

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 II

昭和63年 2 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 © (1988) 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、複製は、土木研究所長の文書による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 II

構造橋梁部	部	長	篠	原	洋	司
橋梁研究室	室	長	藤	原		稔
	研	究	員	岩	崎	泰彦
	研	究	員	箕	作	光一
	研	究	員	村	越	潤
				中	島	祥行
				引	野	純
	部外	研究員	佐	野		正
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	常	田	賢	一
	研	究	員	柴	崎	亮介
企画部	橋梁計画官		三	浦	真	紀

要 旨

本調査研究は、既設橋梁の耐久性を評価し向上させる技術の一体的、系統的整備を目的に昭和61年度から3ヶ年の計画で建設省技術研究会道路部門指定課題として実施されているものである。

本資料は、昭和62年度に実施された橋梁点検要領、橋梁データバンクシステム、耐荷力評価方法、健全度評価方法、補修・補強法、耐震性評価法、それぞれに関する検討結果をとりまとめたものである。（昭和61年度の成果は土木研究所資料第2420号としてまとめられている。）

キーワード：既設橋梁, 橋梁点検要領, データバンク, 応力頻度測定, 耐荷力, 照査活荷重, 補修補強, 耐震性, 耐震性評価法, 耐震補強法

目 次

は じ め に	1
1. 調査研究の概要	2
1.1 調査研究の全体概要	2
1.2 昭和 62 年度の調査研究概要	5
2. 調査研究報告	10
2.1 点検要領の検討（橋梁研究室）	10
2.1.1 検 討 目 的	10
2.1.2 昭和 61 年度実施した調査研究の概要	10
2.1.3 昭和 62 年度実施した調査研究	11
2.1.4 まとめ及び今後の検討予定	34
2.2 橋梁データバンクに関する検討（システム課）	35
2.2.1 調査の背景と目的	35
2.2.2 収録データの蓄積形態の決定基準	35
2.2.3 収録データ項目	36
2.2.4 データの出力様式	39
2.2.5 ま と め	39
2.3 耐荷力に関する検討（橋梁研究室）	47
2.3.1 検討目的	47
2.3.2 61 年度調査研究結果	47
2.3.3 応力頻度測定について	47
2.3.4 照査活荷重算定のためのシミュレーション解析	78
2.3.5 既設 P C 橋の耐荷力に関する調査	82
2.4 補修補強に関する検討（橋梁研究室）	93
2.4.1 検 討 目 的	93
2.4.2 調査対象、内容及び方法	93
2.4.3 調 査 結 果	96
2.4.4 ま と め	109
2.5 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討（耐震研究室）	110
2.5.1 概 要	110
2.5.2 耐震性評価法に関する検討	111
2.5.3 耐震補強法に関する検討	120
2.5.4 今年度の調査結果のまとめ及び今後の検討課題	152
3. お わ り に	154
4. 62 年度担当者名簿	155
付 録	
研究発表会パネルディスカッション記録	157

は じ め に

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。

本調査研究は、このような状況を踏まえ、昭和 61 ～ 63 年度の 3 カ年にわたり、現在、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」などの成果も活用しながら、点検、診断、補修補強などの橋梁維持管理技術に関する検討を行い、既設橋梁の耐久性を評価し向上させる技術の一体的、系統的整備を図るものである。

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 62 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盛り込んで取りまとめたものである。

昭和 63 年 2 月

1. 調査研究の概要

1.1 調査研究の全体概要

橋梁を長期にわたり保全し活用していくためには、維持管理を体系的かつ合理的に実施することが不可欠である。そのためには、図－1.1.1に示すように維持管理業務を構成する点検、診断、補修・補強のそれぞれに関する技術を確立する必要がある。また、同時に、点検・診断結果、補修・補強履歴や設計・施工データは、維持管理を行う上で貴重な資料であるとともに、整理・分析された結果は設計・施工段階にまでフィードバックされ橋梁の耐久性の向上に大きく寄与することが期待されることから、これらを蓄積し、有効利用するためのシステムを整備する必要がある。

本調査研究では、上述の考えにしたがい橋梁維持管理技術の体系的整備を目指し、次の6項目に関する検討を表－1.1.1、図－1.1.2に示す全体計画および実施体制にしたがい行うものとする。

- 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 橋梁データバンクに関する検討
- 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

次に、これらの調査研究項目のそれぞれの概要を示すと以下のとおりとなる。

① 既設橋梁の供用年数に関する検討

本検討は、実際の橋梁の寿命を架替られた橋梁の供用年数から捕えると同時に、寿命を支配した要因を明らかにし、将来の維持管理業務のあり方や架替計画を検討する際の基礎資料を得ることを目的に実施する。

② 点検要領の検討

点検は、橋梁維持管理業務の出発点である。すなわち、点検結果に基づき維持管理上の基本的な措置方針の決定がなされ、その後の診断や補修・補強などが実施される。本検討は、現在、各地建で個別に作成され運用されている点検要領を、点検業務の系統化、損傷度判定作業の客観化・簡易化、点検結果の有効利用の観点から、統一化することを目的に実施する。

③ 橋梁データバンクに関する検討

橋梁データバンクは、橋梁の維持管理に必要な情報を蓄積・管理するシステムであり、点検、診断、補修・補強の各維持管理業務を実施する上で、また、維持管理面からみた設計、施工上の改善点を明らかにする上で貴重な情報を与えるものである。本検討は、データバンクシステムを整備するために必要な、システム構成、収録データ項目、データ入出力様式などを明記したガイドラインを作成することを目的に実施する。

④ 耐荷力に関する検討

耐荷力の評価は、点検や詳細調査の結果、大きな異常・損傷が把握された場合、または、設計活荷重が

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

Figure 1 is a flowchart illustrating the information flow for bridge maintenance management. The diagram is organized into several interconnected components:

- Top Section (Planning and Design):**
 - Plan (計画):** The starting point, which feeds into Design.
 - Design (設計):** Feeds into Construction.
 - Technical Information (技術情報):** Flows from Plan to Design and from Design to Construction.
 - Data Flow:**
 - (調査データ等):** Investigation data, etc., flows from Plan to the central data hub.
 - (基本データ 構造・材料データ等):** Basic data (structure, material data, etc.) flows from Design to the central data hub.
 - (工事データ, 施工管理データ等):** Construction data, construction management data, etc., flows from Construction to the central data hub.
- Central Hub:** A box labeled **橋梁維持管理データ** (Bridge Maintenance Management Data) receives data from the Design and Construction phases and provides it to the Maintenance Management phase.
- Maintenance Management (維持管理):**
 - Point Inspection (点検):** The first step in maintenance, which feeds into Diagnosis.
 - Diagnosis (診断):** Feeds into Repair/Reinforcement.
 - Repair/Reinforcement (補修・補強):** The final step in the maintenance cycle.
 - Data Flow:**
 - (点検結果):** Inspection results flow from Point Inspection to the central data hub.
 - (診断結果):** Diagnosis results flow from Diagnosis to the central data hub.
 - (補修・補強履歴):** Repair and reinforcement history flows from Repair/Reinforcement to the central data hub.
- Legend:**
 - 業務の流れ (Task Flow):** Represented by solid arrows.
 - 情報の流れ (Information Flow):** Represented by dashed arrows.

— 3 —

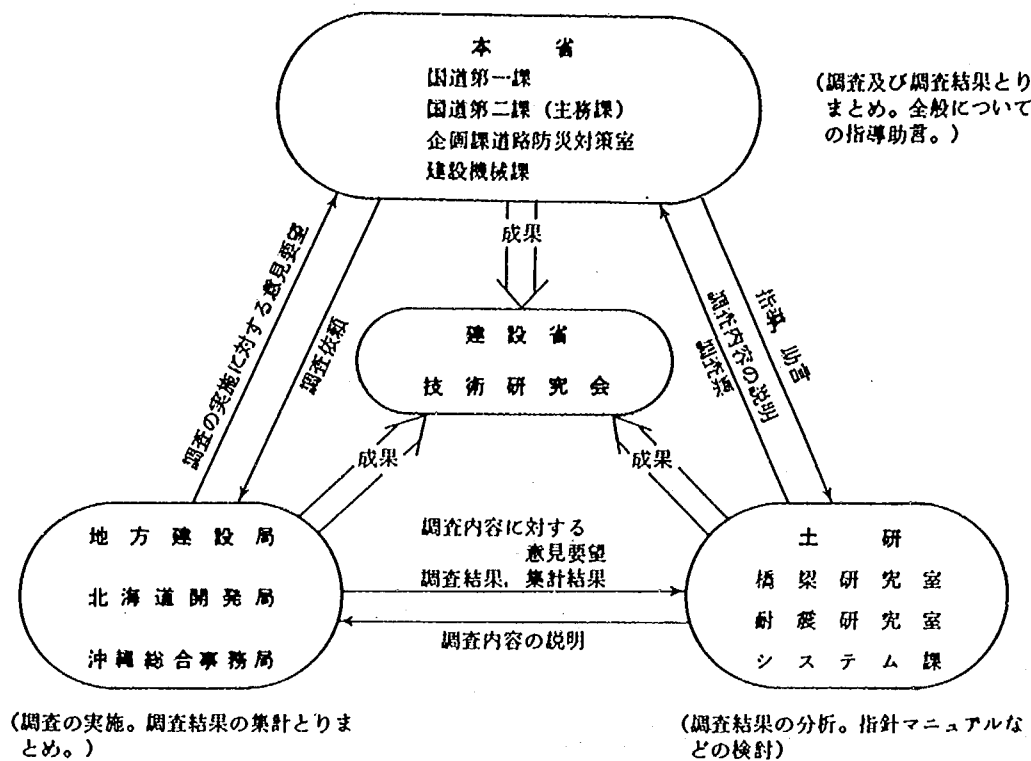
表一 1.1.1 調査研究項目およびフロー

年度 項目	昭和 61 年度	昭和 62 年度	昭和 63 年度
① 既供開 設用する 橋梁数検 査の検討	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 検討	点検要領統一案の検討	点検要領統一案の作成	
③ 橋梁デ ータに 関する 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 耐に 荷力 算定 方法 の検 討	応力頻度測定 (本調査,約30橋/年) (本省,地建) 照査荷重算定のためのシュミ レーション (土研)	照査荷重算定 指針の検討 (とりまとめ) (土研) 耐荷力算定基準(案)の検 討 評価手法のとりまとめ (土研) 評価手法の妥当性検証 のための載荷実験 (土研,地建) (総プロ)
⑤ 健全 度評 価方 法に 関 する 検 討	調査内容の検 討 評価に必要 な 評価基準 の検 討	非破壊検査マニュアルの検討 詳細調査内容に関する実態調査 (本省,地建) 耐震性評価法の作成 (土研) 損傷実態調査 (土研,地建) 損傷度判定のための事例集の検討	詳細調査要領の検討 (とりまとめ) 耐震性評価法の検証 (地建,土研) 損傷度判定のための 事例集の作成
⑥ 補修・ 補強 に 関 する 検 討	補修・補強事例追跡調査 (本省,地建) 補修・補強実態調査 (本省,地建) 新工法の有効性調査(コンクリート橋) (土研) 耐震補強実施例の実態調査 (本省,地建) 耐震補強法の適用性の検討 (地建,土研) 耐震補強効果の評価法の作成 (土研)	補修・補強工法の選定 マニュアルの検討 (とりまとめ) 耐震補強効果の 評価法の検証 (地建,土研) 耐震補強法の実 験的検討 (土研) 耐震補強事例集の作成 耐震補強実施マニュアルの検討 (とりまとめ)	

補修・補強の必要性評価基準の検討

(土研)

・技術管理業務連絡会
橋梁部会にて実施



図一 1.1.2 実施体制

1.2 昭和62年度の調査研究概要

(1) 点検要領の検討

昭和62年度は、昭和61年度にとりまとめた点検要領統一案の作成に際しての必要検討事項について検討を行い、点検要領統一案原案を作成した。原案の検討にあたっては、特に点検業務の系統化、損傷度判定作業の客観化・簡易化に留意するものとした。また、本調査研究の一環で実施している橋梁データベースシステムの検討と一体的な検討を行い、データベースシステムの導入に対応し、点検結果の有効利用が可能な点検要領の作成を図った。

なお、本検討は、建設省技術管理業務連絡会橋梁部会の場合において、本省、土木研究所、各地建ならびに北海道開発局、沖縄総合事務局が一体となって実施している。

点検要領原案は、①適用の範囲、②点検の目的、③点検の種別、④点検の対象、⑤点検の流れ、⑥点検の頻度と方法、⑦実施体制、⑧点検機械器具の携行、⑨点検項目、⑩損傷度判定標準、⑪損傷度判定、⑫点検報告書の様式、の12項目から構成されている。

ここでは、点検要領の中で基本的で重要な役割を持つ点検の流れ及び損傷度判定についてその概要を示す。

1) 点検の流れ

点検の流れは、点検業務の標準的な進め方を示すものである。原案では、図一1.2.1に示すような流れに従い点検結果を判定することとした。すなわち、点検結果は、最終的には表一1.2.1に示す損傷度判定

標準のいずれかの区分に判定された後、記録されることになる。また、緊急補修の場合を除き、点検結果からは直接、補修の必要性の有無の判定は行わず、つねに詳細調査を実施して補修の必要性を判定することとした。なお、原案では図中の破線枠内に示されている詳細調査、追跡調査については、具体的な調査方法、頻度等は規定していない。

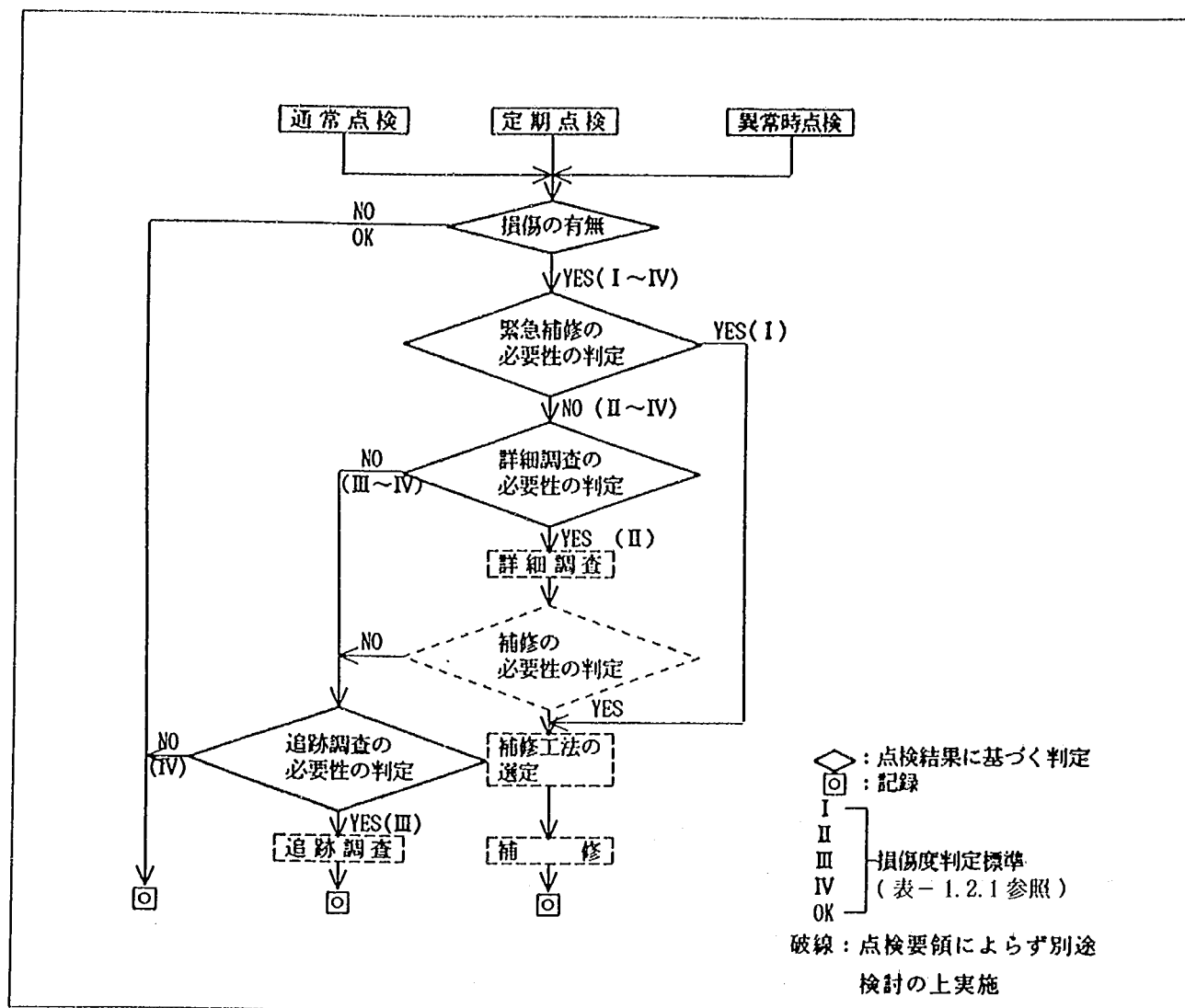


図-1.2.1 点検の流れ

表-1.2.1 損傷度判定標準

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、追跡調査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。

2) 損傷度判定

損傷度の判定は、各部材ごとに、損傷の種類別に行うこととした。具体的な判定は、損傷度判定基準に示される損傷の位置あるいはパターン（：形状、X）、損傷の深さ(Y)、損傷の拡がり(Z)の判定結果に損傷の性質（進行性か否か）、部材の重要度（主部材か二次部材か）を加味して行うものとした。

ここで、損傷度判定基準は、現在同時に検討を進めている橋梁データバンクシステムの活用を前提に、点検者の判定作業ができるだけ客観的にかつ容易に実施できるように作成した。すなわち、損傷度判定基準では、X、Y、Z それぞれについて損傷を耐荷力・耐久性へ与える影響の程度により大中小にできるだけ単純かつ具体的に分類して示しており、点検者はその中から合致するものを客観的に選択すれば良い内容となっている。これは、損傷度判定における X、Y、Z の判定結果を総合化する作業、損傷が進行性であるか否かの判定、部材の重要度の判定が全てデータバンクシステムの中で行われることを前提として考えられたものである。

(2) 橋梁データバンクに関する検討

本調査は橋梁の維持管理に必要な種々の橋梁関連データを電算機を利用して蓄積・管理できるように整理した上で、試験的に橋梁のデータバンクシステムを構築することでその検証を行い、橋梁の維持管理業務に必要な情報管理の効率化、合理化に資することを目的としている。調査の初年度である61年度は橋梁データバンクシステム（以下橋梁DBと称する）の維持管理業務における位置付け等について整理し、基本構想としてまとめた。62年度は基本構想に基づいて収録データの蓄積形態およびデータ項目の検討、データの出力様式の検討を行った。62年度の成果をまとめると以下のとおりである。

1) 昨年度に作成された基本構想に基づき、橋梁DBの利用目的を整理し、利用目的に即した収録データ項目の拾い出しを試みた。また、拾い出しにあたっては道路関連台帳の電算化システムである道路管理データベースシステムとの整合を図り、システムの利用者が道路管理データベースシステムと橋梁DBを一体のものとして利用できるように配慮した。

2) 収録データ項目に基づいて、橋梁台帳や点検調書に対応した出力様式案を作成した。

今後の主な課題としては、以下のものがあげられる。

① 現在作成中の橋梁DB入力マニュアルを用いて、いくつかの橋梁に関するデータ入力を試験的にを行い、データ作成や収集・入力にあたっての問題点について検討する必要がある。なお、データ入力については道路管理データベースシステムにおけるモデル出張所においてデータ作成、入力を行う予定である。

② データの利用方法をさらに明確にすることで非定型様式を中心としたデータ出力様式について、今後さらに検討する必要がある。

③ 橋梁DBは、点検や補修といった道路管理課担当の業務において発生するデータだけでなく、新橋架設や改良など工務課担当の業務において発生するデータをも入力する必要がある。

また、道路管理課以外に調査課、工務課などでも橋梁DBの利用価値は高いと考えられる。したがって、橋梁DBをより有効に利用していくためには今後、管理、運用、利用の各体制面での横断的な検討を行う必要があると思われる。

(3) 耐荷力に関する検討

1) 応力頻度測定

本年度は、東北、関東、中部、四国、九州の5地建が主体となり、それぞれ6橋計30橋を選定し、24時間応力頻度測定を実施した。また6橋のうち、1橋については、引き続き2カ月間の長期測定を実施した。本年度の調査は、橋種をプレートガーダー橋に限定して、支間長を20m、あるいは40mとして、交通条件（交通量、大型車混入率）の異なる橋梁を選定して実施した。

また、前年度11月から365日間長期測定を継続中の神流川橋については、本年度8月までに得られたデータの収集を行った。

2) 照査活荷重算定のためのシミュレーション解析

これは、対象とする橋梁における交通条件（交通量、大型車混入率等）、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、土木研究所が担当して行った。

3) 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PC橋について、交通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方法の作成を目的として実施するものである。

