は 10^{-6} のオーダー、EL に換算して 500～1200 年と疲労に対する問題はないものと思われる。一方、垂直補剛材の ED は、 10^{-5} のオーダーとひと桁大きく、EL も 50～220 年と一応期待される供用年数を超えている。

57 年の測定結果と比較すると、主桁については交通量の増加に伴って ED が増加しているが、垂直補剛材の場合には逆に大幅に減少している。これは、図—3.4.9 に見られたように、縦桁増設の効果により局部応力が軽減されたためと考えられる。ED の変化から、単位時間における疲労のダメージは、S 1 で 1/80、S 2 で 1/10 となっていることがわかる。このように、本橋における疲労損傷については、その原因である局部応力の発生機構が、RC 床版の補強のために行われた縦桁増設によりかなり改善され、少なくとも損傷部を原形に復旧すれば、疲労に対する問題は解決されるものと考えられる。

3.4.5 天白川右岸取付高架橋における測定結果

(1) 橋の概要

- | | |
|-----------------|--|
| 1) 所在地 | 国道 23 号線 愛知県名古屋市 |
| 2) 架設年次 | 昭和 41 年 |
| 3) 橋格 | 一等橋 (昭和 39 年示方書) |
| 4) 形式 | 2 径間連非合成 I 桁橋 (5 主桁, 上下線分離) |
| 5) 床版 | 鉄筋コンクリート床版 ($t=18\text{ cm}$, $B=2.9\text{ m}$) |
| 6) 橋長 (支間割) | 81.5 m (4@20 m) |
| 7) 幅員 (車線数) | 2@13.2 m (6 車線, 上下線分離) |
| 8) 日交通量 (うち大型車) | 97,326 台/日 (38,755 台/日) …60 年度 |

橋梁の一般図および標準断面図を図-3.4.10 に示す。

天白川右岸取付高架橋は前出の共和高架橋と同一路線に近接しており、橋梁形式、支間ともほぼ同じ橋梁である。また、共和高架橋に生じたものと同様の疲労きれつが本橋にも発見されている。

このようなことから、本橋においても疲労に関する評価を行うこととした。また、次年度以降多数の橋梁について測定を行う予定であるため、比較的近接した 2 橋の測定を連続して行う場合の手順についても確認することにした。

(2) 測定の概要

応力頻度の測定箇所を図-3.4.11 に示すが、最も作業しやすい A 2～P 3 支間を対象支間とし、G 2 および G 3 桁を中心に主桁 2 箇所 (G 2, G 3) および垂直補剛材 4 箇所 (S 1～S 4) とした。ひずみゲージの貼付け位置はほぼ共和高架橋の場合に準じているが、垂直補剛材においては発生しているきれつの大きさに応じて上フランジからの距離を変えている。

測定期間はすべて 24 時間とし、応力波形の解析方法は主桁では PV 法と RF 法とし、垂直補剛材については RF 法のみとした。

応力頻度測定は、7 月 23～24 日 (水～木) に行った。23 日の朝 9 時に準備作業を開始し、午後の 1 時には測定を開始した。作業に当たった人員は共和高架橋の場合と同じで、約 4 時間を要した。本橋は川沿いの道路を跨いでおり、主桁までの高さは 4～5 m 程度であったため、足場としてはしごを用いた。現道にはしごを設置したためセーフティコーンを必要とした。作業中の様子を写真-3.4.4 に示す (写真は測定の初期設定をしているところ)。電源は同橋で行われていた別途工事現場から 100 V を確保した。作業の手順は共和高架橋の場合とほぼ同じである。

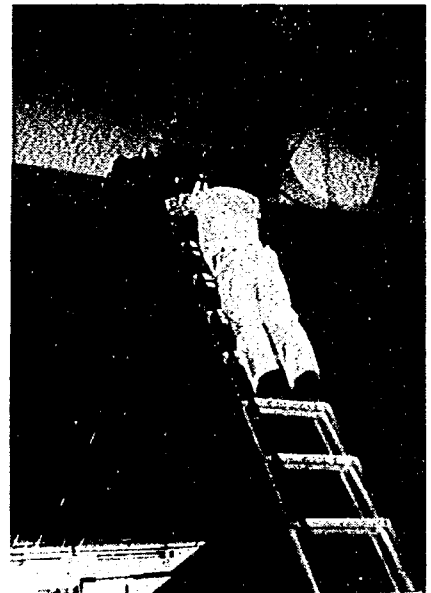
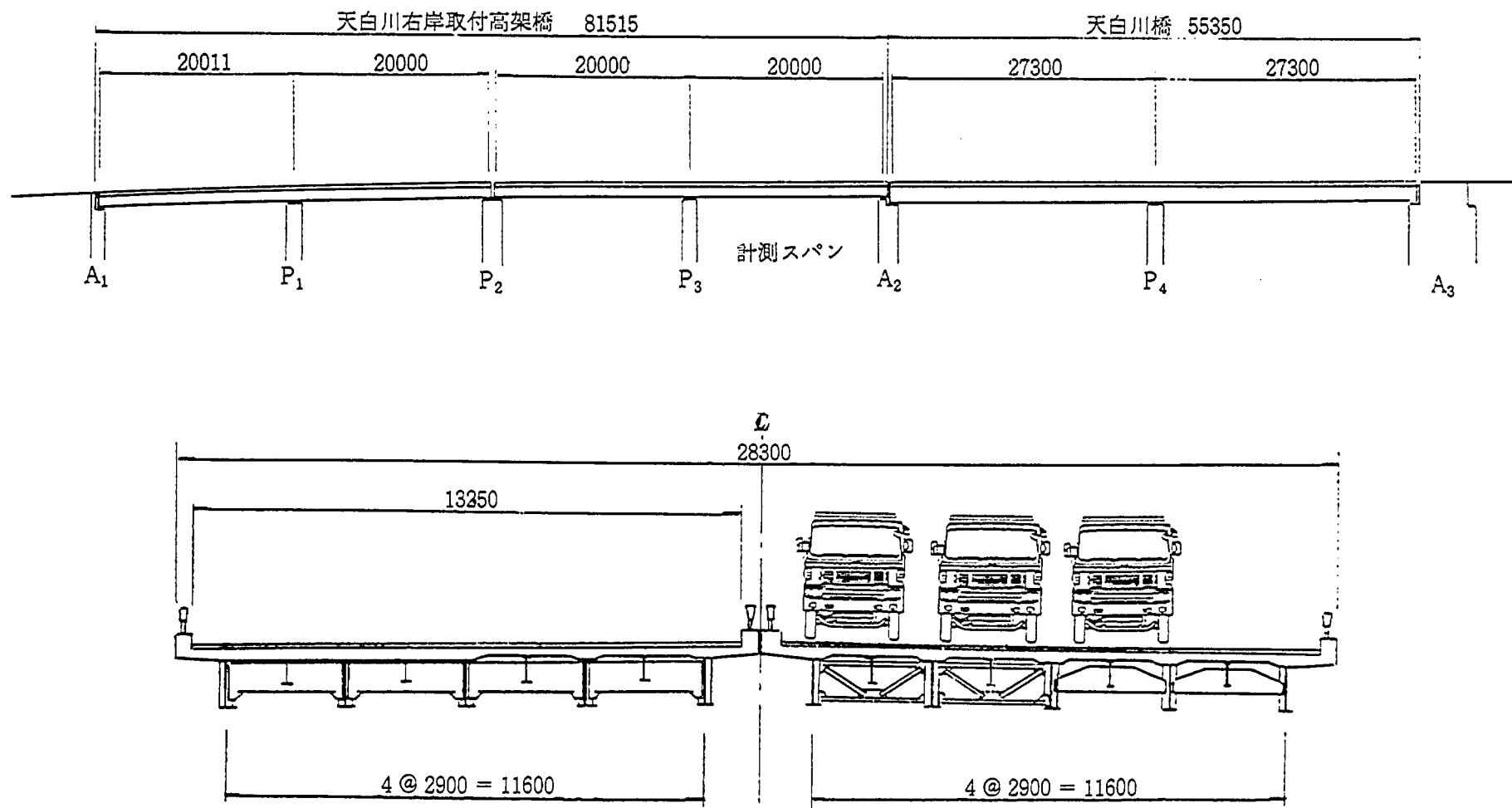
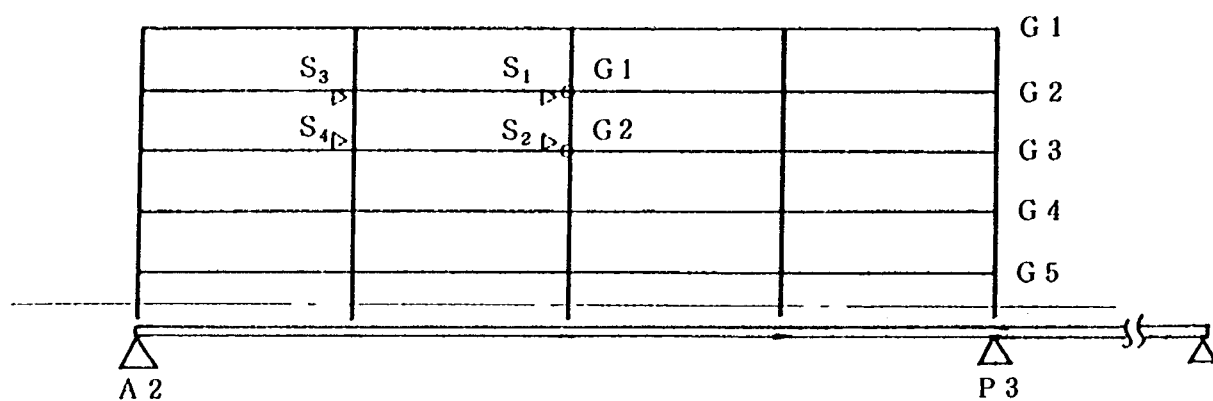


写真-3.4.4

作業状況 初期設定を行っているところ
(天白川右岸取付高架橋)

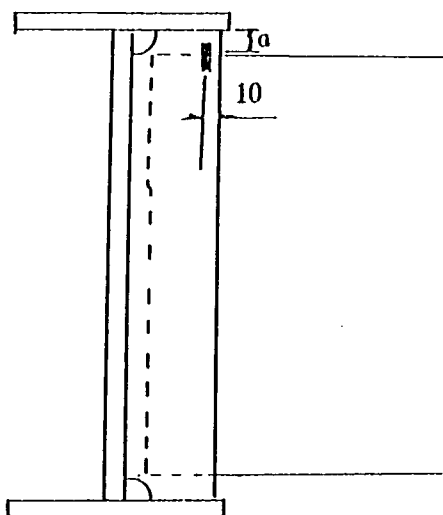
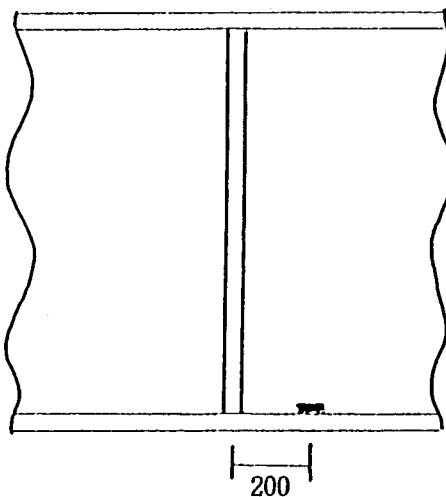
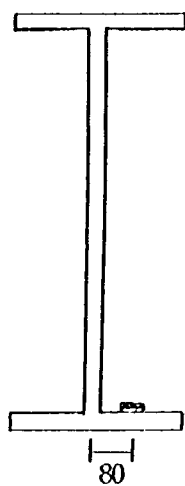


図－3.4.10 天白川右岸取付高架橋の一般図および標準断面図



○：主桁ひずみゲージ

▷：スティフナーひずみゲージ



ゲージNo	a (mm)
S ₁	25
S ₂	15
S ₃	15
S ₄	25

図－3.4.11 応力頻度の測定箇所（天白川橋右岸取付橋）

測定されたデータは図—3.4.12 および 13 に示す通りである。

(3) 疲労に関する検討

測定されたデータから、最大最小応力度 ($\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$), 最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}$ および換算疲労被害 ED と換算疲労寿命 EL を求めた結果を表—3.4.3 に示す。主桁に作用する応力度および ED の値は共和高架橋の内桁の場合に近い数値であるが、やや大きくなっている。G2 および G3 桁の応力度はほぼ等しい。

ED の値については主桁では共和高架橋とほぼ同等であるのに対して、垂直補剛材の場合には S4 を除いてかなり大きくなっており、共和高架橋よりもやや厳しい状況下にあるといえる。本橋もコンクリート床版の補強のため縦桁の増設が行われているが、共和高架橋の縦桁増設前後における応力の変化や ED の数値を考えると、本橋においても縦桁増設の効果がかなりあったものと推測される。

表—3.4.3 主桁および補剛材に作用する応力および疲労の検討

(応力の単位: kg/cm²)

ゲージNo	最大応力 $\sigma_{\max}$	最小応力 $\sigma_{\min}$	最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}$	換算疲労被害 ED (1/日)	換算疲労寿命 EL (年)
G2	510	-90	600	3.34×10^{-6}	820
G3	480	-90	540	3.89×10^{-6}	704
S1	—	—	1,400	7.41×10^{-5}	37.0
S2	—	—	1,500	7.12×10^{-5}	38.5
S3	—	—	2,400	9.69×10^{-5}	28.3
S4	—	—	1,050	1.34×10^{-5}	204

3.4.6 荒瀬橋における測定結果

(1) 橋の概要

- 1) 所在地 国道4号線 宮城県築館町
 - 2) 架設年次 昭和37年
 - 3) 橋格 一等橋 (昭和31年示方書)
 - 4) 形式 単純活荷重合成I桁橋 (4主桁, 上下線一本)
 - 5) 床版 鉄筋コンクリート床版 ($t=16$ cm, $B=2.25$ m)
 - 6) 橋長 (支間割) 81.5 m (3@41.9 m)
幅員 (車線数) 8 m (2車線)
 - 8) 日交通量 (うち大型車) 8,650 台/日 (2,100 台/日) …60年度
- 橋梁の一般図および標準断面図を図—3.4.14 に示す。

Figure 1 displays a series of 10 histograms showing the distribution of counts for different values of $E_1, E_2, E_3, E_4,$ and E_5 . The histograms are arranged vertically, with E_1 at the top and E_5 at the bottom. Each histogram has a y-axis labeled 'COUNT' and an x-axis labeled 'COUNT'. The distributions are centered around a value of 18 for E_1 , 900 for E_2 , 600 for E_3 , 300 for E_4 , and 0 for E_5 . The histograms are labeled with their respective E values on the right side.

[illegible][illegible]

G 2

図-3.4.12 天白川右岸取付高架橋 主桁の応力頻度〔P V法, R F法〕

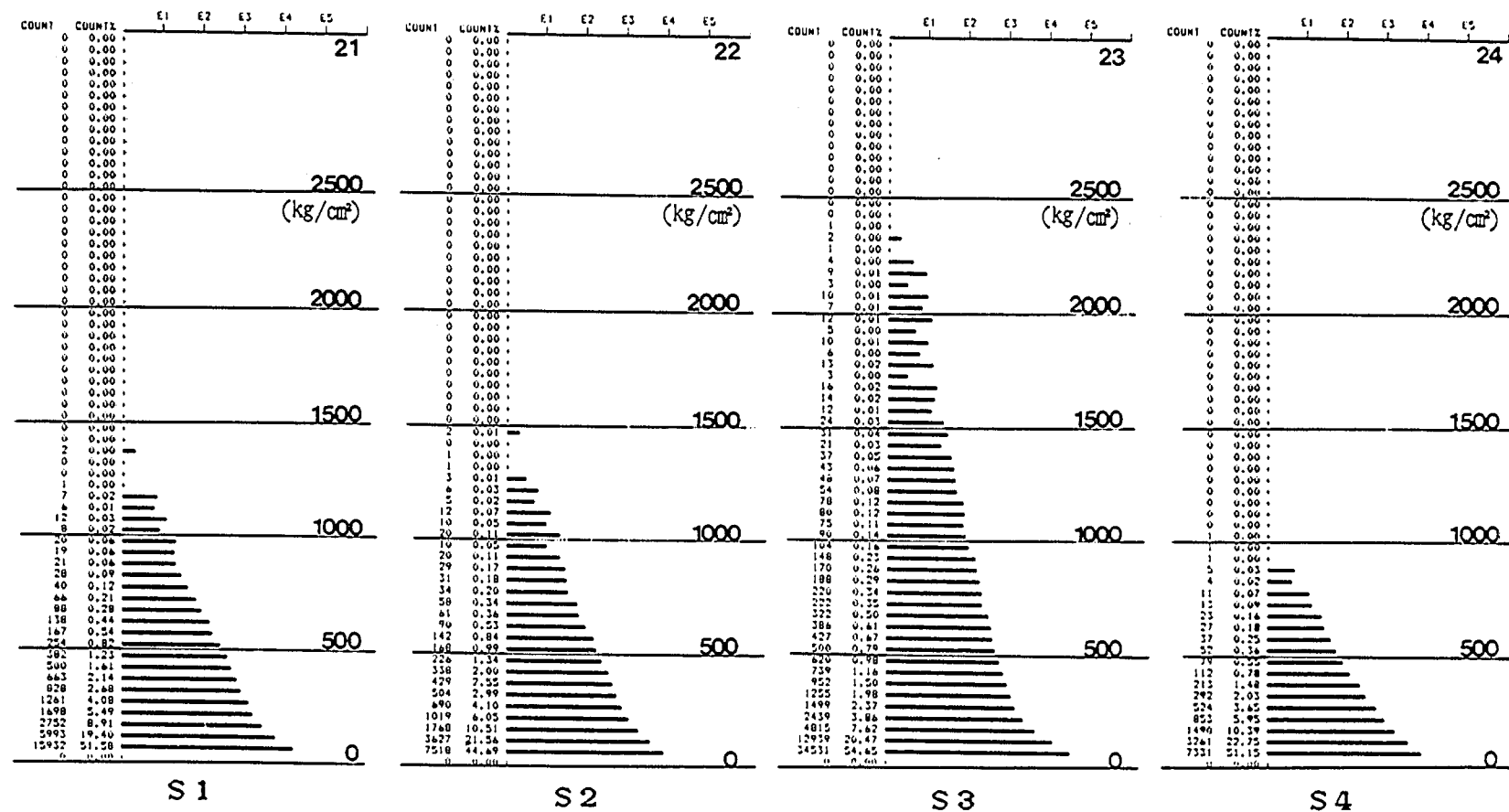


図-3.4.13 天白川右岸取付高架橋 スチフナーの応力頻度〔RF法〕

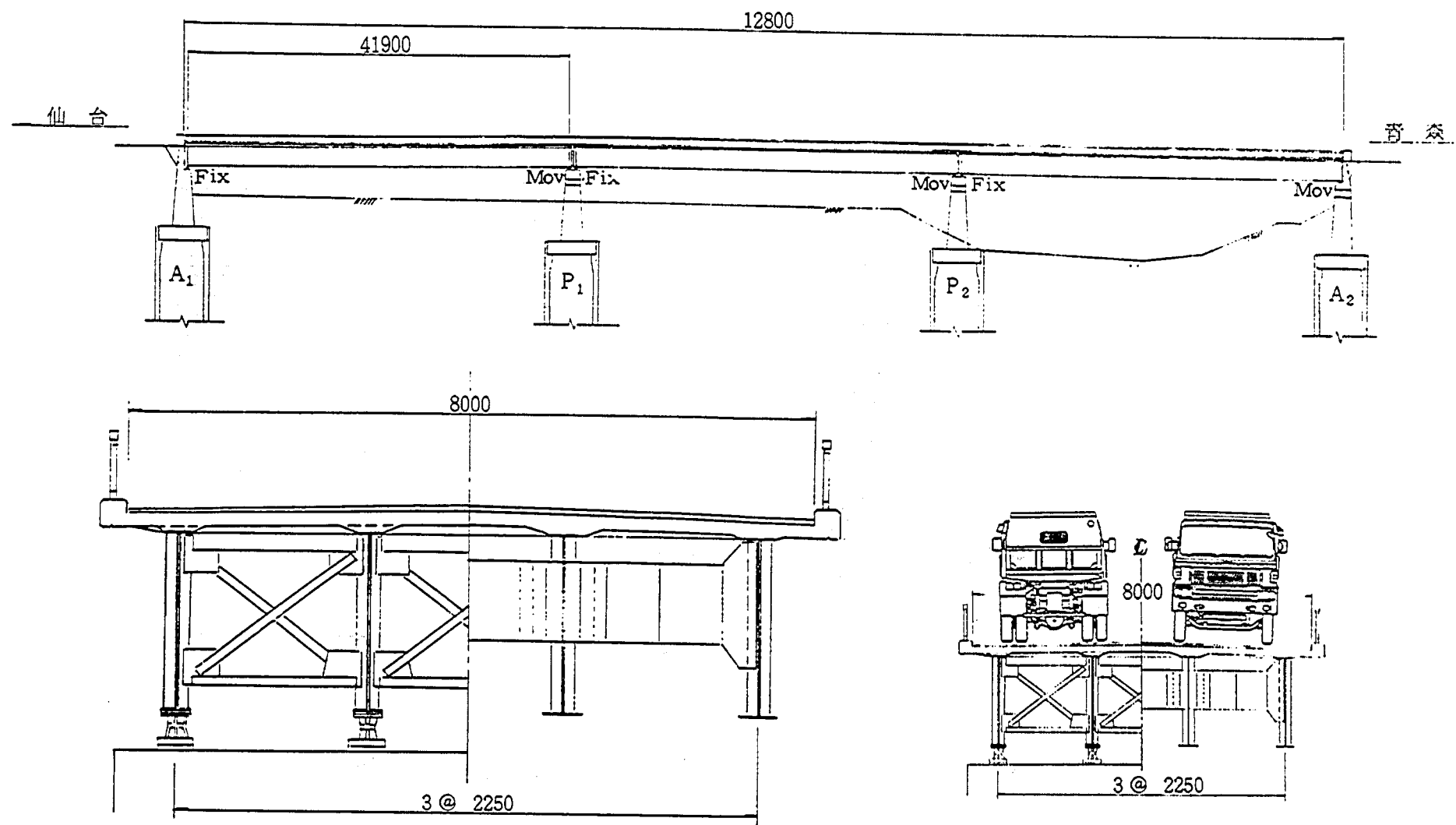
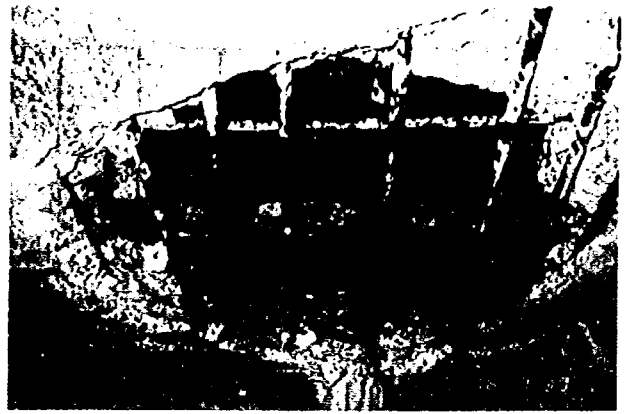


図-3.4.14 荒瀬橋の一般図および標準断面図

本橋は活荷重合成桁としては初期のものであるが、床版厚が小さいために鉄筋コンクリート床版の損傷が著しく（写真－3.4.5）、現在床版の打換えが計画されている。その中で、床版の耐久性を高めるため死荷重の増加が避けられないものとなっており、打換え後には主桁の応力度が許容値を超えることが、計算により明らかになっている。したがって、実際に主桁に生じる応力の大きさを把握することは、補修設計において種々の判断を下すために有効な資料となるものと期待される。



写真－3.4.5 抜け落ちた床板（荒瀬橋）

また、支間によって床版の損傷度が異なるため、主桁の一部として設計上考慮されているコンクリート床版が著しく損傷した場合に、主桁の剛性がどの程度変化するかについて、何等かのデータが得られるものと期待される。

(2) 測定の概要

応力頻度の測定箇所を図－3.4.15 に示す。A 1～P 1 支間では、4 本の主桁すべてについて支間中央の下フランジに図示したようにひずみゲージを貼付けた。また、図－3.4.16 に示すように A 1～P 1 支間と P 1～P 2 支間では床版の損傷度がかなり異なるので、上り線側の 2 主桁（G 1 および G 2 桁）について、P 1～P 2 支間の主桁の応力頻度も測定することとした。

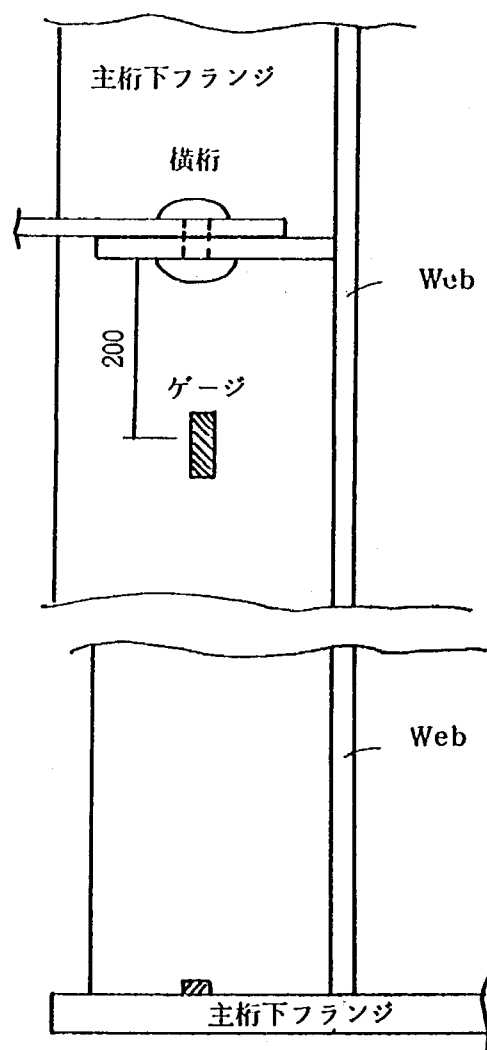
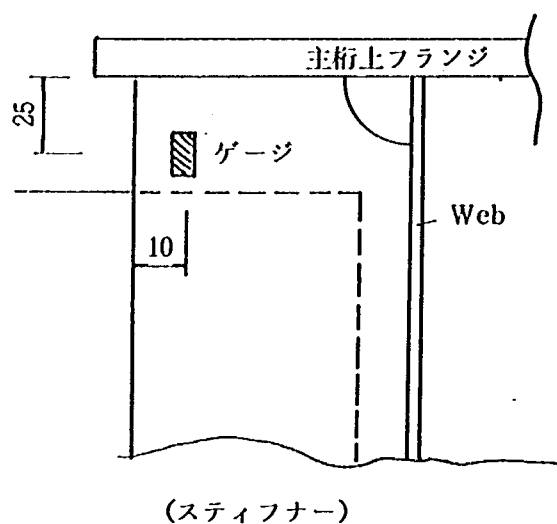
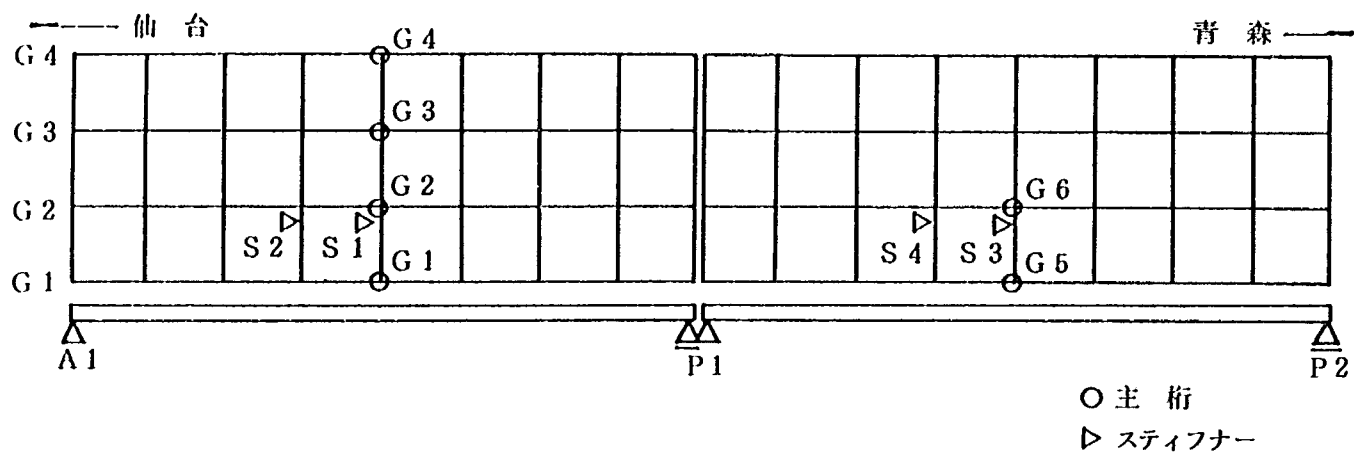
本橋については、前の 2 橋のような疲労きれつ発生は報告されていないが、比較のため図の 4 箇所について垂直補剛材の応力頻度を測定することとした。

応力範囲測定は 7 月 29～30 日（火～水）に行った。29 日の午後 2 時頃現地に到着し、測定の準備を開始した。作業は計測の専門業者 2 名が当り、土研の担当者 2 名が測定箇所等の指示を行った。橋下は高水敷で自由に使用でき、主桁までの高さも 4～5 m 程度であったので、足場としてはしごを使用した。電源は橋面照明用の 200 V を使用した。その後、ひずみゲージの貼付け、配線等の準備作業を行い、キャリブレーションおよび 5 分間の予備測定の後、午後 6 時に 24 時間測定を開始した。

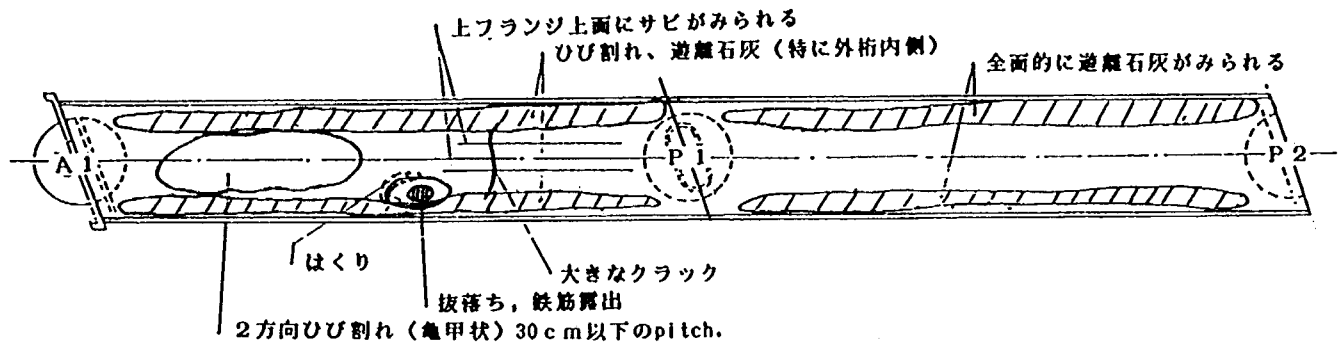
測定は 30 日の午後 6 時に自動的に終了し、直ちにひずみゲージおよび機器の取外しを行った。測定したデータは、翌 31 日仙台国道工事事務所に測定機材を持ち込んで出力した。出力された応力頻度分布を図－3.4.17～20 に示す。

(3) 主桁に作用する応力度

表－3.4.4 は、図－3.4.17～18 の応力頻度分布図から 24 時間の間に測定された主桁の最大最小応力度（ $\sigma_{\max}$ 、 $\sigma_{\min}$ ）を読み取った結果である。4 本の主桁おと大きな差は見られず、300～450 kg/cm² の範囲にある。L 20 に対する設計活荷重応力度 σ_{20} と比較すると、すべて 1/2～2/3 の範囲に収まっている。本橋は合成桁橋であり、床版が著しく損傷を受けている割には実際に作用している応力度はあまり大きいものではないが、前の 2 橋と比べ、交通量が小さいにもかかわらず



図－3.4.15 荒瀬崎ひずみゲージ貼付位置



表－3.4.16 荒瀬橋 床版の状況

設計活荷重応力度との比が大きくなっているのは、本橋が合成桁橋であることによるものと考えられる。

床版の損傷度が異なる2つの支間の比較でも、顕著な差は見られない。この程度の損傷度の違いは、主桁の応力度にあまり影響しないものと考えられる。

(4) 疲労に対する検討

表－3.4.5は、すべての測定結果に対し、最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}$ 、換算疲労被害 ED および換算疲労寿命 EL を求めたものである。主桁の ED 値は、交通量が少ないことや支間長が大きいことに

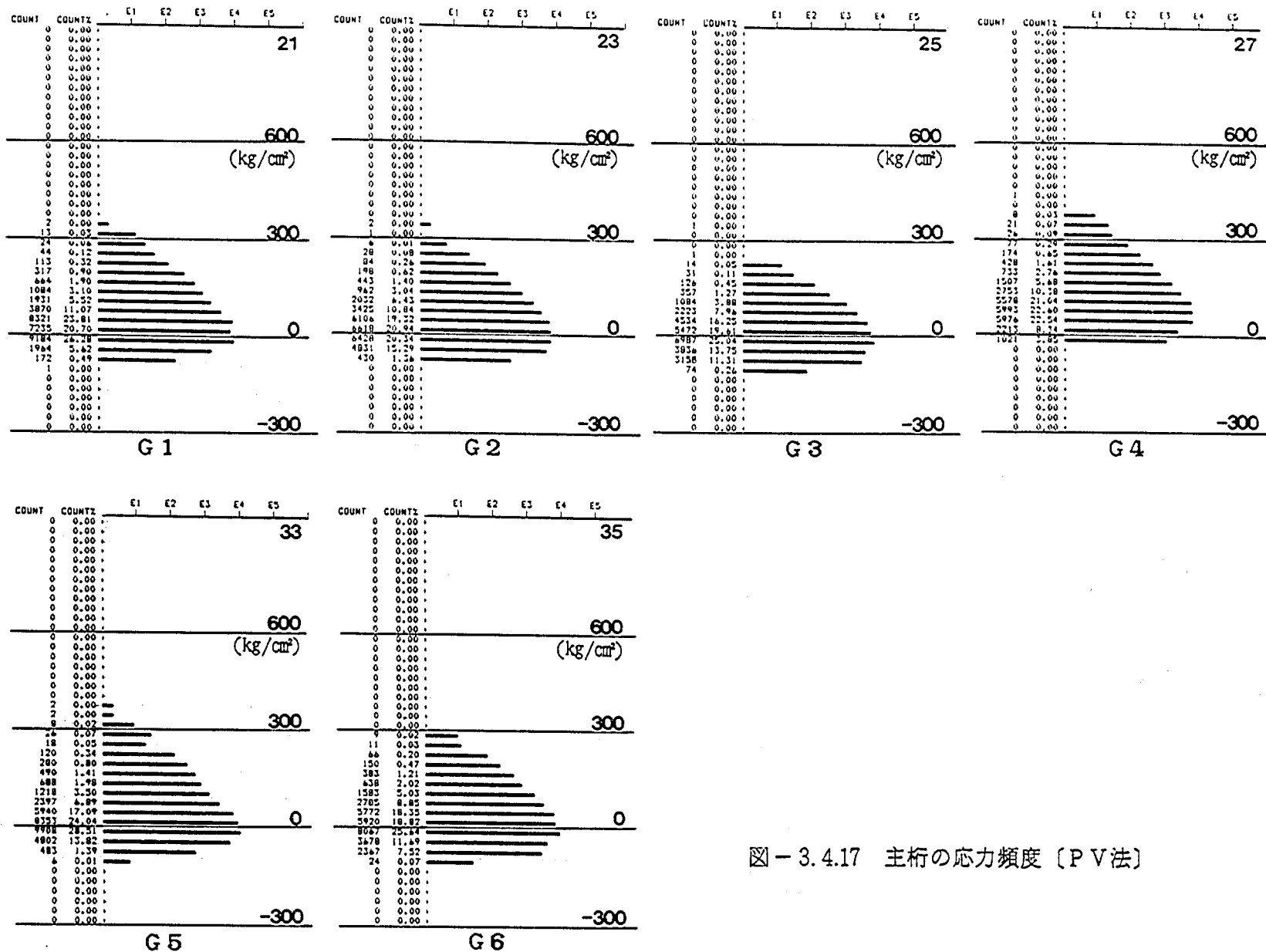
表－3.4.4 主桁の応力度（荒瀬橋）

支間	ゲージ No.	最大応力 $\sigma_{\max}$	最小応力 $\sigma_{\min}$	設計活荷重 応力度 σ_{20}	$\sigma_{\max}/\sigma_{20}$
A ₁ P ₁	G 1	360	－120	683	0.53
	G 2	360	－90	542	0.66
	G 3	360	－120	542	0.66
	G 4	450	－30	683	0.66
P ₁ P ₂	G 5	390	－120	683	0.57
	G 6	300	－120	542	0.55

表－3.4.5. 疲労に対する検討（荒瀬橋）

支間	ゲージ No.	最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}(\text{kg/cm}^2)$	換算疲労被害 ED (1/日)	換算疲労寿命 EL (年)
A ₁ P ₁	G 1	450	9.87×10^{-7}	2,776
	G 2	450	7.95×10^{-7}	3,446
	G 3	450	5.11×10^{-7}	5,361
	G 4	480	5.97×10^{-7}	4,589
	S 1	750	1.08×10^{-6}	2,536
	S 2	1,140	7.70×10^{-6}	356
P ₁ P ₂	G 5	510	1.13×10^{-6}	2,425
	G 6	420	7.57×10^{-7}	3,619
	S 1	1,290	1.23×10^{-5}	223
	S 2	>1,770 *	1.85×10^{-4}	14.8

* フルスケールオーバー



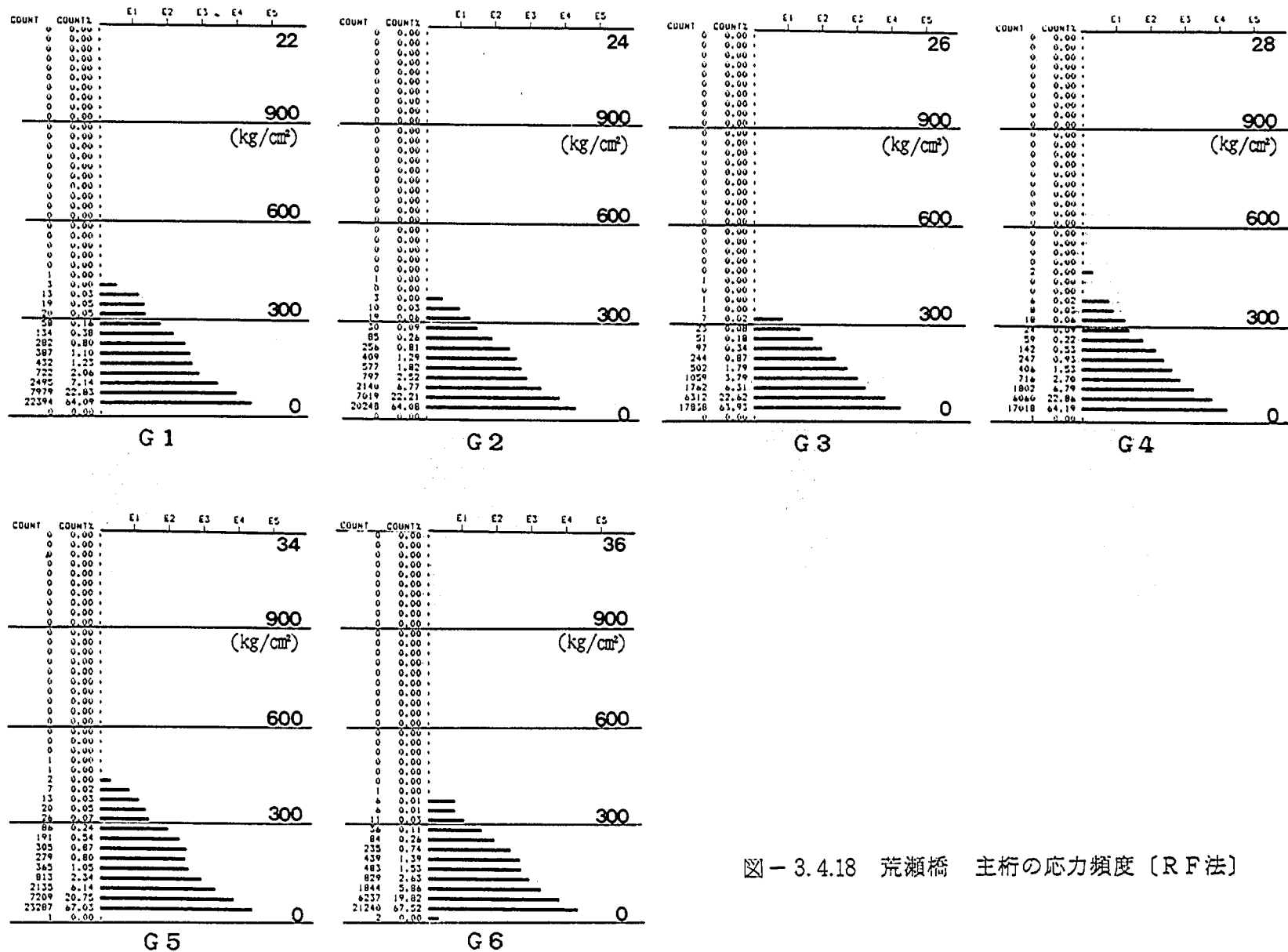


図-3.4.18 荒瀬橋 主桁の応力頻度〔R F法〕

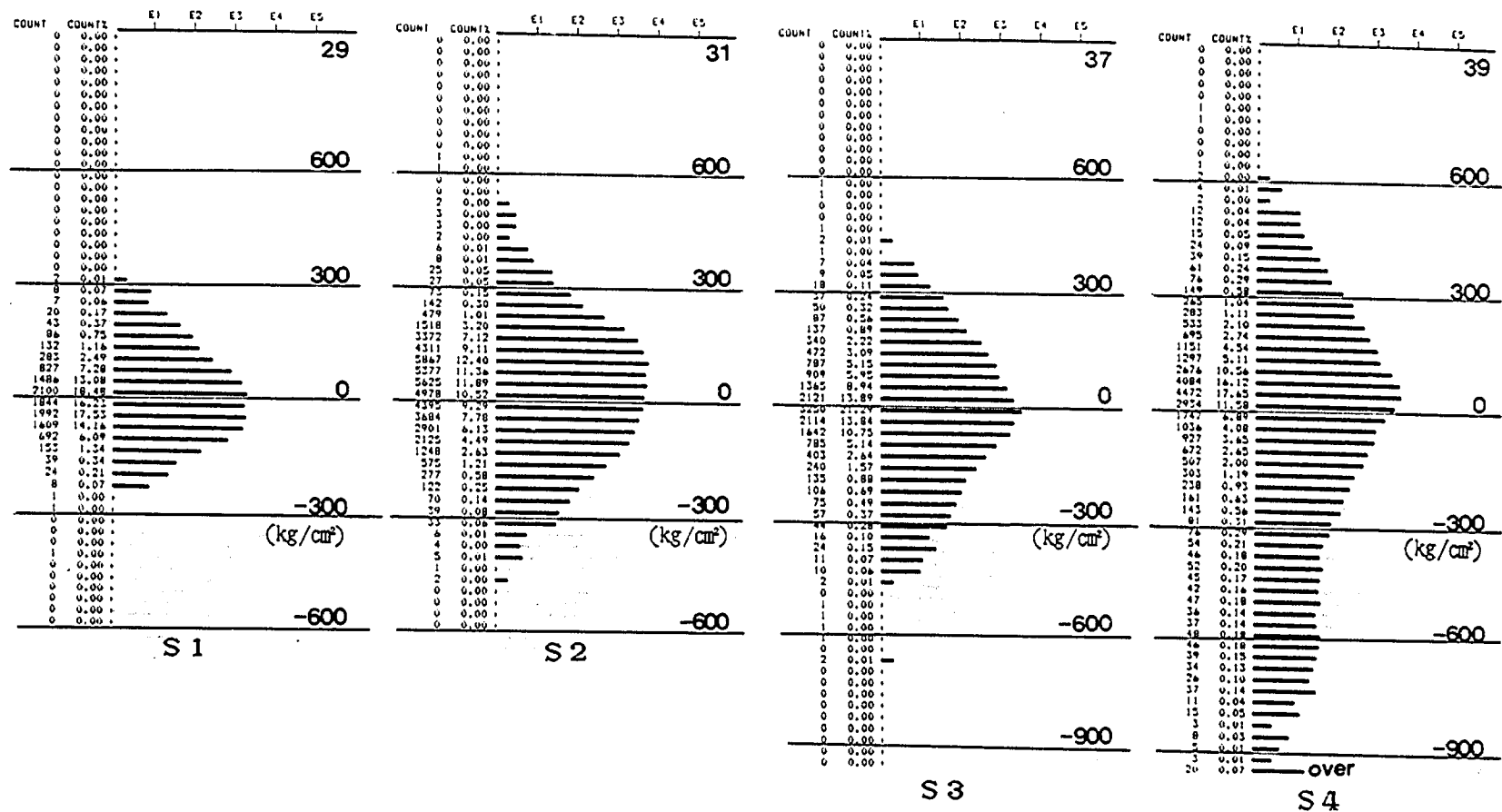


図-3.4.19 荒瀬橋 スチフナーの応力頻度〔P V法〕

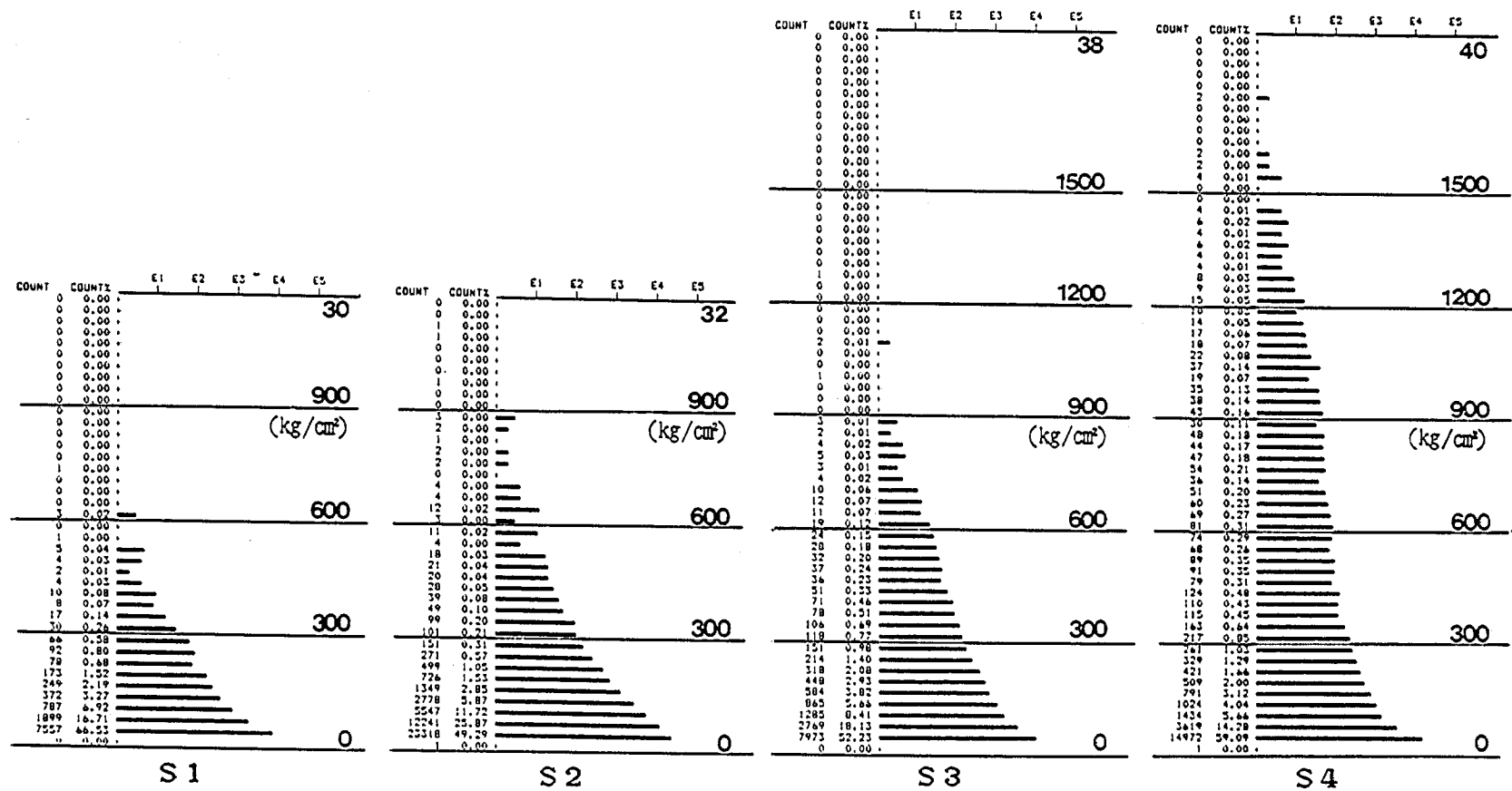


図-3.4.20 荒瀬橋 スチフナーの応力頻度〔RF法〕

より、前の2橋に較べてかなり小さく、2つの支間の間に顕著な差は見られない。一方、垂直補剛材の局部応力については、近傍の床版が抜け落ち、鋼板を敷いて舗装をかぶせただけのA1～P2側の方が応力が著しく小さくなっており、床版が比較的健全なP1～P2支間のほうが大きくなっている。このことは、垂直補剛材の局部応力の発生に床版が主桁の動きを拘束することが、何等かの役割を果たしていることを示唆している。

特にS4で測定された応力度が大きかったため、周辺の垂直補剛材溶接部を調査したところ、G1桁側の補剛材に微小な疲労き裂が観察された。

3.4.7 神流川橋における測定結果

(1) 橋の概要

- | | |
|----------------|--------------------------------|
| 1) 所在地 | 国道17号 埼玉県児玉郡上里町 |
| 2) 架設年次 | 昭和9年 |
| 3) 橋格 | 一等橋(大正15年示方書) |
| 4) 形式 | 鋼単純非合成I桁橋(3主桁、上下線一体) |
| 5) 床版 | 鉄筋コンクリート床版($t=15\text{ cm}$) |
| 6) 橋長(支間割) | 410 m (18@22.7 m) |
| 7) 幅員(車線数) | 9 m (歩道+2車線) |
| 8) 日交通量(うち大型車) | 14,600 台/日 (3,070 台/日) …59年度 |

橋梁の一般図および標準断面図を図3.4.21に示す。本橋は架設当初は歩道なしの2主桁橋であったが、昭和42年度に上り線側に歩道を添加するため主桁が一本追加された。また、昭和50年度には、鉄筋コンクリート床版補強のため、縦桁(S2およびS4)と横桁(C1)が当初からあった縦桁(S1, S3およびS5)および横桁(C2)の間にそれぞれ増設されている。

本橋は、大正15年示方書の小さな設計活荷重(12 t)により設計されており、現行の『鋼道路橋の供用荷重算定指針』によれば、主桁の供用荷重は15.3トン(基本耐荷力は14.2トン)と20トンをかなり下回っている。現在、架換えについて検討が行われているが、少なくともまだ数年は供用しなければならない。したがって、何等かの形で活荷重に対する安全性を確認しておくことが必要と考えられる。