昭和62年度は、特に設計図書類が保存されていない場合でも、一般的な橋梁諸元等から間接的に耐荷力を算出する方法を作成するために、事前にその検討に必要なPC橋の現況調査及び耐荷力に及ぼす諸要因（設計基準の変化、鋼材強度、塩害）の影響についての調査検討を行うとともに、耐荷力に係わる諸数値に関するアンケート調査の準備やそれに伴うデータの要因分析等を行うプログラムを作成した。これまでに本調査によって得られている結果としては、①ポストテンションTげた橋がPC橋の代表的かつ耐荷力算定の必要なケースが多いと考えられる橋梁形式であること、②設計基準の変化に関連して、特に終局荷重の組合せの変化に注視する必要があること、③PC橋の建設に用いられる鋼材の降伏点や引張り強さの実強度は、種類や径に関係なく95%以上の信頼性をもって規格値が満足されていること等が挙げられる。

(4) 補修補強に関する検討

本調査は、補修補強の必要性の判断、補修補強工法の選定基準およびその確認方法などを内容とする補修補強要領の作成を目的に、その要領を合理的かつ効果的なものとするために、補修補強工法の現状を調べ、個々の工法の特徴や問題点などを明らかにするために行うものである。

昭和62年度は、その第一段階として、補修補強上最も多くの問題を含んでいる鉄筋コンクリート床版について、建設省道路局が昭和60年度に実施した橋梁床版の維持修繕に関する実態調査によって得られているデータを用いて、ひびわれを指標としてその損傷の実態を把握するとともに、それらの損傷に対してい

かなる補修補強工法が適用されているかの分析検討を行った。その結果、① I 桁橋の損傷割合をみると合成桁が非合成桁に比べて高いこと、② 損傷割合と適用示方書との間にかなりの関係があることが確認され、昭和 31 年と 39 年版の道示により設計されたものについては経年数に関係なく損傷割合が高く、一方昭和 48 年の道示によるものは損傷割合が低いこと、③ 一般に RC 床版の補修補強法としては、鋼板接着、縦桁増設及び打替えが多く、その中でも最近の傾向として打替えの採用割合が増加してきていること、④ 打替えは重度の損傷が見られる場合に用いられ、それよりやや軽度の場合は鋼板接着や縦桁増設が一般に用いられていることなどの点が明らかになった。

(5) 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討

1) 耐震性評価法に関する検討

簡単でかつ精度の高い橋梁の耐震性評価法の開発を目的として、新たな耐震性評価法を作成した。本手法は、昭和 61 年度の調査研究結果に基づいて、日本道路協会の橋梁耐震調査法及び建設省の耐震点検法を基本として作成したものであり、外観及び簡易な計算のみによる一次評価法、詳細な計算を含む二次評価法、さらに大地震に対する判定法を含むことを特徴とする。なお、この耐震性評価法には、地震に対して被害を受ける可能性の評価の他に、優先度を考慮するための重要度ランクを加えた。本年度は、新たな耐震性評価法の作成を行い、最終年度において本手法の適用性の検討を実施するものとした。

2) 耐震補強法に関する検討

昭和 54 年に実施された耐震点検に基づく耐震補強実施事例を収集し、これらの整理検討を行った。耐震補強法に関しては、工法の統一的な選定方法及び設計方法が確立されているわけではないため、各方面で各種の選定及び設計方法が採用されている。本年度は、各種の耐震補強法の比較検討を行うとともに、耐震補強法選定上の問題点を検討した。さらに、耐震補強については海外でも各方面で積極的に検討されており、米国等海外における耐震補強法の一例を紹介する。

2. 調査研究報告

2.1 点検要領の検討

2.1.1 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、特に架替時の費用が大きく架替工事が社会生活に大きな影響を与える道路橋においては、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、橋梁の安全性・使用性・耐久性に影響を与えている、もしくは与える恐れのある損傷、異常の早期発見とその程度の把握を行う目的で実施される。そして、その結果は維持管理上必要な措置方針の決定に利用されると同時に将来の橋梁維持管理上の貴重なデータとなり効率的な維持修繕を可能にし、さらに設計・施工にフィードバックされ維持管理の容易な耐久性の高い橋づくりに活用され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、本調査研究の一環として別途検討される橋梁データバンクシステムおよび損傷事例集と一体的な整備を図り、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。

2.1.2 昭和61年度に実施した調査研究の概要

昭和61年度は、点検要領の具体的内容の検討に先立ち、建設省各地方建設局（以下、地建という）、公団（日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団）および諸外国における点検要領の比較検討ならびに各地建の点検実態を調査し、現行の地建における点検要領の問題点を明らかにした。また、合わせて地建維持管理担当者を対象にアンケート調査を行い、現行点検への要望事項を把握し、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を行った。

把握された現行の点検要領の問題点および現行点検への要望事項の概要は、次のとおりである。

(1) 問題点

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。

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。

(2) 要 望

1) 定期点検の頻度については、現在より増すべきであるという要望が比較的強く、その要望は具体的には、1回/年～1回/3～4年となっている。

2) 点検従事者の資格、経験については、現行の点検要領に規定されていないこともあり、①従事者の資格、経験を要領に明記する、②専門技術者を配置する、③研究、講習会を実施し従事者への教育を徹底するなどの要望がなされている。

3) 点検機器及び設備については、点検車両の充実、検査路の設置などに対する要望が強いほか、非破壊検査機器の使用方法等に関するマニュアル作成への要望がある。

2.1.3 昭和62年度に実施した調査研究

(1) はじめに

昭和62年度は、61年度にとりまとめた点検要領統一案の作成に際しての必要検討事項について検討を行い、点検要領統一案原案を作成した。原案の検討にあたっては、特に点検業務の系統化、損傷度判定作業の客観化・簡易化に留意するものとした。また、本調査研究の一環で実施している橋梁データベースシステムの検討と一体的な検討を行い、データベースシステムの導入に対応し、点検結果の有効利用が可能な点検要領の作成を図った。

なお、本検討は、建設省技術管理業務連絡会橋梁部会の場合において、本省、土木研究所、各地建ならびに北海道開発局、沖縄総合事務局が一体となって実施している。

(2) 点検要領統一案原案

点検要領統一案原案（以下、原案と呼ぶ）は、1) 適用の範囲、2) 検討の目的、3) 検討の種別、4) 点検の対象、5) 点検の流れ、6) 点検の頻度と方法、7) 実施体制、8) 点検機械器具の携行、9) 点検項目、10) 判定標準、11) 損傷度判定、12) 点検報告書、の12項目から構成されている。以下に原案の概要について述べる。

1) 適用の範囲

本要領は、建設省、北海道開発局、沖縄総合事務局が管理する橋梁の点検業務に適用する。

ここでいう点検業務とは、本要領で規定する、通常点検、定期点検、異常時点検、詳細調査、追跡調査を指すものである。ただし、本要領は、主に通常点検、定期点検を対象に作成されたものであることから異常時点検、詳細調査及び追跡調査にあたっては、本要領に規定されていない調査方法、内容等を検討の上実施する必要がある。

なお、管理機関名については、原案の検討に参加している機関名を示すものであって、今後変更の可能性がある。また、管理する橋梁の範囲としては、道路が管理する橋梁を考えており、河川あるいはダムが

管理する橋梁を含めるか否かについては未検討である。

2) 点検の目的

橋梁点検は、道路維持管理業務の一環として、管理橋梁の現状を把握し、異常および損傷を早期に発見することにより安全・円滑な交通を確保するとともに、合理的な橋梁の維持管理を行うための資料を得ることを目的に実施する。

ここでは、点検の一般的な目的を示している。点検の第一の目的は、管理橋梁の現状を把握し、橋梁の安全性や使用性に悪影響を及ぼしている損傷を早期に発見することにより、早期・適切な措置を可能にし安全・円滑な交通を確保することにある。第二の目的は、効率的な維持修繕を実施するために不可欠である損傷や異常の程度の継続的な把握を行うことにある。また、本目的では示していないが、蓄積された点検結果を分析することにより、維持管理面からみた設計・施工上の問題点や改善点が明らかになることが期待される。したがって将来の維持管理の容易な、耐久性の高い橋づくりのための基礎資料を得ることも大きな目的の1つである。

3) 点検の種別

点検の種別は次のとおりとする。

① 通常点検

通常点検とは、損傷の早期発見を図るために、原則として道路の日常巡回を行う際に併せて実施する橋梁の目視点検をいう。

② 定期点検

定期点検とは、橋梁の保全を図るために定期的に実施するものであり、主に目視及び簡易な点検機械・器具により行う点検をいう。

③ 異常時点検

異常時点検とは、地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害が発生した場合もしくはそのおそれがある場合と、異常が発見されたときに、主に橋梁の安全性を確認するために行う点検をいう。

④ 追跡調査

進行状況を把握する必要がある損傷について、目視及び簡易な点検機械・器具により、継続的に実施する調査をいう。

⑤ 詳細調査

補修、補強の必要性を判断するために、主に点検機械・器具を用いて実施する調査をいう。

点検の種別としては、通常点検・定期点検・異常時点検・追跡調査・詳細調査の5つを考えた。通常点検は、主に橋面上から橋梁の異常や損傷を発見することを目的に、日常の道路巡回時にパトロールカー車内から判断できる範囲で行うものである。ただし、道路巡回要領にしたがい、1回/年程度の徒歩による橋梁下面からの目視点検も通常点検に含めることにした。

定期点検は、橋梁の細部にわたる異常や損傷を発見するとともにその概略的な程度を把握し、橋梁を長期にわたり保全するための必要な措置を講じるために定期的に行うものである。

異常時点検は、上記のとおりであるが、災害予防的に実施されている耐震点検については、別途点検要領が定められており、ここでいう異常時点検には含めないものとした。

追跡調査は点検の結果、鋼部材の亀裂、コンクリート部材のひびわれ、下部工の沈下・移動・傾斜・洗堀など、進行の恐れのある損傷や異常が発見された場合に、その進行を監視する目的で実施するものである。本要領では、その方法等を明記していないが、急激な進行の恐れがない場合、または、損傷の進行が橋梁の安全性・使用性に大きな影響を与えないと考えられる場合においては、特別な追跡調査は行わず、通常点検や定期点検の際に、進行状況を継続して確認する方法を用いても良い。

詳細調査は、点検の結果、補修・補強の必要性の検討があると判定された損傷について実施するものである。本要領においては、効率的な定期点検を行うために定期点検では概略的な損傷程度を把握することとしており、補修・補強の必要性の判定にあたって必要となる損傷原因の特定や詳細な損傷の程度の把握は、詳細調査により行うこととした。なお、本要領では、詳細調査の内容等は規定していないが、参考までに詳細調査で用いることが可能な非破壊検査法の例を8)点検機械器具の携行のところに示してある。

4) 点検の対象

点検の対象は次のとおりとする。

① 通常点検

全橋梁を対象とする。

② 定期点検

原則として橋長 15 m 以上の全橋梁を対象とし、その他の橋梁についても必要に応じてその対象とする。

③ 異常時点検

地震、台風、集中豪雨、豪雪等の異常時に、点検が必要と判断される橋梁を対象とする。

④ 追跡調査

通常、定期、異常時点検の結果、追跡調査が必要と判定された橋梁部材を対象とする。

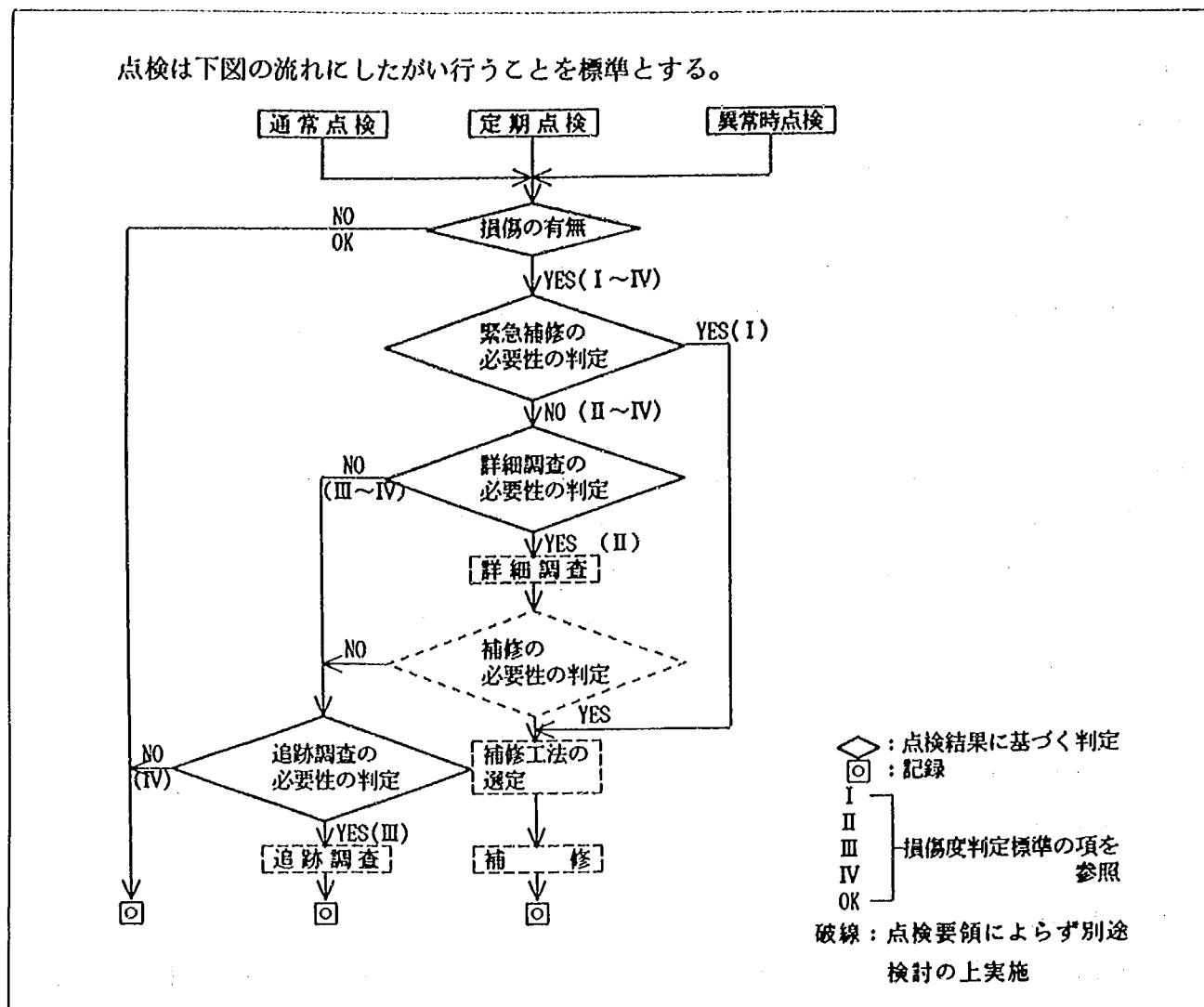
⑤ 詳細調査

通常、定期、異常時点検の結果、詳細調査が必要と判定された橋梁部材を対象とする。

通常点検については、道路巡回要領に従い全橋梁を対象に実施することとした。

定期点検の対象橋梁については、架設後の経過年数、現在の損傷の度合い、橋梁の重要度等を総合的に判断して決定する必要があるが、ここでは、架替時の費用や今後の橋梁の維持管理の重要性を勘案し、原則として橋長 15 m 以上の橋梁については定期点検を実施するものとした。ただし、これより橋長の短い橋梁においても、老朽化が進んでいる橋梁等、定期的な点検が必要と考えられる場合にはその対象とする必要がある。

5) 点検の流れ



点検の流れ図は、点検業務の標準的な進め方を示したものである。図に示すとおり点検結果からは損傷の有無、緊急補修の必要性、詳細調査の必要性、追跡調査の必要性を判定することとした。したがって、補修の必要性は緊急補修を除き、点検結果からの判定は行われず、常に詳細調査を実施し、その結果から判定する必要がある。また図中、点線の枠内に示されている詳細調査、追跡調査等については本要領に具体的な調査方法、頻度等を規定しておらず、別途、各道路管理者の判断により実施する必要がある。

6) 点検の頻度と方法

点検頻度と方法は下表を標準とする。

		通常点検		定期点検		異常時点検
		路上	路下	遠望	近接	
点検方法		パトロールカーを原則とし、必要に応じて徒歩で行う。	徒歩を原則とする。	徒歩を原則とし、必要に応じてポート等で行う。	点検車あるいは工事用足場を原則とし、必要に応じてポート等で行う。	目的に応じて
頻度		道路巡回要領による		1回/2年	1回/10年	必要に応じて
対象部材	上部工	○	○	○	○	目的に応じて
	床版	○	○	○	○	
	下部工	—	○	○	○	
	支承	—	—	○	○	
	高欄	○	—	○	○	
	防護柵	○	—	○	○	
	地覆	○	—	○	○	
	舗装	○	—	○	○	
	伸縮継手	○	—	○	○	
	排水設備	○	○	○	○	
	落橋防止設備	—	—	○	○	
	点検設備	—	—	○	○	
	防音設備	○	—	—	○	
	照明設備	○	—	—	○	
	添架物	—	—	—	○	

注) 表中の記号は以下のことを意味している。

○印は必ず点検を行なう。

—印は点検可能な場合に行なう。

点検は、全ての部材に対して、その現況を詳細に把握することが望ましいが、全ての橋梁の全ての部材を詳細に点検するには膨大な時間と費用が必要となり、現在の点検体制や損傷実態とはそぐはないものとなる。そこで、できるだけ効率的な点検を行なうために、その方法と頻度をきめることが必要である。ここでは、頻度を過去の橋梁の損傷実態(2,734橋)、各地建の点検体制、点検費用の3点から総合的に検討して、点検の方法と頻度の組合せを定めている。

通常点検はその定義のところで述べたように道路巡回の中で行うものとし、巡回要領の中で定義されている通常巡回と定期巡回を本要領の通常点検の路上点検と路下点検にそれぞれ位置づけるものとした。従って頻度も巡回要領にならうこととしている。

定期点検は、遠望目視と近接目視の2種類の点検方法を組合せて行うこととした。

遠望目視は、耐荷力・耐久性・使用性に重大な影響を与えられとされる損傷を発見するために原則として1回/2年行うものとした。遠望目視は点検車などを用いず、徒歩を原則として、橋梁を比較的遠くから目視することにより行うこととする。なお、接近可能な場合についてはできるだけ近くから目視するのがよい。

遠望目視の対象とする部材は近接目視とほとんど同じとしたが、防音設備および照明設備は通常点検の路上あるいは近接目視で点検することとし、遠望目視から除外した。

近接目視は耐荷力・耐久性・使用性に影響を与えと考えられる損傷を初期段階から発見するために原則として1回/10年行うものとした。

近接目視は点検車や足場を利用し、比較的部材に接近して目視することにより行うこととする。なお、この場合、必要に応じて点検機械器具を使用するのがよい。

近接目視の対象部材は全部材とした。なお、添架物は本来、橋梁管理者の管理対象ではないと考えられるが、添架物の損傷が橋梁に悪影響を及ぼすことも考えられるため、近接目視の対象とした。

7) 実施体制

7) - 1 定期点検作業員の名称および作業内容

点検作業員の名称及び作業内容は次の通りとする。

- ① 点 検 員……点検員は点検作業班を統括し、安全管理について留意して、各作業員の行動を掌握すると共に、点検補助員との連絡を緊密にして、点検調査を実施する。
- ② 点 検 補 助 員……点検補助員は点検員の指示により点検作業の補助を行い、不良箇所及び異常を発見した時は、橋梁点検要領に従い器具による測定結果や、その現状を具体的に記録すると共に写真撮影を行う。
- ③ 点検車運転員……点検車運転員は点検員の指示に従い点検車の移動その他を行う。
- ④ 交 通 整 理 員……交通整理員は点検時の交通障害を防ぎ点検作業員の安全を確保する。

ここでは、定期点検作業の円滑な実施を図るために、点検作業の実態を参考に点検作業員の名称および作業内容の定義付けを行った。ただし、点検補助員は、上記作業を行うほか、点検員の指示に従い次の作業を行う場合もある。

- 1. 点検車歩廊部（油圧屈伸式にあっては点検作業台）の移動操作
- 2. 点検車運転員及び交通整理員との連絡・調整

7) - 2 定期点検作業班の編成人員

1 橋当り（橋梁点検車1台当り）の点検作業班の編成人員は、下表を参考に定めるものとする。

	橋梁点検車 ¹⁾	その他の施設 ²⁾	備 考
点 検 員	(1) 人	(1) 人	
点 検 補 助 員	(2) 人	(2) 人	
点検車運転員	(1) 人	—	
交 通 整 理 員 ³⁾	※ 1	—	※ 1 道路工事保安施設設置基準(案)による

注1) 橋 梁 点 検 車：点検に必要な作業範囲や交通状況等、各橋梁毎及び点検使用機種毎の条件を十分考慮して決定する。

注2) その他の施設：検査廊，はしご，舟，塗装時足場利用の場合であり，現地条件や点検方法（項目，器具等）を考慮して決定する。

注3) 交通整理員：交通整理員は，道路工事保安施設設置基準（案）に基づき橋梁毎の交通条件を考慮して決定する。

ここで規定した定期点検作業班の編成人員は，定期点検の作業実態に基づき定められたものであり，一つの参考的な値を示すものである。したがって，定期点検の実施にあたっては，この値を参考に現地状況等を考慮して，編成人員を定めるのが良い。

7) - 3 点検員の資格

橋梁の点検を業務委託により行なう場合は次の各号の規定のいずれかに合致する点検員を1名以上配置するものとする。

① 通常点検の場合

- (イ) 大学卒業後3年以上の実務経験を有する者
- (ロ) 短大卒業後5年以上の実務経験を有する者
- (ハ) 高等学校卒業後8年以上の実務経験を有する者
- (ニ) 前項(イ)～(ハ)と同等以上の能力を有する者