(2) 測定の概要

応力頻度の測定箇所を図3.4.22に示す。測定支間はいっしょに電源に近いA1～P1支間とし、3本の主桁、新旧の横桁、6本の縦桁のそれぞれ支間中央の下フランジにひずみゲージを貼り付けた。ひずみゲージNo.はそれぞれG1～G3, C1～C2およびS1～S6とした。

測定の種類は3種類である。

- ① 24時間応力頻度測定……すべての測定箇所についてPV法およびRF法により解析
- ② 試験車による走行試験……20 t試験車を走行させ動的に応力を測定
- ③ 365日間長期測定……一日の最大応力度を365日分連続して測定

応力の測定箇所は前述のように11箇所であるが、②の試験を24時間測定が自動的に行われて

いる間に効率的に実施するため、②の試験においても測定対象とする8箇所についてはひずみゲージを接近した位置に平行に2枚貼り付けた。したがって、ゲージの貼付け総数は19枚である。

測定は8月11～12日（月～火）に行った。11日の午後2時頃現地に到着し、準備を開始した。測定の専門業者3名が作業に当り、土研の担当者2名が測定箇所等の指示を行った。橋下は神流川の高水敷で、リフト車の進入が可能のためこれを足場として使用した（写真－3.4.6）。主桁までの高さが4～5m程度であったので、365日測定の条件設定や後片付けにははしごも併用した。電源は橋面照明用200Vをトランスにより100Vに変換して使用した。後述するように、長期測定を引続き行うので、電線の引回しおよびトランスの設置については、いたずらされぬよう注意をはらった。

ひずみゲージの貼付け、配線等の準備を行い、キャリブレーションおよび5分間の予備測定の後、午後7時に24時間応力頻度測定を開始した。準備に要した時間は約5時間である。

(3) 24時間応力頻度測定結果

測定された24時間の応力頻度分布図を図－3.4.23～26に示す。これらのデータから最大最小応力度（ $\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$ ）、最大応力範囲（ $\Delta\sigma_{\max}$ ）、換算疲労被害EDおよび換算疲労寿命ELを読み取ったものを表－3.4.6に示す。

主桁の中では、G3桁の応力度が最も大きく、最大570 kg/cm²である。その他では、新設の横桁（C1）の応力がやや大きい。その他の縦横桁については支間が短くなったこともあり、応力はすべて非常に小さい。また、EDやEL等疲労に関する数値を見ても、すべての部材が疲労による損傷を生じることはないものと考えられる。

応力頻度分布を見ると、S1、S2およびS4に非常に大きな圧縮応力度がカウントされており、S1ではその回数が多くなっている。その他の縦桁にはこのような傾向は見られない。6本の縦桁はそれぞれ条件が異なり、S1、S3、S5およびS6は、架設当初からの旧縦桁である。但し、S1とG2主桁の間はスラブシート（波形鋼板）により床版の補強が行われている（写真－3.4.7）。また、S6は張出し部の縦桁である。これらに対しS2およびS4は新たに追加されたものであり、床版との間には樹脂が注入されている。大きな圧縮応力度は、これらの新縦桁に1度ずつ測定さ



写真－3.4.6 リフト車による準備作業
（神流川橋）



写真－3.4.7 測定装置の設置状況と床版補強用スラブプレート（G₂－S₁間）（神流川橋）

表－3.4.6 測定値の整理結果（神流川橋）

ゲージNo	最大応力度 $\sigma_{\max}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	最小応力度 $\sigma_{\min}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	最大応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	換算疲労被害 ED (1/日)	換算疲労寿命 EL (年)
G1	300	-90	360	8.28×10^{-8}	33,000
G2	450	-60	480	5.47×10^{-7}	5,000
G3	570	-60	600	1.14×10^{-6}	2,400
C1	300	-30	330	1.99×10^{-8}	138,000
C2	540	-120	630	2.11×10^{-6}	1,300
S1	360	-960 > *	1,320 < *	2.07×10^{-6}	1,320
S2(桁)	330	-480	810	2.28×10^{-7}	12,000
S3	240	-60	270	6.69×10^{-9}	410,000
S4(桁)	270	-600	870	1.30×10^{-6}	2,110
S5	210	-180	390	1.41×10^{-6}	1,940
S6(外)	180	-150	300	2.05×10^{-7}	13,400

* オーバーフロー

表－3.4.7 活荷重に対する安全性の評価

主 桁	測定最大応力度 $\sigma_{\max}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	設計活荷重応力度 $\sigma_{20}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	$\sigma_a - \sigma_d$ (kg/cm^2)	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}}$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{\max}}$
G2	450	774	772	0.997	1.72
G3	570	923	656	0.711	1.15

れており、鋼板の載っている S1 に数多く生じている。このように、一定の傾向が見られるため、これらの測定値がノイズである可能性は小さいものと思われる。この現象を解明することは本調査の目的から外れるので、これ以上の考察は省略する。

本橋では、設計活荷重が現行の TL 20 よりも小さかったことによる主桁の耐荷力不足が指摘されているが、実際に測定された応力度の最大値との比較で活荷重に対する安全性の評価を試みる。表－3.4.7 は、G2 および、G3 主桁に対する設計応力度と実測応力度の比較を行ったものである。安全性の評価と死荷重と活荷重（衝撃の影響を含む）のみを考慮して行うとすれば、許容応力度 σ_a から死荷重応力度 σ_d を引いた残りが活荷重のための応力度ということになる。ここでは、死荷重応力度が比較的正確に計算できることを考慮して、設計値をそのまま使用した。 $(\sigma_a - \sigma_d)$ と設計活荷重応力度 σ_{20} の比は、G2 桁ではほぼ 1.0 と見なせるが、G3 桁では 0.711 とかなり小さい値であり、これは基本耐荷力にして 14.2t に相当する。『鋼道路橋の供用荷重算定指針(案)』に従って係数 K を乗じて供用荷重を求めても 15.3t にしかならず、本来ならば荷重制限が必要である。しかし、実際には主構造には変状がみられないこと等の判断から、損傷の著しい床版の補強のみを行って制限することなく供用されている。ここで σ_{20} の代わりに 24 時間の測定最大応力度 $\sigma_{\max}$ との比を求めると、それぞれ 1.72 および 1.15 となり、測定期間中には許容応力度を超えることはなく、まだ若干の余裕を有していることがわかる。G3 桁における 1.15 の余裕が十分

なものかどうかの判断は、今後の研究（とくに 365 日間長期測定の結果）を持たなければならないが、少なくとも実際の応力度が頻繁に許容値を超えるものではないと推測される。

(4) 試験車による走行試験

本試験の目的は、交通規制をせずに載荷条件の明らかな応力測定データを得る方法としての本法の精度、および新設の縦桁が有効に働いていることを確認することにある。

使用した測定機材は、動ひずみ計 8 ch、感光式の電磁オシログラフ（ビジグラフ）およびバックアップ用データレコーダである。試験車としては、3 軸ダンプトラックに碎石を積み、台貫により重量を測定して使用し（総重量 20.9 t）、先行車両と十分な距離を保ちながら速度がほぼ一定となるように試験支間を 10 往復し、通過時のひずみ波形を記録した。測定に当っては橋上に人員を配し、トランシーバーを用いて試験車通過の合図をした。また、試験車通過時における対向車線の載荷状態を記録し、試験支間に試験車が単独で載荷した場合のデータを有効とした。その結果、約 8 割のデータが有効と判断された。

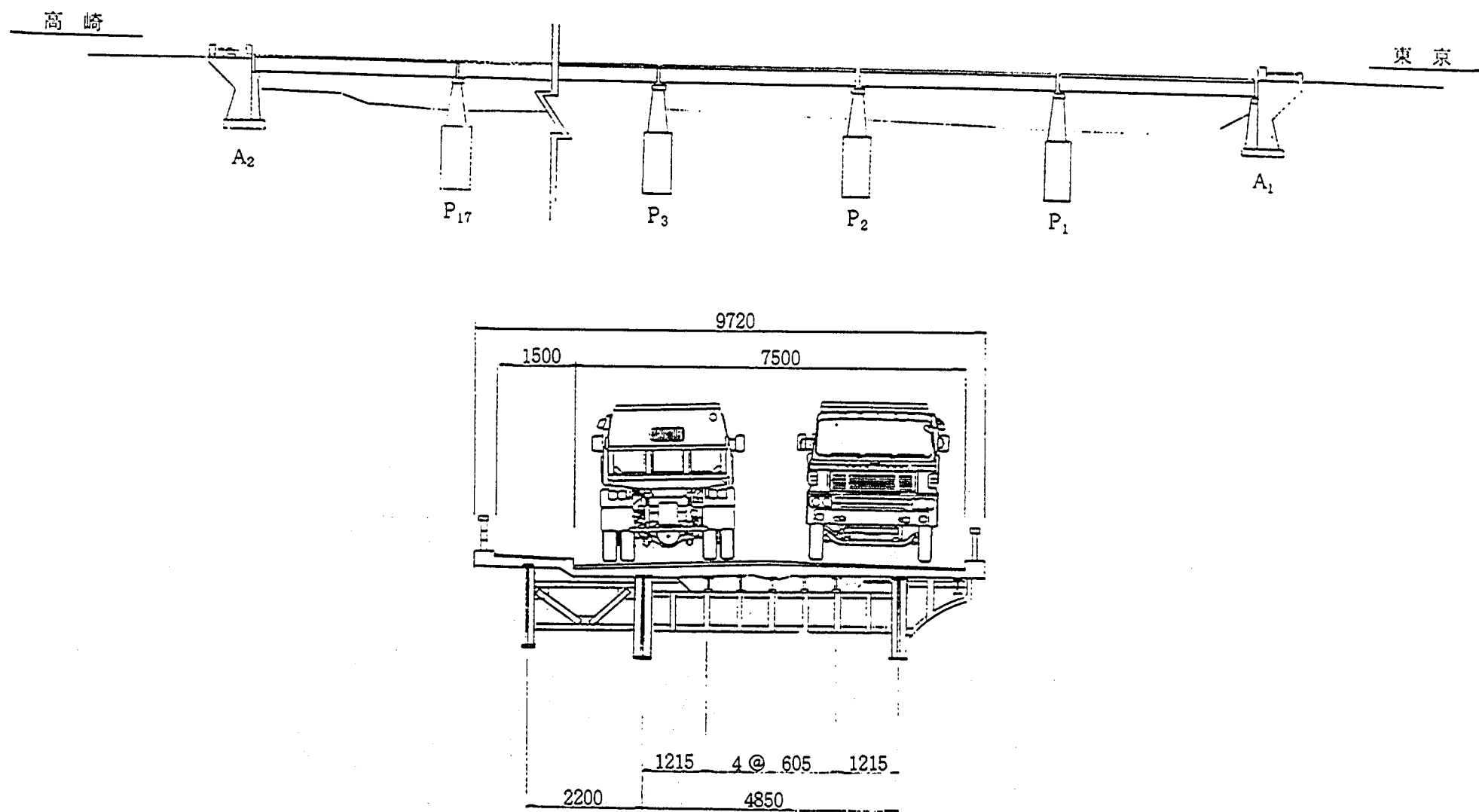
図-3.4.27 は、車両走行時において測定されたひずみ波形の例を示したもので、左から試験車（上り）、同（下り）および一般の車両（セミトレーラー、下り）通過時のものである。それぞれの部材が車両の通過によってどのような応力を受けているかがよくわかる。

試験車通過時における G 2 および G 3 桁の最大応力度は、それぞれ 132(上り)、161(下り) kg/cm² で、それぞれ 9 および 7 回の測定に対し、データのばらつきは 3~4% とかなり小さく、通過交通に影響を与えずにかなりよい精度で載荷試験データが得られることがわかる。

セミトレーラー通過時のひずみ波形を見ると、車輪の通過位置に対してほぼ同様の位置関係になる S 4 および S 5 の縦桁の波形が明らかに違っているのがわかる。前述したように、新設された S 4 縦桁は、すき間にエポキシ樹脂を注入することによって床版と一体化されているのに対し、S 5 縦桁では床版との固定はとくに考慮されていない。得られたひずみ波形は、S 4 縦桁は床版と一体となって働いており、S 5 縦桁は単に床版の支持桁として働いていることを示している。このように新設された S 4 縦桁は支持桁として有効に機能していることが確認された。

(5) 365 日間長期測定

24 時間応力頻度測定が終了し、データをフロッピーディスクに吸い上げた後、配線の変更を行って長期測定を開始した。測定の対象は G 2、G 3、C 2 および S 4 とした。以上の 4 点について、1 日の最大最小応力度および最大応力範囲の 365 日分のデータが連続的に得られる予定である。ソフトウェアの作製後最初の測定であり、トラブルの発生が予想されるので、1~2 か月に 1 回程度中間データの収集を行う予定である。この測定データは、24 時間応力頻度測定におけるデータのばらつきや、コンピュータシミュレーションによる照査荷重算定法の妥当性の確認に使用する。



図－3.4.21 神流川橋の一般図および標準断面図

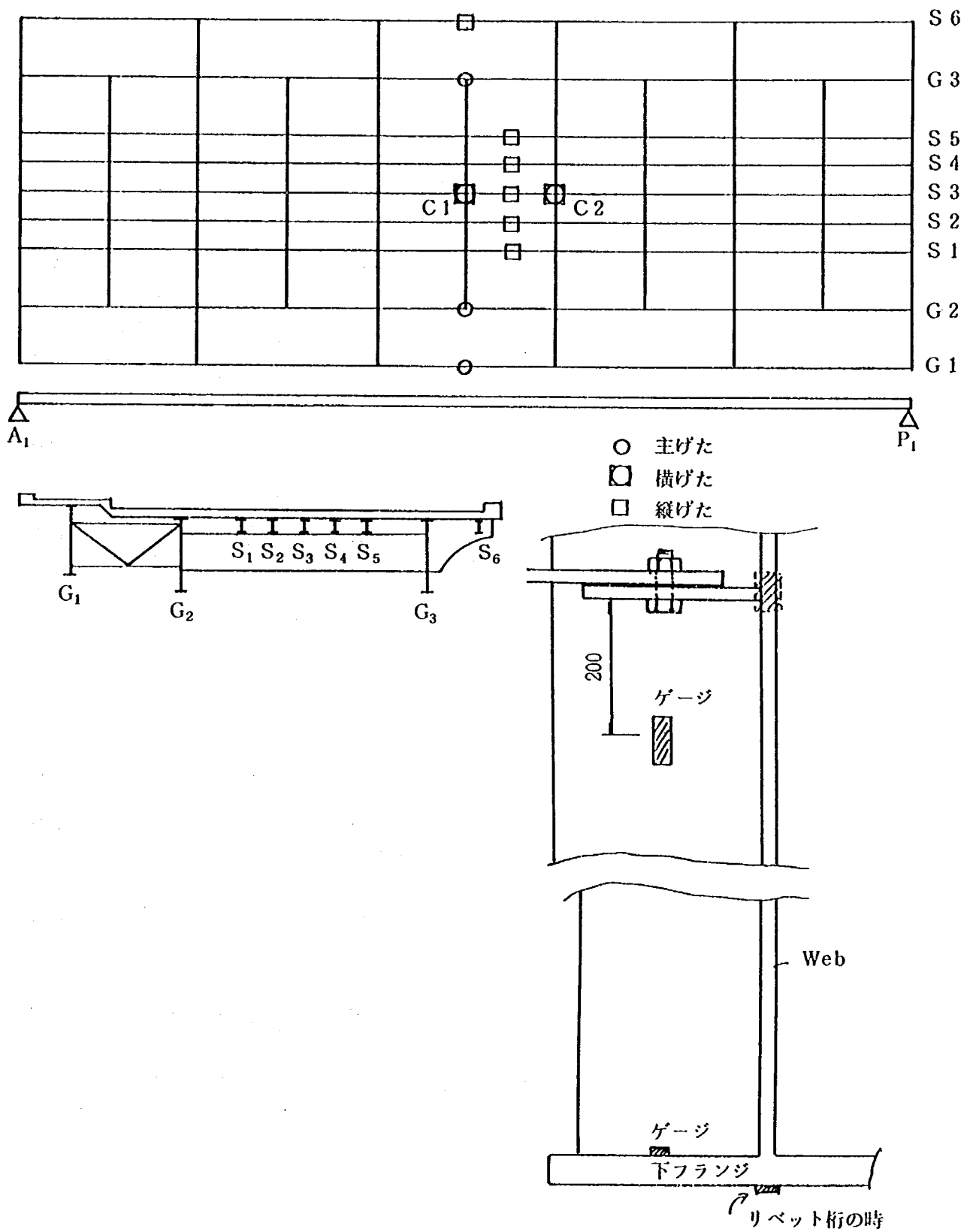
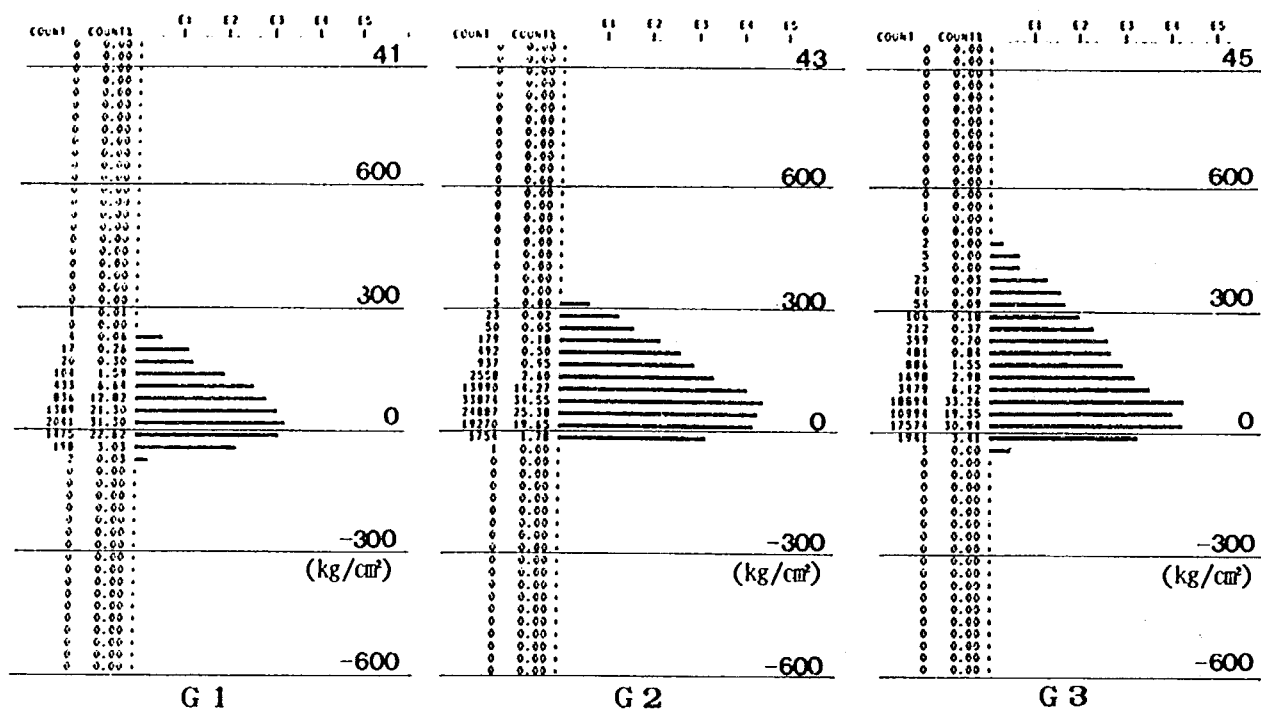


図 - 3.4.22 神流川橋ひずみゲージ貼付け位置

[P V 法]



[R F 法]

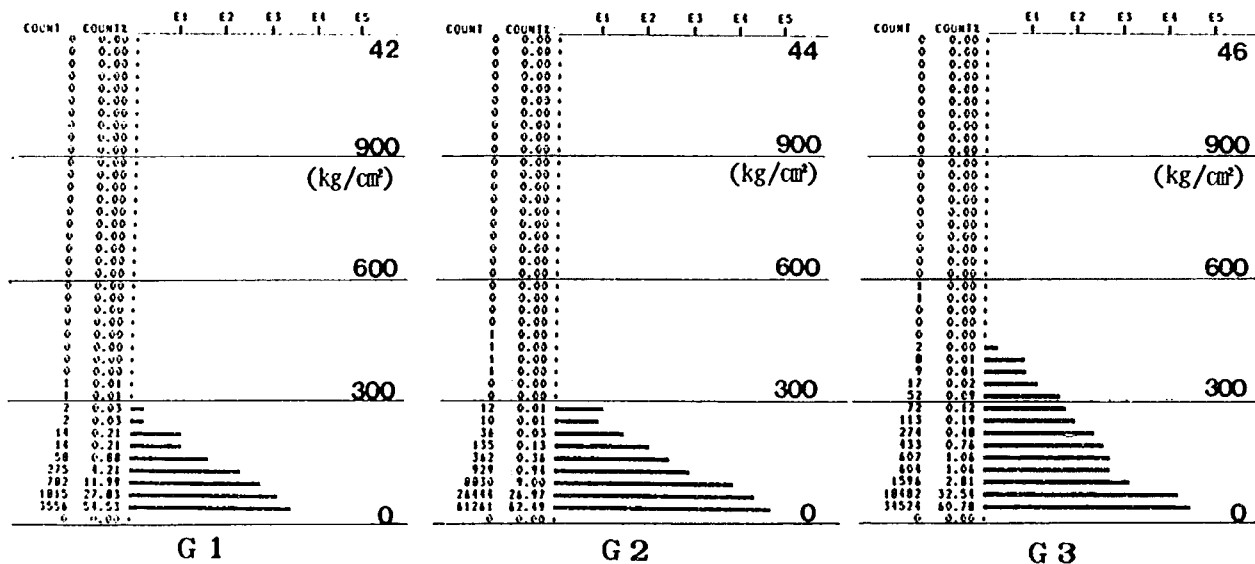
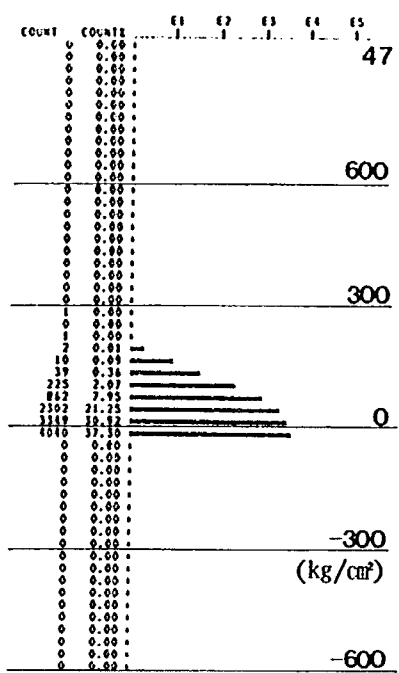
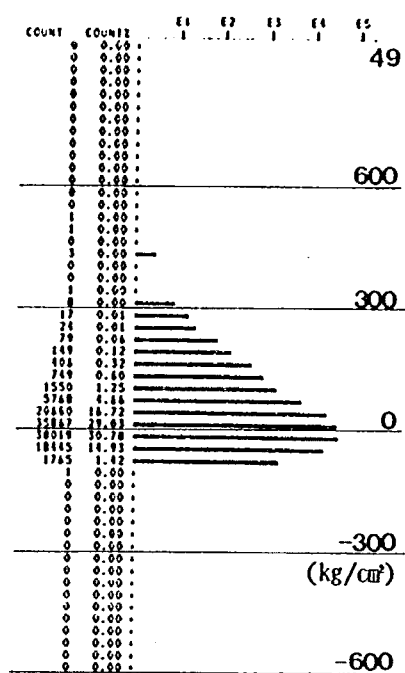


図-3.4.23 神流川橋 主桁の応力頻度

[P V 法]

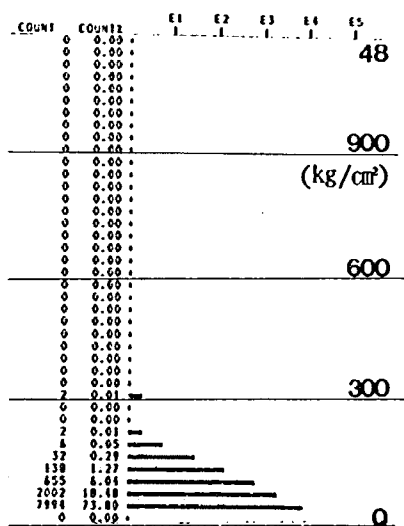


C 1

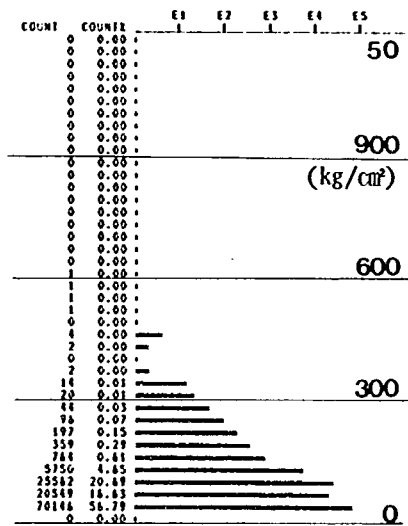


C 2

[RF法]



C 1



C 2

図-3.4.24 神流川橋 横桁の応力頻度

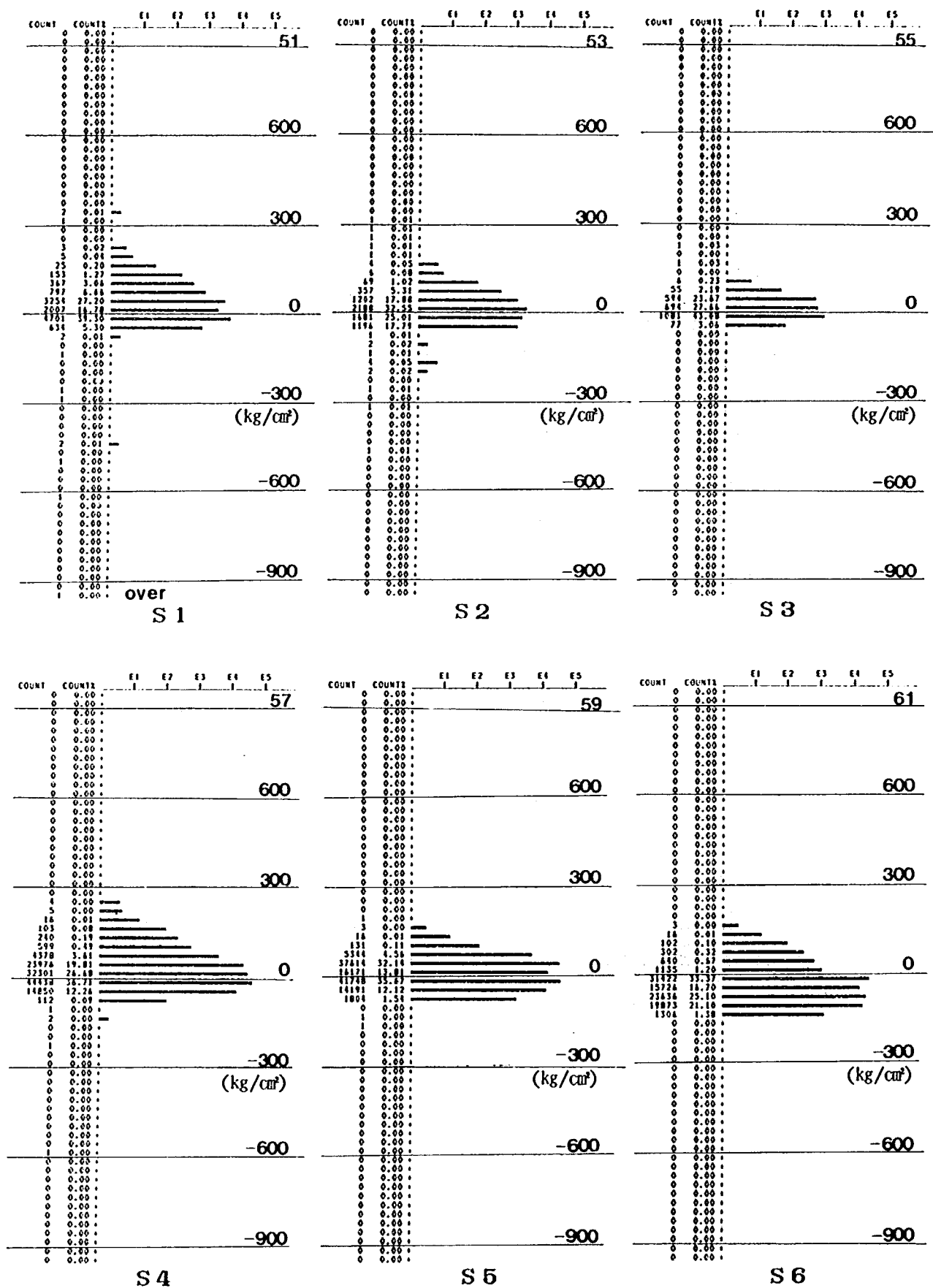


図-3.4.25 神流川橋 縦桁の応力頻度 (P V 法)

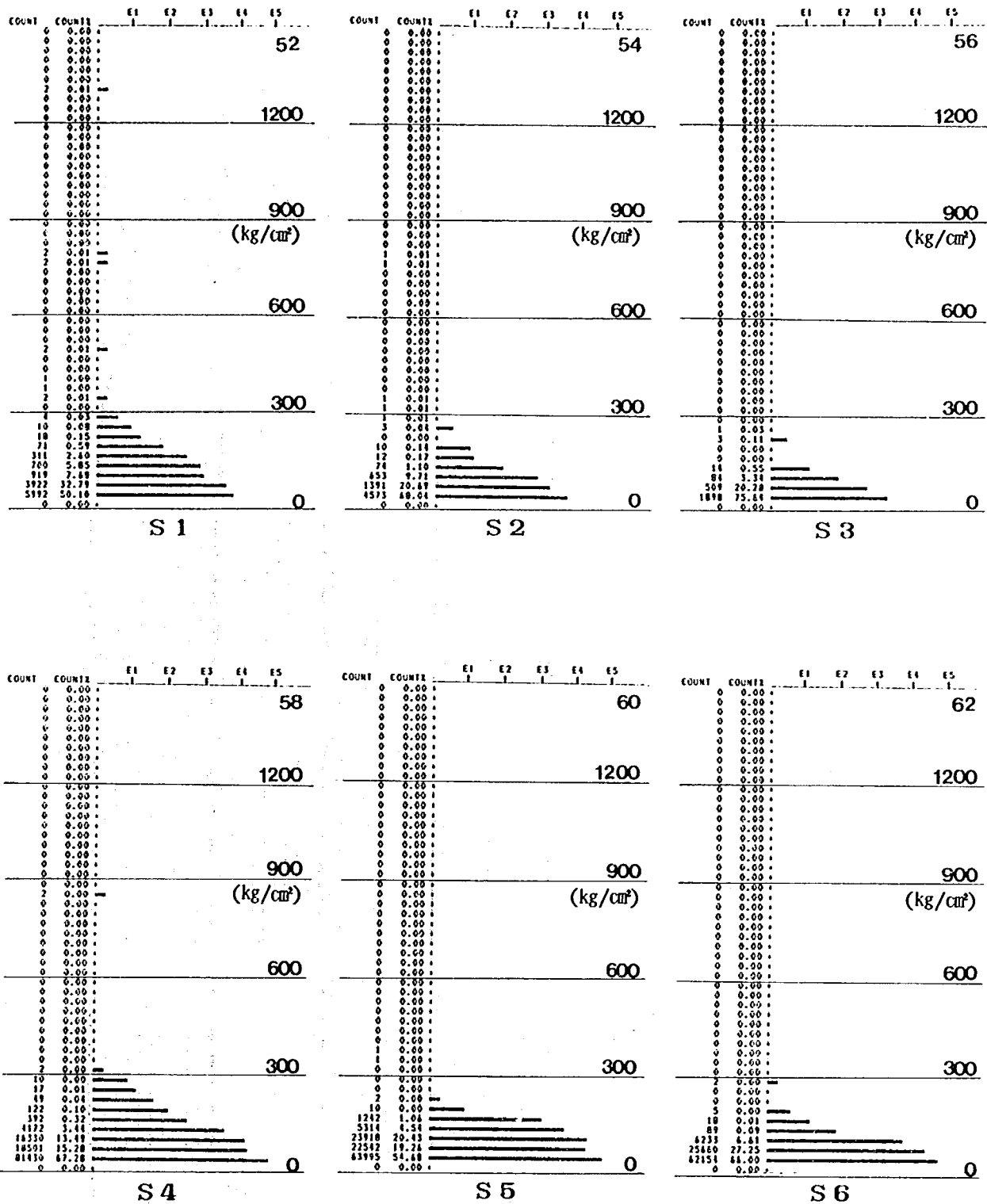
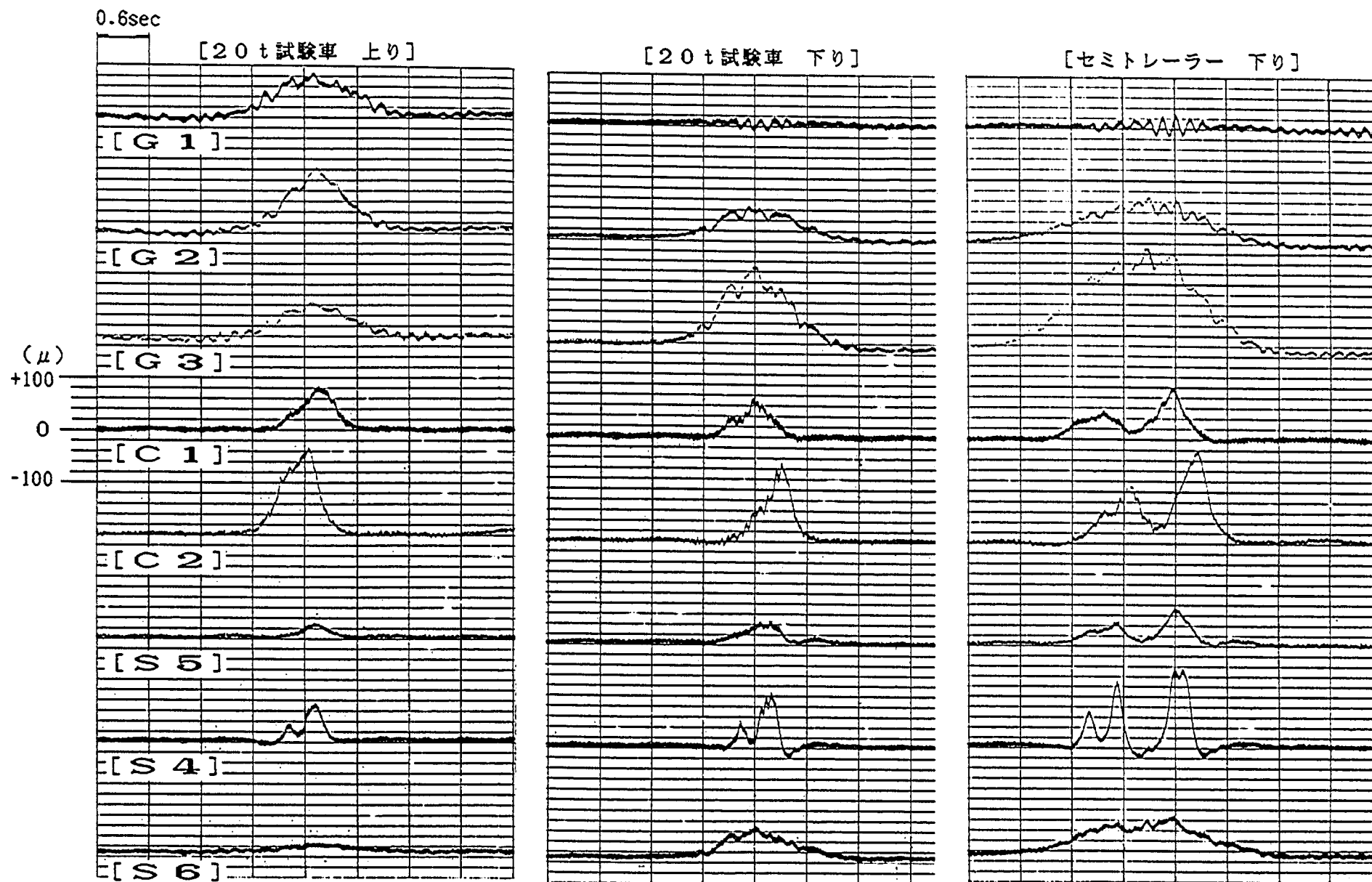


図-3.4.26 神流川橋 縦桁の応力頻度〔RF法〕



図－3.4.27 試験走行試験において測定された応力波形の例

3.4.8 応力頻度のまとめ

(1) ヒストグラムレコーダ等の機材について

測定に使用したヒストグラムレコーダについては、ノイズの影響等とくに問題は起こらず信頼性の高いデータが得られた。また、測定精度は今回多く用いた1レベル 30 kg/cm^2 が限界であるが、既設橋の耐荷力評価には十分である。

はしごを用いて測定準備を行う場合、レコーダとアナライザを接続するケーブルが短く作業性が悪かったが、5 m の接続ケーブルを試作して使用したところ、よい結果が行われた。同装置を購入する際には、同時に延長ケーブルを入手することが望ましい。

(2) 作業に要する人員および時間

24 時間頻度測定の前準備作業に要する人員および時間はほぼ予想通りであり、貼り付けるひずみゲージ 10 枚前後、レコーダ 1~2 台に対し、3 人の作業員により所要時間は 4~6 時間であった。自動的に測定が行われている間は他の作業が可能のため、橋梁間の距離が比較的近ければ、 n 橋の測定を行うのに $n+1$ 日であれば可能である。但し、この場合は 2 台のレコーダが必要である(アナライザは 1 台でよい)。

(3) 電 源

電源としては主として照明用の 200 V を使用したが、100 V に降圧するためのトランスが必要であること以外とくに問題はない(写真 3.4.8)。しかし、電源の確保はすべての作業に先んじて行わなくてはならないので(ディスクサンダー、はんだごて等に使用)、作業時間に及ぼす影響が大きく、スイッチボックスと測定支間との位置関係、距離および配線の経路等については、予め十分に調査しておく必要がある。

(4) 足 場

地上から主桁までの高さが 4~5 m 程度までならば、はしごにより作業が可能である。それ以上の場合にはリフト車の手配が必要となる。この場合、桁下にリフト車が進入可能かどうか確認しておく必要がある。

(5) 応力頻度分布の測定結果

共和高架橋の主桁の応力頻度分布に明らかに、端桁と内桁どのように作用する応力の特性の違いが頻度分布の差として捕えられている。

また、18 年前(昭和 43~44 年度の技術研究会)に行われた測定では、主桁に作用する最大応力度は $100\sim300 \text{ kg/cm}^2$ であったが、今回の計測ではすべての橋でこれらの数字を上回る応力度が測定され、車両の増加と大型化の影響が顕著に現われている。

荒瀬橋では、床版の損傷度の違いが主桁の

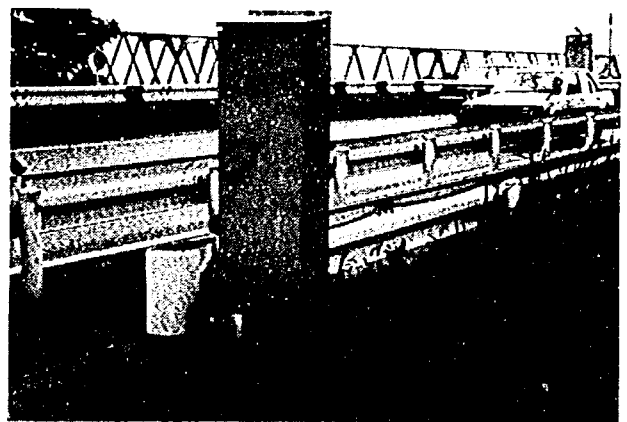


写真-3.4.8 照明用電源からの配線
スイッチボックスの下
に置いてある箱は、ト
ランス格納用

応力度にどの程度影響を及ぼすかについて比較を行ったが、1箇所の抜落ち程度では有為な差はみられなかった。しかし、抜落ち部付近の補剛材に作用する局部応力に対しては、著しく影響することが明らかになった。

(6) 疲労に対する評価

今回定義した換算疲労被害 ED および換算疲労寿命 EL は、応力範囲の頻度分布から容易に計算でき (ED はアナライザ内蔵のプログラムにて算出可能)、疲労に対する評価を行う場合にわかりやすく、便利かつ有効な指標であると考えられる。これらの指標を用いて疲労に対する絶対的な評価を下すためには、さらに多くのデータを収集する必要があるが、共和高架橋では補強前後の指標の比較により、補強の効果を定量的に確認することができた。

(7) 試験車による走行試験

神流川橋で補助的に行った試験車による走行試験は、交通規制を全く必要とせず既知の荷重条件下における応力測定が可能であることを明らかにした。主桁の応力度の測定値のばらつきは3%程度と小さく、測定可能な点数は少ないが静的载荷試験に代えることが可能と思われる。また、動的にひずみ波形を記録できることから、補強部材が有効に機能しているかどうかの確認をすることができた。ひずみゲージ等は応力頻度測定と共用できるので、構造上何等の問題がある場合には、本試験を併用することが有効であると思われる。

3.4.9 TL-20 未満の設計活荷重により設計された橋梁の供用実態調査

(1) 目的

- 1) 安全性評価の対象となる橋梁が現在どのような使われ方をしているのか、その実態を把握する。
- 2) 供用実態と交通量等の関係について調べる。
- 3) 供用されているこれらの橋梁の中から応力頻度測定の対象とする橋梁を選び出す。

(2) 調査方法

地建等を通じ、全国の一般国道指定区間を管理している事務所に調査表を配布し、データを土研へ集める。調査結果は土研において取りまとめ、データファイル化する。対象となる橋梁は、一般国道指定区間に架かる車道を有する橋梁のうち、昭和31年の道路橋示方書以前の基準により設計された全ての橋梁、および同示方書以降の基準により二等橋 (L-14, T-20 も含む) として設計された橋梁とする。(TL-20 未満の特殊な設計活荷

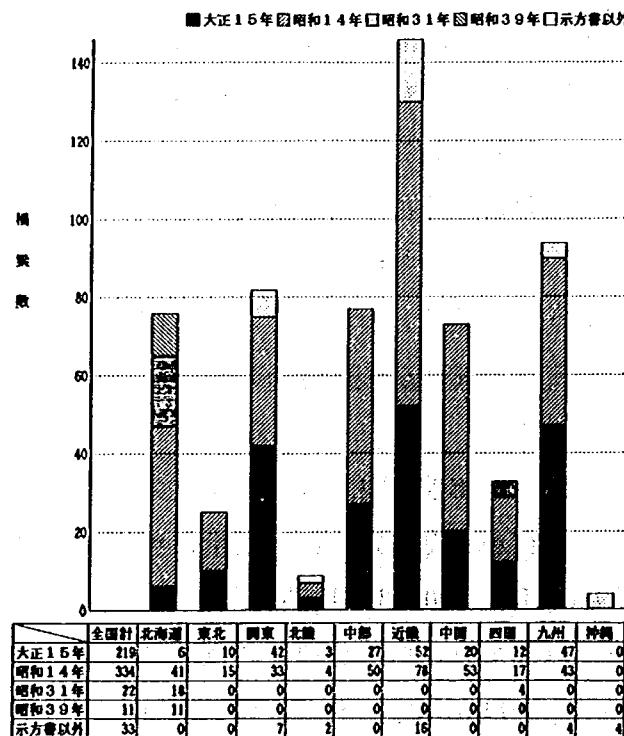


図-3.4.28 示方書別集計表

重で設計されたものが有ればこれを含む。)

指定区間に架かる橋長 15 m 以上の橋梁 7,236 橋のうち, 825 橋が該当する。(昭和 59 年道路施設現況調査より。)

別紙に調査表及び作成要領を示す。

(3) 調査結果

全国 73 事務所, 今回の対象とした範囲を超える 1,210 橋の回答を得た。これらのうち今回の対象となる橋梁は, 619 橋であった。詳細については今後分析を進めていくとともに, 得られたデータに基づき, 次年度以降の実験対象橋梁を, 選定していく方針である。

1) TL-20 未満の設計活荷重の橋梁の分布

一次集計としてつぎの 3 表を作成した。図-3.4.28 は地域別に TL-20 未満の設計活荷重橋梁を, 各示方書別に分類したものである。データの不確かなもの及び昭和 31 年示方書 1 等橋は除外した。この図では昭和 14 年示方書による橋梁が, 全国に広く現存することがわかる。また, 大正 15 年示方書の橋梁も関東, 近畿, 九州に多いことがわかる。また, 昭和 31 年示方書以降の 2 等橋は, 北海道と四国のみである。沖縄の 4 橋は, いずれも AASHO によるものである。近年においては, 2 等橋はほとんど架けられていないことがわかる。

図-3.4.29 は, 設計活荷重の基本となるトラック重量別に, 分類し直したものである。ここでは日本の示方書によるものだけに限定した。12~14 トンの設計活荷重の橋梁がほとんどを占め, 10 トン未満の設計活荷重の橋梁は非常に少ないことがわかる。

図-3.4.30 は, 1 車線当り大型車交通量別に分類したものである。大型車, 1 車線当り, 1,000 台を超える交通条件下で, 396 橋, 67%の橋梁が使われている。大型車, 1 車線当り, 5,000 台以上という, 極めて重交通量下の橋梁も 22 橋, 15%ある。

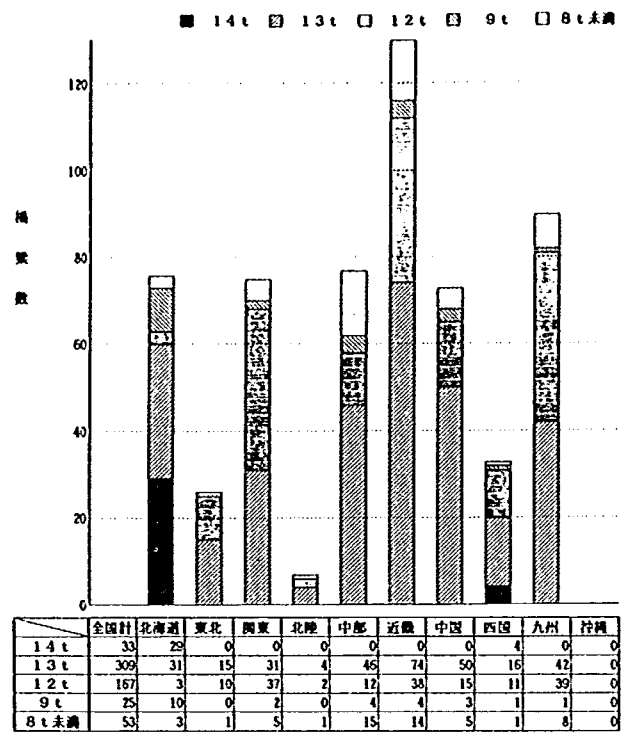


図-3.4.29 設計活荷重別集計表

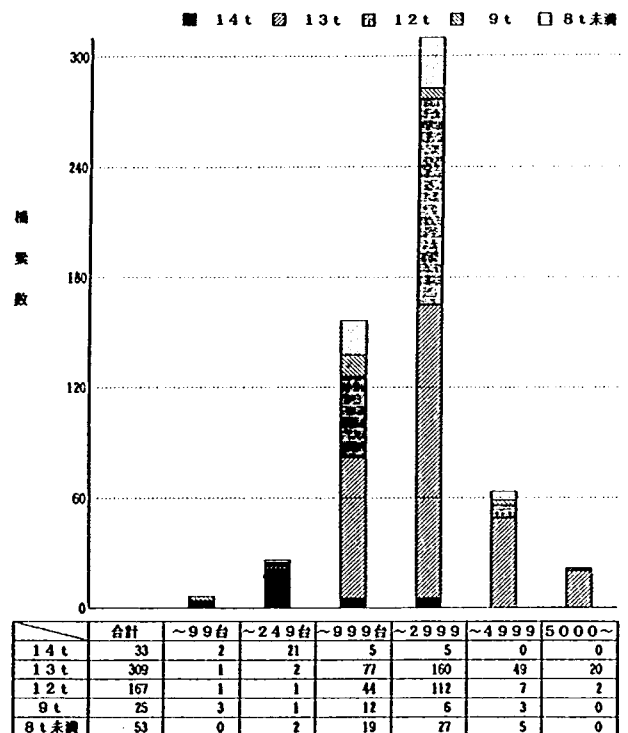


図-3.4.30 大型車交通量別—設計活荷重別集計表

昭和 31 年示方書以降の 2 等橋は、大型車交通量の少ないところで使用されているが、大正 15 年及び昭和 14 年示方書の 2 等橋以下の橋梁はかなり多く、大型車交通量の大きいところで使用されている。以上のように耐荷力の小さな橋梁がかなり激しい条件下で、使用されているという実態が明らかになった。今後、このような橋梁をいかにして活用していくかという安全性評価の方法の充実を急ぐ必要がある。

調査表作成要領

(1) 橋梁名コード

道路施設限況調査による橋梁名コードを用いて記入する。全国で行っている橋梁調査との関連を付けるために必要なものである。

1

(2) 橋梁名（漢字）

橋梁の名称を漢字で左づめ8文字以内で記入する。8文字で納まらない場合は欄外に正式名称を記入する。

2

(3) 橋梁名（カタカナ）

橋梁の名称をカタカナで、左づめ20字以内で記入する。

3

(4) 地建コード

次の区分により該当コードを記入する。

区 分	コード	区 分	コード
北海道開発局	1	近畿地方建設局	6
東北地方建設局	2	中国	7
関東 "	3	四国	8
北陸 "	4	九州	9
中部 "	5	沖縄総合事務局	0

4

(5) 事務所コード

建設省マイクロ回線の事務所局番を、事務所コードとし2ケタで記入する。ただし、関東においては下2ケタとする。

例 新潟国道工事事務所 21→21

東京国道工事事務所 701→01

5

(6) 路線名コード

一般国道路線番号を、3ケタで記入する。

例 国道16号線→016

6

(7) 分割番号

橋梁が1箇所において、上下線に分離して架設されている場合のみ記入する。

例

橋梁名	分割番号
0 0 1 1	1
0 0 1 1	2

7

(8) 架設竣工年次を次の区分より該当するコードを拾い、記入する。

8

例

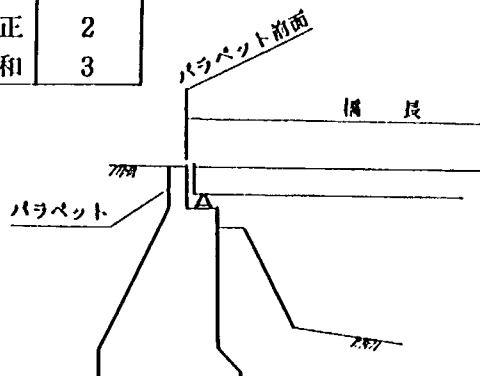
昭和35年→335

区 分	コード
明治以前	0
明 治	1
大 正	2
昭 和	3

。明治以前は、年号コードのみ。

(9) 橋 長

橋台間のパラペット前面の距離を記入する。



9

10 幅 員

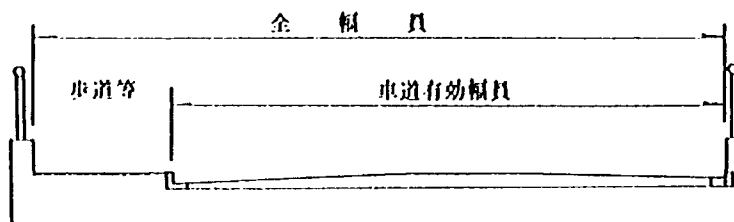
幅員を次の区分により、メートル単位で小数点以下2位を4捨5入して1位まで記入する。

区 分
全 幅 員
車道有効幅員

10

		.	
		.	