② 定期点検あるいは異常時点検の場合

- (イ) 大学卒業後5年以上の実務経験を有する者
- (ロ) 短大卒業後8年以上の実務経験を有する者
- (ハ) 高等学校卒業後11年以上の実務経験を有する者
- (ニ) 前項(イ)～(ハ)と同等以上の能力を有する者

1. 点検作業の成果は，点検員の判断によるところが多いので，橋梁に関して十分な知識と実務経験を有する者が行うことが望ましい。ここでは通常点検は2級土木施工管理技士の受験資格を参考にし，定期点検あるいは異常時点検は，技師Cの資格を参考とした。

2. 異常時点検については，定期点検と同一の規定としたが，特に重点的専門的な点検を行う場合にはその内容に応じて点検員の資格を別途規定することが望ましい。

8) 点検機械器具の携行

点検作業の実施にあたっては，点検員は対象となる点検種別および点検作業の内容に応じて必要な点検機器を携行しなければならない。

点検にあたっては，効果的な成果を得るためにその目的に応じた適切な機器をつねに携行する必要がある。以下に点検作業に必要な一般的な機器を示す。

(イ) 点検用具

望遠鏡、双眼鏡、テストハンマー（大・小）、スチールテープ、ノギス、ワイヤーブラシ、水系、クラックゲージ、ボール

(ロ) 記録用具

カメラ一式、チョーク、黒板、マジック、スケール、記録用紙

(ハ) 点検用補助機器

梯子、交通規制用具、投光器、ロープ、ガムテープ、針金、ペンチ、懐中電灯、調査用車両、布片、点検車、ポート

なお、表－2.1.1に参考として損傷の種類に応じた一般的な使用器具が示されているので参考にするとよい。

また、詳細調査においては、損傷の程度等をより詳細に把握する目的で非破壊検査機器による検査方法が用いられることがある。詳細調査に利用される非破壊検査方法の例を表－2.1.2に示す。ただし、この表に示す、各方法の特徴は概略的なものであり、利用にあたっては、さらに各方法の適用性について検討する必要がある。また、これらの検査で用いられる機器の性能は、現時点で必ずしも公的機関で保証されていないこともあるので、使用にあたっては事前に性能を確認する必要がある。

表－2.1.1 損傷の種類と使用器具

項目	番号	損傷の種類	調査目視	査接目視
鋼	①	腐食	目視	目視、(板厚計)、ノギス
	②	亀裂	目視	目視、(渦流探傷器)
	③	ゆるみ	—	目視、(トルクレンチ)
	④	脱落	目視	目視
	⑤	破断	目視	目視
	⑥	塗装劣化	—	目視、(付着性テスト)
コンクリート	⑦	ひびわれ	目視(写真)	目視、クラックゲージ、写真、(ビデオ)
	⑧	剥離、鉄筋露出	目視(写真)	目視、写真、(ビデオ)
	⑨	遊離石灰	目視(写真)	目視、写真、(ビデオ)
	⑩	豆板、空洞	—	目視、テストハンマー、写真、(ビデオ)
	⑪	すりへり、浸食	目視	目視、コンベックス、ボール
	⑫	抜け落ち	目視	目視
	⑬	鋼板接着部の損傷	目視(テストハンマー)	目視、テストハンマー
	⑭	床版ひびわれ	目視	目視、クラックゲージ
	⑮	遊間の異常	目視	目視、コンベックス
	⑯	段差、コルゲーション	目視(コンベックス、ボール)	目視、定規、コンベックス、ボール
その他	⑰	ポットホール	目視(コンベックス、ボール)	目視、定規、コンベックス、ボール
	⑱	ひびわれ	目視(コンベックス、ボール)	目視、定規、コンベックス、ボール
	⑲	わだちぬれ	目視(コンベックス、ボール)	目視、定規、コンベックス、ボール
	⑳	その他		
共通	㉑	変色、劣化	—	目視、(シュミットハンマー)(中性化テスト)
	㉒	結氷、融氷	目視	目視
	㉓	異常音	聴覚	聴覚
	㉔	異常振動	目視	目視
	㉕	異常たわみ	目視	目視
	㉖	変形	目視	目視、水系、コンベックス
	㉗	土砂詰り	—	目視
	㉘	沈下	目視	目視、(レベル式)
	㉙	移動	目視	目視、(測位)
	㉚	傾斜	目視	目視、水系、コンベックス
	㉛	沈陥	目視	目視、水系、ボール
	㉜	欠損	目視	目視

表中の()は必要に応じて使用する器具を示す。

表一 2.1.2 非破壊検査方法の例（鋼部材）

	方 法	把握できる内容	適 用 範 囲	使 用 方 法	利 点	問 題 点
探 傷 方 法	超音波探傷法	・部材欠陥、特に亀裂の判別に適している。また、欠陥の位置については判別しやすいが、形状、種類については、わかりにくい。	・金属、非金属 ・プラスチック、その他超音波を透過させる材料。 ・部材の形状には、制限があまりない。	・一般的手法： パルス反射法	・小さな欠陥は検出しにくい。材料の厚さには制限は少ない。 ・持ち運びが容易。 ・使用実績が豊富。 ・経済的である。	・記録が保存しにくい。 ・測定に熟練を要する。 ・損傷の形状を把握しにくい。 ・塗膜が厚いと精度が悪い。
	放射線透過試験	・ブローホール、スラグ巻き込み、鋳果、亀裂など全般に検出可能および損傷の形状まで判別可能。	・材質の制限はなくコンクリートでも可能。但し、鉄類450mm程度の厚さしか透過できない。	・一般的手法： 直接撮影法	・損傷の確認が容易。 ・適用範囲が広い。 ・測定結果が、保存しやすい。	・機材が大きい。 ・使用上の制限が多い。 ・作業の安全管理が必要となる。 ・作業性が悪く、結果が即時に判別できない。 ・経費が高い。
	磁粉探傷法	・部材表面、または、表面付近の亀裂の検出	・磁性材料 (鉄鋼材料 etc.)	・一般的手法： 極間法	・方法が簡易でひび割れの検出に優れている。	・鉄鋼材料などの磁性材料のみに適用可能である。 ・内部損傷は測定不能。 ・亀裂の深さが測定不能。
	渦電流探傷法	・表面および表面部の欠陥、特に亀裂に有効。	・導電材料	・一次コイルにより測定物にうず電流を与える。もし表面にひび割れ等の変化があるとうず電流が変化し、それを2次コイルで検出して損傷を判別する。	・測定速度が速い。 ・経済的である。	・形状が単純なものではないと適用しにくい。 ・内部の欠陥は検出できない。 ・欠陥以外の材料的因子により、影響を受ける。 ・測定に熟練を要する。
	A E 法	・進行性の欠陥（亀裂等）	・材質、形状は制約がない。	・構造物に検出端を数ヶ所設置して、常時又は、必要時に測定する。	・大構造物でも容易に測定可能である。	・研究段階である。 ・ノイズの処理が、まだ、不完全である。
板厚測定方法	浸透探傷試験	・金属および非金属材料の表面の亀裂割れ。	・特に制約はない。	・作業工程 1) 浸透処理 2) 洗浄処理 3) 現像処理 4) 観 察	・材質を比較的選ばない。 ・作業能率がよい。 ・写真などにより記録が容易。	・表面の亀裂のみだけ検出。 ・多孔質材料および表面の粗い材料は不可。
	超音波法	・厚さの測定。	・金属、非金属および超音波を透過させる材料。	・超音波により共振を起こして肉厚を測定する。	・測定が容易。 ・使用実績が多数ある。	・記録保存が困難。 ・塗膜が厚いと精度が悪い。
そ の 他	電磁気法	・厚さの推定。	・金属および磁性体一般。	・磁気抵抗により板厚を推定する。	・測定が容易。	
	応力測定	・活荷重応力 ・ケーブル張力	・特に制約なし ・ケーブル	・ひずみゲージを貼付し、ひずみを測定する。 ・ケーブルに加速度計を取付け、固有振動数により推定する。		
	硬度計	・ビッカース ・ロックウェルC表示	・金属一般	・超音波を用いて、金属の硬度を推定する。	・測定が容易。 ・使用実績が多数ある。	
	塗装劣化	・塗装のひび割れおよび劣化	・一般鋼材塗装	・塗膜面に電解液を浸し、鋼材と異なる金属を電極とする電池を形成し、その起電力で、塗膜の劣化を評価する。		

表- 2.1.2 非破壊検査方法の例(コンクリート部材)

	方 法	把握できる内容	適 用 範 囲	使 用 方 法	利 点	問 題 点
強度 推定 方法	シュミットハンマー法	・コンクリート表面の反発硬度の測定。 ・コンクリートの圧縮強度の推定。	・コンクリート機種 N型 NR型 L型 P型 M型		・測定が簡易。 ・非測定物の形状、寸法にかかわらず適用できる。	・測定が表層部に限られる。 ・精度は比較的バラツキが大きい。 ・供用年数を考慮する必要がある。
	超音波法	・コンクリートの圧縮強度の推定。	・コンクリートの形状にあまり制約はない。		・測定が容易である。	・精度上問題がある。 ・部材厚に制限がある。
	局部破壊法 (引抜き法)	・引抜き耐力の測定より、コンクリート圧縮強度の推定。	・部材一般。	・あらかじめコンクリート中に埋め込んでいたくぎ、ボルトなどを引抜き耐力を推定する。	・強度推定精度がよい。 ・測定が比較的容易である。	・施工時に準備が必要である。 ・試験後の補修が必要である。
	組合せ法 音速・シュミットハンマー法	・コンクリート圧縮強度推定。	・部材一般。	・超音波測定とシュミットハンマー法を併用する。	・音速法、シュミットハンマー法を単独で用いるより精度がよい。	・強度判定式が確立していない。
欠陥 探査 方法	超音波法	・コンクリート内部のひび割れ、空洞、ジャンカ	・コンクリートモルタル等	・測定周波数は鋼材用より低い数10KHzである。原理は、鋼材中と同様。	・測定が容易。 ・被測定物の形状に制約がない。	・判別にある程度の熟練を要する。 ・記録の保存が困難。 ・欠陥の大きさが判別できない。
	電気法	・コンクリート中の鉄筋の腐食程度。	・コンクリート	・対象物をメッシュ分けし、その中の電位を測定し、等電位線図を作成し、腐食位置を判別する。	・測定は比較的容易。 ・被測定物の形状に制約がない。	・あまり精度は良くない。 ・ある程度の経験が必要である。
	放射線法	・コンクリート内部のひび割れ、空洞、ジャンカ	・コンクリートモルタル等		・判別が容易 ・記録保存が容易	・機械が大きい。 ・使用上の制限が多い。 ・作業上の安全管理が必要。 ・厚い部材には不可 ・経費が高い。
	赤外線法	・ひび割れ、空洞および装飾タイル等の浮き上がり。	・部材一般。 ・とくに平面的拡がりのあるものが有利。	・一般部分と異なる部分(ひび割れ、空洞)の表面温度の違いにより欠陥位置を推定する。	・測定が容易、特に平面的拡がりのあるもの。 ・記録の保存が容易。 ・判別が容易。	・結果の判別まで時間を要する。 ・正常な部分と欠陥部との表面温度が違ような時間に調査する必要がある。
	A E 法	・進行性の欠陥(クラック等)	・材質、形状は制約がない。	・構造物に検出端を数ヶ所設置して、常時又は、必要時に測定する。	・大構造物でも容易に測定可能である。	・研究段階である。 ・ノイズの処理が、まだ、不完全である。
形状 推定 方法	超音波法	・コンクリートの厚さの推定	・部材全般		・測定が用意である。	
	磁気及び電磁誘導法	・鉄筋の位置 ・かぶり又は径	・純かぶりが10cm～15cm程度まで探査可能		・測定が容易である。	・鉄筋が密に存在する場合は探査困難 ・深い位置の鉄筋は適用困難
	放射線法	・鉄筋位置および径	・部材厚が30cm～35cm以下の部材について適用可能		・判別が容易 ・記録保存が容易	・機械が大きい。 ・使用上の制限が多い。 ・作業上の安全管理が必要。 ・厚い部材には不可 ・経費が高い。

9) 点検項目

9) - 1 通常点検

通常点検項目は下表を標準とする。

部 材 区 分			記 号	路 上	路 下
上 部 工	鋼	主 桁	M s	㊸異常音	㊵破断 ㊸異常音
		横 桁	C s		㊵破断 ㊸変形
		縦 桁	S s		
		対 傾 構	S w		
		横 構	L b		
	コン クリ ート	主 桁	M c	㊸異常振動	㊸異常振動 ㊸欠損
		横 桁	C c		㊸欠損
		縦 桁	S c		
		床 版	B c	㊸抜け落ち	㊸抜け落ち
下 部 工	鋼	橋脚躯体	P s		㊵破断 ㊸変形
	コ ン ク リ ート	橋脚躯体	P c		
		橋台躯体	A c		
	基 礎		F o		㊸洗掘
高 欄	鋼		E s	㊵破断 ㊸変形	
	コンクリート		E c	㊸欠損	
防 護 柵	鋼		R s	㊵破断 ㊸変形	
	コンクリート		R c	㊸欠損	
地 覆	鋼		f s	㊵破断 ㊸変形	
	コンクリート		f c	㊸欠損	
舗 装	アスファルト		P m	㊵段差・コルゲーション ㊸ポットホール ㊸わだち掘れ㊸漏水・滞水	
伸 縮 継 手	鋼		J s	㊵破断 ㊵遊間異常 ㊸異常音 ㊸変形	
	ゴム		J c	㊵遊間異常 ㊸欠損	
排 水 設 備			D r	㊸漏水・滞水㊸土砂詰り ㊸欠損	㊸漏水・滞水㊸欠損
防 音 設 備			S o	㊵破断 ㊸変形 ㊸欠損	
照 明 設 備			I l	㊵破断 ㊸変形 ㊸欠損	

9) - 2 定期点検

定期点検項目は下表を標準とする。

部 材 区 分			記 号	遠 望	近 接
上 部 工	鋼	主 桁	M s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ③異常音 ④異常振動 ③異常たわみ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ③異常音 ④異常振動 ③異常たわみ⑥変形
		横 桁	C s	①腐食 ②亀裂	①腐食 ②亀裂
		縦 桁	S s	④脱落 ⑤破断	③ゆるみ ④脱落
		対 傾 構	S w	⑥変形	⑤破断 ⑥塗装劣化
		横 構	L b		⑥変形
	コンクリート	主 桁	M c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩漏水・滞水 ④異常振動 ④異常たわみ ②欠損	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ④変色・劣化⑩漏水・滞水 ④異常振動 ④異常たわみ ②欠損
		横 桁	C c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩漏水・滞水 ②欠損	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ④変色・劣化⑩漏水・滞水 ②欠損
		縦 桁	S c		
		床 版	B c	⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩抜け落ち ③鋼板接着部の損傷 ④床版ひびわれ ②漏水・滞水	⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ②抜け落ち ③鋼板接着部の損傷 ④床版ひびわれ ④変色・劣化 ②漏水・滞水
下 部 工	鋼	橋脚躯体	P s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ③異常音 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ③異常音 ⑥変形
		橋脚躯体	P c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞
	コンクリート	橋台躯体	A c	⑪すりへり・浸食 ②漏水・滞水②欠損	⑪すりへり・浸食 ④変色・劣化⑩漏水・滞水 ②欠損
		基 礎	F o	③沈下 ③移動 ③傾斜 ③洗掘	③沈下 ③移動 ③傾斜 ③洗掘

部 材 区 分			記 号	遠 望	近 接
支 承 体	本 体	鋼	B s	①腐食 ④脱落 ⑤破断 ②漏水・滞水 ⑥変形 ⑦土砂詰り ⑧沈下	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ⑦漏水・滞水⑧変形 ⑨土砂詰り ⑧沈下 ⑨移動 ⑨傾斜
		ゴム	B c	②漏水・滞水⑧変形 ⑨土砂詰り ⑨欠損	②変色・劣化②漏水・滞水 ⑧変形 ⑨土砂詰り ⑨欠損
	モ ル タ ル		B m	⑦ひびわれ ⑨欠損	⑦ひびわれ ⑨欠損
	アンカーボルト		B a	①腐食 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化
高 欄	鋼		E s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ⑥変形
	コンクリート		E c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑨欠損	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ②変色・劣化⑨欠損
防 護 欄	鋼		R s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ⑥変形
	コンクリート		R c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑨欠損	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ②変色・劣化⑨欠損
地 覆	鋼		f s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ⑥変形
	コンクリート		f c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑨欠損	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ②変色・劣化⑨欠損
舗 装	アスファルト		P m	⑩段差・コルゲーション ⑦ポットホール⑨ひびわれ ⑨わだち掘れ②漏水・滞水	⑩段差・コルゲーション ⑦ポットホール⑨ひびわれ ⑨わだち掘れ②漏水・滞水

部 材 区 分		記 号	遠 望	近 接
伸 縮 継 手	鋼	J s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ③異常音 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ③異常音 ⑥変形
	ゴム	J c	⑤遊間異常 ③異常音 ⑥変形 ⑦欠損	⑤遊間異常 ④変色・劣化 ③異常音 ⑥変形 ⑦欠損
排 水 設 備		D r		④変色・劣化⑦漏水・滞水 ⑦土砂詰り ⑦欠損
落橋防止装置	鋼	T s	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ⑥変形
	コンクリート	T c	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑦欠損	⑦ひびわれ ⑧剥離・鉄筋露出 ⑨遊離石灰 ⑩豆板・空洞 ④変色・劣化⑦土砂詰り ⑦欠損
点 検 設 備		A l	①腐食 ②亀裂 ④脱落 ⑤破断 ③異常音 ④異常振動 ③異常たわみ⑥変形	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ③異常音 ④異常振動 ③異常たわみ⑥変形
防 音 設 備		S o		①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ④変色・劣化⑥変形 ⑦欠損
照 明 設 備		I l		①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥塗装劣化 ④変色・劣化⑥変形 ⑦欠損
添 架 物		U t		①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ ④脱落 ⑤破断 ⑥変形 ⑦欠損

点検は部材別に行うため、各部材で点検すべき項目（損傷の種類）を材質を考慮して選定した。考慮した点検項目は表－2.1.3に示すように全部で32項目である。

なお、ここで示した点検対象部材及び部材別の点検すべき項目のうち、上部工については鋼板桁橋、RC・PC-T桁橋、RC・PC床版橋等を対象に定められている。したがって、箱桁橋、トラス橋、アーチ橋、吊橋、斜張橋及び鋼床版橋の点検にあたっては、別途点検対象部材及び部材別の点検すべき損傷項目を検討の上実施する必要がある。

表－2.1.3 損傷の種類

材料	番号	損 傷 の 種 類
銅	①	腐食
	②	亀裂
	③	ゆるみ
	④	脱落
	⑤	破断
	⑥	塗装劣化
コンクリート	⑦	ひびわれ
	⑧	剝離、鉄筋露出
	⑨	遊離石灰
	⑩	豆板、空洞
	⑪	すりへり、浸食
	⑫	抜け落ち
	⑬	鋼板接着部の損傷
	⑭	床版ひびわれ
その他	⑮	遊間の異常
	⑯	段差、コルゲーション
	⑰	ポットホール
	⑱	ひびわれ
	⑲	わだち掘れ
	⑳	その他
共通	㉑	変色、劣化
	㉒	漏水、滞水
	㉓	異常音
	㉔	異常振動
	㉕	異常たわみ
	㉖	変形
	㉗	土砂詰り
	㉘	沈下
	㉙	移動
	㉚	傾斜
	㉛	洗掘
	㉜	欠損

10) 判定標準

損傷度判定標準は下表に示すとおりとする。

損傷度判定基準

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、追跡調査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。

損傷度を5つのランクに分けて、損傷の状況から対応すべき処置をそれぞれに示すこととした。この損

傷ランクをもとに前述のフローチャートに沿って作業を進めることとなる。

11) 損傷度判定

損傷度の判定は点検の対象とした部材別に、損傷の種類、部材の重要度、損傷の進行性を考えて行うものとする。

損傷度の判定は、各部材ごとに、損傷の種類別に行うこととした。具体的な判定は、損傷度判定基準に基づく判定結果に損傷の性質（進行性か否か）、部材の重要度（主部材か二次部材か）を加味して行うものとした。

ここで損傷度判定基準は、点検者の判定作業が容易かつ客観的に実施できるように、橋梁の耐荷力、耐久性に関連があると考えられる損傷の位置あるいはパターン（：形状，X），損傷の深さ（Y），損傷の拡がり（Z）の3つの要因に対してそれぞれに各損傷がどの程度であるかを大・中・小で判定すればあとは機械的に損傷ランク（Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ・OK）が決定されるようなシステムとした。損傷度判定基準の例を表－2.1.4に示す。

ただし、「損傷の位置あるいはパターン」「損傷の深さ」「損傷の拡がり」は損傷項目全てに対し一律に3つとも考慮されるものではなく、損傷の性質を参考に表－2.1.5に示すように考慮するものとした。