- ① 全幅員とは、地覆前面間の距離をいう。
- ② 車道有効幅員とは、全幅員から歩道、自転車道等を差し引いた距離をいう。



(1) 橋梁形式

1) 形式数

11-1

以後に記入する形式の種類数を記入する。なお2種目からは、2)～9)のみを繰り返し記入する。

2) 路面位置

次の区分より該当するコードを記入する。

11-2

区 分	コード	備 考
上 路 橋	1	路面が主桁（主構）の上部にあるもの
中 路 橋	2	路面が主桁（主構）の中間部にあるもの
下 路 橋	3	路面が主桁（主構）の下部にあるもの
二 層 橋	4	路面が上下二段になっているもの

3) 使用材料

上部工（床版を除く）の使用材料について、次の区分により該当するコードを記入する。

11-3

区 分	コード
鋼 橋	1
R C 橋	2
P C 橋	3
石 橋	4
木 橋	5
そ の 他	6

4) 支持方式

次の区分により該当するコードを記入する。

11-4

区 分	コード
単 純	1
連 続	2
ゲルバー	3

5) 構造形式

上部工の構造形式について、次の区分により該当コードを記入する。架設年次の古く小分類が不明な橋梁については、大分類のみでもよい。

区 分		コード	区 分		コード
大分類	小 分 類		大分類	小 分 類	
床 版 橋 桁 橋		10	ラーメン橋 斜 張 橋		50
		20			60
	I 桁	21		I 桁	61
	I 桁 (合成)	22		I 箱 桁	62
	H 桁	23		ト ラ ス	63
	H 桁 (合成)	24	吊 橋		
	箱 桁	25			70
	箱 桁 (合成)	26		I 桁	71
	T 桁	27		I 箱 桁	72
		30		ト ラ ス	73
ト ラ ス 橋 ア ー チ 橋		40			
	ア ー チ	41			
	ラ ン ガ ー	42			
	ロ ー ゼ	43			
	タイドアーチ	44			

11-5

6) 床 版

次の区分より、該当するコードを記入する。

区 分	コード	備 考
鋼 床 版 1	1	開リブを主として使用
鋼 床 版 2	2	閉リブを主として使用
R C 床 版 3	3	
I 形 鋼 格 子 床 版 4	4	I ビーム床版
プレキャスト系床版 5	5	
そ の 他 6	6	

11-6

7) 同形式の径間数

同一形式の径間数を記入する。

11-7

8) 同形式の最大支間長

同一形式の最大支間長をメートル単位で記入する。

11-8

9) 同形式の最小支間長

同一形式の最小支間長をメートル単位で記入する。

11-9

(12) 適用示方書

設計時に適用した示方書類（適用示方書類および橋格一覧表を参照）を次の例にしたがい記入する。

12

例 大正15年示方書 → 「215」

- ① 表中の示方書によらないで設計されたもの（例：木橋、吊橋等橋格のないもの等）については、「999」を記入する。この場合は橋格の記入はいらない。
- ② 旧橋を撤去せず部分的に架替等を行った場合の記入は、当初架設時の適用示方書類を記入する。

(13) 橋 格

次の区分により該当するコードを記入する。

区 分			コード
1	等	橋	1
2	等	橋	2
3	等	橋	3
床版のみ1等橋(T-20, L-14)			4
T	T	- 4 3	5
な		し	9

13

適 用 示 方 書 類		コード	橋 格
大正15年示方書		215	1等橋 2等橋 3等橋
昭和14年示方書		314	" "
昭和31年示方書		331	" "
昭和39年示方書		339	" "
同上および昭和42年9月9日道路局長通達「道路橋の一方鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋の設計について」		342	" "
昭和47年示方書			
昭和53年示方書	Ⅲ コンクリート橋編	347	" " T T - 43
昭和55年示方書	I 共通編	353	" " "
	Ⅱ 鋼橋編	355	" " "
	Ⅳ 下部構造編		
	V 耐震設計編		

(14) 日交通量

交通センサス調査（55年，58年，60年）の全車線交通量を車線数（16）で除した1日1車線当り交通量を次の区分により，該当するコードを記入する。観測地点は，同一路線のうち，橋梁架設位置と交通量が大きく変化しない点とする。

区 分	コード
500 台 未 満	1
500 台以上 1,000 台未満	2
1,000 台以上 3,000 台未満	3
3,000 台以上 5,000 台未満	4
5,000 台以上 10,000 台未満	5
10,000 台以上	6

14

55年：

58年：

60年：

(15) 大型車交通量

交通センサス調査（55年，58年，60年）の1日24時間大型車交通量を車線数（16）で除した1日1車線当り大型車交通量を次の区分により，該当するコードを記入する。観測地点の考えはは（15）と同じである。

区 分	コード
100 台 未 満	1
100 台以上 250 台未満	2
250 台以上 1,000 台未満	3
1,000 台以上 3,000 台未満	4
3,000 台以上 5,000 台未満	5
5,000 台 以上	6

15

55年：

58年：

60年：

(16) 車線数

16

車線数を記入する。ただし9車線を超えるときは、コード「9」を記入する。

(17) 現況

調査時点における現況について、次の区分により該当するコードを記入する。

区 分	コード
自動車交通不能	
通行制限あり	
通行制限なし	

17

(18) 供用荷重算定値

供用荷重を算定している場合は、そのTon 数を記入し、行なっていない場合は、「00」を記入する。

18

(19) 供用荷重算定手法

次の区分により該当するコードを記入する。

	コード
鋼道路橋（プレートガーダー橋およびトラス橋）供用荷重算定指針（案） 日本道路協会・橋梁委員会	1
R C - T桁橋の耐荷力算定指針（案） 昭和51年（直技）第30回論文集又は、土木研究所資料 1228 号	2
道路橋の供用および・補強に関して 雑誌「橋梁と基礎」83年8月号 佐伯彰一、金井道夫	3
その他の方法による	4
算定していない	0

19

(20) 補修済みの損傷履歴

床版と主構造に分け、次の区分により該当するコードを記入する。ただし、舗装打替、伸縮継手、高欄、支承等、耐荷力に直接影響の無いものは除外する。

区 分	コード
なし	1
あり	2
不明	3

20

(床版) ——— ↑

(主構造) ——— ↑

(21) 現在の損傷状態

調査時点における損傷状態を床版と主構造に分け、（20）と同じ区分により記入する。

ただし、（20）と同様に耐荷力に直接影響の無いものは除外する。

21

(床版) ——— ↑

(主構造) ——— ↑

(データシート B-1)

— 106 —

(データシート B-2)

[illegible]

Q2 架替計画

今後の架替計画について、次の区分により該当するコードを記入する。

区 分	コード
当 面 予 定 な し	1
おおむね10年以内に架替等により供用停止を予定	2
“ 5年以内に “	3
おおむね10年以内に移管等を予定	4

22

Q3 備 考

データとしてコメントしたい内容を20字（漢字は1字2マス）以内使用できる。

23

3.5 耐震性評価法に関する中間報告

3.5.1 概 要

(1) 耐震設計法の変遷に伴う被害形態の変化の調査

耐震性判定法としては、既往の地震で被害を受けた橋及び被害を受けなかった橋の差異を事前に説明し得るモデルの開発が必要とされる。このため既往の代表的地震による被害橋を対象として解析モデルの検討を行う必要があるが、一方では、耐震設計法自体の進歩・拡充に伴ない、橋梁の被害形態も質的に変化してきている。したがって、耐震設計法の変遷に伴う被害形態の被害形態の変化の様子を調査し、最近の橋梁の被害形態を検討することとした。

(2) 既往の耐震性調査法の適用性の検討

橋梁の耐震性判定法として現在までに各種の手法が提案されているが、これらの中で、最も多岐にわたる調査項目を含み、比較的簡易な計算で耐震性を判定する日本道路協会の手法を対象に昭和 53 年宮城県沖地震他により被害を受けた橋梁をサンプルとして、その適用性及び問題点を検討した。

3.5.2 耐震設計法の変遷に伴う被害形態の質的变化

1923 年の関東地震以後、道路橋に影響を与えた 14 地震について、何らかの被害を受けた永久橋（鋼橋、コンクリート橋）の橋数及び落橋数を示すと表 3.5.1 のようになる。これによれば、関東地震以後現在までに約 3,000 橋の道路橋が地震により被害を受け、このうちの 24 橋（ただし、火災による 9 橋を除くと 15 橋となる）が落橋したことがわかる。

表 3.5.1 に示した 14 地震のうち代表的な 5 地震について道路橋の被害状況を示すと、以下のようになる。

a) 関東地震（1923 年）

1923 年 9 月 1 日、神奈川県相模湾沿岸に震央をもつマグニチュード 7.9（震源深さ 0～20 km）の地震が発生した。道路橋の被害は東京のほか、神奈川、静岡、埼玉、山梨、千葉の各県において 1,785 橋にも及び、震央に近い神奈川県で半数以上の橋が被災した。東京都では振動による被害は比較的少なく、火災による被害が多かったのに対して、横浜市では火災よりも振動による被害が多かった。この当時はまだ耐震設計の重要性は認識されておらず、このため道路橋の設計に際して地震力は考慮されていなかった。

写真 3.5.1 は小田原市内の酒匂橋の落橋を示したものである。橋脚が完全に倒壊し、このため上部構造が落橋している。酒匂橋は 33 スパンの単純橋であったが、全スパンがこの写真と同じような被害形態で落橋した。

b) 福井地震（1948 年）

1948 年 6 月 28 日、福井県福井市付近に震央（震源深さ 20 km）をもつマグニチュード 7.3 の地震が発生した。震源が福井県、石川県の境界からやや福井県よりの福井平野の直下であったため、

表 3.5.1 道路橋（鋼橋，コンクリート橋）
にかなりの被害を与えた14地震
とその被害の概要

地震発生 年 月 日	地 震 名	M ^{*1}	被害橋数	落橋数
1923. 9. 1	関 東 東	7.9	1,785 ^{*2}	15 ^{*3}
1946.12.21	南 海	8.1	346	1
1948. 6.28	福 井	7.3	243	4
1949.12.26	今 市	6.4	1	0
1952. 3. 4	十 勝 沖	8.1	128	0
1962. 4.30	宮 城 県 北	6.5	187	0
1964. 6.16	新 潟	7.5	98	3
1968. 2.21	え び の	6.1	10	0
1968. 5.16	十 勝 沖	7.9	101	0
1978. 1.14	伊豆大島近海	7.0	7	0
1978. 6.12	宮 城 県 沖	7.4	95	1
1982. 3.21	浦 川 沖	7.1	5	0
1983. 5.26	日本海中部	7.7	176	0
1984. 9.14	長野県西部	6.8	14	0
合 計			3,191	24

^{*1} M(マグニチュード)は，理科年表または気象庁
によった。

^{*2} 火災による被害橋（約400橋）を含む。

^{*3} 火災による落橋（9橋）を含む。

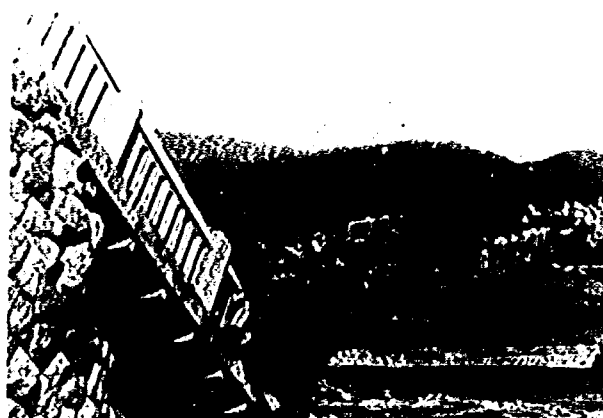


写真 3.5.1 酒匂橋震害状況（関東地震）

福井・石川の両県において 243 橋の道路橋に被害が生じた。激甚な被害は福井市内及びその周辺に集中しており，被害は主に下部構造に集中した。上部構造の被害は僅少であり，しかも下部構造の倒壊による衝撃の影響により引き起こされた 2 次的なものが多かった。

代表的な被害形態として，中角橋の例を図 3.5.1 および写真 3.5.2 に示す。中角橋では 14 スパン中 10 スパンが落橋した。

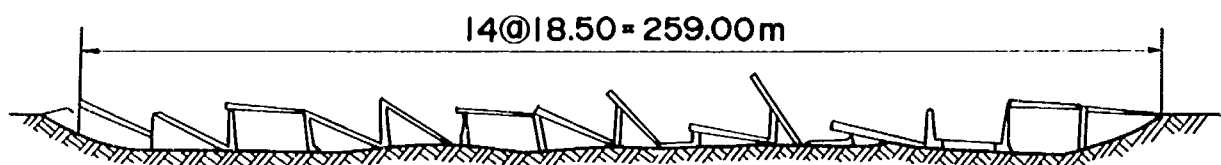


図 3.5.1 中角橋の被害（福井地震）

C) 新潟地震（1964 年）

新潟地震は，1964 年 6 月 16 日，新潟県粟島付近で発生したマグニチュード 7.5 の地震であった。震源は新潟市の北方約 55 km の海底で，新潟市を中心として，地盤条件が地震に対して脆弱な地域に被害が集中した。特に市内を流れる信濃川，阿賀野川の河口付近の沖積平野では地盤の液状化に伴う支持力の低下により，多くの橋台，橋脚が傾斜，沈下，すべりなどの被害を受けた。しかし，よく締まった地盤に十分に根入れされた基礎を持つ橋では被害は軽微であった。

上部構造の被害としては，桁の落下のほか，支承部，伸縮継手，高欄の損傷が見られたが，多



写真 3.5.2 中角橋（福井地震）

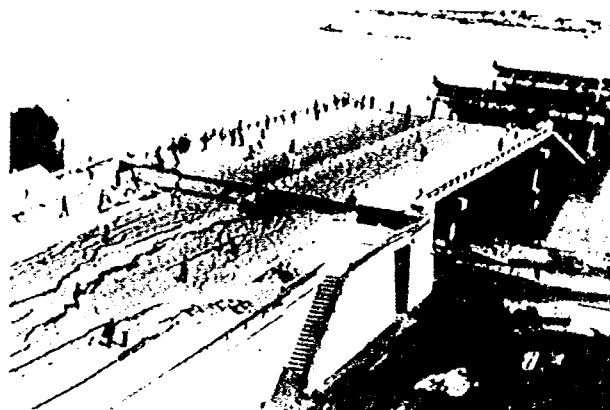


写真 3.5.3 昭和大橋の落橋（新潟地震）



写真 3.5.4 千代大橋（宮城県沖地震）

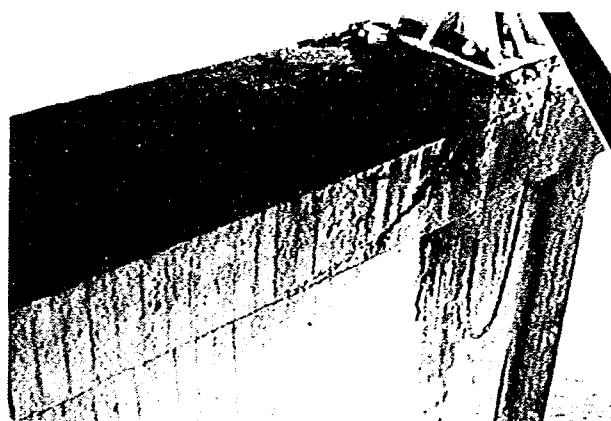


写真 3.5.5 天王橋（宮城県沖地震）

くのは下部構造の損壊と大変位に起因したものであった。

写真 3.5.3 は昭和大橋の落橋の様子を示したものである。昭和大橋では、橋脚、橋台ともにパイルベルト（ $\phi 609$ mm, 9 本の鋼管杭）であったが、地震により左岸側の橋台は河心方向に 1 m 移動し、左岸寄りの 4 橋脚（P 1～P 4）は右岸へ向かって傾斜した。橋脚天端位置での永久移動量は 13 cm～42 cm であった。P 5, P 6 橋脚は完全に河中に水没した。上部構造については、12 スパンのうち 5 スパン（左岸から第 3～7 径間）が水中に落下した。被害原因としては、単列の鋼管杭からなるパイルベルトの橋台と橋脚の可撓性が大きかったこと、右岸側を除いて砂質地盤の液状化現象が発生し、地盤の支持力が大幅に低下したこと等が指摘されている。

d) 宮城県沖地震（1978 年）

1978 年 6 月 12 日、宮城県金華山の東方沖約 60 km の海底下約 30 km を震源とするマグニチュード 7.4 の地震が発生し、宮城県下を中心として 95 橋に被害を生じた。このなかには、ゲルバーの吊桁一連が落橋した錦桜橋（国道 346 号）が含まれている。本地震による被災の特徴は、鉄筋コンクリート製橋脚、橋台の亀裂、コンクリートの剝離等の被害、および支承部とその直上の上部構造に被害が多く発生した点である。また、全体としては施工年次の古い橋の被害が著しかった。

鉄筋コンクリート橋脚の破損および支承周辺のコンクリートの破損の例として、写真 3.5.4, 写

真3.5.5に、それぞれに千代大橋(国道4号)および天王橋(国道45号)の例を示す。

c) 浦河沖地震(1982年)

1982年3月21日、北海道浦河沖にマグニチュード7.1の地震が発生し、浦河では気象庁震度階VIを記録した。この地震により、静内町、三石町、浦河町内の計5橋が影響を受けた。全体として公共土木施設等の被害が比較的小さかった中で、静内橋(国道235号)では写真3.5.6に示すように3径間連続3連

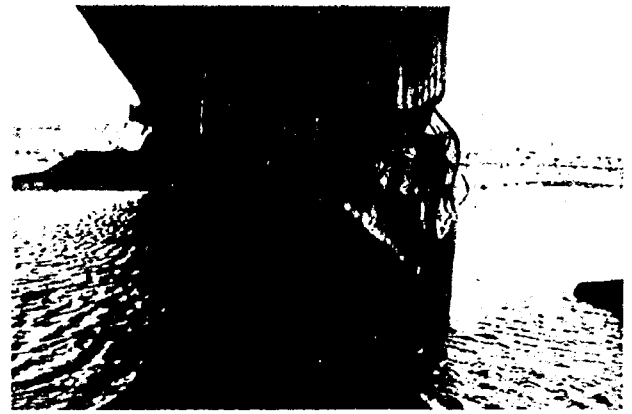


写真 3.5.6 静内橋の橋脚の被害
(浦河沖地震)

のうち、3橋脚が圧壊状態となり、3橋脚にコンクリートの剝離を伴うクラックを生じる等大きな被害を受けた。この原因としては鉄筋コンクリート橋脚のせん断耐力が静内橋設計当時考えられていた値よりもかなり低いことに加えて、連続桁橋の端支点を支える橋脚に作用する橋軸直角方向地震力が、上部工死荷重反力比によって配分される値以上のものになったこと、地盤の卓越周期と橋の固有周期が近接していたため、共振現象を生じたこと等が指摘されている。

以上に示した既往の主要地震による道路橋の被害形態をみると、耐震設計法の拡充・進歩に従って被害形態が質的に変化してきているのがわかる。すなわち、表3.5.2に示すように設計地震力を考慮していなかった時期に建設された道路橋では、関東地震、福井地震等の被災例にみられるように、下部構造自体に大きな横移動、傾斜、転倒を生じ、これが契機となって上部構造が落橋したり甚大な被害を受けたものが多い。ここで、下部構造の変状としては、下部構造自身の強度不足によるものと、周辺地盤の変状、あるいは支持力不足によって引き起こされたものがある。

関東地震による橋梁の被害の契機として、翌年の1924年には内務省土木局が「橋台橋脚等の耐震化の方法」として地震力に相当する水平力を設計の際に考慮するように通達している。この通達は、1926年に「道路構造に関する細則案、第2章 橋梁」において初めて地震力の規定として盛り込まれ、そこでは各地域における最強地震力をとることと規定されている。また、この細則案に代わって1939年に出された「鋼道路橋設計示方書案」においては、設計震度の標準値として水平震度を0.2、鉛直震度を0.1と規定しており、架橋地点の状況を考慮してこの値を増減することとし、合震度($K=0.10\sim0.40$)を用いて算出した地震力を水平方向に作用させるよう別途解説されている。その後に改訂された「鋼道路橋設計示方書」(1956年、1964年)においては、水平震度は地域と地盤の種類によって $K_H=0.10\sim0.35$ の値をとることとし、鉛直震度は0.1を標準とすることと規定されている。なお、地震力を考慮する場合の許容応力度の割増しは、1926年細則案では60%、1939年示方書案では鋼材80%、コンクリート60%、1956年示方書では鋼材80%、コンクリート50%、1964年示方書では鋼材70%、コンクリート50%と規定されている。

このような一連の耐震規定の整備によって、関東地震、福井地震等にみられた下部構造の強度不足による傾斜、転倒による被害は、今日ではかなり減少した。これに対して、周辺地盤の変状、特に飽和砂質地盤の液状化に伴う下部構造の過大な移動、変形による被害形態は現在でもよくみ

表 3.5.2 耐震設計関連の規定の変遷と道路橋の被害形態の変化

西 暦	主 要 な 地 震	主要な被害原因および被害形態の変化	耐 震 設 計 法	耐 震 点 検
1920	1923 関東地震 (M7.9)	橋脚、橋台の移動、傾斜、転倒に伴う下部工の被害	1926 耐震設計の導入。 (大正15年道路構造に関する細則(案))	
1930			1939 設計震度の標準化。 (昭和14年鋼道路橋設計示方書(案))	
1940				
1946 南海地震 (M8.1)				
1948 福井地震 (M7.3)				
1950	1952 十勝沖地震 (M8.1)	固定支承における橋座の欠け落ち		
1960	1964 新潟地震 (M7.5)	液状化による被害	1956 地域、地盤条件に応じた設計震度の算定。 (昭和31年鋼道路橋設計示方書)	
1970				
1978 宮城県沖地震 (M7.4)		橋脚の破損、支承の破損	1971 地域、地盤、重要度、構造特性に応じた設計震度の算定。液状化判定法の導入。 (昭和46年道路橋耐震設計指針)	1971 耐震点検 (S46)
1980	1982 浦河沖地震 (M7.1) 1983 日本海中部地震 (M7.7)		1980 液状化に対する設計の考え方の導入。鉄筋段落とし部の設計法。 (昭和55年道路橋示方書)	1976 耐震点検 (S51) 1979 耐震点検 (S54) 1986 耐震点検 (S61)
1990				

られる。これが顕著な形で最初に認識されたのは、1964年新潟地震による昭和大橋の落橋であった。昭和大橋では、下部構造は転倒するには至らなかったが、周辺地盤が広範囲に液状化した結果、下部構造に大きな変形が生じ、上下部構造間に有効な落橋防止構造を欠いたために上部構造の落橋を招いた。このような経験から、1971年に出された「道路橋耐震設計指針」では、設計震度の規定の他に、地震時の地盤の変状なども考慮して地震の影響を総合的に評価するとともに、上下部構造間の相対変位による落橋を防止するための構造細目などによって構造系全体としての安全性を確保しようという考えが導入された。また、昭和55年の「道路橋示方書Ⅴ耐震設計編」においては、液状化発生の判定方法がより具体的に規定され、さらに基礎構造物の耐震設計に際して液状化の影響を見込む考え方も示されている。

一方、宮城県沖地震、浦河沖地震では、鉄筋コンクリート橋脚の破損と同時に支承およびその周辺の上下部構造の損傷が顕著にみられるようになってきた。これは、下部構造の耐震設計法が進んできた結果、関東地震、福井地震等に見られた下部構造全体の移動、傾斜、転倒等による被害は生じなくなったが、そのかわりに橋脚、支承周辺部のうちのねばりが少ない弱点部に被害が集中するようになったためと考えられる。このような点に対処するため、昭和55年の「道路橋示方書Ⅴ耐震設計編」において変形性能の照査の検討が加えられており、また「同道路橋示方書Ⅳ下部構造編」においては、従来のコンクリートの許容せん断応力度を引き下げるとともに、主鉄筋の段落し位置を従来よりも部材の有効高さに等しい長さだけ高くする等の規定が盛り込まれている。

以上に示したように、地震被害の経験を踏まえて、耐震設計法が進歩・拡充され、そのため全体としては震害が減少する傾向にあるが、同時に従来目立たなかった被害形態が新しく現われてくるといように、耐震設計法の変遷に伴う被害形態の質的な変化が生じていることがわかる。このため、耐震性評価法の開発を行なっていく上では、このような被害形態の変化を考慮し、現在存在している橋に対して当てはまる判定法を作成していくことが重要である。

3.5.3 既往の橋梁耐震性判定法

現在までに提案あるいは実用されている主要な橋梁の耐震性判定法を示すと表3.5.3のようになる。これらの手法は、いずれも多数の橋を対象としており、このため、地震に対する危険性の程度を複雑な計算をすることなく、外観等から現場で把握できる簡易な評価手法、あるいは、まず簡易な方法で1次調査を行った後、耐震性が相対的に劣ると判断された橋梁についてのみ、より詳細な2次調査を行なう手法がある。

表3.5.4は、表3.5.3のうち、主要な6種類の耐震判定法で考慮されている調査項目を比較したものである。これによれば、いずれの手法も上部構造形式、上部工支持条件、地盤条件、下部工の変状等を基本的な調査項目とし、これに上下部構造の構造特性及び強度特性を加味して判断基準としている。したがって、これらの手法間で調査項目に本質的な違いがある訳ではなく、基本的な判断根拠には共通のものが多く、ただし、最終的な耐震性の評価手法には、大きく分けて次の3種類の方法がある。

表 3.5.3 主要な道路橋耐震判定法

No	名 称	年 月	作 成 機 関
1	東京都防災会議・橋梁耐震検討委員会	昭和51年 3 月	東 京 都
2	耐震点検調査票(案)	昭和51年 5 月	建 設 省 土 木 研 究 所
3	所管施設の地震に対する安全性に関する点検	昭和51年 7 月	建設省都市局・道路局
4	昭和54年道路橋・トンネル・横断歩道橋耐震点検調査作成要領	昭和54年 2 月	建設省都市局・道路局
5	橋梁耐震調査要領	昭和54年 9 月	日 本 道 路 協 会
6	デルファイ法	昭和60年 7 月	地震予知総合研究振興会
7	橋梁耐震性調査法	昭和61年 3 月	日 本 道 路 協 会
8	昭和61年道路橋・トンネル・横断歩道橋・盛土耐震点検調査要領	昭和61年 3 月	建設省都市局・道路局

i) 他の項目がいかに耐震性に優れていても、ある項目が不十分な場合には、全体の耐震性が低いと判定する方法

ii) 全項目の総合で耐震性を評価する方法

iii) i)とii)を併用する方法

ここで、i)の方法は、いずれかの項目が要求レベル以下であれば、ただちに耐震性が低いと判定する訳であり、極めて明解でわかりやすい方法といえることができる。しかしながら、ある項目の耐震性が満たされなくても、他の項目の耐震性が良好であれば、全体の耐震性が確保されるのではないかというのがii)の考え方である。ただし、ii)の方法では、全項目を全て加味するために、ある致命的な項目があっても、他の項目により緩和されてしまうという欠点を有している。このため、i)とii)の方法を併用したのがiii)の方法である。

表 3.5.3 に示した調査法の中では、No. 3, 4, 8 が i) の代表例、No. 1, 2 が ii) の代表例、No. 5, 7 が iii) の代表例と、それぞれ、言うことができる。

3.5.4 日本道路協会（昭和 61 年）の耐震調査法の適用性の検討

(1) 検討方針及び耐震調査法の概要

既往の耐震調査法の代表として、表 3.5.3 の中で最も多岐の調査項目を含む日本道路協会（昭和 61 年 3 月）の方法を用いて、これを昭和 53 年宮城県沖地震等で被害を受けた橋に適用し、耐震調査法で予測される被害度と宮城県沖地震等による実被害度との対応を比較検討することとした。

日本道路協会の耐震調査法は、図 3.5.2 に示すフローに従い、表 3.5.5 に示す調査票を併用して、変形に関する評価点 X、及び強度に関する評価点 Y により、表 3.5.6 に基づいて耐震性を次の 3 ランクに判定するものである。

表 3.5.4(1) 主要な耐震点検法の点検項目の比較

大項目	小項目	1. 東京都	2. 建設省土木研究所	4. 建設省都市局・道路局 (昭和54年)	8. 建設省都市局・道路局 (昭和61年)	5. 日本道路協会 (昭和54年)	7. 日本道路協会 (昭和61年)	
上部構造	上部構造形式	○アーチ・ラーメン ○連続桁 ○単純・ゲルバー	○外的不静定 ○外的静定	記	記	○ゲルバー桁・2径間以上の単純支持 ○1径間単純支持(15m以上)・2径以上の連続桁 ○上路、中路アーチ、ラーメン、1径の連続桁・斜張橋・吊橋	○ゲルバー桁・2径間以上の単純支持(15m以上)・2径以上の連続桁 ○上路、中路アーチ、ラーメン、1径の連続桁・斜張橋・吊橋	
	上部構造支持条件	支 承	○落下防止あり ○普通 ○M・M 注)ゲルバーに活荷があれば落下防止、M・Mは同一橋脚上の2つの可動支承の意味	○支承の逸脱 ○落橋防止構造なし ○移動制限装置、支承縁端距離の確保、隣接桁間連結のうちのいずれか1つ ○移動制限装置、支承縁端距離の確保、或いは隣接桁間連結を併用	○支承の損傷の有無 ○アンカーボルトの抜け出しの有無 ○省座の破損の有無 ○異常な変位の有無	○支承の損傷の有無 ○アンカーボルトの抜け出しの有無 ○省座の破損の有無 ○異常な変位の有無	○重大な欠陥あり ○軽微なものなし	
		天 端	○広い(A/S $\geq$ 1) ○狭い(A/S $<$ 1) ゲルバーのかけ違い ○D $\geq$ 1 ○D $<$ 1 注)A:実距離 S:縁端距離 D:A/60(1~3種地盤) A/70(4種地盤)	○移動制限装置、支承縁端距離の確保、或いは隣接桁間連結のすべてを併用	○移動制限装置の有無 ○省座の縁端距離が十分か不十分か ○桁連結装置の有無 注)直橋、斜橋、曲線橋に区分	○移動制限装置の有無 ○桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さ ○落橋防止装置の有無 注)連橋、斜橋、曲線橋に区分	○なし ○1種類 ○2種類以上	
		幅						
	上部構造材料	—	—	記	記	○RC・PC ○鋼	○RC・PC ○鋼	
	平面線形	—	斜角 60°以下 60°~90°	—	—	○斜橋・曲線橋 ○直橋	○斜橋・曲線橋 ○直橋	
	縦断勾配	—	—	—	—	○6%以上 ○6%未満	○6%以上 ○6%未満	
径間数	○1 ○2以上 注)連続桁は1連が1径間 ゲルバーは吊りスパン、アンカーアームスパンの和	○11以上 ○4~10 ○2~3 ○1	記	記	—	—		
コンクリート桁等の異常	—	—	—	○クラック損傷の有無 ○変位位置、損傷程度	—	—		
下部構造	地盤条件	地盤種別	○1種地盤 ○2種地盤 ○3種地盤 ○4種地盤	○悪い ○やや悪い ○普通 ○良い	○飽和砂質地盤 ○極軟弱地盤 ○その他	○飽和砂質地盤 ○極軟弱地盤	○1種地盤 ○2種地盤 ○3種地盤 ○4種地盤	
		液状化のおそれ	○無 ○おそれあり ○有		○良い(層厚1m以下) ○中間(層厚1~10m) ○悪い(層厚10m以上)	○飽和砂質地盤の液状化による影響の有無 注)下部構造の根入れ深さと液状化層厚との関係により判定	○4種地盤のうち極軟弱な地盤 ○その他	○あり ○なし
				○良い(A領域) ○中間(B領域) ○悪い(C領域)		○不均一 ○均一	○不均一 ○均一	
	下部構造条件	○パイルベント及び摩擦杭等明らかに弱体なもの ○その他	○浮き基礎 ○支持基礎	○パイルベント ○独立ケーソン ○RCラーメン ○無筋コンクリート ○レンガ造 ○石造	○パイルベント ○独立ケーソン ○RCラーメン ○無筋コンクリート ○レンガ造 ○石造	○パイルベント ○RCラーメン ○その他	○大正15年細則、昭和14年道示による無筋コンクリート(重力式橋台を除く) ○RC・PC・鋼・昭和31年道示以後の道示による無筋コンクリート、無筋重力式橋台	○大正15年細則、昭和14年道示による無筋コンクリート(重力式橋台を除く) ○RC・PC・鋼・昭和31年道示以後の道示による無筋コンクリート、無筋重力式橋台

表 3.5.4 (2) 主要な耐震点検法の点検項目の比較

大項目	小項目	1. 東京都	2. 建設省 土木研究所	4. 建設省都市局・ 道路局 (昭和54年)	8. 建設省都市局・ 道路局 (昭和61年)	5. 日本道路協会 (昭和54年)	7. 日本道路協会 (昭和61年)
下部構造	下部構造条件	レンガ・無筋 コンクリート その他	レンガ 無筋コンクリート 鉄筋コンクリート・鋼			木杭・レンガ 積ケースン、 石積ケースン、 箱枠工法、不 明 既製RC杭、 ベダタル杭、 2脚ケースン 昭和46年指針 以後製造のもの、 場所打杭、 PC杭、鋼杭、 直接基礎、一 般ケースン	木杭・レンガ 積ケースン、 石積ケースン、 箱枠工法、不 明 既製RC杭、 ベダタル杭、 2脚ケースン 昭和46年指針 以後製造のもの、 場所打杭、 PC杭、鋼杭、 直接基礎、一 般ケースン
	下部構造の高さ	橋台・橋脚の 地表面高値 5 m以下 5 ~ 10 m 10 m以上	下部工躯体部 の高さ 20 m以上 18 ~ 20 m 16 ~ 18 m 14 ~ 16 m 12 ~ 14 m 10 ~ 12 m 7 ~ 10 m 5 ~ 7 m 5 m以下	—	—	10 m以上 5 m以上10 m 未満 5 m未満	10 m以上 5 m以上10 m 未満 5 m未満
	橋脚躯体強度	—	—	良い(A領域) 中間(B領域) 悪い(C領域)	良い(A領域) 中間(B領域) 悪い(C領域)	—	—
	基礎杭の支持力	—	—	支持杭 良い(安全率 2以上) 中間(安全率 1.5 ~ 2) 悪い(安全率 1.5以下) 摩擦杭 良い(安全率 3以上) 中間(安全率 2 ~ 3) 悪い(安全率 2以下)	支持杭 良い(安全率 2以上) 中間(安全率 1.5 ~ 2) 悪い(安全率 1.5以下) 摩擦杭 良い(安全率 3以上) 中間(安全率 1.5 ~ 3) 悪い(安全率 1.5以下)	—	—
	下部工の変状	—	洗掘 有 不明 無	洗掘の有無 基礎の変位の有無 躯体の異常の有無	洗掘の有無 基礎の変位の有無 躯体の異常の有無	洗掘 有 無 重大な欠陥 あり 軽微なもの なし 基礎の常 有 無	洗掘 有 無 重大な欠陥 あり 軽微なもの なし 基礎の常 有 無
	主鉄筋段落し部 の強度	—	—	—	せん断スパン比 地盤種別 主鉄筋段落し部の 降伏強度に対する 安全率 せん断応力度	—	せん断スパン比 段落し部の曲げ 引張ひびわれ 段落し部の降伏 強度に対する安全 率 せん断応力度
その他の 条件	適用示方書	—	大正15年道綱細則 又は昭和14年綱道 示 昭和31年綱道示 昭和46年指針	記	記	大正15年細則・昭 和14年道示 昭和31年道示・昭 和39年道示 昭和46年道示・昭 和55年道示	大正15年細則・昭 和14年道示 昭和31年道示・昭 和39年道示 昭和46年道示・昭 和53年道示
	地域区分	—	A地域 B地域 C地域	—	—	—	—
	交通量	—	10,000台/日以上 5,000 ~ 10,000台/ 日 5,000台/日未満	記	記	—	—
	震度階	震度5 震度5.5 震度6 震度6.5 震度7	—	—	—	—	—

備考 1) 以上の調査項目の他に、調査機関名、調査年月日、路線名、所在地、架橋位置、橋名等が記入される。

2) 建設省都市局・道路局の方法における「記」の意味は、点検項目には含まれないが、同時に調査されることを示す。

表3.5.5 橋 梁 耐 震 調 査 票

調査機関名				調査年月	昭和 年 月	整理番号				
道路種別		路線名		交通量		橋 名				
所在地DID以外	DID (内・外)	バス路線	はい・いいえ	橋 長		幅 員				
点 検 項 目										
橋 梁 の 点 検	(A) 上部工	① 適用示方書	4.0 大正15年細則・昭和14年道示	2.0 昭和31年道示・昭和39年道示	1.0 昭和46年道示・昭和55年道示					
		② 上部構造形式	3.0 ゲルバー桁・2径間以上の単純支持	1.5 1径間単純支持 (15m以上)・2径以上の連続桁	1.0 上路・中路アーチ・ラーメン・1径の連続桁、斜張橋、吊橋					
		③ 平面線形	1.2 斜橋・曲線橋	1.0 直 線						
		④ 上部構造材料	1.2 RC・PC	1.0 鋼						
		⑤ 縦断勾配	1.2 6%以上	1.0 6%未満						
		⑥ 落橋防止構造	2.0 な し	1.0 1種類						
		$P_A = ① \times ② \times ③ \times ④ \times ⑤ \times ⑥$	$P_A =$							
	(B) 下部工の変形	⑦ 下部構造形式	2.0 単列バイルベント	1.0 その他						
		⑧ 橋 脚 高 さ	2.0 10m以上	1.5 5m以上10m未満	1.0 5m未満					
		⑨ 地 盤	5.0 4種地盤のうち極軟弱な地盤	2.5 4 種	2.0 3 種	1.2 2 種	1.0 1 種			
		⑩ 液状化の影響	2.0 あ り	1.0 な し						
		⑪ 支 持 地 盤	1.2 不均一	1.0 均 一						
		⑫ 洗 掘	1.5 あ り	1.0 な し						
		$P_B = ⑦ \times ⑧ \times ⑨ \times ⑩ \times ⑪ \times ⑫$	$P_B =$							
	(C) 主鉄筋段落し部の強度	⑬ せん断スパン比 (h/D)	2.0 $1 < h/D < 4$	1.0 $h/D \geq 4$	0.5 $h/D \leq 1$					
		⑭ 段落し部の曲げ引張りひわれ	2.0 生ずる	1.0 生ずる可能性あり	0.5 生じない					
		⑮ 段落し部の降伏強度に対する安全率	⑮ ¹ S_{fn}	3.0 1以下	2.0 1.1 ~ 1.5	0.5 1.5以上				
			⑮ ² S_{mn}	3.0 1.1以下	2.0 1.1 ~ 1.3	1.0 1.3 ~ 1.5	0.5 1.5以上			
		⑯ せん断応力度の大きさ	3.0 45以上	2.0 30 ~ 45	1.0 15 ~ 30	0.5 15以下	(単位: t/m ²)			
		$P_C = ⑬ \times ⑭ \times ⑮^1 \times ⑮^2 \times ⑯$	$P_C =$						(ただし、 $P_C < 1.0$ の時は、 $P_C = 1$)	
	(D) 下部工の強度・変状	⑰ 固定支承および支承周辺の異常	5.0 重大な欠陥あり	2.0 軽微なもの	1.0 な し					
		⑱ 軀 体 の 異 常	5.0 重大な欠陥あり	2.0 軽微なもの	1.0 な し					
		⑲ 下 部 構 造 材 料	2.0 大正15年細則、昭和14年道示による無筋コンクリート (重力式橋台を除く)	1.0 RC・PC・鋼、昭和31年道示以後の道示による無筋コンクリート・無筋の重力式橋台						
		⑳ 基 礎 工 法	2.0 木杭・レンガ積ケーソン・石積ケーソン・箱枠工法・不明	1.5 既成RC杭・ベダスタル杭・2脚ケーソン	1.0 昭和46年指針以後製造のもの・場所打杭・PC杭・鋼杭・直接基礎・一般ケーソン					
		㉑ 下 部 構 造 形 式	1.5 RCラーメン	1.0 その他						
		㉒ 基 礎 の 異 常	2.0 あ り	1.0 な し						
		$P_D = ⑰ \times ⑱ \times ⑲ \times ㉑ \times ㉒$	$P_D =$							
評 価 点		$X = P_A \times P_B =$		$Y = P_C \times P_D =$						
備 考										

- A：道路施設の被災の程度または確率が高いと予想される範囲
 B：道路施設の被災の程度または確率がやや高いと予想される範囲
 C：道路施設について局部的に被災するが被災の程度または確率がやや低いと予想される範囲

(2) 検討対象橋梁

検討対象としたのは、昭和53年6月12日の宮城県沖地震 ($M=7.4$) で、被害を受けた宮城県内の一般国道、主要地方道、及び県道に架かる橋梁95橋及び被害を受けなかった橋梁19橋、並びに大正12年9月1日の関東地震 ($M=7.9$)、昭和23年6月28日の福井地震 ($M=7.3$)、昭和39年6月16日の新潟地震 ($M=7.5$) により落橋、あるいは架替の必要の生じた橋10橋、計124橋である。また、被害の程度は、主に落橋という事態に対する危険性に着目して、表3.5.7に示すように落橋から無被害の6段階に設定した。

表3.5.6 耐震調査結果の評価

ランク	評価点		
	X	Y	
		$P_c=1.0$	$P_c \neq 1.0$
A	60以上	10以上	100以上
B	20以上60未満	5以上10未満	50以上100未満
C	20未満	5未満	50未満

注) X, Y の評価点により得られるランクのうち、いずれか高い方 ($A > B > C$ の順) を該当橋梁のランクとする。

表3.5.7 被害度の区分

被害度	被害例
5 落橋	ゲルバー桁、単純桁等上部構造の落橋
4 落橋寸前	- 下部構造の大きな変形（傾斜、沈下、移動等） - RC 構造物の広範囲にわたるコンクリートの剝離、鉄筋の破断 - 沓座コンクリートの剝離、支承の逸脱
3 耐荷力の減少に影響のある損傷	- 鋼構造物の1次部材の座屈 - 支承沓の破損、ローラーの拔出し、支承沓座の破損 - RC 構造物の1 mm 程度の亀裂
2 耐荷力の減少に影響のない損傷	- 鋼構造物の2次部材の変形 - RC 構造物のヘヤークラック程度の亀裂 - 取付護岸の沈下及び亀裂
1 軽微な被害	永久構造物として問題のない程度
0 被害なし	特に変状、異常が認められない

表 3.5.8 橋梁調査項目と既往の地震による被害度の関係

(A) 上 部 工

アイテム カテゴリー 被害度	地震動加速度					適用示方書			上部構造形式			平面線形		上部構造材料		縦断勾配		落橋防止構造		
	200 未 満 (gal)	200 以 上 300 未 満	300 以 上 400 未 満	400 以 上 500 未 満	500 以 上	大昭 正和 1514 年 年 細 則 示	昭昭 和和 3139 年 年 道 道 示 示	昭昭 和和 4655 年 年 道 道 示 示	ゲ間 ル以 上 の 桁 単 純 支 持	1 2 径間 以上 の 単 純 支 持	上1 路中 心 ア ー チ の 建 橋	軌 道 ・ 斜 面 ・ 斜 橋	直 橋	R C ・ P C	鋼	6 % 以 上	6 % 未 満	な し	1 種	2 種 以 上
5 落 橋 (10橋)			4 (40)	2 (20)	4 (40)	7 (70)	3 (30)		10 (100)				10 (100)	6 (60)	4 (40)	1 (10)	9 (90)	10 (100)		
4 落 橋 寸 前 (8橋)		1 (13)	6 (75)	1 (13)		5 (63)	3 (38)		8 (100)				8 (100)	1 (13)	7 (88)	1 (13)	87 (88)	6 (75)	2 (25)	
3 耐荷力の減少に 影響のある損傷 (20橋)	1 (5)	8 (40)	10 (50)	1 (5)		6 (30)	11 (55)	3 (15)	17 (85)	2 (10)	1 (5)		20 (100)	7 (35)	13 (65)		20 (100)	8 (40)	11 (55)	1 (5)
2 耐荷力の減少に 影響のない損傷 (55橋)		36 (65)	18 (33)	1 (2)		6 (11)	41 (75)	8 (15)	40 (73)	11 (20)	4 (7)	4 (7)	51 (93)	22 (40)	33 (60)	1 (2)	54 (98)	20 (36)	28 (51)	7 (13)
1 軽微な被害 (12橋)		5 (42)	5 (42)	2 (17)			6 (50)	6 (50)	7 (68)	3 (23)	2 (17)	1 (8)	11 (92)	5 (42)	7 (54)		12 (100)	1 (8)	6 (50)	5 (42)
0 被害なし (19橋)	1 (5)	13 (68)	5 (26)			1 (5)	17 (89)	1 (3)	12 (63)	5 (26)	2 (11)	3 (16)	16 (84)	7 (37)	12 (63)		19 (100)	1 (5)	16 (84)	2 (11)
集 計	Σ 4~5 (18橋)	1 (6)	10 (56)	3 (17)	4 (22)	12 (67)	6 (33)		18 (100)				18 (100)	7 (39)	11 (61)	2 (11)	16 (89)	16 (89)	2 (11)	
	3 (20橋)	1 (5)	8 (40)	10 (50)	1 (5)	6 (50)	11 (35)	3 (15)	17 (85)	2 (10)	1 (5)		20 (100)	7 (35)	13 (65)		20 (100)	8 (40)	11 (35)	1 (5)
	Σ 0~2 (86橋)	1 (1)	54 (63)	28 (33)	3 (3)	17 (8)	64 (74)	15 (17)	59 (69)	19 (22)	8 (9)	8 (9)	78 (91)	34 (40)	52 (60)	1 (1)	85 (99)	22 (21)	50 (38)	14 (16)

(B) 下部工・地盤

アイテム カテゴリー 被害害度	下部構造形式			橋脚高さ			地 盤 種 別					支持地盤		液状化の影響		洗 掘		下部構造材料		基礎工法			
	パ イ ル ベ ン ト	R C ラ イ メ ン	そ の 他	10 m 以 上	5 m 以 上 10 m 未 満	5 m 未 満	4 種 ・ 極 軟 弱	4	3	2	1	不 均	均	有	無	有	無	大 正 15 年 無 筋 コン クリ ト 道 示 に	R C 以 後 の 無 筋 コン クリ ト 道 示	木 杭 ・ 鋼 管 杭 ・ 鋼 管 井 工 法 ・ 石 明 積 工 法	既 製 R ・ C 杭 ・ ベ ー ス ト ン	昭 和 ・ 直 接 指 針 以 下 の 杭 工 法	杭 ・ 直 接 指 針 以 上 の 杭 工 法
5 落 橋 (10橋)	3 (30)	4 (40)	3 (30)	3 (30)	5 (30)	2 (20)		7 (70)	3 (30)				10 (100)	6 (60)	4 (40)		10 (100)	2 (20)	8 (80)	4 (40)	2 (20)	4 (40)	
4 落 橋 寸 前 (8橋)		4 (50)	4 (50)	2 (25)	6 (75)		2 (25)	4 (50)	1 (13)		1 (13)	1 (13)	7 (88)	2 (25)	6 (73)		8 (100)		8 (100)	1 (13)	2 (25)	5 (63)	
3 耐荷力の減少に 影響のある損傷 (20橋)	2 (10)	8 (40)	10 (50)	8 (40)	7 (35)	5 (25)	1 (5)	11 (35)	6 (30)	1 (5)	1 (5)	4 (20)	16 (80)	2 (10)	18 (90)	1 (5)	19 (90)	1 (5)	19 (95)	1 (5)	4 (20)	15 (95)	
2 耐荷力の減少に 影響のない損傷 (55橋)	5 (9)	9 (16)	41 (75)	12 (22)	29 (53)	14 (25)		2 (4)	33 (60)	8 (15)	12 (22)	1 (2)	54 (98)	4 (7)	51 (98)		55 (100)		55 (100)	1 (2)	9 (16)	45 (82)	
1 軽微な被害 (12橋)		1 (8)	11 (92)	5 (42)	3 (25)	4 (33)			8 (67)	1 (8)	3 (23)	1 (8)	11 (92)		12 (100)		12 (100)		12 (100)	1 (8)	1 (8)	10 (83)	
0 被害なし (19橋)	1 (5)	1 (5)	17 (89)	4 (21)	7 (37)	8 (42)	1 (5)	5 (26)	3 (16)	1 (5)	9 (47)		19 (100)		19 (100)		19 (100)		19 (100)		2 (11)	17 (89)	
集 計	Σ 4~5 (18橋)	3 (17)	8 (44)	7 (39)	5 (28)	11 (61)	2 (11)	11 (61)	4 (22)		1 (6)	1 (6)	17 (94)	8 (44)	10 (36)		18 (100)	2 (11)	16 (89)	5 (28)	4 (22)	9 (50)	
	3 (20橋)	2 (10)	8 (40)	10 (50)	8 (40)	7 (33)	5 (25)	1 (5)	11 (55)	6 (30)	1 (5)	1 (5)	4 (20)	16 (80)	2 (10)	18 (90)	1 (5)	19 (95)	1 (5)	19 (95)	1 (5)	4 (20)	15 (75)
	Σ 0~2 (86橋)	6 (7)	11 (13)	69 (80)	21 (24)	39 (45)	26 (30)	1 (1)	7 (8)	44 (51)	10 (12)	24 (28)	84 (98)	4 (5)	82 (95)		86 (100)		86 (100)	2 (2)	12 (14)	72 (411)	

124 橋の検討対象橋を表 3.5.5 に示した点検項目ごとに集計した結果が表 3.5.8 である。ただし、表 3.5.5 の中で、⑰固定支承及び支承周辺の異常、⑱躯体の異常、㉑基礎の異常の項目については、それぞれの地震が発生する前の正確な情報が得られないため、ここには示していない。また、表中には後述する当該橋梁位置における地震動加速度の値も示している。この結果によると、全体としては、適用示方書の古いもの、落橋防止構造のないもの、地盤条件の軟弱なもの、液状化の影響のあるもの、基礎工法が木杭の場合ほど、落橋あるいは落橋寸前の橋が多く、これらが落橋に大きく影響を与えることを示している。

(3) 耐震調査法の適用性

上述の 124 橋の検討対象橋に対して図 3.5.2 及び表 3.5.5 に従い、評価点 X を算出した。ただし、ここでは前述したように、表 3.5.5 の中で評価点 Y に及ぼす影響の大きい⑰固定支承及び支承周辺の異常、⑱躯体の異常、㉑基礎の異常の項目については、正確な情報が得られないため、評価点 Y の算出は行なっていない。また、上述した耐震性のランク A、B、C と表 3.5.7 に示した被害度 0～5 の関係については、落橋という事態に着目して、落橋もしくは落橋寸前の橋(被害度 4、5)を A ランク、耐荷力の減少の橋(被害度 3)を B ランク、無被害もしくは被害が軽微な橋(被害度 0～2)を C ランクとすることとした。

以上のようにして、評価点 X による判定結果を示したのが表 3.5.9 (a) である。ここで、実被害と耐震性判定の結果の一致度を表わすために次の 3 つのパラメータを導入する。すなわち、今仮に、A ランクに着目すると、