表－2.1.4 損傷度判定基準（床版ひびわれ）

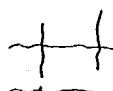
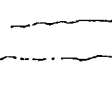
		損傷が耐荷力、耐久性に与える影響																																											
		大	中	小																																									
位置あるいは パターン (X)	区 分	二方向ひびわれ	—	一方向ひびわれ																																									
	具体的 事 例		—																																										
深 さ (Y)	区 分	錆汁を伴うひびわれまたはひびわれ幅大	錆水を伴うひびわれまたはひびわれ幅中	ひびわれのみでひびわれ幅 小																																									
	具体的 事 例	ひびわれに沿って鉄筋の錆汁が認められる。または幅0.3 ^{mm} 以上。	ひびわれに沿って錆水や遊離石灰が発生。または幅0.3 ^{mm} 未満0.2 ^{mm} 以上。	ひびわれのみ。幅0.2 ^{mm} 未満。																																									
拡がり (Z)	区 分	ひびわれ最小間隔小	—	ひびわれ最小間隔大																																									
	具体的 事 例	最小間隔50cm未満	—	最小間隔50cm以上																																									
判 定		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 10%;">X</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: center; width: 10%;">Y</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: center; width: 10%;">Z</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: center; width: 10%;">X</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: center; width: 10%;">Y</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: center; width: 10%;">Z</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle; font-size: 2em;">大</td> <td rowspan="4" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td> <td>大</td> <td rowspan="4" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td> <td>大</td> <td rowspan="4" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td> <td>大</td> <td rowspan="4" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td> <td>大</td> <td rowspan="4" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td> <td>大</td> <td rowspan="4" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td> <td>Ⅲ</td> </tr> <tr> <td>中</td> <td>中</td> <td>中</td> <td>中</td> <td>Ⅲ</td> </tr> <tr> <td>小</td> <td>小</td> <td>小</td> <td>小</td> <td>Ⅳ</td> </tr> <tr> <td>小</td> <td>小</td> <td>小</td> <td>小</td> <td>Ⅳ</td> </tr> </table>			X		Y		Z		X		Y		Z			大	[	大	[	大	[	大	[	大	[	大	[	Ⅲ	中	中	中	中	Ⅲ	小	小	小	小	Ⅳ	小	小	小	小	Ⅳ
X		Y		Z		X		Y		Z																																			
大	[	大	[	大	[	大	[	大	[	大	[	Ⅲ																																	
		中		中		中		中		Ⅲ																																			
		小		小		小		小		Ⅳ																																			
		小		小		小		小		Ⅳ																																			

表-2.1.5 損傷の種類別判定の内容一覧表

材料	番号	損傷の種類	位置あるいはパターン	深 さ		拡 が り		進 行 性		
鋼	①	腐食	—	断面欠損 表面サビ		全体的	局部的	進	行	停 止
	②	亀裂	—	有		—		進	行	停 止
	③	ゆるみ	—	—		数が多い	数が少ない	—	—	—
	④	脱落	—	—		数が多い	数が少ない	—	—	—
	⑤	破断	—	有		—		—	—	—
	⑥	塗装劣化	—	塗装ハガレ	塗装変色	全体的	局部的	—	—	—
コンクリート	⑦	ひびわれ	主要部位 左記以外	大	中	小	最小間隔小	最小間隔大	進	行 停 止
	⑧	剥離、鉄筋露出	—	鉄筋露出 剥離のみ		損傷面積大	損傷面積小	進	行 停 止	—
	⑨	遊離石灰	—	—		発生面積大	発生面積小	進	行 停 止	—
	⑩	豆板、空洞	—	鉄筋露出	露出せず		発生面積大	発生面積小	—	—
	⑪	すりへり、浸食	—	達してない	かぶりのみ		発生面積大	発生面積小	進	行 停 止
	⑫	抜け落ち	—	抜け落ちがある		—		—	—	—
	⑬	鋼板接着部の損傷	—	損傷大	損傷小		—		進	行 停 止
	⑭	床版ひびわれ	二方向 一方向	サビ汁	漏水	—	最小間隔小	最小間隔大	進	行 停 止
その他	⑮	遊間の異常	—	有		—		—	—	—
	⑯	段差、コルゲーション	—	凸凹著しい	凸凹がある		—		—	—
	⑰	ポットホール	—	窪みが深い	窪みが浅い		窪み直径大	窪み直径小	—	—
	⑱	ひびわれ	—	巾が大きい	巾が小さい		—		—	—
	⑲	わだち掘れ	—	凸凹著しい	凸凹がある		—		—	—
	⑳	その他	—	—		—		—	—	—
共通	㉑	変色、劣化	—	—		全体的	局部的	—	—	—
	㉒	漏水、滞水	—	漏水、滞水がある		—		—	—	—
	㉓	異常音	—	異常音がある		—		—	—	—
	㉔	異常振動	—	異常な振動がある		—		—	—	—
	㉕	異常たわみ	—	異常なたわみがある		—		—	—	—
	㉖	変形	—	著しい変形	変形がある		—		—	—
	㉗	土砂詰り	—	土砂詰りがある		—		—	—	—
	㉘	沈下	—	著しい沈下	沈下がある		—		進	行 停 止
	㉙	移動	—	著しい移動	移動がある		—		進	行 停 止
	㉚	傾斜	—	著しい傾斜	傾斜がある		—		進	行 停 止
	㉛	洗掘	—	著しい洗掘	洗掘がある		—		進	行 停 止
	㉜	欠損	—	著しい欠損	欠損がある		—		—	—

また、部材の重要性については、部材を主部材（主桁、横桁、縦桁、床版、橋脚、橋台、基礎、支承、落橋防止装置）と2次部材（横構、対傾構、高欄、防護柵、地覆、舗装、伸縮継手、排水設備、点検設備、防音設備、照明設備、添架物）に分け、主部材では、同じ損傷であっても原則として2次部材より高い損傷ランクに判定されるものとした。

進行性か否かの判定は、前回点検の結果と今回点検の結果を比較して行うこととし、進行性の場合は自動的にランクを1つ上げて判定することとした。

「緊急補修の必要がある」との判定である損傷ランクⅠについては、機械的に評価せず、以下に示すような場合等が確認されたときに点検者が道路管理者に報告し、道路管理者がその状況を確認し評価することとした。

- 高欄の欠損、破断により歩行者あるいは通行車両が橋から落下する恐れがある場合。
- 伸縮継手の変形により通行車両がパンク等により運転を誤る恐れがある場合。
- 伸縮継手の欠損、舗装の凸凹により通行車両がハンドルをとられる恐れがある場合。
- 地覆、高欄、床版等からコンクリート塊が落下し、路下の通行人、通行車両に危害を与える恐れがある場合。
- 落橋防止装置の損傷、桁の異常な移動により落橋の恐れがある場合。
- 上部工、下部工の著しい損傷により、落橋の恐れがある場合。
- 床版の著しい損傷により、路面の陥没の恐れがある場合。
- 桁あるいは点検路等から異常音が発生しており、周辺住民に悪影響を与えていると考えられる場合。

12) 点検の結果の記録

点検を実施した場合には、点検結果を記録するものとする。

点検の結果は、合理的な維持管理を実施する上で貴重な資料となることから、点検を実施した場合は、点検結果を記録するものとした。

記録の方法は、点検の種別によって異なるが、以下に定期点検結果の標準的な記録方法を述べる。

定期点検結果は、1) 全体一般図、2) 橋梁台帳、3) 点検結果を橋梁単位で総括した橋梁点検結果総括表（表－2.1.6）、4) 点検結果を径間単位に前回点検結果と対比した径間別橋梁点検結果一覧表（表－2.1.7）、5) 径間別一般図、6) 損傷状況を記述した損傷概要、7) 損傷状況を図面上に表示した損傷図、8) 損傷状況を撮影した写真台帳、9) 部材の種類・位置を記号化した部材番号図、10) 部材番号別判定結果一覧表から構成される点検報告書および橋梁データベースシステムに記録することを標準とする。

点検報告書の作成および橋梁データベースシステムへの点検結果の入力は、図－2.1.1に示す手順にしたがい行うものとする。すなわち点検者は、橋梁データベースシステムから対象橋梁の橋梁台帳・一般図・前回点検記録を出力し、事前に点検対象橋梁の概要や点検のポイントを把握し、これらを参考に点検を実施する。点検が終了したら、その結果を損傷概要、損傷写真台帳、損傷図にとりまとめるとともに、部材番号図を参照しながら部材別に損傷入力表（表－2.1.8）を作成し、橋梁データベースシステムに入力する。橋梁データベースシステムから点検結果総括表、径間別点検結果一覧表、部材番号別判定結果一覧

表を出力し、事前に出力した橋梁台帳、一般図および3)で作成した損傷概要、損傷写真台帳、損傷図と一体化して報告書を取りまとめる。また、損傷概要、損傷写真台帳、損傷図については、橋梁データベースシステムの光ディスクに保存するものとする。ただし、第1回目の点検時および橋梁の構造に変更があった時は、全体一般図、径間別一般図を作成し、光ディスクに入力する必要がある。

なお、橋梁データベースシステムが導入されていない場合は、原則して前述の報告書の中で1)～8)までを取りまとめて報告書を作成し保存するものとする。ただし、点検結果の有効利用を図る上から、将来の橋梁データベースシステムの導入を踏まえ、部材番号図を作成し、部材別損傷入力表も同時に作成しておくことが望ましい。

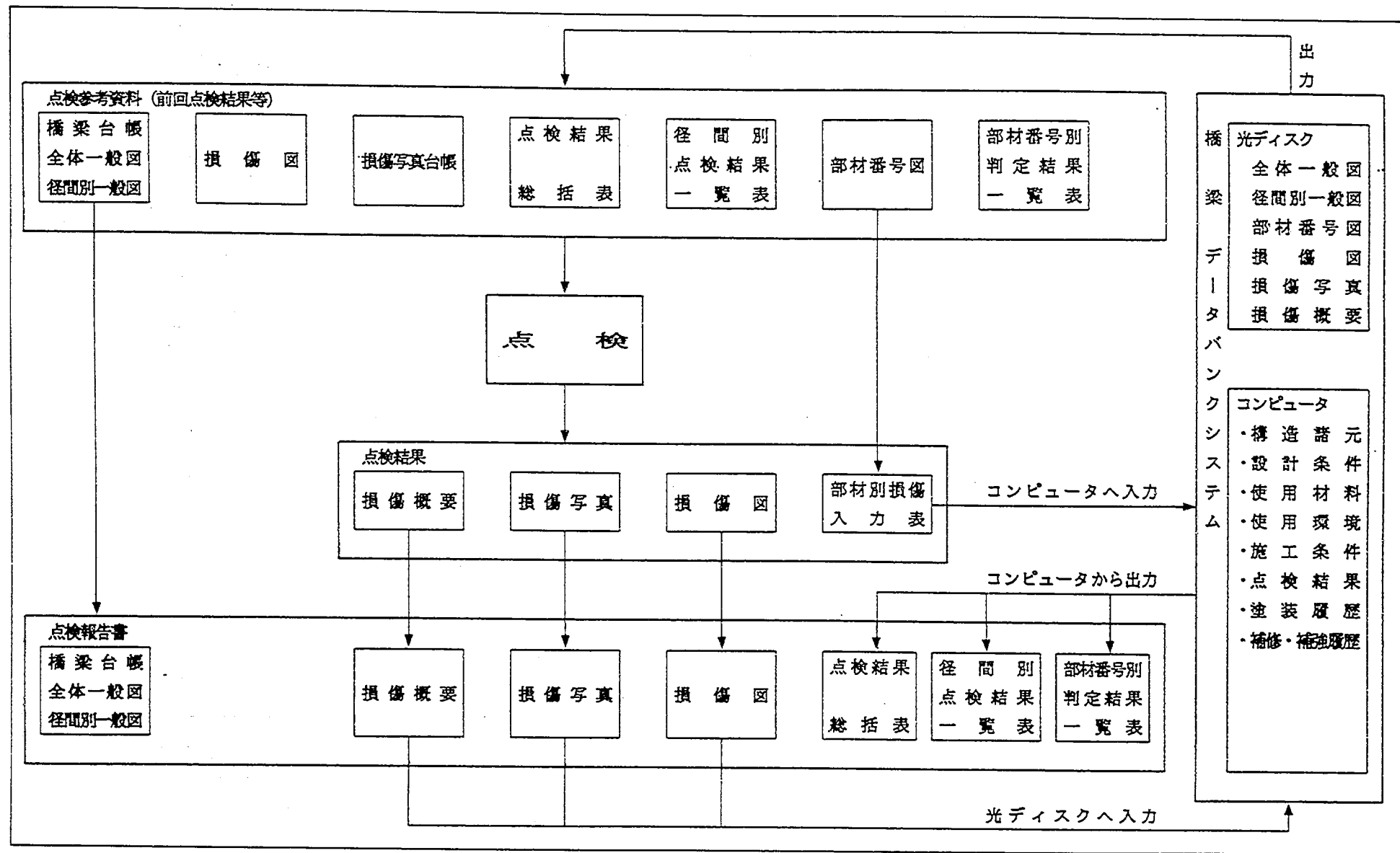
また、通常点検、異常時点検で何らかの損傷が確認された場合は、部材別損傷入力表を作成し橋梁データベースに入力するものとする。なお、橋梁データベースシステムが導入されていない場合は、損傷度判定を行い、その結果を記録するものとする。また、報告書は必要に応じて作成するものとする。

表-2.1.6 橋梁点検結果総括表

名 称		路線名		管 路		地方建設局		整 理 番 号				
所 在 地	自	距離標	自	(km)	管 路	工事事務所		作成年月日				
	至		(km)	出張所		図面対照番号						
竣工年月			調査年月日			記 事						
示 方 番			交 通 量	(台)								
活荷重・等級	(t)	等橋	交 通 量	(時間)								
点検年月日	点検種別	点 検 者	大型混入率	(%)								
			荷重制限	(t)								
点 検 結 果	径間番号	損 傷 部 材	材 質	損 傷 の 種 類	判 定	処 置	径間番号	損 傷 部 材	材 質	損 傷 の 種 類	判 定	処 置

表-2.1.7 径間別橋梁点検結果一覧表

フリガナ 名 称		路線名		距離 自 (km)		所在地		径間番号		
		橋 長		(m)		(km)				
竣工 年月		上部工構造形式				車道 (m)		路面 位置		
示方書		下部工形式				歩道 (m)		線 形		
活荷重・等級		(t)	等級	基礎 形式		合計 (m)		支間長 (m)		
交 通 条 件	調査年月日	補修 年月		補修部材	部材番号	補修工法	補修理由	点検年月日	点検種別	点検方法
	交通量	(台)								
		(時間)								
	大型混入率	(%)								
荷重 制限	(t)									
部 材		有無	材質	形式・厚さ	前回点検日	点検者	今回点検日	点検者		
					ランク	点 検 内 容	ランク	点 検 内 容		
上 部 工	主 桁									
	横桁・縦桁									
	対傾棒・横棒									
	床 版									
下 部 工	橋体									
	基礎									
支 承										
高欄・防護柵										
地 覆										
舗 装										
伸縮継手										
排水設備										
落橋防止装置										
点検設備										
防音・照明 設備										
添 架 物										
そ の 他										



図－2.1.1 点検結果の記録および報告書作成作業の手順（定期点検）

表-2.1.8 部材別損傷入力表の例

X:位置あるいはパターン Y:深さ Z:広がり

[illegible]

注1) X, Y, Z は, X:位置あるいはパターン, Y:深さ, Z:広がり, を示す。

注2) 損傷の種類別にX, Y, Z, の間へ右の記号を記入する。 0:危険 1:損傷大 2:損傷中 3:損傷小

2.1.4 まとめ及び今後の検討予定

昭和 62 年度は、現在までに上述のとおり点検要領統一案原案を作成した。今後、本年度中に原案を用いた定期点検を行い原案の現場適用上の問題点を把握するとともに、原案を用いた過去の定期点検結果の再評価を行い、原案に、示した損傷度判定基準及び判定基準の問題点を取りまとめ、必要な修正を行い成案化を図る予定である。

また、現在、損傷度判定作業の簡易化、判定の客観化を図る目的で、本点検要領に対応した損傷写真事例集の検討を着手しており、来年度の研究会に成果を報告したいと考えている。

2.2 橋梁データバンクに関する検討

2.2.1. 調査の背景と目的

道路事業の進展に伴い、維持管理すべき橋梁等の道路構造物の量が増大してきている。また、特に注意して維持管理することが必要な老朽構造物の数も増加する傾向にある。その一方で、社会・経済の諸活動の高度化に伴い、道路構造物の維持管理水準をより高く保つ必要性が高まっている。このように、今後、ますます、維持管理業務の重要性は高くなると予想される。

橋梁等の維持管理にあたっては、構造諸元など設計、施工時に得られる情報や、点検により得られる損傷状況データといった供用後に発生する情報などを総合的に判断することが必要となるケースが非常に多い。たとえば、橋梁の損傷状況やその橋梁の構造諸元、これまでの補修や改良履歴等を総合的に検討して補修の時期や工法を決定するような場合である。このように、橋梁等の維持管理業務の効率化、合理化には業務に必要な橋梁関連情報の収集の迅速化を図ることが重要である。

しかしながら、橋梁の構造諸元や改良履歴は工務課、補修は管理課と言うように、これらの情報は、長い期間にわたって数多くの関連部署でその時々が発生するものであり、必ずしも検索に適した形で管理されていなかった。そのため、これまでは、必要な情報の収集に多大の時間や労力を要することも少なくなかった。

一方、近年のエレクトロニクス関連技術の進展により、電算機を用いて種々のデータの蓄積や管理を極めて効率的に行うことが可能になってきている。

本調査は橋梁の維持管理に必要な種々の橋梁関連データを電算機を利用して蓄積・管理できるように整理した上で、試験的に橋梁のデータバンクシステムを構築することで、橋梁の維持管理業務の効率化、合理化を図ることを目的としている。調査の初年度である61年度は、橋梁データバンクシステム（以下橋梁DBと略称する）の維持管理業務における位置付け等について整理し、基本構想としてまとめた。62年度は基本構想に基づいて収録データの蓄積形態およびデータ項目の検討、データの出力様式の検討を行った。

なお、収録データ項目のうち点検結果データとその出力様式については2.1節における点検要領と対応させてある。したがって点検要領に基づいて得られた点検結果データは、橋梁DBにそのまま記録され、点検調書の形で出力される。

また、橋梁DBは従来の橋梁台帳の内容にあたるデータも網羅しており、この意味で台帳の電算化としても捉えることができる。道路に関する台帳類の電算化システムとしては現在道路構造物データベースシステムが開発されつつあるが、橋梁DBは上記データベースシステムと一体のものとして利用できるよう検討されている。

2.2.2. 収録データの蓄積形態の決定基準

橋梁関連情報をデータとして蓄積する形態は、現在利用可能なハードウェアを考慮すると以下の2つに分けられる。

(1) 数値・文字データによる蓄積

(2) 画像データによる蓄積

(1)は情報を数値や文字などで表し、電算機に入力・蓄積する方法である。それらのデータを用いて統計処理や数値解析処理を行うことができる。また、多くの情報をより少ないデータで効率的に表現できるため、データ量が比較的少なく済むことから、通信回線等を用いてデータ伝送をより容易に行うことができる。しかしながら、データの作成にあたっては、橋梁に関する技術的知識を持つ人間が図面等から必要なデータを読みとる必要がある。また入力にあたっては、現在のところキーボード等から、逐一入力せざるを得ないため、費用と時間がかかるという欠点がある。

一方、(2)は数値・文字、図形などをそのまま画像の濃淡として光ディスク等に蓄積するものである。イメージスキャナに文書や図形を読みこませることにより、容易にデータ入力できる。しかしながら、一般に画像はデータ量が膨大であり、データ伝送が困難であるほか、画像の濃淡データとして表されている文字、数字の意味を電算機に認識させることが困難なため、画像データを統計処理等に用いることがそのままではできないという重要な欠点がある。すなわち、画像データとしての蓄積は、原資料をそのままの形で保存するためのものであり、蓄積されたデータを統計的手法等でさらに処理することで、新しい情報を得るといった用途には適用できないことがわかる。

したがって、より少ない費用でより利用性の高いデータを入力・更新・蓄積するためには、

- ① 統計的・数値解析的な利用価値を持ち、通信ニーズのある情報は数値・文字データ化しておき、
- ② その他全ての情報（文書や図面など）は光ディスクへ画像データとして蓄積することが有利であると考えられる。