適中率 P_C : 実被害が A ランクであった橋が、耐震判定でも A ランクと判定される率

非適中率 P_{NC} : 実被害が A ランクであった橋が、耐震判定では B ランクもしくは C ランクと判定される率 ($P_{NC}=1-P_C$)

表 3.5.9 実被害度と耐震性判定による被害度の一致度

(a) 実被害ランクと耐震性判定による被害度が一致する橋及び一致しない橋〔橋数〕

実被害ランク \ 耐震性判定による被害ランク	A	B	C	計
A	15	3	0	18
B	6	3	8	20
C	5	11	4	86
計	26	20	78	124

(b) 適中率 P_C 、非適中率 P_{NC} 、混入率 P_M [%]

被害ランク	適中率 P_C	非適中率 P_{NC}	混入率 P_M
A ランク	83	17	10
B ランク	30	70	13
C ランク	81	19	21
全 体	73	27	—

混入率 P_M : 実被害は A ランクではなかった橋が、耐震判定では A ランクと判定される率以上の定義は、他の B ランク、C ランクに対しても同様である。

このように適中率 P_C 、非適中率 P_{NC} 、混入率 P_M を定義すると、たとえば A ランクの適中率 P_C は、 $15/18=83\%$ となり、非適中率 P_{NC} は、 $3/18+0/18=17\%$ 、混入率 P_M は、 $(6+5)/(20+86)=10\%$ となる。

このようにして、適中率 P_C 、非適中率 P_{NC} 、混入率 P_M を求めた結果が表 3.5.9 (b) である。これによれば、A ランク及び C ランクの適中率は、いずれも 80% 以上あり、かなり高いことがわかる。これに対して、B ランクの適中率は 30% と低い。このことは、明らかに耐震性が低い橋、及び明らかに耐震性が高い橋に対しては、それぞれかなりの確率で耐震性の判定ができるが、両者の中間に位置する橋については耐震性の判定が十分できないことを示している。極言すると、ランクが 3 通りであれば、全く任意に被害度を決めても平均的には 33% の適中率は確保できることになる訳である。このような言わば一般の橋に対する耐震性の判定法の開発が今後の重要な検討課題と考えられる。

なお、ランク A, B, C を通した全体の適中率を求めると

$$(15+6+70)/(18+20+86)=91/124=73\%$$

となる。すなわち、今回対象とした 124 橋のうち、91 橋については 3 段階に分けた被害度を正しく判定できたことになり、この数値自体は、本耐震性判定法の精度がかなり実用性を有していることを示している。ただし、前述したように今回解析対象とした 124 橋は、宮城県沖地震で何らかの被害を受けた橋 95 橋を基本に、これに無被害橋 19 橋、関東地震、福井地震、新潟地震で大被害を受けた橋 10 橋を加えたものである。したがって、全体として被害を受けた橋の比率が高い訳であり、耐震調査のように無被害橋の割合がもっと高いであろう一般の多数の橋に対して耐震性判定を行った場合に 73% の確率で本耐震性判定が適用できるかどうかに関しては、今後に検討の余地を残している。

3.5.5 橋梁の被災要因の分析

橋梁の被害を予測するためには、橋梁の構造特性及び強度特性と被害の程度との関係が基本的にどのようなになっているかを検討する必要がある。このため、ここでは、前述した宮城県沖地震等で被害を受けた橋 124 橋について数量化理論第 I 類により被害に影響を与えた要因の分析を行った。数量化理論第 I 類の適用に当っては、表 3.5.7 に示した 6 段階の被害度を目的変数にとり、説明変数としては、表 3.5.5 に示した調査項目を基本とし、これに被害の有無に対して最も基本的な要因と考えられる地震動強度を考慮した場合と、これを考慮しない場合の 2 種類とした。地震動強度は、断層中心からの距離を用いて、土木研究所で開発された地震動加速度の距離減衰式を用いて求めた。予測式は以下の通りである。

$$y_i = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{MJ} \delta_i(jk) \cdot X_{jk}$$

ここで、

y_i : 第 i 番目の橋の被害度の予測値

表 3.5.10 数量化理論第Ⅰ類による解析結果

アイテム	カテゴリー	地震動加速度を考慮しない場合				地震動加速度を考慮した場合			
		ノーマライズドスコア	レンジ	偏相関係数	重相関係数	ノーマライズドスコア	レンジ	偏相関係数	重相関係数
① 適用示方書	大正15年細則・昭和14年道示	0.6907	0.9801	0.399	0.77	0.5170	0.7397	0.319	0.80
	昭和31年道示・昭和39年道示	-0.2894				-0.2226			
	昭和46年道示・(昭和55年道示)	0.3430				0.2838			
② 上部構造形式	ゲルバー桁・2径間以上の単純支持	0.0774	0.4869	0.155	0.77	0.0814	0.3898	0.161	0.80
	1径間単純支持・2連以上の連続桁	-0.1711				-0.2321			
	上路・中路アーチラーメン・連続桁(斜張橋・吊橋)	-0.4094				-0.3084			
③ 平面線形	曲線橋・斜橋	-0.4413	0.4717	0.127	0.77	-0.3964	0.4237	0.122	0.80
	直橋	0.0304				0.0273			
④ 上部構造材料	RC・PC	-0.1426	0.2358	0.124	0.77	-0.1407	0.2326	0.131	0.80
	鋼	0.0932				0.0919			
⑤ 縦断勾配	6%以上	0.7198	0.7377	0.119	0.77	0.9185	0.9413	0.161	0.80
	6%未満	-0.0178				-0.0228			
⑥ 落橋防止構造	なし	0.4447	1.1065	0.341	0.77	0.4592	1.1064	0.358	0.80
	1種	-0.1671				-0.1812			
	2種以上	-0.6619				-0.6472			
⑦ 下部構造形式	単列バイルベント	0.3148	0.4162	0.149	0.77	0.2923	0.4109	0.178	0.80
	RCラーメン	0.1950				0.2588			
	その他	-0.1015				-0.1186			
⑧ 橋脚高さ	10m以上	0.1694	0.3414	0.135	0.77	0.1723	0.2840	0.125	0.80
	5m以上10m未満	-0.0014				-0.0381			
	5m未満	-0.1720				-0.1117			
⑨ 地盤条件	4種・極軟弱	0.6348	1.0188	0.235	0.77	0.5227	0.9833	0.273	0.80
	4種	0.1872				0.2237			
	3種	0.0506				0.0401			
	2種	-0.0651				0.1121			
	1種	-0.3841				-0.4606			
⑩ 液状化の影響	有	0.8441	0.9515	0.282	0.77	0.7238	0.8159	0.255	0.80
	無	-0.1074				-0.0921			
⑪ 支持地盤	不均一	0.4203	0.4455	0.105	0.77	0.3965	0.4202	0.104	0.80
	均一	-0.0251				-0.0237			
⑫ 洗掘	有	1.4574	1.4692	0.150	0.77	0.3122	0.3147	0.033	0.80
	無	-0.0118				-0.0025			
⑬ 下部構造材料	大正15年細則・昭和14年道示による無筋コンクリート	1.4006	1.4353	0.225	0.77	0.9953	1.0200	0.167	0.80
	RC、PC、鋼、昭和31年道示以後の無筋コンクリート	-0.0347				-0.0247			
⑭ 基礎工法	木杭(レンガ・石積ケーソン、箱枠工法)、不明	0.6753	1.0511	0.229	0.77	0.3825	0.6968	0.171	0.80
	既製RC杭(ベデスタル杭、2脚ケーソン)	-0.3759				-0.3144			
	昭和46年指針以後のもの、場所打杭、PC杭、鋼杭、直接基礎	0.0220				0.0336			
⑮ 地震動加速度	200gal未満	—	—	—	0.77	0.1694	1.2187	0.343	0.80
	200以上300未満	—				-0.2825			
	300以上400未満	—				0.1759			
	400以上500未満	—				0.9362			
	500以上	—				0.6160			

注) () は、今回の解析対象橋(124橋)には、該当がなかったことを示す。

N : 全アイテム数

M_j : j 番目のアイテム中のカテゴリ数

$\delta_i(jk)$: 第 i 番目の橋が j 番目のアイテムの k 番目のカテゴリに反応している場合に 1, その他の場合 0

X_{jk} : j 番目のアイテムの k 番目のカテゴリのカテゴリ・スコア

解析結果は、表 3.5.10 に示す通りであり、これより以下の事項が指摘される。

- 1) 説明変数に地震動加速度を考慮した場合と考慮しない場合の重相関係数はそれぞれ、0.77 及び 0.80 となり、いずれもある程度の精度を有しているといえることができる。

表 3.5.11 数量化理論第 I 類により求めた各要因が被害度に及ぼす相対的な程度

ア イ テ ム	被害度に及ぼす相対的な程度
① 適用示方書	大正15年細則・昭和14年道示によるものは、相対的に被害度が高くなる。ただし、昭和31年道示・昭和39年道示によるものと、昭和46年道示・昭和55年道示によるものは、予想とは順序が逆転している。
② 上部構造形成	ゲルバー桁及び2径間以上の単純支持は、相対的に被害度が高くなる。一方、上路・中路アーチ、ラーメン、連続桁橋等は相対的に被害度が低くなる。
③ 平面線形	曲線橋・斜橋は、直橋よりもむしろ被害度が低くなる。
④ 上部構造材料	RC・PCと鋼との間には大差はないが、ややRC・PCの方が相対的に被害度は低くなる。
⑤ 縦断勾配	勾配のある方が、勾配のない場合に比較して被害度は高くなる。
⑥ 落橋防止構造	落橋防止がないと相対的に被害度は高くなる。一方、落橋防止があれば相対的に被害度は低くなるが、落橋防止が1種類よりも2種類ある方が、より被害度は低くなる。
⑦ 下部構造形式	単列パイルベント及びRCラーメンは、相対的に被害度は高くなる。
⑧ 橋脚高さ	橋脚高さの高い方が相対的に被害度は高くなる。
⑨ 地盤条件	地盤が軟弱なほど、相対的に被害度は高くなる。
⑩ 液状化の影響	液状化の生じた場合の方が、相対的に被害度は高くなる。
⑪ 支持地盤	不均一な場合の方が、相対的に被害度は高くなる。
⑫ 洗掘	洗掘のある場合の方が、相対的に被害度は高くなる。
⑬ 下部構造材料	大正15年細則・昭和14年道示による無筋コンクリートの方が、相対的に被害度は高くなる。
⑭ 基礎工法	木杭及び基礎工法不明のものは、相対的に被害度は高くなる。
⑮ 地震動加速度	地震動加速度が大きいほど、相対的に被害度は高くなる。特に、地震動加速度が400gal以上になると相対的に被害度は高くなる。

- 2) 各説明変数のノーマライズド・スコアは、2、3の例を除けば、全体として予想される通りの結果となっており、その概要を示すと表3.5.11の通りとなる。
- 3) 適用示方書、落橋防止構造、及び地盤条件については、偏相関係数が0.3程度あり、かつレンジ値も大きいことから、適用示方書の古いものほど、落橋防止構造のないものほど、また地盤条件が軟質であるものほど、それぞれ、被害度は高くなると見ることができる。
- 4) 偏相関係数は必ずしも大きくないが、液状化の影響のあるもの、洗掘のあるもの、下部構造の古いもの、及び基礎工法が木杭のものは、レンジ値が大きく、被害度を高くする有力な原因と考えることができる。
- 5) 地震動加速度は、偏相関係数も大きく、レンジ値も最も大きいことから、当然ながら、被害度の大小に直結していることを示している。なお、地震動加速度が400 gal以上となると被害度が急増することが注目される。

数量化理論第Ⅰ類による被害度と実際の被害度との関係を示した結果が図3.5.3である。これによれば、予測被害度は、実被害度の低い方で大きめの値を与える傾向があるが全体としては予測被害度と実被害度は比較的良好に対応しているといえることができる。

なお、今年度は、耐震補強法に関する検討は行なわないが、表3.5.10に示した項目が橋の耐震性に影響を与えるとした場合に耐震補強による対策が可能なものと不可能なものに分け、可能なものについては、その原理的な考え方を整理した結果が表3.5.12である。これによれば、耐震性に大きな影響を及ぼす適用示方書、落橋防止構造、地盤条件、洗掘、下部構造材料、基礎工法のうち、適用示方書及び地盤条件は、設計条件として与えられており、基本的には変更することは

表 3.5.12 表 3.5.10に基づく耐震補強の可能性とその基本的考え方

調 査 項 目	耐震補強による変更の可能性	耐震補強の考え方
① 適用示方書	(×)	現行規準との相異点に対する補強
② 上部構造形式	×	
③ 平面線形	×	
④ 上部構造材料	×	
⑤ 縦断勾配	×	
⑥ 落橋防止構造	○	落橋防止構造の設置
⑦ 下部構造形式	○	補 強
⑧ 橋脚高さ	×	
⑨ 地盤条件	×	
⑩ 液状化の影響	○	基礎工補強、地盤改良
⑪ 支持地盤	×	
⑫ 洗 掘	○	洗掘防止対策
⑬ 下部構造材料	○	下部工補強、取り替え
⑭ 基礎工法	○	基礎工補強

注) ○：可能性あり
×：可能性なし

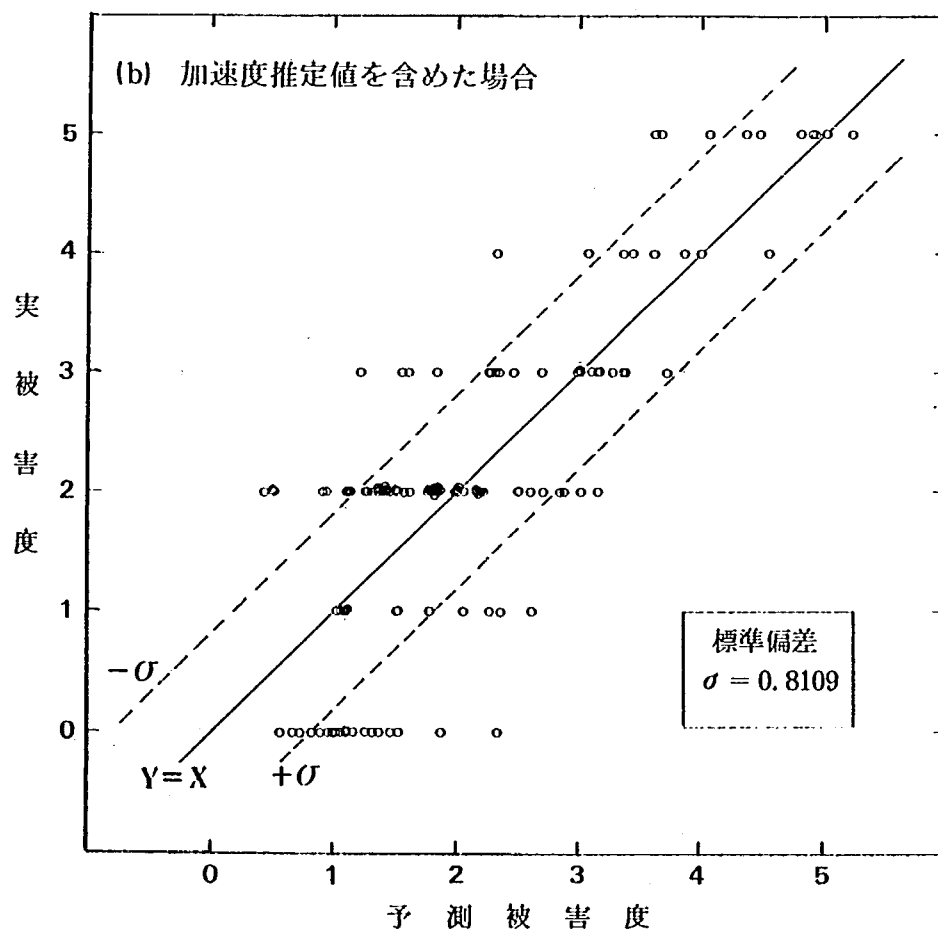
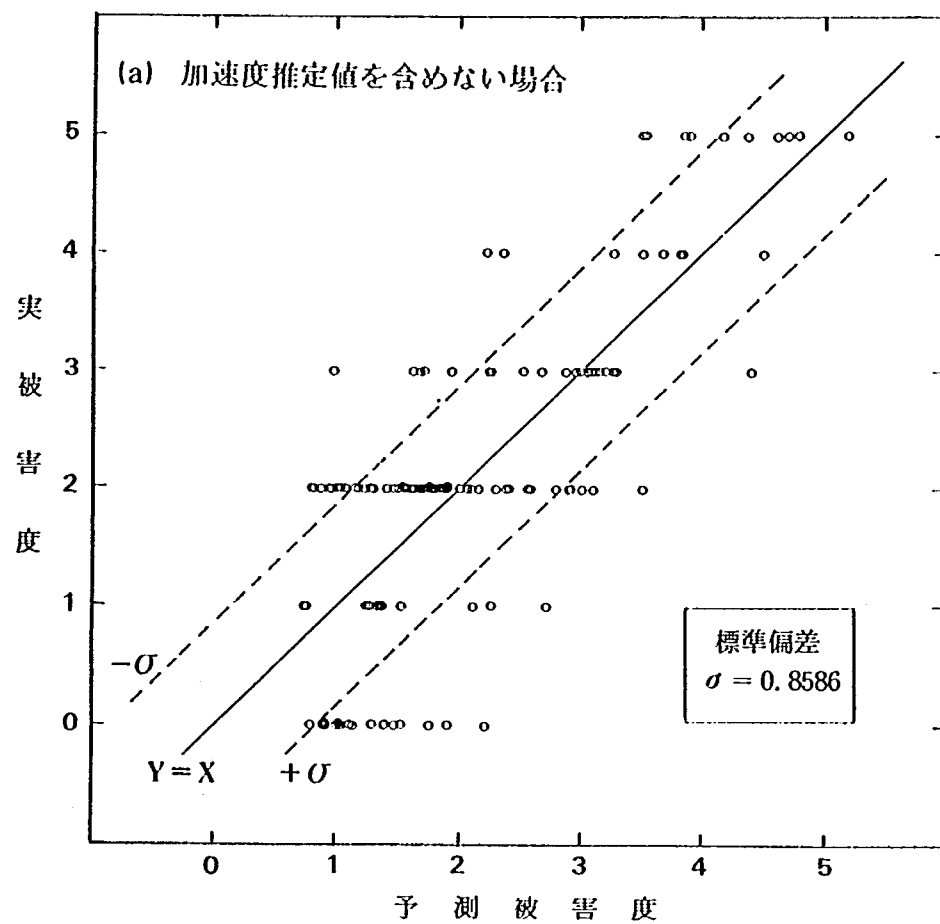


図 3.5.3 数量化理論第 I 類による予測被害度と実被害度の関係

不可能である。したがって、落橋防止構造、洗掘、基礎工法及び下部構造材料の4項目が耐震補強法のポイントになることを示している。

3.5.6 今年度の調査結果のまとめ及び今後の検討課題

今年度は、耐震設計法の変遷に伴う道路橋の被害形態の変化を調査するとともに、既往の耐震性調査法を整理し、その中から最も代表的な調査法として、日本道路協会による耐震性調査法を抽出し、その適用性の検討を行なった。

今年度の検査結果より明らかとなった事項は、以下の通りである。

- 1) 道路橋の被害形態は、耐震設計法の進歩に伴ない、下部構造の移動、傾斜、転倒による上部構造の落橋という被害形態から、橋脚躯体の被害、支承部の被害へと変化してきている。したがって、耐震性調査法の検討に際しては、こうした被害形態の変化を正しく見込む必要がある。
- 2) 既往の耐震性調査法を整理検討すると、判定の基準としている項目は、いずれの手法も基本的には同じであり大差はない。しかしながら、判定結果の評価方法には、ある一項目でも耐震性を満たさないものがあれば、全体の耐震性がないと評価する方法と、全項目の総合で耐震性を評価する方法がある。いずれも一短一長があり、今後検討する必要がある。
- 3) 日本道路協会（昭和61年）の耐震性判定法により、昭和53年宮城県沖地震等により被害を受けた124橋を判定すると、全体の適中率は73%となる。ただし、明らかに耐震性に優れた橋及び明らかに耐震性の低い橋に対する判定精度はいずれも80%を越えるが、両者の中間に位置する一般の橋に対する適中率は30%に過ぎない。判定基準を少し動かすところから橋に対する判定結果が大きく変わる可能性があり、これについて今後検討していく必要がある。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路の震災対策に関する調査報告(II)，昭和54年9月
- 2) 日本道路協会：道路の震災対策に関する調査報告，昭和61年3月
- 3) 地震予知総会研究振興会：橋梁の耐震性評価手法に関する研究，昭和60年7月
- 4) 宮城県土木部道路建設課：1978年6月宮城県沖地震による橋梁震害調査報告書，昭和53年10月
- 5) 土木学会：大正12年関東大地震震害調査報告，昭和59年9月
- 6) 金森博雄，安藤雅孝：関東大地震の断層モデル，関東大地震50周年論文集，昭和48年9月
- 7) 建設省土木研究所：新潟地震調査報告，土木研究所報告第125号，昭和40年6月
- 8) 建設省土木研究所：1978年宮城県沖地震災害調査報告，土木研究所報告第159号，昭和58年3月
- 9) 建設省土木研究所：南海地震及び福井地震による橋梁基礎被害残存調査資料，土木研究所資料第256号，昭和43年12月
- 10) 気象庁：昭和39年6月16日新潟地震調査報告，気象庁技術報告第43号，昭和40年5月
- 11) 岩崎敏男，川島一彦，高木義和：1978年宮城県沖地震による地域別地震動強度の分布に関する調査報告，土木研究所資料1512号，昭和54年6月
- 12) 川島一彦，相沢興，高橋和之：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式，土木研究所報告第166号，昭和60年9月

4. おわりに

本調査研究の目標は、既設橋梁の維持管理システムを構築することで、今後架設されるものも含め社会資本としての道路橋を少しでも長く有効に活用することを目的としている。このため、本課題における検討事項は、維持管理システムを確立するために必要なほとんどすべての領域に亘っており、建設省技術研究会の指定課題としては例を見ない量の、調査・研究項目を有している。しかし、これらの検討事項はすべて早急に解決を望まれているものばかりであり、関係各位の御協力を得て、鋭意検討を進めて行きたいと考えている。

本年度は、3年間に亘る調査研究の初年度にあたり、全体としてはまだ端緒についたばかりであるが、報告したように、すでに以下のような成果が得られている。

既設橋梁の供用年数に関する検討では、我が国における橋梁の架替理由が、モータリゼーションの進展に伴う機能的な要因から次第に構造的な要因に移りつつあることを明らかにし、将来において橋梁の維持管理システムがさらに重要となることを改めて確認した。

点検要領に関する検討では、実態調査及び点検要領の比較検討結果から地建間の点検要領統一化の必要性を確認するとともに、望ましい要領の確立へ向けて基本的枠組を作成し、今後検討すべき事項を明示した。

データバンクの検討では、既存の維持管理データベースシステムに関する実態調査からその特徴や問題点を明らかにするとともに、維持管理業務の中でのシステムの位置付けを検討し、今後開発すべきシステムの基本構想を構築した。

耐荷力に関する検討では、供用下における橋梁部材の応力頻度測定についてパイロット調査を行ない、電子工学の発展により飛躍的に改善された計測機器が、既設橋梁の供用に対する安全性評価手法を開発する上で極めて有用な情報をもたらすものであることを確認した。次年度以降の本試験の成果が期待されるところである。

耐震性評価法に関する検討では、耐震設計法の進歩に伴う橋梁の地震被害形態の変化と既往の耐震性評価法の問題点を明らかにし、今後、検討を進めるべき方向を示した。

ほとんどの調査研究事項については、これから本格的な調査・分析が行われる。本報告をまとめるにあたり、多大な御協力を頂いた関係各位に感謝するとともに、今後なお一層の御協力をお願いする次第である。

5. 昭和61年度担当者名簿

道 路 局	国道第二課	課 長 補 佐	桂 樹 正 隆	(主 務 担 当 者)
		橋 梁 係 長	石 井 啓 一	
	国道第一課	課 長 補 佐	渡 辺 茂 樹	
		維持修繕係長	山 本 剛	
	企画課道路 防災対策室	課 長 補 佐	栗 原 崇	
震災対策係長		川 崎 末 和		
建設経済局		建設機械課	課 長 補 佐	高 島 一 彦
		調査第二係長	佐 藤 佳 朗	
土 木 研 究 所		構造橋梁部	部 長	篠 原 洋 司
	橋梁研究室		室 長	藤 原 稔
	主任研究員	西 川 和 廣		
		研 究 員	岩 崎 泰 彦 (とりまとめ担当)	
		研 究 員	箕 作 光 一	
	耐震研究室	室 長	中 島 祥 行 (とりまとめ担当)	
		研 究 員	川 島 一 彦	
		運 上 茂 樹		
	システム課	課 長	北 川 明	
		研 究 員	柴 崎 亮 介	
北海道開発局	道路維持課	開発専門官	佐々木 厚	
東北地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	池 田 一 男	
関東地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	吉 田 治 久	
北陸地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	権 平 靖 生	
中部地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	杉 山 稔	
近畿地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	河 田 巖	
中国地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	竹 森 達 男	
四国地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	作 道 忠 明	
九州地方建設局	道路管理課	課 長 補 佐	碓 公 男	
沖縄総合事務局	道路管理課	課 長 補 佐	横 溝 敏 治	

付 録

研究発表会パネルディスカッション記録

昭和61年10月28日から30日に行なわれた建設省技術研究会発表会において発表された次頁のものうち下記のパネルディスカッションの部分についてとりまとめたものである。現在の既設橋梁における諸問題について活発に討論が行なわれた。