②における画像データは①における数値・文字データの原資料として位置付けることができる。

2.2.3 収録データ項目

本節では、橋梁DBの利用目的を前年度作成した基本構想にもとづいて簡単に整理した上で数値・文字データとして収録すべきデータ項目について検討する。

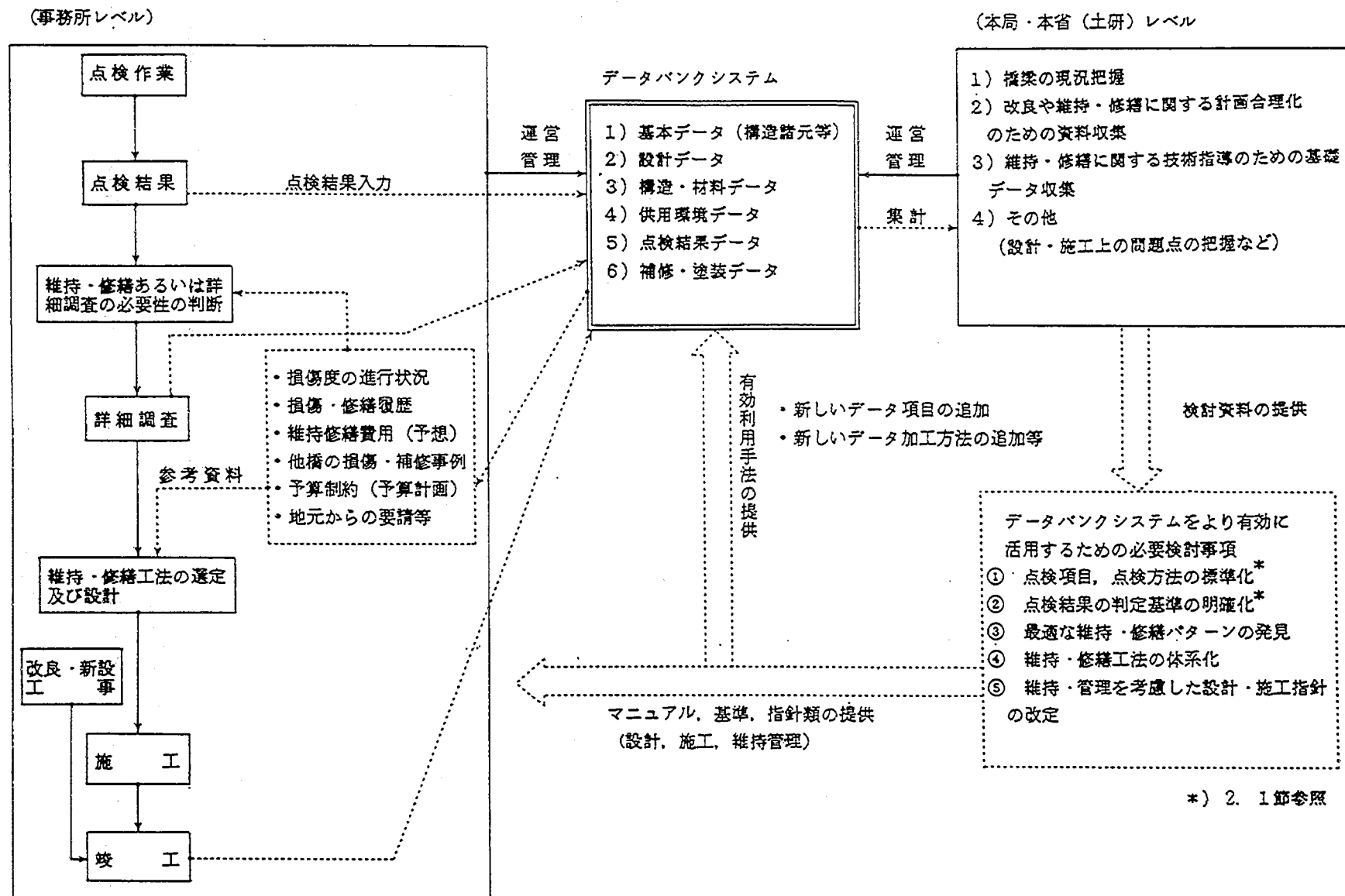
1) 橋梁DBの利用目的に関する整理

従来からの橋梁台帳等のデータ項目にも見られるとおり橋梁の維持管理においてはこういった橋梁が、どのような環境のもとで供用され、こういった損傷を生じており、どのように手当（補修、塗替え、改良など）されてきているかという情報が基本的に必要であると考えられる。したがって、橋梁関連情報は表-2.2.1のような項目に大分類できる。より詳細なデータ項目はこれら的大項目ごとに検討される。ここでは、前年度に作成した基本構想（図2.2.1参照）に基づき、橋梁DBの主な利用形態を以下のように想定し、利用形態ごとに必要なデータの内容等を概略検討する。

(1) 工事事務所レベルにおける利用目的の整理

① 台帳管理等の合理化、効率化

橋梁の維持管理において、必要な橋梁関連情報は、これまで橋梁台帳や点検調書の形で管理されている。これらの台帳類は、維持管理に必要な情報を要領良く、また、見易くまとめていると考えられることから、橋梁DBにおいても、少なくともこれらの台帳類の内容を網羅する必要がある。それにより、管理の合理化や効率化が可能になる。また、定期的な実施される調査については、その調査項目を網羅しておくことで、



図－2.2.1 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（橋梁データベースシステムに関する基本構想）

表-2.2.1 橋梁の維持管理に必要な情報の大分類

- | |
|-------------------------------|
| (1) 基本データ（橋梁のIDデータ、名称や位置など） |
| (2) 設計データ（設計外力、設計示方書など） |
| (3) 構造・材料データ |
| (3-1) 構造データ（構造諸元） |
| (3-2) 材料データ（部材材質） |
| (3-3) 工事データ（施工法など） |
| (3-4) 施工管理データ |
| (4) 供用環境データ（交通量、大型車混入率など） |
| (5) 点検結果データ（損傷の状況に関するデータ） |
| (6) 補修・塗装データ（補修や塗装の履歴に関するデータ） |

調査の効率化が可能になる。

たとえば、道路施設現況調査は、毎年必ず行われる調査であることから、調査対象となるデータ項目を網羅していると便利である。

② 補修必要性の判定の支援

補修の必要性判定は厳密には耐荷力評価等による必要がある。しかし、橋梁の損傷に関するデータ（点検結果データ）や補修内容に関する（補修、塗装データ）を用いて、どのレベルの損傷橋梁に対して補修が行われているかを事例検索することで、対象橋梁の補修の必要性や補修時期について、大まかな判断を下すことが可能になる。

③ 補修工法選定の支援

橋梁の損傷データと補修内容に関するデータ、損傷原因に関するデータ（供用環境データ）を用いることで、補修事例に関する検索が行われる。

補修工法の選定にあたっては、経験的判断が重要であることから、補修事例を容易に検索できることは、重要であると考えられる。

(2) 本局、本省（土研）レベルにおける利用目的の整理

① 橋梁の現状把握の迅速化

従来の台帳類や施設現況調査に対応するデータを収録することによって、橋梁の現状に関する統計資料をより詳細に、より迅速に作成できる。

これにより、供用年数別橋梁数や損傷ランク別橋梁数など橋梁の維持管理状況把握に必要な基礎資料が得られる。

② 改良や維持修繕に関する計画合理化のための資料収集

橋梁の損傷状況と構造諸元や供用年数、供用環境等のデータとの関連を分析することにより、橋梁の老朽度や損傷を将来予測することが可能になると考えられる。

さらに、橋梁新設時の投資金額や補修費用等を集計し、橋梁損傷の予測と結びつけることで、橋梁の維持管理に要する費用の将来推計を行えると思われる。

また、これらの結果を基に橋梁のライフスパンを考慮した最適な維持・修繕計画を作成することも可能になると考えられる。

(3) 維持修繕に関する技術指導のための基礎データ収集

橋梁損傷に関するデータを供用環境や構造諸元との関連から分析することにより、損傷の生じ易い構造条件や供用環境条件が明らかになり、予防的な維持管理が伝えるようになる。また、それらの結果を橋梁の設計、施工へ生かすことで、耐久性や供用性のより秀れた橋梁を建設できると考えられる。

(2) 収録データ項目の検討

数値・文字データとして収録するデータ項目を、上述の利用目的等を考慮して選定した。選定方法はだむね次のとおりである。

まず、橋梁情報検索システム（建設省北陸地方建設局）などの既存のデータベースを参考として、データ候補項目を選んだ。次に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、収録必要性やデータ収集の難易度等の検討を行い、項目の絞り込みを行った。

なお、その際道路管理データベースシステムにおける橋梁情報テーブルの収録データ項目との整合性を考慮した。すなわち、情報テーブルにおいては、従来の台帳を中心とする橋梁の管理に必要なデータを主に収録しているが、橋梁DBは、情報テーブルのデータ項目に加え、点検結果データ等を収録することとした。これにより、同じ橋梁に関するデータ管理が重複して行われることはなくなり、システムの利用者は、両システムを実際の運用上、同一のシステムとして扱うことができる。

2.2.4 データの出力様式

データバンクに収録されているデータを有効に利用するためには、それらを適した形で出力することが重要である。2.2.3節で述べたように橋梁DBに収録されたデータは、橋梁台帳や点検調書として利用され、あるいは損傷と補修工法との関連分析などの資料として利用される。橋梁台帳や点検調書については、データの出力様式は定型的である。一方、各種分析にデータを利用する場合の出力様式は非定型的であると言える。

本調査では、これまでのところ台帳および調書に関する定型的出力様式を検討している。橋梁台帳および点検調書に関する出力様式案を図2.2.2に示す。橋梁台帳の出力様式案についても、道路管理データベースシステムとの整合を図っている。

なお、その他の定型的あるいは非定型的様式については、今後の課題である。

2.2.5 ま と め

62年度に得られた成果を以下にまとめる。

(1) 昨年度に作成された基本構想に基づき、橋梁DBの利用目的を整理し、利用目的に即した収録データ項目の拾い出しを試みた。また、拾い出しにあたっては道路関連台帳の電算化システムである道路管理

表- 2.2.2 橋梁DB収録データ項目の検討結果の一部^{注)}(その1)

注) 昭和62年8月末段階

1. 基本データ

使用目的: ①現状把握

②維持補修費用の算定

③事例に関する統計処理

整備状況、榮否の集計結果は、
×を1、△を0.5として合計した。

大項目	項目名	データ	単位	入力内容	備考	道管08	使用目的	整備状況	榮否	最終的な採否
一般項目	橋梁名	橋梁コード		J-F 5桁の整数	道路管理DBコード表	○	①	○	○	◎
		橋梁名 (フリガナ)		文字 漢字 10 文字以内 カナ カタカナ 5 字以内	全ての橋梁データに必要な " " "	○	① 橋梁台帳	○	○	◎
	位置	所在地		文字 漢字 5 文字以内	原則として県名は省略	○	①, ②	○	○	◎
		所在地コード		J-F 5桁の整数(行政コード)	耐震点検結果の集計ファイル	○	②, ③	○	○	◎
		地域区分		J-F 耐震設計指針(A, B, C)	" " "	○	③ 耐震点検	0.5	1	×
		路線番号		J-F 国道番号を右詰め	道路管理DBに収録	○	①, ②	○	○	◎
		路線名		文字 漢字 10 文字以内	" " "	○	④	○	1	◎
		路線分割		J-F 同一市区町村内の一連番号	" " "	○		1	1	◎
		地点標	(Km)	J-F 国道起点からの距離		○	位置の特定	○	○	◎
		塩害区分		J-F 塩害対策指針の対策区分	道路管理DBに収録	○	塩害詳細・手廻	3.5	1	◎
		隣接地コード	(m)	J-F 架橋地点が行政境界である時	" " "	○		1	1	◎
		他城 橋長		J-F 相手方の市区町村に属する橋長		○		1.5	1	◎
		融雪対策		J-F 塩まきの程度区分			塩害詳細	5	2	◎
		立地環境		J-F 都市部、田園、山間部、海浜	(詳細な定義は検討中)		浸食劣化手廻	2.5	1	×
		DID地区		J-F DID地区の内、外	耐震点検結果の集計ファイル	○	耐震点検	1	2	◎
		迂回路の有無		J-F	" " "		耐震点検	3	3	◎
	管理	事務所コード		J-F メニュー選択とする		○	①, ②, ③	○	○	◎
		出張所コード		J-F " "		○	①, ②, ③	○	○	◎
		道路管理者		J-F 国、県、市区町村	耐震点検結果の集計ファイル		④	○	2	×
		事業区分		J-F 道路、街路、有料	" " "		①, ②	○	3	◎
	構成	道路種別		J-F 指定区間、指定区間外	" " "		①, ②, ③	○	2	×
		現旧新区分		J-F 現道、旧道、新道	" " "	○	②, ③	1.5	1	◎
		橋梁種別		J-F 橋、高架橋、棧道橋	道路管理DBに収録	○	①, ②	0.5	○	◎
		橋梁区分		J-F 本線、側道、ランプ道	" " "	○	①, ②	1.5	○	◎
		分割区分		J-F 分割番号と区分	" " "	○	①, ②	2	○	◎
		上下部構成		J-F 構成コード 一体、分離		○		2.5	1	◎
		平面形状		J-F 直線橋、斜橋、曲線橋、他		○	①, ②	1	○	◎
		斜角	(度)	J-F (起点)、(終点)	(道路公園で採用)	○	②, ③	4	○	◎
		最小半径	(m)	J-F 水平、勾配、凸形、凹形	(道路公園で採用)	○	②, ③	4	○	◎
		築断形状		J-F	(道路公園で採用)			4	2	×
		築断勾配		J-F	" " "		舗装横断断面	4	3	×
				J-F				4	1	◎
				J-F						
				J-F						

表- 2.2.2 橋梁DB収録データ項目の検討結果の一部^{注)} (その2)

注) 昭和62年8月末段階

2. 供用環境データ

使用目的: ①現状把握, ②維持補修費用の算定, ③事例に関する統計処理

大項目	項目名	データ	単位	入力内容	備考	道管DB	使用目的	整備状況	採否	最終的な採否
供用条件	上部工	供用開始日		ユ-ド 和暦年号2桁と月(日)			①, ③	0.5	1	◎
	橋長	総径間数		数字 1橋を構成している径間数		○	①②③	○	○	◎
		橋長	(m)	数字 橋台バット前面間の距離		○	①②③	○	○	◎
		橋面積	(㎡)	数字 (平均有効幅員) × (橋長)			①②③	1	1	◎
	幅員	全幅員	(m)	数字 地覆前面から地覆前面まで	異なる場合は加重平均		①②③	0.5	1	◎
		有効幅員	(m)	数字 起点を背にして左側の幅と高さ		○	①②③	1	○	◎
		地覆(下り)	(m)	数字 " 右側 "		○		3	○	◎
		地覆(上り)	(m)	数字 歩道, 自転車道幅(下り, 上り)	併設してあるもの	○		3	○	◎
		歩道	(m)	数字 上下線の総車線数		○		1	○	◎
		車線数	(m)	数字 車道部幅員(下り), (上り)		○		1.5	1	◎
環境条件	状態	中央分離帯幅	(m)	数字		○		0.5	○	◎
		架橋区分		ユ-ド 立体, 平面, その他	道路管理DBに収録	○		1.5	○	◎
		架橋状態		ユ-ド 河川, 道路, 鉄道, その他	副産点検結果の集計ファイル	○		3	1	◎
		交差物名称		文字 河川(鉄道道路)名	" "	○		0.5	○	◎
		" 管理者		文字	(公団・首都高で採用)	○		2	○	◎
		交差角	(度)	数字	(道路公団で採用)	○		3	1	◎
		交差物の幅員	(m)	数字 河川(鉄道道路)幅				7	5	X
		桁下の余裕高		数字 (建築限界高)				7.5	5	X
		計画流量		数字	(道路公団で採用)			5.5	3	X
		河川協議 有		ユ-ド 有, 無(道路, 鉄道について)		○		5.5	4	X
交通条件	規制速度	河川協議 無		ユ-ド				6.5	2	◎
	調査年月日	規制速度		数字				4.5	3	◎
	交通量	調査年月日	(台)	ユ-ド 和暦年号2桁と月(日)	(調査の都度更新)		街交等の評価	2	1	◎
	時間	交通量		ユ-ド 12時間, 24時間の別	(調査の都度更新)		①, ③	2	2	◎
	昼夜率	時間	(%)	数字	(調査の都度更新)		①, ③	2	3	◎
	大型車進入率	昼夜率	(%)	数字	(調査の都度更新)		①, ③	2	3	◎
	トラックの最大重量	大型車進入率	(t)	数字 (推定)	(調査の都度更新)		①, ③	2	2	◎
	交通の現況	トラックの最大重量		ユ-ド (橋梁上での渋滞の度合い)	(四国地方で採用)		①, ③	6.5	7	X
	交通規制	交通の現況		ユ-ド 車交通不能, 制限あり, なし	(調査の都度更新)		耐荷力評価	6	4	◎
	基本耐荷力	交通規制	(t)	数字 (供用荷重)			耐荷力評価	2	2	◎
	老朽対策	基本耐荷力		ユ-ド 有り, 無し		○		5.5	3	◎
		老朽対策		ユ-ド				3	1	X

表-2.2.2 橋梁DB収録データ項目の検討結果の一部注) (その3)

注) 昭和62年8月末段階

4. 構造データ

使用目的: ①現状把握, ②維持補修費用の算定, ③事例に関する統計処理

大項目	項目名	データ	単位	入力内容	備考	道管DB	使用目的	整備状況	採否	最終的な採否
上部工構造	主 橋	径間 構成		単位	単純桁, 連続桁, ゲルバー桁		主橋構造の概要	1	○	◎
		径間番号		数字	起点側からの通し番号	径間の数だけくり返す	" "	2	○	◎
		主橋 材料		単位	鋼, コンクリート, 石, 木, その他	" "	①, ②, ③	0.5	○	◎
		構造 形式		単位	構造系, 構造詳細	" "	" "	1.5	○	◎
		主橋 構成		単位	横桁, 横構, 床組があるか	" "	" "	3.5	1	×
		路面 位置		単位	上路, 中路, 下路, 二層	径間の数だけくり返す	" "	2.5	○	◎
		主橋 本数		数字	(主橋本数)	" "	" "	3.5	1	◎
		主橋 高さ	(m)	数字	(主橋高さ)	" "	" "	4.5	1	◎
		主橋 間隔	(m)	数字	(主橋間隔)	" "	" "	4.5	1	◎
		横桁 間隔	(m)	数字	" "	" "	" "	4.5	1	◎
	床版	使用材質形式		単位	R/C, 鋼, PC/L+スト, その他		床版構造の概要	2.5	○	◎
		縦リブの種類		単位	(鋼床版の場合)		" "	5.5	1	◎
		縦リブスパン	(m)	数字	(鋼床版の場合)		" "	5.5	1	◎
		現場接合形式		単位	(鋼床版の場合)		" "	5.5	1	◎
		構造 形式		単位	単純, 連続(1方向, 2方向)		" "	4	1	◎
		床版 厚	(cm)	数字	最小床版厚		" "	4.5	○	◎
		床版 主鉄筋	(mm)	数字	鉄筋の種類および鉄筋径		" "	5.5	4	◎
		主鉄筋とデ	(mm)	数字	床版 [道路公団]		" "	5.5	4	◎
		配力筋	(mm)	数字	鉄筋の種類および鉄筋径		" "	5.5	4	◎
		配力筋とデ	(mm)	数字	床版 [道路公団]		" "	5.5	4	◎
	床組間隔	路線方向	(m)	数字	支持部材中心間隔		床版構造の概要	5	1	◎
		直角方向	(m)	数字	" "		" "	5	1	◎
	支間長	支間長	(m)	数字	支間中心間の距離		①, ②, ③	1.5	○	◎
	支 承	径間位置		数字	径間番号 など			2.5	○	◎
	構造条件	形式・機能		単位	可動, 固定等 各の種類			3	○	◎
	落橋防止	設置位置		数字	径間番号 など		耐震点検	2.5	○	◎
		構造 形式		単位	構造形式と構造詳細			3	○	◎
下部工	橋台・橋脚	橋体番号		数字	起点側からの通し番号	橋体の数だけくり返す	下部工の概要	3	○	◎
		橋体 材料		単位	" "	" "	" "	2.5	○	◎
		構造 形式		単位	" "	" "	" "	2.5	○	◎
		高 さ	(m)	数字	基礎下端から橋体下端まで	" "	" "	3.5	○	◎
	橋脚距離	支保線 角度	(度)	数字	橋梁中心線と支保線のなす角度	" "	" "	4.5	4	×
		起点側	(m)	数字	支保線端と頂部端との距離	" "	" "	5.5	1	◎
		終点側	(m)	数字	" "	" "	" "	5.5	1	◎
		基礎		単位	構造形式と構造詳細		基礎工の概要	3	○	◎
	基礎	根 入 長	(m)	数字	井筒長, 杭長, 矢板長		" "	4.5	1	◎
		基礎形状	(m)	数字	平面寸法		" "	4.5	1	◎
		杭 径	(m)	数字	(杭基礎の場合)		" "	4.5	1	◎
		杭 種別		単位	鋼管, PC, RC		" "	3.5	1	◎
		杭頭接合条件		単位	埋込, ビン		" "	3.5	1	◎
		杭 本数	(本)	数字	1基当たりの杭本数		" "	4	○	◎

表-2.2.2 橋梁DB収録データ項目の検討結果の一部^{注)}(その4)

注) 昭和62年8月末段階

6. 設計データ

使用目的: ①現状把握, ②維持補修費用の算定, ③事例に関する統計処理

大項目	項目名	データ	単位	入力内容	備考	道管08	使用目的	整備状況	採否	最終的な採否
設計条件	適用示方書	適用示方書 等級		コード 設計, 施工に用いた示方書 1等橋, 2等橋など		○	①, ③	2	○	◎
	鋼部材	鋼材質	コード	鋼橋上部工の主要な材質コード		○	①, ③	1	○	◎
		許容応力度	kg/cm ²	数字 主要な鋼の常時許容引張応力度				4	○	◎
		鉄筋材質	コード	コンクリート橋上部工, 鋼橋は床版				5.5	○	×
		許容応力度	kg/cm ²	数字 鉄筋の常時許容引張応力度			①, ③	4.5	1	◎
		鋼材質	コード	(鋼橋脚の場合)				4.5	○	×
		//	コード	(鋼管杭の場合)			①, ③	5	2	◎
	コンクリート強度	上部工	kg/cm ²	数字 コンクリートの設計基準強度 σ_{ck}			①, ③	4	1	◎
		床版	kg/cm ²	数字 σ_{ck}			②, ③	4	1	◎
		下部工	kg/cm ²	数字 橋台, 橋脚 躯体の σ_{ck}			①, ③	4.5	2	◎
		基礎工	kg/cm ²	数字 ケーソン, 杭の σ_{ck}			②, ③	4.5	2	◎
	PC鋼材	材質	コード	コード 緊張工法のコード区分			①, ③	4	2	◎
		引張強度	kg/mm ²	数字 σ_{pu}				4.5	○	×
		降伏点強度	kg/mm ²	数字 σ_{py}				4.5	○	×
		緊張工法	コード				①, ③	4	2	◎
設計荷重	活荷重	床版荷重	(t)	数字 床版・床版を設計する荷重: T				3.5	3	×
		型枠荷重	(%)	数字 床版の設計曲げモーメントの割増率				3.5	3	×
		主桁荷重	(t)	数字 主桁を設計するための荷重: L				3.5	3	×
		線荷重	(t/m)	数字 主桁を設計するための荷重: P				3.5	3	×
		分布荷重	(kg/m ²)	数字 主桁を設計するための荷重: p				3.5	3	×
		衝撃係数	X100	数字 主たる径間の衝撃係数: i				3.5	3	×
		特殊荷重	コード	コード				3.5	3	◎
		特殊荷重	コード	コード				3.5	3	◎
	設計震度 (下部工)	制限荷重	(t)	数字 制限荷重がある場合(給排水)		○		3.5	2	×
		高欄設計荷重	(t/m)	数字 (橋梁用防護柵)		○		4.5	1	◎
応力	主桁曲げモーメント	(上部工)	X100	数字 上部工の水平震度				3	2	◎
		地盤区分	コード	コード 1種~4種				3	4	◎
	反力	水平震度	X100	数字				3	4	◎
		鉛直震度	X100	数字				3	4	◎
		たわみ	X100	数字				3	4	◎
たわみ	たわみ	死荷重	(mm)	数字	(道路公団で採用)			3	3	×
		活荷重	(mm)	数字	(" ")			3	3	×
		K値	kg/cm ³	数字	(道路公団で採用)			3	3	×
	地盤定数	支持力	(t)	数字	(" ")			3	3	×
							①, ③ ②, ③	3 3	2 2	◎ ◎

橋梁 (その1)										台帳	
名称		路線名		管轄		地方建設局		整理番号			
所在地		路線番号		管轄		工事事務所		作成年月日			
						出張所		図面番号等			
橋梁区分		橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
橋梁種別		最大支間長	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
分割番号		径間数	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
分割区分		径間部	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
一般・有料区分		車道	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
河川路線		歩道等	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
現況	通行制限の有無	中央分離帯	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
	制限荷重	橋面積	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
設置区分	架設区分	架設年次	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
	架設状況	適用示方分類	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
	架設対象名	橋名	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
橋面、斜、曲橋の別		特別な荷重	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
曲線パラメータ	$R(A) =$	設計荷重	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
延長	延長	利用添加物名	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
		利用添加物重量	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
照明	照別	都道府県または政令指定都市名	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
	灯数	市区町村名	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
排水設備	排水設備種別	道路種別	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
塗装	本体塗装面積	路線名	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
	高欄塗装面積	路線分割	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		
	現場塗装面積	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E	橋梁	E		

図- 2.2.2 (その1) 定型的出力様式の検討結果^{注)} (一部)
注) 昭和62年7月末現在

データベースシステムとの整合を図り、システムの利用者が道路管理データベースシステムと橋梁DBを一体のものとして利用できるように配慮した。

(2) 収録データ項目に基づいて、橋梁台帳や点検調書に対応した出力様式案を作成した。

今後の課題としては、以下のものがあげられる。

① 現在作成中の橋梁DB入力マニュアルを用いて、いくつかの橋梁に関するデータ入力を試験的に行い、データ作成や収集入力にあたっての問題点について検討する必要がある。なお、データ入力については道路管理データベースシステムにおけるモデル出張所においてデータ作成、入力を行う予定である。

② 実際のデータ欠損状況等も含めて収録データ項目が本来意図されていた利用目的に必要なものか否かについて試験的に投入されたデータを用いて、検証する必要がある。

③ データの利用方法をさらに明確にすることで非定型を中心としたデータ出力様式について、今後さらに検討する必要がある。

④ 橋梁DBは、点検や補修といった道路管理課担当の業務において発生するデータだけでなく、新橋架設や改良など工務課担当の業務において発生するデータをも入力する必要がある。また、道路管理課以外に調査課、工務課などでも橋梁DBの利用価値は高いと考えられる。

したがって、橋梁DBをより有効に利用していくためには今後、管理・運用・利用の各体制面での検討を横断的に行う必要があると思われる。

2.3 耐荷力に関する検討

2.3.1 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年度および昭和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、近年わ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。橋梁にあっても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。

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を評価するための手法の開発。

2.3.2 61年度調査研究結果

(1) 応力頻度測定

初年度にあたる61年度は、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橋梁4橋を対象としてパイロット調査を行い、①現場測定上の問題の抽出、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、の4項目について検討した。パイロット調査の結果、①②③については、今後応力頻度測定をスムーズに行う上での留意点、問題点を明らかにすることができた。また④については、P V法、R F法による応力頻度測定と、試験車による走行試験を実施し、損傷とその補強の効果を定量的に確認することができ、各橋梁の耐荷力評価を行う上で応力頻度測定が有効であることを確認した。

(2) T L = 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

本調査は、安全性評価の対象となる橋梁の供用実態を把握し、交通量等の因子との関連性を調べることで、さらに応力頻度測定本調査の対象とする橋梁を選び出すことを目的として実施した。

本調査によって、対象とした橋梁について全国73事務所、619橋の回答が得られた。得られたデータは、62年度の応力頻度測定本調査の対象橋梁の選定の際に利用することとした。また、データの一次集計結果として、旧示方書の小さな活荷重により設計された橋梁が大型車交通量の大きいかなり厳しい交通条件下で、使用されているという実態が明らかになった。

2.3.3 応力頻度測定について

(1) 検討目的

近年、車両の大型化や交通量の増大などに伴い、既設橋梁に対する維持、管理の必要性が高まってきて

いる。特に、旧示方書の小さい活荷重で設計された橋梁については、その耐荷力および耐久性を適確に評価し、補修、補強の必要性、残存供用年数等を判断していくことが重要となっている。

応力頻度測定は、実際に橋梁部材に生じている活荷重応力度（以後、実応力度と呼ぶことにする）を把握するもので、耐荷力の評価を行う上で有用なデータを提供するものと考えられる。

本年度の応力頻度測定は、24時間測定および長期測定（2ヶ月および1年間）であり、以下の項目について検討するための基礎資料を得ることを目的として実施した。

① 橋梁部材に生じる実応力度と交通条件（交通量、大型車交通量等）、橋梁の構造特性（橋梁形式、支間等）等との関連性を検討する。得られた結果は、次年度の測定結果と合わせて、現行の供用荷重算定手法における橋梁形式や部材の種類による係数の見直しや手法の合理化に役立てる。

② 長期測定データから実応力度の変動特性を明らかにし、24時間測定におけるデータのバラツキを調べる。得られた結果は、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の検証のための基礎資料とする。

(2) 本年度の調査内容

1) 応力頻度測定の対象橋梁および作業分担

(a) 24時間応力頻度測定、長期応力頻度測定（2ヵ月間）

本年度は、5 地方建設局から、それぞれ6 橋ずつ計30 橋（実際には3 橋減って27 橋）を対象として測定を行った。本年度は、前年度のパイロット調査結果および本年度の調査目的を踏まえ、まず交通条件と実応力度との関係をつかむために橋梁形式については限定し交通条件については橋梁ごとに異なるように、次の条件を満たす橋梁を、61年度実施した橋梁の供用実態調査結果をもとに各地方建設局との打ち合わせにより選定した。

① 足場や電源の確保が容易なこと。

② プレートガーダー橋であること。

③ 支間長が20m、40mのいずれかに近いこと。

④ 各橋梁について交通条件（日交通量、大型車混入率）が異なっていること。（大型車混入率は、20%、40%のいずれかに近いこと。）

④については、図-2.3.1に示すように大型車交通量と交通量の関係図を破線で区分し、様々な交通条件の橋梁が選定されるようにした。橋梁形式（合成、非合成、直橋、斜橋）、支持条件（単純、連続）については、特に指定しなかった。選定した橋梁の諸元については、表-2.3.1にまとめている。主な作業は、各地建に担当をお願いした。作業分担は、次のとおりである。

土木研究所：対象橋梁の選定、選定箇所の設定、結果のとりまとめ

地方建設局：対象橋梁の選定、測定業務発注、電源の確保、測定結果、資料の提供

(b) 長期応力頻度測定（1年間）中間データ収集

本年度測定を実施する30橋の他に、前年度調査を実施した神流川橋（関東地建 大宮国道工事事務所）については、長期にわたって日最大最小応力度を調査する目的で、前年度から引き続いて測定を行っている。この測定データの収集については、土木研究所で行った。

2) 測定の種類

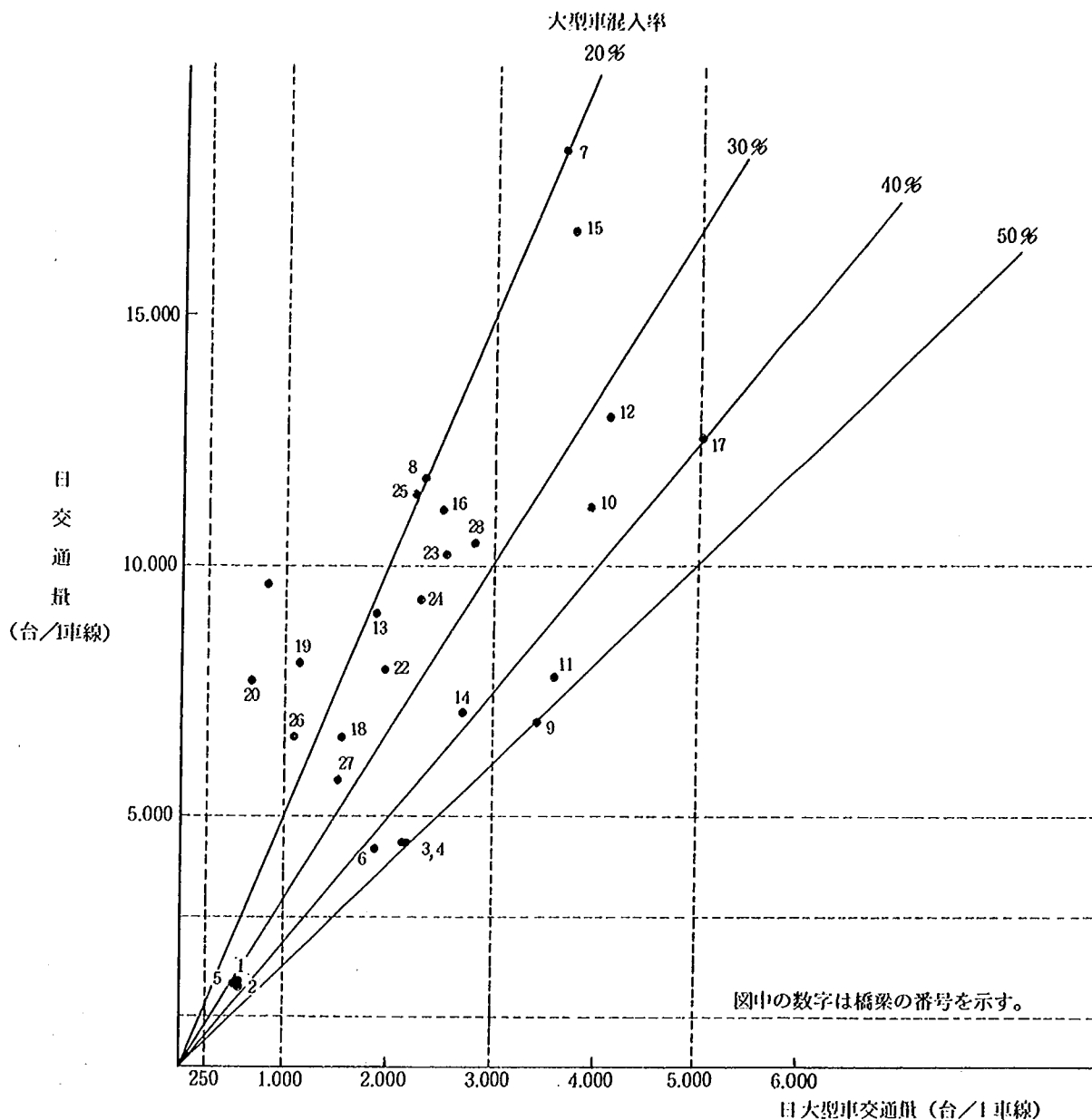


図- 2. 3. 1 対象橋梁の交通条件

各地方建設局で選定した6橋のうち、1橋については、24時間応力頻度測定終了後、2カ月間引き続いて測定を行った。前年度から測定を実施している神流川橋については、1年間の長期測定を行う予定である。

(a) 24時間応力頻度測定

24時間を1単位として、橋梁の各部材に生じる実応力度の頻度を測定するものであり、ヒストグラムレコーダー（自動応力頻度測定装置）を利用する。

この装置は、種々の解析プログラムが用意されているが、本年度の調査では主として部材の耐荷力の評価を行うことを目的とするため、P V法を適用することとし、計測チャンネルに余裕がある場合には疲労に対する耐久性の評価に適したR F法で計測を行うこととした。

(b) 長期応力頻度測定（2カ月間、1年間連続測定）

表-2.3.1 応力頻度測定対象橋梁一覧

橋梁名	地建	事務所	路線	計測 支間長	形式	合成 非合成	桁形状	斜角	床版厚 (mm)	車道 幅員	主桁 間隔	主桁 本数	縦桁の 有無	車線数	交通量	重量当り 交通量	大型車 交通量	重量当り 大型車	大型車 混入率	示方書	架設 年次	推定日 経年率	洗滌程 度分類	
1 下竜川橋	東北	岩手	R46	37.041	連続	非合成	曲	R120	2.2	8.50	3.50	3	無	2	3,310	1,655	1,045	523	32%	S42	S47	0	1	
2 下鹿倉橋	"	"	R46	35.75	単純	合成	直	90°	2.1	8.00	3.30	3	無	2	3,310	1,655	1,045	523	32%	S42	S47	0	1	
3 柳沢高架橋	"	"	R4	41.50	連続	非合成	直	90°	2.0	8.25	3.00	4	無	2	8,920	4,460	4,409	2,205	49%	S47	S53	0	1	
4 柳沢高架橋	"	"	R4	22.50	連続	非合成	直	90°	2.0	8.25	3.00	4	無	2	8,920	4,460	4,409	2,205	49%	S47	S53	0	1	
5 上竜川橋	"	"	R46	19.345	単純	合成	斜1	84°	2.1	8.398	3.32	3	無	2	3,310	1,655	1,045	523	32%	S42	S47	0	1	
6 新民部田橋	"	"	R4	23.005	単純	合成	斜2	67°	2.1	7.50	3.30	4	無	2	8,670	4,335	3,838	1,919	44%	S47	S49	0	1	
7 二子高架橋 (上下線)	関東	横浜	R246	24.25	連続	非合成	直	90°	1.8	7.75x2	2.25	4x2	無	4(2)	73,243	18,311	14,722	3,681	20.1%	S39	S53	3	3	
8 津田山陸橋 (上下線)	"	"	R246	17.40	単純	非合成	直	90°	2.3	7.75x2	2.80	4x2	無	4(2)	46,941	11,735	9,435	2,359	20.1%	S47	S54	3	3	
9 透間橋	"	"	R246	39.60	連続	非合成	直	90°	1.8	6.50	2.30	4	無	2	13,727	6,864	6,905	3,453	50.3%	S39	S45	0	1	
10 庄内古川橋	"	大宮	新R4	33.6	連続	非合成	直	90°	1.9	8.25	2.35	5	無	2	22,314	11,157	7,944	3,972	35.6%	S39	S49	0	1	
11 中川導水路橋	"	"	新R4	19.525	単純	合成	斜1	85°	2.0	8.125	2.50	8	無	2	15,543	7,772	7,274	3,637	46.8%	S47	S54	0	1	
12 青木川橋	"	"	R17	23.60	単純	合成	斜2	55°	2.0	7.50	3.00	3	無	2	25,913	12,957	8,318	4,159	32.1%	S39	S47	0	1	
13 大原橋	中部	多治見	R19	41.6	単純	非合成	斜2	41'30"	1.9	7.50	2.30	5	無	2	18,127	9,063	3,879	1,940	21.4%	S39	S49	0	1	
14 瀧川橋 (上下線)	"	三重	R1	35.0	単純	非合成	斜2	43°	1.9	7.75x2	2.60	4x2	無	4	28,259	7,065	10,993	2,748	38.9%	S47	S53	0	1	
15 二子多田橋	"	名古屋	R23	29.1	連続	非合成	直	90°	2.3	8.25	2.60	4	無	2	33,301	16,651	7,593	3,797	22.8%	S47	S54	0	1	
16 新境川橋	"	"	R23	39.25	連続	非合成	直	90°	2.1	9.00	3.15	5	無	3	33,301	11,100	7,593	2,531	22.8%	S47	S53	0	1	
17 荒子運河橋	"	"	R23	31.50	連続	非合成	斜1	80°	1.7	9.75x2	2.90	8	無	6	75,366	12,561	30,297	5,050	40.2%	S31	S37	2	2	
18 竜光跨道橋 (上り線)	"	浜松	R1	17.622	単純	合成	斜2	71°	1.8	17.70	(1.313) 2.625	5	有	6(3)	39,553	6,589	9,572	1,595	24.2%	S39 S47	S44 S48	0	1	
19 新御坊川橋	四国	香川	R11	35.00	単純	合成	斜2	50°	2.0	10.75	2.80	6	無	6(3)	48,300	8,050	7,004	1,167	14.5%	S47	S49	1	3	
20 新春日川橋	"	"	R11	22.70	単純	合成	直	90°	1.6	16.00	2.80	8	無	5	38,500	7,700	3,465	693	9.0%	S42	S44	1	3	
21 新詰田川橋	"	"	R11	19.25	単純	合成	斜1	74°	1.6	7.75x2	2.80	8	無	4	38,500	9,625	3,465	866	9.0%	S42	S44	1	3	
22 五条橋	"	"	R32	19.36	単純	合成	斜2	60°	1.6	9.00	2.60	4	無	2	15,800	7,900	3,997	1,999	25.3%	S31	S39	1	3	
23 星流橋	"	松山	R11	24.41	単純	合成	斜1	62'10"	1.7	8.00	1.76	5	無	2	20,500	10,250	5,125	2,563	25.0%	S31	S33	0	1	
24 木ノ川橋	"	"	R11	19.94	単純	合成	直	90°	1.8	8.00	2.30	4	無	2	18,600	9,300	4,650	2,325	25.0%	S31	S33	0	1	
25 別府跨道橋	九州	北九州	R3	22.655	単純	非合成	斜1	35°	1.7	8.75	(1.80)	2+20	無	2	22,790	11,395	4,527	2,264	20%	S39	S48	4	3	
26 第二樋の口橋	"	福岡	R210	22.30	単純	合成	斜2	65°	2.2	8.00	2.20	6	無	2	13,154	6,577	2,260	1,130	16%	S55	S57	0	1	
27 塩屋橋	"	熊本	R3	19.2	単純	合成	斜2	25°	1.7	8.00	2.30	4	無	2	11,478	5,739	3,097	1,549	27%	S31	S39	0	1	

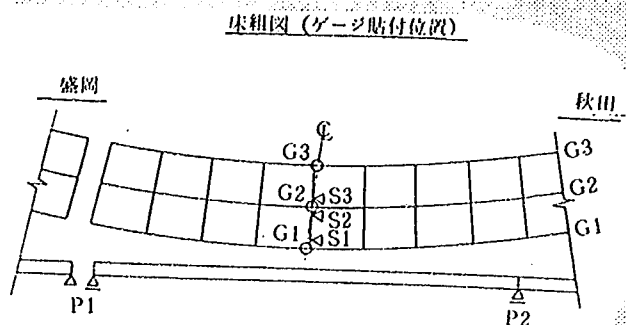
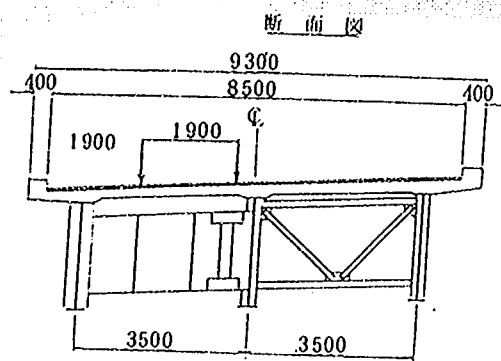
〔桁形状〕斜1：中間横構が端横構と平行のもの（斜交格子桁）