パネルディスカッション題目

1. 点検要領およびデータバンクシステムの整備について
2. 耐 荷 力 の 算 定 方 法 に つ い て
3. 耐 震 性 の 評 価 法 に つ い て

発表内容および発表者

座 長	国道第二課	課長補佐	桂 樹 正 隆
1. 調査研究の概要説明	土研 橋梁研究室	室 長	藤 原 稔
2. パネラーによる本年度成果報告			
(1) 撤去、架替橋梁の実態調査結果	土研 橋梁研究室	研究員	岩 崎 泰 彦
(2) 点検要領の検討に関する中間報告	関東 道路管理課	課 長	斉 藤 至
(3) データバンクシステムの検討に関する 中間報告	北陸 道路管理課	課 長	内 山 和 夫
(4) 応力頻度測定結果	土研 橋梁研究室	主任研究員	西 川 和 廣
(5) 耐震性評価法に関する中間報告	土研 耐震研究室	室 長	川 島 一 彦
3. パネルディスカッション			
(1) 点検要領およびデータバンクシステム の整備について	国道第二課	橋梁係長	石 井 啓 一
	土研 橋梁研究室	研究員	岩 崎 泰 彦
	土研 企画部	橋梁計画官	中 野 正 則
	東北 道路管理課	課 長	遠 藤 功
	北陸 道路管理課	課 長	内 山 和 夫
	中部 道路管理課	課 長	山 田 悦 夫
	沖縄 道路管理課	課 長	渡久地 政 金
(2) 耐荷力の算定方法について	国道第二課	橋梁係長	石 井 啓 一
	土研 橋梁研究室	主任研究員	西 川 和 廣
	東北 道路管理課	課 長	遠 藤 功
	関東 道路管理課	課 長	斉 藤 至
	中部 道路管理課	課 長	山 田 悦 夫
	沖縄 道路管理課	課 長	渡久地 政 金
(3) 耐震性の評価法について	道路防災対策室	震災対策係長	川 崎 末 和
	土研 耐震研究室	室 長	川 島 一 彦
	東北 道路管理課	課 長	遠 藤 功
	関東 道路管理課	課 長	斉 藤 至
	中部 道路管理課	課 長	山 田 悦 夫
4. 総 括 (座 長)	国道第二課	課長補佐	桂 樹 正 隆

1. 橋梁点検要領及びデータベースの整備について

発 言 者	発 言 内 容
座 長	本年度の成果報告にもありましたように、橋梁の点検は、維持管理上、非常に重要と考えられますが、実際に現場で維持管理を担当されている地建の方々は、定期的な点検の必要性についてどのようにお考えですか。
東 北 地 建	東北地建においても、日本海沿岸を中心にコンクリート橋の塩害による被害が発生しましたが、その被害傾向をS50年の定期点検で発見し、その後5年程度目視による変化の状況及びその動向について調査して、その対策を検討しS58年より補修工事を行なってきましたが、このことからわかるように橋梁の日常定期点検の重要性が確認できます。
座 長	沖縄の場合、点検の必要性については、どのようにお考えですか。
沖 縄	沖縄では、温暖、湿潤な気候に加え、台風、季節風などにより多量の塩分が橋梁に付着することから、他に比べ塩害による損傷、鋼材の腐食が著しいという状況にあります。そのため、気がついた時には、損傷がかなり進展しているといった場合がある。例えば、ある塩害を受けた橋梁では、損傷の補修に3年もの期間を要し、そのために相当な費用を投じざるを得なかったことです。 この例では、定期的な点検を実施していれば、より簡単な補修で対応できたとも考えられ、定期的な点検の必要性を痛感している次第です。
座 長	東北、沖縄の話から、改めて橋梁の維持管理上、定期的な点検が重要であることが確認されました。 さて、定期的な点検については、現在でも大半の地建で実施されておりますが、これらの点検の問題についてご意見をいただきたいと思います。
土 研 (岩崎研究員)	成果報告にもありましたように 点検要領に点検の頻度及び対象構造物が規定されていない場合が多く、必ずしも定期的に十分な点検が行われていない。 点検要領が各地建で個別に定められているため、データの全地建的な活用が図りにくい。また、点検レベルが地建によりまちまちであるなどの問題点がある。 点検者の資格、構成などが規定されていない場合が多く、その結果、機関により、また点検者により点検結果が異なる等の問題が生じている。 この点に関し、外国の実態を紹介いたしますと、アメリカでは、2年に1度の頻度で定期的に全橋について点検を、実施することが義務付けられており、また、その結果は、統一された様式に記入され報告することになっております。
座 長	土研から点検頻度、点検体制及び、点検要領が不統一であるとの問題点の指摘がありましたがこの他に意見はありませんか。
中 部 地 建	点検を実施する上で点検のための設備、機械、器具の充実が必要であると思います。具体的に言いますと、

	現在、多くの場合、目視による点検を実施しているが、橋桁部などが暗く見にくく、小型の万能的な点検車の開発が望まれています。 また、床版の破損を早期に発見することは、非常に難しく、そのための何らかの装置、器具等の開発が望まれています。
座 長	以上、点検の必要性及び現行点検の問題点あるいは、現行点検への要望をお話して頂きました。 さて、次に、橋梁データバンクシステムの整備について話を進めたいと思います。 データバンクシステムは、従来から問題となっていた多量なデータの管理保存に画期的な省力化、効率化をもたらすものと期待されております。 そこで、本省においては、現在、道路管理データベース検討委員会を設置し、道路管理全般に係るデータベースの検討を実施しているわけですが、ここでは、まず、その検討内容について説明して頂きたいと思います。
本 省 (石井係長)	本省の委員会では、主に道路台帳をはじめとする、台帳類のデータベース化を考えています。そのために用いる機器としては、ミニコンの他、光ディスクの導入を想定しています。 具体的な入力項目は未定であります。基本的には台帳に記載されている項目になると思われます。 したがって、この場で検討している橋梁データベースシステムについては台帳的な性格を持たせるのではなく、点検結果の有効利用を促進し得る、より詳細な橋梁維持管理のためのデータベースとして検討して頂きたいと考えております。なお、当然ながら両システムの整合を十分に図る必要があると考えています。
座 長	この場で検討する橋梁データベースについては、台帳的な性格のものではなく橋梁の維持管理のためのデータベースとすべきとお話しました。 さて、このことを念頭に橋梁データベースの整備についてディスカッションして頂きたいと思います。 まず、初めに、いち早く、橋梁データベースを導入した北陸地建から、導入の経緯について説明して頂きたいと思います。
北 陸 地 建	橋梁についての情報は「橋梁工事設計書」、「橋梁現況台帳」、「マイクロ図面」、「橋梁点検報告書」、「塗装台帳」等々により情報は整理され一見豊富にあるように見受けられますが、実際の収集・管理主体は別々に行われている。そして、いざ「〇〇橋の構造形式が知りたい」とか、「一般国道8号に橋長50m以上の橋が何橋あるのか」というような問題が生じたとき、探し出して整理するのは容易ではない。言い替えば、種々の情報があってもそれを利用するには相当な時間と労力を必要とする状態である訳です。 また、構造が多様で、それに生ずる損傷はさらに複雑で、そのうえ橋梁は架設時のままではなく拡幅工事や部材の交換が行われることがあるというデータ構造の複雑さがシステム化の支障となっていたと思われます。 従って、このような橋梁の総合的な台帳の役割を果たすと同時に、適切な維持管理を行うための情報提供を目的として本システムを開発しました。

座 長	実際に整備した結果はいかがでしたか。
北 陸 地 建	確かにデータが一括管理されており、データの所在がはっきりしていることに加え検索、集計等の処理が迅速におこなえるので工事事務所の業務が合理化される。 各種データの収集、分析が一元化され客観的に損傷度が評価されるので、専門的技術者でなくても点検が可能である。 また、橋梁損傷度評価から、補修計画の立案が容易である。などのメリットは、ありましたが、 データの作成、修正が煩雑である。これは、入力、修正にあたってコードの拾い出し等があるため、マニュアルが必要であることです。 出力様式の表現がカタカナ、数字のみであり大変みにくい。 図面、写真等が収録されていないため利用頻度が少ない。 などの課題もあり、新しいシステムを開発するにあたっては、これらの課題の解決が必要と考えられます。
座 長	データベースシステムの運用体制、データの作成、修正方法及び出力様式には、改良すべき点があるということですね。 新システムの検討に際し、非常に重要な示唆と思われますが、このあたりについて、新システム開発をしている土研から何かありましたらお願い致します。
土 研 (中野計画官)	現在検討中のデータバンクシステムで目指しているのは一言で言えば、利用者が利用しやすいシステムの開発であります。 具体的には入力項目を必要最小限に抑えるとともに出力に際しては、カタカナや英数字ばかりでなく漢字で表現出来るように検討を進めています。 また、事務所での利用に当たってはパソコンタイプの対話型の機器を導入し操作を容易にしたり、図面情報の収録のために光ディスクの導入も検討しています。 さらに、点検データ等の更新、追加にも対応出来る柔軟性のあるシステムの導入を考えています。これらのシステムに用いる機器は道路管理データベースと同一のものとするを考えています。なお、入力に当たっては点検や補修の業務契約の中にデータ作成から入力、エラーチェックを含めるような実施体制も今後十分検討される必要があるだろうと考えています。
司 会	以上のお話しから、データベースの整備の必要性がご理解いただけたと思います。ただし、整備にあたっては、データの入力をどのように簡易化するか、また、データベースシステムを円滑に運用すべき問題も多々あることも把握されました。したがって、今後、これらの問題をいかに解決していく上での一つの大きなポイントと言うことができると考えられます。 橋梁点検要領及びデータバンクの整備についてディスカッションしてきましたが、どちらも橋梁の維持管理上極めて重要であることが改めて確認されました。そして、点検要領とデータバンクは密接な関係があり、点検要領が全地建で統一化され、それに基づいて得られるデータがデータバンクの中に効率的に保存されてはじめて橋梁の合理的な維持管理が可能になると考えられます。したがって、今後、双方の整合を図りつつ、この場で出されました意見、問題点を踏まえながら、十分な検討を行ない、できるだけ早急に整備の目安を得る必要があるものとする考え次第であります。

2. 耐荷力の算定方法について

発 言 者	発 言 内 容
座 長	本課題では既設橋梁の耐荷力評価の合理化を目標に掲げていますが、現実にはどんな問題をかかえており、どのようなことに対する解決が望まれているのかお話しして頂きたいと思います。
沖 縄	既設橋の耐荷力については2つの問題があると思います。 沖縄では、コンクリート橋の塩害問題が深刻であり、多くの補修・補強を実施しているわけですが、例えば……床版接着等ですが…… しかし、これらの方法がどの程度有効に働くのか、どの程度の耐久性を期待できるのか確かめる方法が今のところありません。 2点目は、古い示方書で設計された橋の問題であります。沖縄には復帰前に米国の示方書（AASHO）によって設計した橋がかなりあり、これらはTL-20より小さな設計活荷重を使用しているので、耐荷力上不安がある訳です。
座 長	これらは必ずしも沖縄だけの問題ではないと思われますが……，
国道二課 (石井係長)	いわゆるコンクリートの早期劣化問題はどこの地建でも多かれ少なかれ悩みのタネになっていると思います。損傷橋梁の耐荷力評価手法の開発もさることながら、補強後の耐久性を確認することも重要だと思う訳です。 旧示方書の小さな設計活荷重により設計された橋梁は、直轄管理の7,300橋のうち約10%強を占めます。限られた予算の中で効率よく道路整備を進めてゆくためには、これらの橋梁を含めた社会資本としての既設橋梁を少しでも有効に活用しなければならぬわけで、このような観点に立った、従来より一歩踏み込んだ耐荷力の評価法が望まれているわけです。
座 長	本調査研究では、供用下の橋梁部材が受ける応力の実態をもっと良く知ることにより、耐荷力あるいは耐久性の評価を合理化しようと、応力頻度測定を中心としていくつかの新しいアプローチを試みています。今年はパイロット測定を3地建で行ないましたが、実際に測定を経験をした3地建の方々に、期待される点あるいは問題点について感想を交えながら話して頂きたいと思います。
東北地建	耐荷力の評価を行う場合、載荷試験を行えばより合理的であることは分かっていますが、これは大変である。逆に設計計算上の評価では、個々の橋に固有な条件を反映出来ないという問題があります。 今回の研究では、新しい手法により橋梁の部材に実際に生じる応力度がどのようなものであるかを知り、計算上の耐荷力評価手法を改善することを目指しており、より合理的な評価が簡単に行えるようになるものと期待されています。 応力頻度測定そのものは非常に簡単であり、誰の目にもわかり易い形でデータが得られるので、測定法やデータの評価法を体系化してマニュアルを作成すれば、詳細点検の一手法としても有効に使えんと思います。 また、大まかな目安とはいえ、疲労に対する寿命を表わす指標が示されていることは管理者にとって非常に有難い訳で、全国に設置されている（自動）軸重計のデータ

	と結合させれば、より信頼性が高まるのではないかと思います。 本題からはずれのかもしれませんが、ヒストグラムレコードを他の調査業務にも色々と応用できるのではないかとということが、地建内で話題になっています。
関 東 地 建	関東地建では、計算上耐荷力が不足する橋梁を対象としたので、東北地建さんが言われたような詳細点検を実施したことになります。幸い、測定期間中に許容応力度を超えることはなく、わずかながら余裕があることがわかった。もっともこれだけの限られたデータでは橋の安全性を判断するには無理があるので、統計的に測定データを評価する手法を体系化して欲しい。 関東地建では、車両通過時の応力波形を記録する方法で、RC床版補強のために増設した縦げたが有効に働いていることを確認しました。この測定法も非常に簡単ですので、補修・補強を行う場合には効果を確認するために積極的に取り入れてみてはどうかと思っています。 いろいろと良い面ばかり述べられていますが、損傷の影響が測定される応力に反映されない場合や、RC床版のように応力測定になじまない部材もあり、これによって他の点検が不要になる訳では決してありません。目視等による点検も引き続き重要であると思っています。
中 部 地 建	対象とした橋梁はいずれも10万台/日近い交通量、40%を超える大型車という有数の交通量を通しており、耐荷力について不安を禁じ得ませんでした。今回の計測で明解なデータが得られまして、本法の開発に対し心強く感じています。 対象橋梁は、発表にもありましたように局部的な疲労クラックの問題をかかえていましたが、補強前後の測定により、大幅に改善されていることが確認できました。補強工法の確認についても応力頻度測定の応用は有効だと思います。 測定について少しふれておきますと、中部地建では、24時間測定を2橋について行ないましたが、準備を含めて2日間で実施できました。 しかし、準備段階から電源を必要とする（ハンダごて、グラインダ等）ので、電源については作業上ネックとなる可能性があり、事前に十分調査しておく必要があります。 また、長期測定を行う場合には、落雷などによる停電対策も考えておいた方が良いでしょう。 1つだけ確認しておきたいのですが、今回計測したのは活荷重応力です。死荷重応力についてはどのように考えればよいのでしょうか。
座 長	本来の目的である耐荷力算定手法の合理化だけでなく、詳細点検の一手段としての応力頻度測定の応用にも大きな期待が感じられました。2～3の質問や問題提起がありましたが、研究の推進役としての土研ではどのように考えているのでしょうか。
土 研	いろいろな御意見が出ましたが、まず、耐荷力評価法に関する成果物のイメージについてお話ししておきたいと思っています。 この研究の主たる目標は、構造物に実際に生じる応力がどんなものであるかについて明らかにして、これを踏まえて、それぞれの橋梁の供用実態に即した耐荷力評価を、より簡単に行うことのできる評価法を開発することにあります。これにより、管理するすべての橋梁がどのような状況にあるかを常に把握できるようにしたいと考えてお

ります。

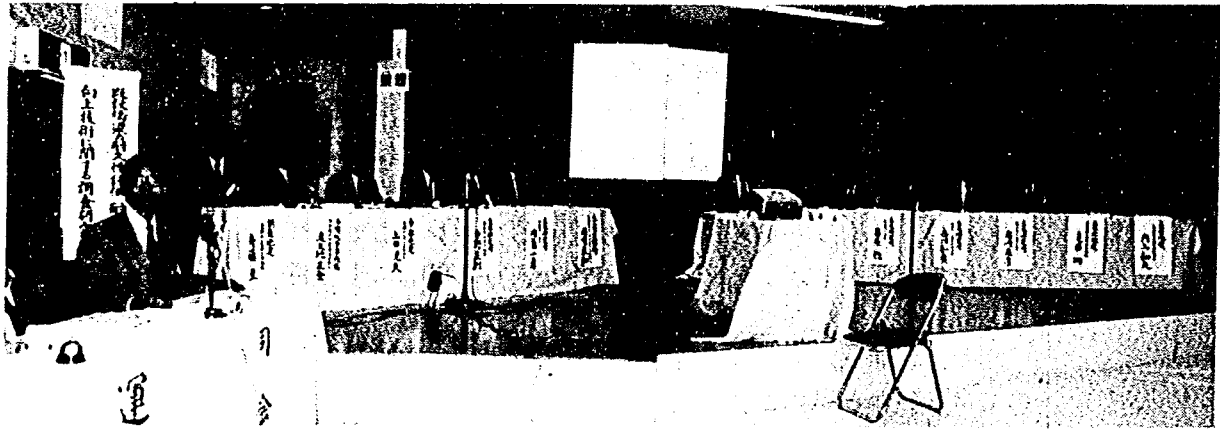
また、ディスカッション内で色々でてきたように、応力頻度測定は、詳細点検法の一手法としてもかなり有効だと考えられますので、測定法やデータの読み方に関するマニュアルを作成し、健全度判定法として実用化することも、今後の計画にとり入れて行きたいと考えております。

すなわち成果としてこのような2本柱にしたい訳です。

関東より、応力頻度計測ですべてがわかる訳ではなく、目視等の点検もやはり重要であるという御指摘がありました。これは、全くその通りであると思います。損傷の中で、発生する応力度にその影響が表われるものは限られています。したがって、応力頻度測定は、目視等の色々の点検法と組み合わせてはじめて信頼性のある評価法となるわけです。

次に、死荷重応力度をどのように考えるかについて、お話しがありました。これは、疑問をお持ちの方も多いいことと思います。しかし、死荷重による応力度は、荷重の大きさが正確につかめることや、均等に載荷されていることなどの理由で、一般に計算によりかなり正確に評価できますので、心配はいりません。

計測について、とくに電源についてのお話しがありましたら、確かに電源の確保ということが本測定のネックになる可能性が高い訳です。このため、雷などによる短時間の停電に対処するための簡易なバックアップ電源や、測定全体をバッテリーで行うことについての検討も進めています。



発表会風景

3. 耐震性の評価法について

発 言 者	発 言 内 容
座 長	既存の道路橋を適切に保全し、長期にわたる有効利用を図っていくためには、耐震面からも各種の検討が必要とされています。具体的には、旧設計基準に従って設計された既存橋の耐震性をどのように正しく評価するか、また、耐震性が十分でないと判定された橋をどのように補強しておくかということが挙げられます。 まず、この問題に入るに当たって、最近起こりました地震被害の経験から触れてみたいと思います。宮城県沖地震、日本海中部地震と地震経験の豊かな東北地建さん、いかがでしょうか。
東 北 地 建	宮城県沖地震における東北地建の直轄管理区間の橋梁の被害状況は、20m以上の橋100橋のうち、約60橋について目視による詳細な調査を実施したところ、軽微な被害を入れると35橋が被害を受けました。 被害の特徴としては、損傷箇所が上下部構造の接点である支承部とその周辺及び下部構造に集中しており、杓の破損、杓座コンクリートの破損、下部構造躯体のひびわれ等の被害が多かったことが挙げられます。 これらの被災橋の中で、国道45号の小野橋は、全橋にわたって桁移動が生じ、桁横取り修正の復旧に5日間を要しており、この間は全面通行止の措置をとっております。 また、同路線の天王橋は、橋脚天端に大きなひびわれが生じ、RC巻立てによる復旧に2ヶ月間を要しており、この間は片側通行で1t以上の車両の通行止の規制を行っております。 このようにひとたび被害を受けると復旧に多大な日数を要しますので、あらかじめ耐震性を点検して大被害に結び付く可能性のあるものについては、補強等対策を講じておくことが重要と思われれます。 その際、東北地建の被災経験からみて、以下の点がポイントではないかと考えられます。 第一には、宮城県沖地震、日本海中部地震では、RC橋脚段落し部、支承部及び液状化による被害が多く、これらについての耐震点検が重要と考えられます。第二には、杓座を含む支承部の破損、上部工の1次部材の破断、RC橋脚段落し部の被害は、落橋につながる可能性があるため、耐震補強等の十分な対応をしていく必要があると考えられます。
座 長	地震被害の経験とそれを踏まえた耐震点検、耐震補強のポイントまで御紹介頂きありがとうございます。 それでは、耐震点検、耐震補強の話が出て参りましたので、ここで本課題に関連してどのような点を重点的に調査研究していかなければならないかに関して御意見を頂きたいと思います。 まず、関東地建さんから、いかがでしょうか。
関 東 地 建	61年耐震点検がちょうど終わった所でありますから、こうした中から多少苦労した点を御紹介させて頂きたいと思います。 今回の点検において、点検総数 867 橋のうち、上部構造に関するものが 177 橋、下部構造に関するものが21橋、全体として 215 橋で点検総数の25%が要対策となっております。

	ります。 対策工法の選定に際して苦労しておりますが、どういう工法が最も有効なのか、どういう場合には、どういう工法が有効なのか、また、特に下部工の補強に関しては工事が大きくなり、工法の選定が非常に難しい点であります。 こういう点を考えますと、耐震調査結果に基づき、一連の流れに従って標準的な補強工法を選定できるマニュアルのようなものが必要ではないかと考えられます。
座 長	ありがとうございました。中部地建さんいかがでしょうか。
中 部 地 建	中部地建でも只今の関東地建さんの場合と同じような問題をもっていますが、それ以外に中部地建独自の問題として、例えば東海地震のような特定の大規模地震に対する耐震性の問題があります。 現在、駿河湾西岸における地殻の沈降が特に顕著で、近い将来に東海地域に巨大な地震が発生すると考えられておりまして、我々も脅威をいただいておりますが、このような大地震に対する耐震性を判定する手法を開発していく必要があるのではないのでしょうか。
司 会	東海地震というお話がでておりましたが、土研ではどのようにお考えでしょうか。
土 研	中部地建さんからお話がありました件ですが、東海地域でマグニチュード8クラスの大地震が発生した場合には、地表面の加速度が0.4 G程度に達すると考えられます。橋梁の増幅を考えますと、下部工天端では1 Gに近い加速度が生じてしまうことになります。 このような場合に、橋梁下部工は、鉄筋の降伏、クラックの発生時により非線形領域に入ることになるわけですが、このような大地震に対する下部構造のねばり、じん性等を考慮した耐震設計法、あるいは耐震性判定法を開発していくことが必要だと考えられます。
座 長	以上のことを受けまして、本省の方から何か御意見はありませんか。
本 省	先程、東北地建さんの方から御紹介いただいた宮城県沖地震による被害状況や、近年起こった例というものを考えてみますと、耐震性評価法、耐震対策工法の開発に際して次の3点の考えておくべきポイントがある様に思われます。 第1には、ここ30～40年に限ると、本当の意味の大規模地震が、我が国周辺で生じていないという点です。上部構造形式、下部構造形式とも非常に多岐にわたる構造が採用されるようになっていきます。ところが、現在1923年関東地震、1948年南海地震、1948年福井地震といったかなり古い地震被害の特徴に基づいて耐震性評価を行なわざるを得ない面があります。従って、現行の非常に多種多様な橋梁形式にも的確に対応できる耐震性評価法といったものが必要になってくるかと思われます。 第2には、地盤の軟質な3種及び4種地盤上での被害率は、地盤の良好な1種及び2種地盤上での被害率の約10倍にもなっています。また、同一橋梁の中においても地盤条件が変化している場合が多いのですが、被害としては、こうした地盤条件の変化部で生じやすいという点です。従って、地盤条件に応じて耐震性の評価に差を設けると同時に、地盤条件の変化の影響をきめ細かく取り入れるということが重要と考えられま

	す。 第3には、ある箇所被害が生じると、それ以外の箇所では被害を生じにくいといったことがある点です。具体的に言うと、宮城県沖地震で、下部構造の被害と支承の関係を調べてみると、両方に被害を受けた橋は少なく、いずれか一方だけに被害を生じた橋が多いということです。これは、下部構造に被害を受ければ支承には被害を受けない、反対に支承に被害を受ければ下部構造に被害を受けないというように下部構造の被害と支承の被害が相互補完的になっているように考えられるということです。従って、耐震補強を行なう場合には、弱点部の補強だけをすればよいというのではなく、橋全体の耐震性向上という観点から対策工法を選定することが重要と考えられます。
土 研	今までの御意見から本課題を通して何を重点的に検討していかなければならないかということについてまとめてみますと、 まず第一には、耐震設計法の変遷に伴ない地震被害の形態が変化しており、近年の地震被害の経験を踏まえ、個々の調査項目の推定精度の向上、耐震性の総合的な把握の可能性の検討を実施していくことが重要と考えられています。 第二には、施工性ならびに耐震補強効果の優れた耐震補強工法を開発していくことが必要だと考えられています。 このような耐震調査法、耐震設計法の結果をもとに耐震調査法から一連の流れに従って標準的な補強工法の選定まで一連の手引き、マニュアルのようなものを作成していくことが重要と考えられます。
座 長	以上のディスカッションにおけます御意見をもとに、耐震性評価法についてという課題におきましては、地震により大被害を受けた場合の影響の大なることから、震前対策の重要性を認識し、耐震調査から補強工法の選定までを一連の流れに従って実施できるようなマニュアルを作成していくということによってやっていきたいと考えております。

既設橋梁の耐久性評価・
向上技術に関する調査研究

ISSN 0386-5876
土木研究所資料 第2420号
昭和61年11月 (1986)
建設省土木研究所 橋梁研究室
耐震研究室
システム課

キーワード：既設橋梁，架替橋梁，点検容量，データバンク，応力頻度測定，耐震性，

要 旨

建設省技術研究会道路部門指定課題として61年度に実施した調査研究
の成果報告書である。