斜2：中間横構が橋軸に対して直角のもの（斜格子桁）

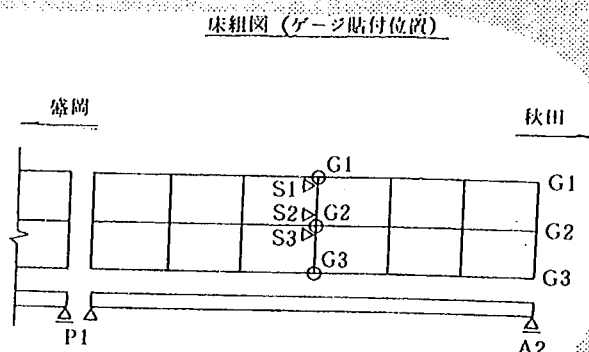
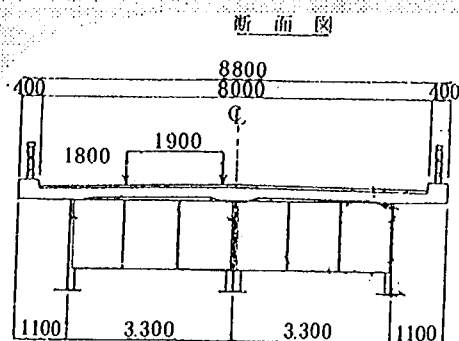
〔洗滌程度分類〕1：ほとんど生じない 2：特定の日のピーク時において生じる

3：ほぼ毎日ピーク時において生じる 4：ほぼ毎日長時間にわたり生じる

橋梁名	下 竜 川 橋
所在地	岩手県岩手郡平石町橋場



橋梁名	下 鹿 倉 橋
所在地	岩手県岩手郡平石町橋場



橋梁名	柳 沢 高 架 橋
所在地	岩手県一関市真紫字柳沢

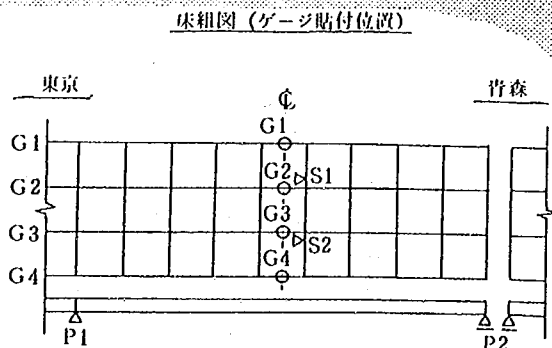
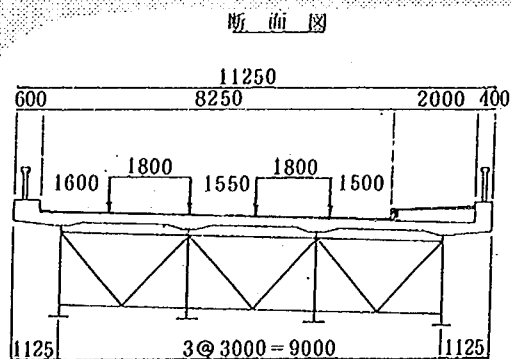
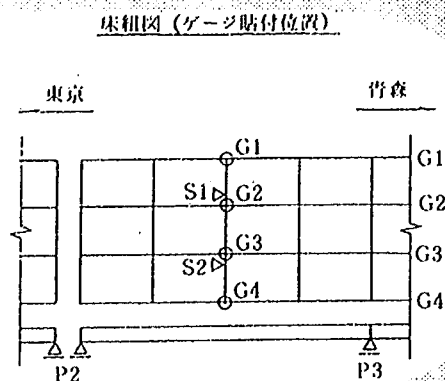
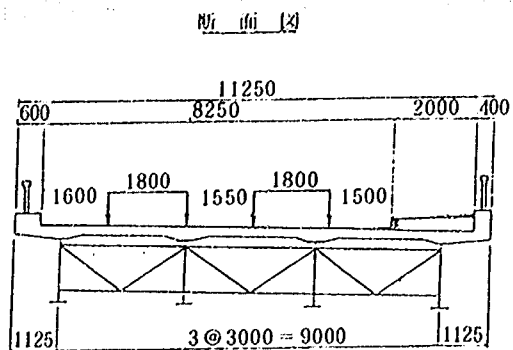
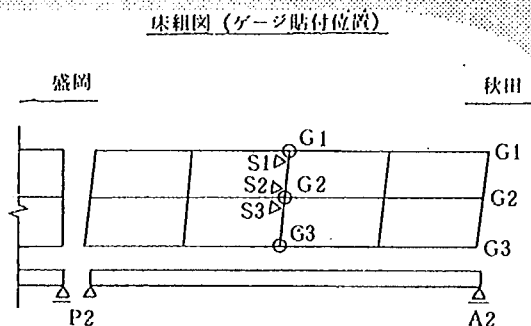
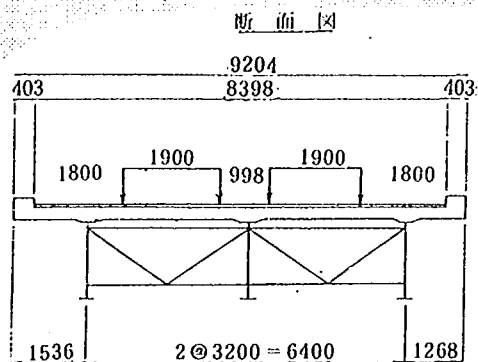


図-2.3.2(a) 断面図および床組図

橋梁名	柳沢高架橋
所在地	岩手県一関市真紫字柳沢



橋梁名	上竜川橋
所在地	岩手県岩手郡半石町橋場



橋梁名	新民部田橋
所在地	岩手県岩手郡岩手町沼宮内

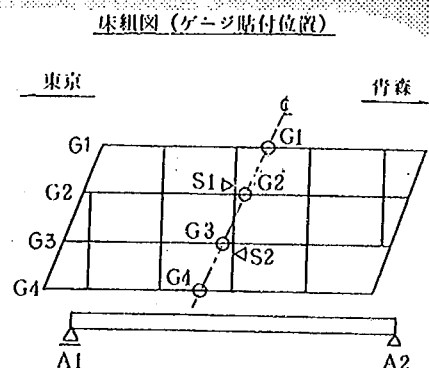
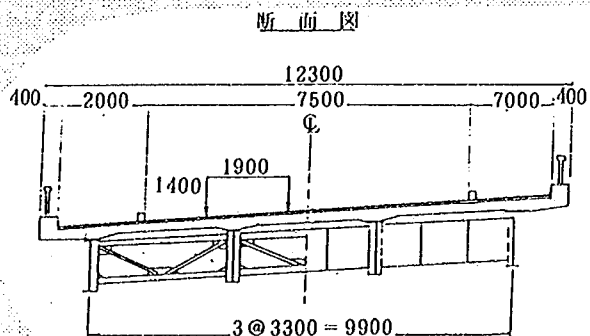
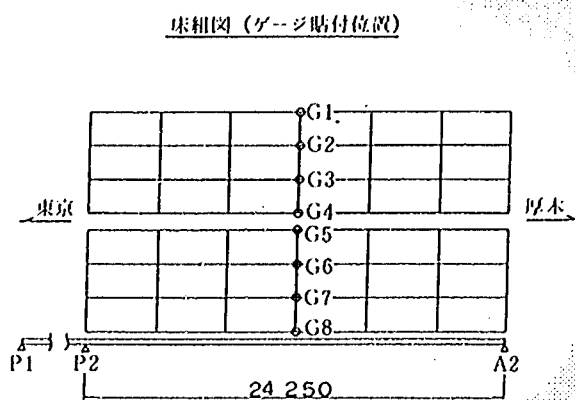
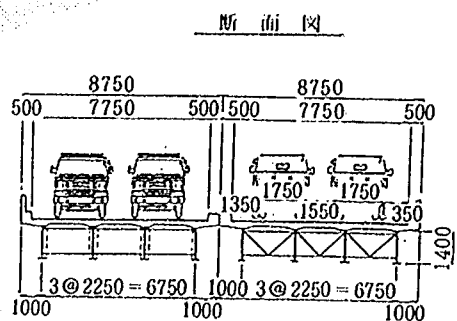
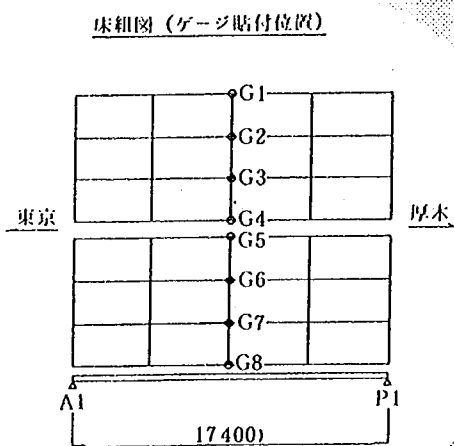
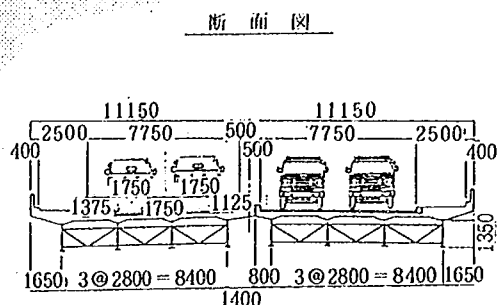


図-2.3.2(b) 断面図および床組図

橋梁名	二子高架橋 (ふたごうかきょう)
所在地	川崎市高津区溝口



橋梁名	津田山陸橋 (つだやまりききょう)
所在地	川崎市高津区下作延



橋梁名	透間橋 (すきまばし)
所在地	神奈川県足柄上郡山北町透間

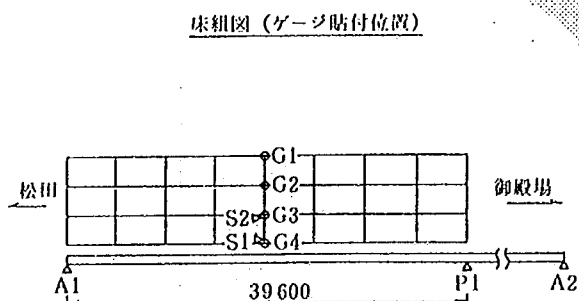
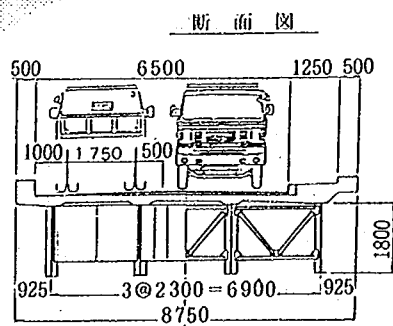
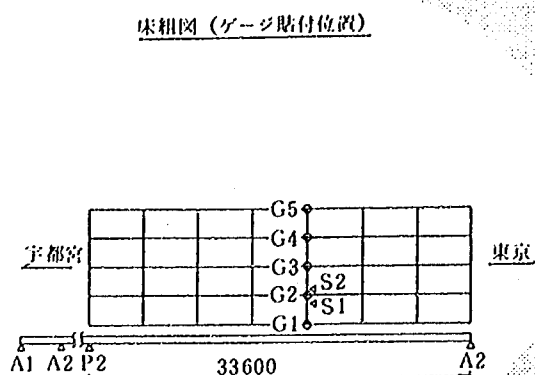
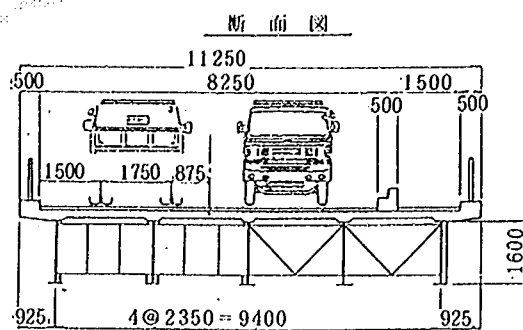
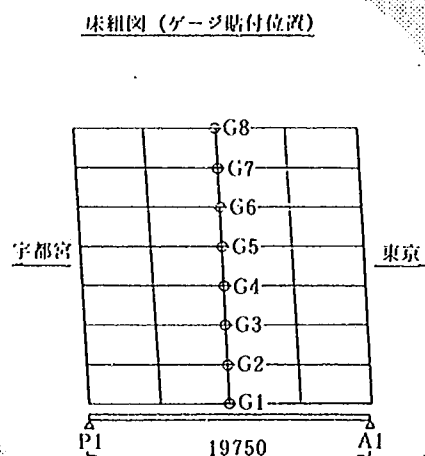
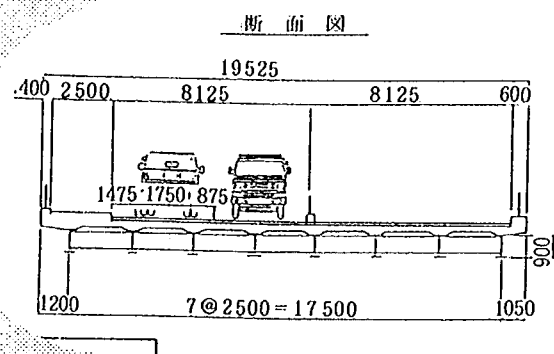


図-2.3.2(c) 断面図および床組図

橋梁名	庄内古川橋(しょうないふるかわばし)
所在地	埼玉県春日部市豊野町



橋梁名	中川尊水路橋(なかがわどうすいろきょう)
所在地	埼玉県幸手市上宇和田



橋梁名	青木川橋(あおきかわばし)
所在地	埼玉県熊谷市肥塚

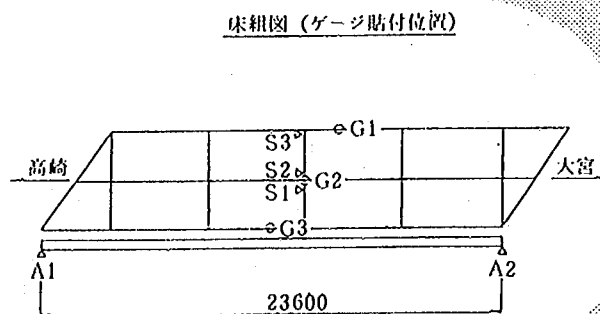
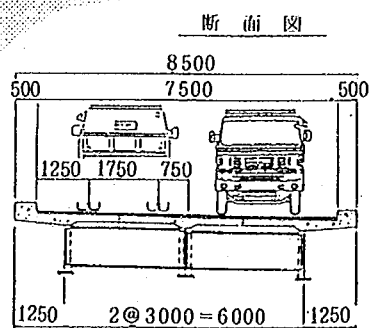
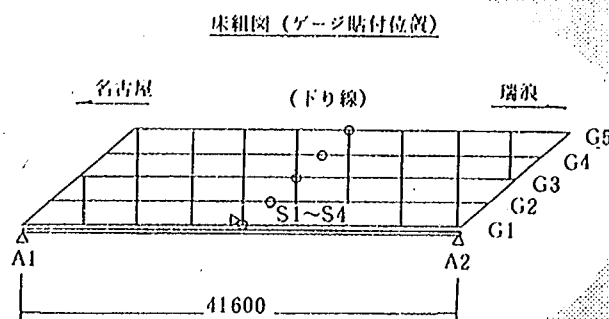
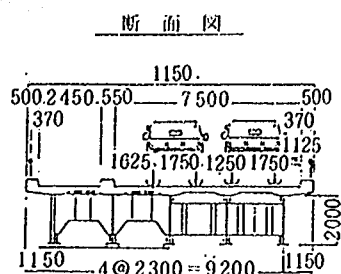
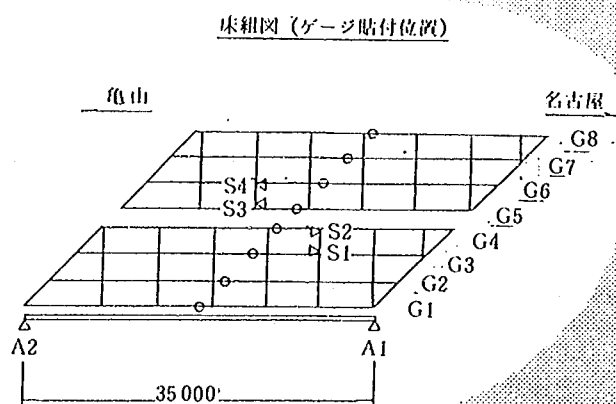
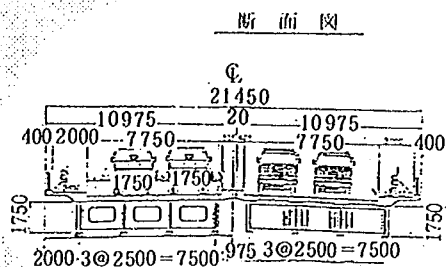


図-2.3.2(d) 断面図および床組図

橋梁名	大原橋 (おおはらばし)
所在地	岐阜県多治見市大平町



橋梁名	蒲川橋 (がまがわばし)
所在地	三重県鈴鹿市石薬師町地先



橋梁名	富士松第二高架橋
所在地	愛知県刈谷市泉田町地内

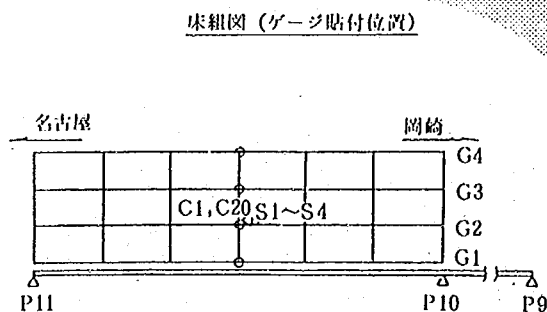
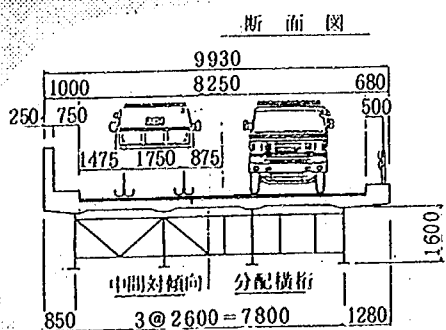
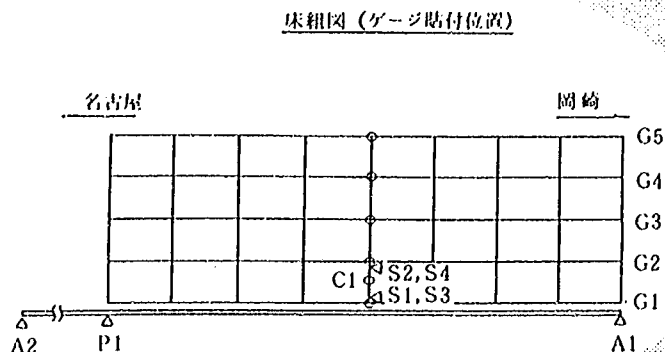
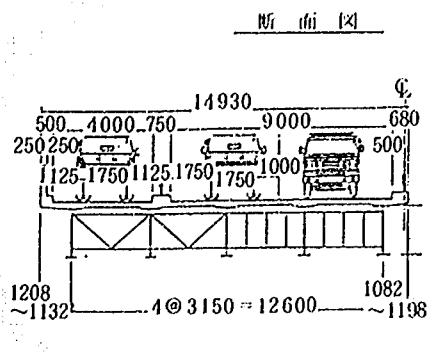
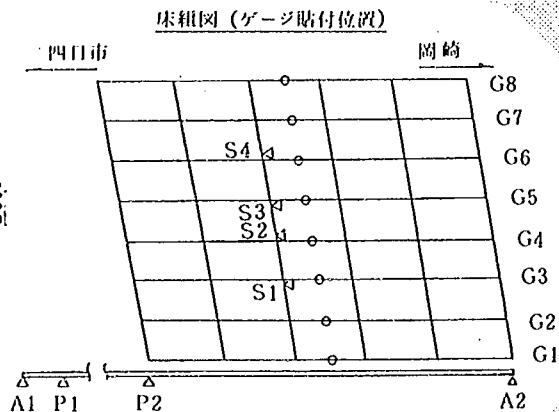
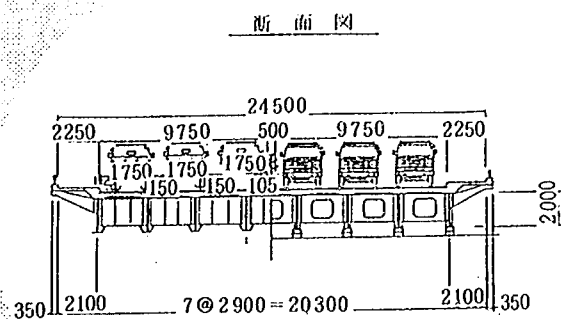


図- 2.3.2 (e) 断面図および床組図

橋梁名 | 新境川橋 (しんさかいがわばし)
所在地 | 豊明市阿野町～刈谷市今川町地内



橋梁名 | 荒子運河橋 (あらこうがきょう)
所在地 | 名古屋市港区品川町



橋梁名 | 竜光跨道橋
所在地 | 静岡県浜松市竜光町地内

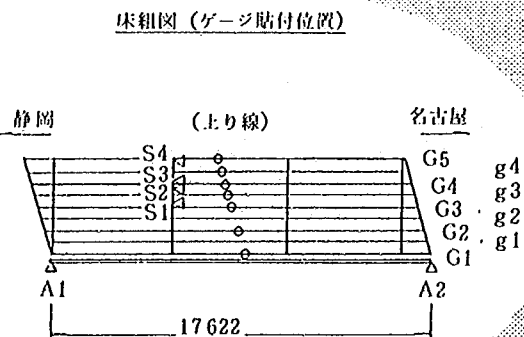
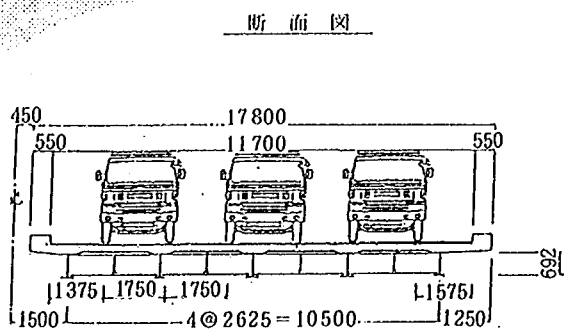
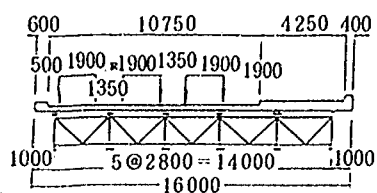


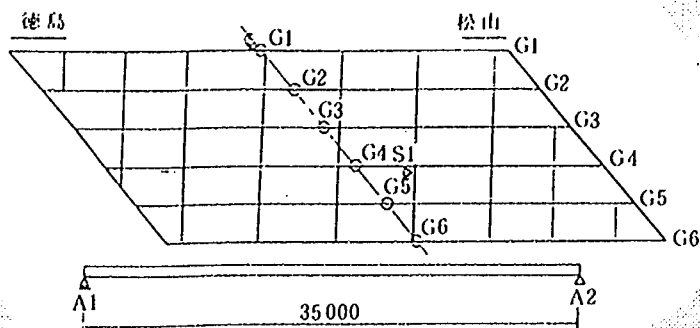
図-2.3.2(f) 断面図および床組図

橋梁名	新御坊川橋
所在地	香川県高松市東ハセ町字石蔵

断面図

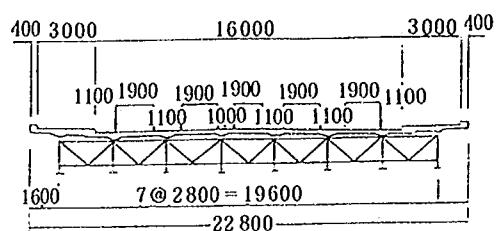


床組図 (ゲージ貼付位置)

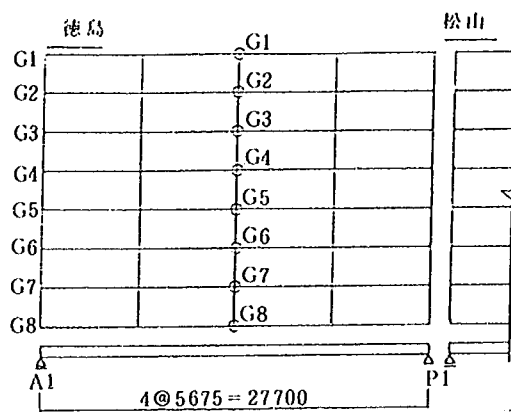


橋梁名	新春日川橋
所在地	香川県高松市春日町字片田

断面図

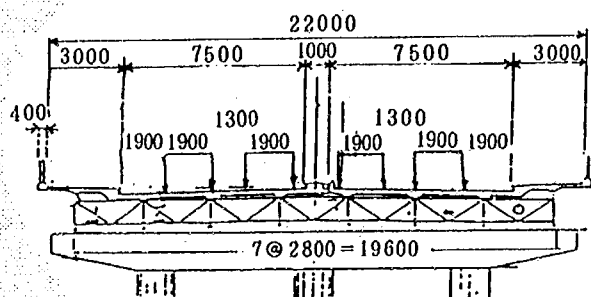


床組図 (ゲージ貼付位置)



橋梁名	新詰田川橋
所在地	香川県高松市木太町字西浜

断面図



床組図 (ゲージ貼付位置)

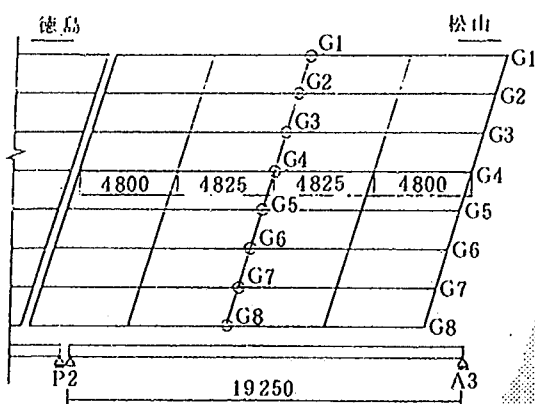
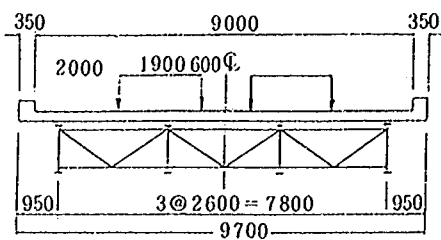


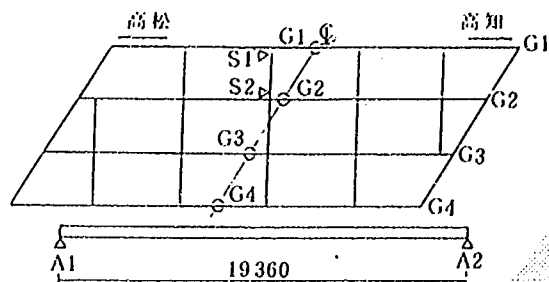
図-2.3.2(g) 断面図および床組図

橋梁名	五 条 橋
所在地	香川県仲多度郡琴平町大字五条

断 面 図

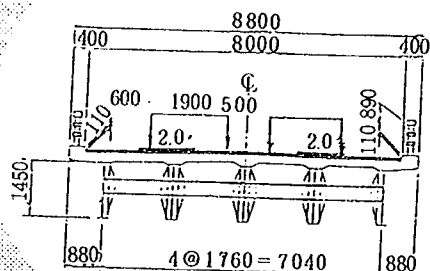


床組図 (ゲージ貼付位置)

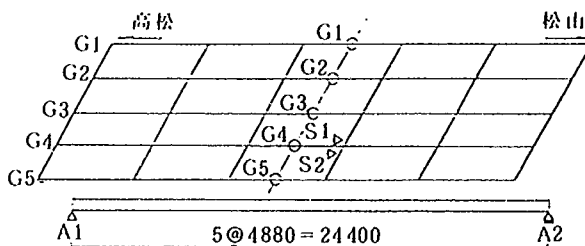


橋梁名	星 流 橋
所在地	愛媛県宇摩郡土居町津根

断 面 図

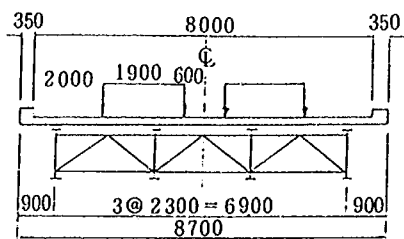


床組図 (ゲージ貼付位置)



橋梁名	木 ノ 川 橋
所在地	愛媛県宇摩郡土居町上野

断 面 図



床組図 (ゲージ貼付位置)

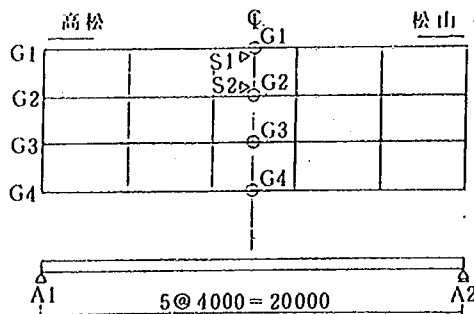
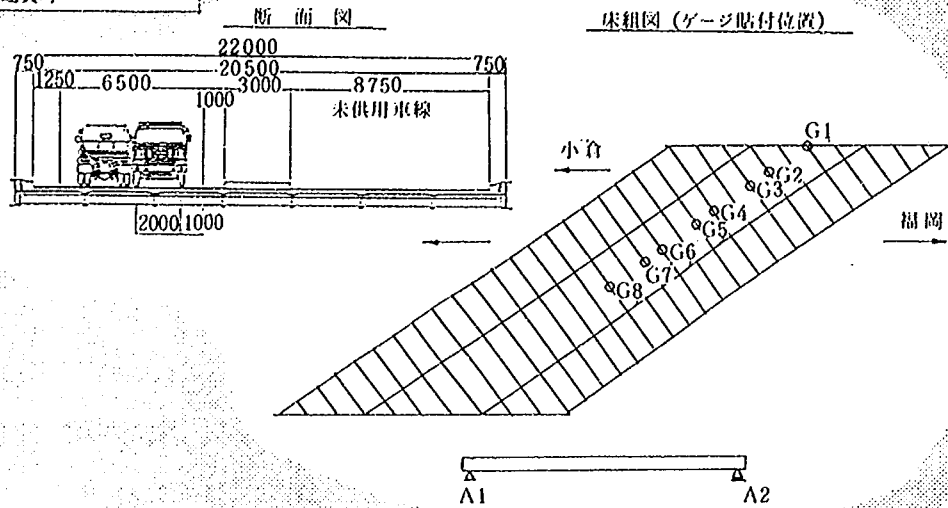
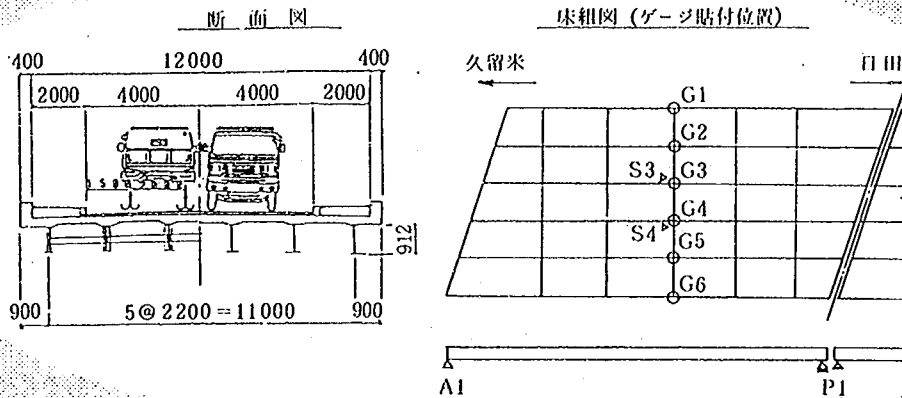


図-2.3.2(h) 断面図および床組図

橋梁名	別府跨道橋 (べふこどうきょう)
所在地	福岡県遠賀郡遠賀町



橋梁名	第2橋の口橋 (だい2ひのくちばし)
所在地	福岡県浮羽郡田主丸町



橋梁名	塩屋橋 (しおやばし)
所在地	熊本県芦北郡田浦町

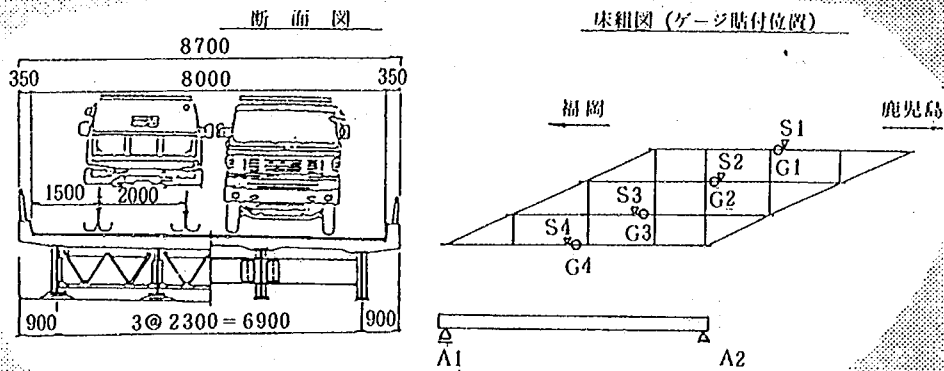


図-2.3.2(i) 断面図および床組図

長期測定とは、24時間を単位として、1日に生じる最大、最小応力度および最大応力範囲を記録しようとするものである。24時間応力頻度測定結果は、あくまでも、特定の1日に生じる応力頻度の情報にすぎない。したがってこの測定データの信頼性を高め、活用していくためには、各橋梁について長期間にわたって応力頻度測定を行い、24時間応力頻度測定データのばらつきについて調べておく必要がある。本測定の場合、長期にわたってヒストグラムレコーダを使用することとなるので、今年度担当地建1橋ずつ計5橋についてのみ、2カ月間測定を行うこととした。

また、前年度調査を行った神流川橋では、昨年11月から365日間長期測定を継続して行う。

(3) 24時間応力頻度測定結果

1) 対象橋梁の概要

応力頻度測定の対象橋梁の概要は、表-2.3.1に示す通りである。各橋梁の断面図、床組図（ゲージ貼付け位置）については図-2.3.2に示す。

本年度は、応力頻度測定を行うにあたって橋梁を支間20,40mのプレートガーダ形式に限定し、交通条件（交通量、大型車混入率）の異なる橋梁を選定した。橋梁の形式（単純合成、単純非合成、連続非合成）、桁形式（斜橋、直橋）について特に選定する際の条件に含めなかったが、結果として、曲線橋が1橋、斜橋が15橋となり、このうち斜角の大きい橋梁も多く含まれている。

2) 測定の概要

応力頻度測定は、橋梁構造全体の耐荷力を調査する目的で原則として1支間の全主桁の中央部で行った。ひずみゲージの貼付け位置を図-2.3.3に示す。ひずみゲージは主桁下フランジの橋軸方向に、ウェブとフランジの溶接部から50mm程度はなして貼付けた。また、支間中央部に垂直補剛材が存在する場合は、垂直補剛材から100mm程度はなすこととした。応力波形の解析法は、すべてP V法とした。なお、測定に使用したヒストグラムレコーダの計測チャンネル（合計8チャンネル）に余裕がある場合は、疲労に対する耐久性の評価を行うために、車両走行位置に近い主桁の下フランジおよび垂直補剛材の取付け部（同一主桁）の応力頻度をR F法により計測した。ただし、本報告では、供用荷重に対する耐荷力に関する検討を行っており、主桁のP V法の結果のみを載せることとした。

24時間応力頻度測定は、担当地建の各橋梁において、6月下旬から7月中旬までに行った。また、担当地建で最後に24時間応力頻度測定を行った橋梁について、測定終了後、配線の変更を行い2カ月間の長期応力頻度を引き続いて行うこととした。測定箇所は、24時間応力頻度測定と同様に支間中央部下フランジとし

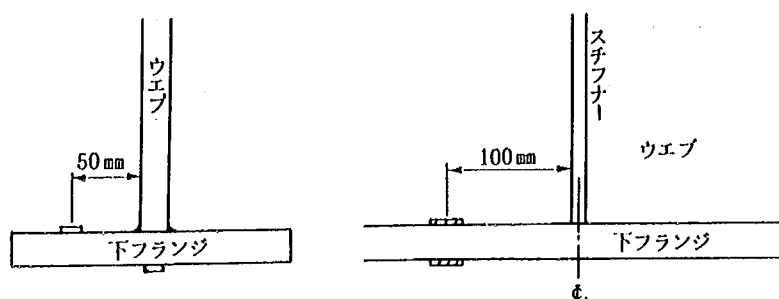


図-2.3.3 ひずみゲージの位置

表-2.3.2(a) 応力頻度測定 主桁応力集計表

No. 1

番号	橋梁名	桁番	TEST No.	σ_a	σ_{z_0}	σ_d	$\sigma_a - \sigma_d$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{z_0}}$	σ_{max}	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{z_0}}$	$\sigma_{max}^* 5\%$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{z_0}}$	$\sigma_{max}^* 5$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\frac{\sigma_{max}^* 5}{\sigma_{z_0}}$	$\sigma \gamma$	$\frac{\sigma \gamma - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\sigma_{max}^* 0.5\%$	$\sigma_{max}^* 0.1\%$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{z_0} 0.5\%}$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{z_0} 0.1\%}$		
1	下竜川橋	G1	2033	1,900	958	839	1,061	1.108	425	0.44	225	0.23	425	2.497	0.44	3,200	5.555	325	400	0.34	0.42		
		G2	2032	1,900	802	849	1,051	1.310	325	0.41	100	0.12	275	3.234	0.34	3,200	7.234	200	250	0.25	0.31		
		G3	2031	1,900	1,037	727	1,173	1.131	400	0.39	125	0.12	325	2.933	0.31	3,200	6.183	275	325	0.27	0.31		
2	下鹿倉橋	G1	2011	1,900	738	1,129	771	1.045	375	0.51	125	0.17	325	2.056	0.44	3,200	5.523	200	300	0.27	0.41		
		G2	2012	1,900	534	1,289	611	1.144	225	0.42	100	0.19	225	2.716	0.42	3,200	8.493	175	225	0.33	0.42		
		G3	2013	1,900	738	1,129	771	1.045	325	0.44	125	0.17	300	2.372	0.41	3,200	6.372	225	300	0.3	0.41		
3	柳沢高架橋	G1	2061	2,100	994	835	1,265	1.273	525	0.53	200	0.20	450	2.410	0.45	3,600	5.267	300	375	0.3	0.38		
		G2	2062	2,100	878	937	1,163	1.325	450	0.51	150	0.17	450	2.584	0.51	3,600	5.918	300	350	0.34	0.40		
		G3	2063	2,100	839	1,038	1,062	1.266	400	0.48	125	0.15	350	2.655	0.42	3,600	6.405	225	300	0.27	0.36		
		G4	2064	2,100	741	1,121	979	1.321	425	0.57	175	0.24	375	2.304	0.51	3,600	5.833	250	300	0.34	0.40		
4	柳沢高架橋	G1	2051	1,400	855	452	948	1.109	475	0.56	225	0.26	425	1.996	0.50	2,400	4.101	325	400	0.38	0.47		
		G2	2052	1,400	708	523	877	1.239	300	0.42	150	0.21	275	2.923	0.39	2,400	6.257	225	250	0.32	0.35		
		G3	2053	1,400	659	618	782	1.187	275	0.42	125	0.19	250	2.844	0.38	2,400	6.480	200	250	0.30	0.38		
		G4	2054	1,400	646	778	721	1.116	325	0.50	150	0.23	300	2.219	0.46	2,400	4.991	225	250	0.35	0.39		
5	上竜川橋	G1	2021	1,400	614	828	622	1.013	400	0.65	200	0.33	350	1.555	0.57	2,400	3.930	300	350	0.33	0.57		
		G2	2022	1,400	555	778	572	1.031	300	0.54	175	0.32	275	1.907	0.50	2,400	5.407	225	300	0.41	0.54		
		G3	2023	1,400	614	828	622	1.013	425	0.69	200	0.33	350	1.464	0.57	2,400	3.699	300	350	0.49	0.57		
6	新民部田橋	G1	2041	1,900	500	982	918	1.836	300	0.60	125	0.25	275	3.060	0.55	3,200	7.393	200	250	0.4	0.5		
		G2	2042	1,900	595	1,053	847	1.424	375	0.63	125	0.21	325	2.259	0.55	3,200	5.725	225	275	0.38	0.46		
		G3	2043	1,900	595	1,053	847	1.424	350	0.59	125	0.21	300	2.420	0.50	3,200	6.134	200	275	0.34	0.46		
		G4	2044	1,900	500	987	913	1.826	425	0.85	200	0.40	325	2.148	0.65	3,200	5.207	275	325	0.55	0.65		
7	二子高架橋	G1	3011	1,900	1,041	815	1,085	1.042	630	0.61	240	0.23	510	1.722	0.49	3,200	3.786	390	480	0.37	0.46		
		G2	3012	1,900	931	900	1,000	1.074	540	0.58	150	0.16	420	1.852	0.45	3,200	4.259	270	360	0.29	0.39		
		G3	3013	1,900	947	873	1,027	1.085	420	0.44	180	0.19	330	2.445	0.35	3,200	5.541	240	300	0.25	0.32		
		G4	3014	1,900	1,096	777	1,123	1.025	510	0.47	210	0.19	420	2.202	0.38	3,200	4.751	330	390	0.30	0.36		
		G5	3015	1,900	1,024	802	1,098	1.072	480	0.47	210	0.21	360	2.288	0.35	3,200	4.996	300	360	0.29	0.35		
		G6	3016	1,900	941	857	1,043	1.108	360	0.38	180	0.19	300	2.897	0.32	3,200	6.508	240	270	0.26	0.29		
		G7	3017	1,900	917	900	1,000	1.091	570	0.62	150	0.16	330	1.754	0.36	3,200	4.035	240	300	0.26	0.33		
		G8	3018	1,900	1,003	846	1,054	1.051	600	0.60	180	0.18	390	1.757	0.39	3,200	3.923	300	390	0.30	0.37		

表-2.3.2(b) 応力頻度測定 主桁応力集計表

No. 2

番号	橋梁名	桁番	TEST No.	σ_a	σ_{20}	σ_d	$\sigma_a - \sigma_d$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}}$	σ_{max}	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{20}}$	σ_{max}^*	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{20}}$	$\sigma_{max}^* 5\%$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\frac{\sigma_{max}^* 5\%}{\sigma_{20}}$	σ_y	$\frac{\sigma_y - \sigma_{20}}{\sigma_{max}}$	$\sigma_{max}^* 0.5\%$	$\sigma_{max}^* 0.1\%$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{20} 0.5\%}$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{20} 0.1\%}$		
8	津田山陸橋	G1	3021	2,100	725	1,432	668	0.921	270	0.37	150	0.21	270	2.474	0.37	3,600	8.030	210	270	0.29	0.37		
		G2	3022	2,100	854	1,123	977	1.144	360	0.42	150	0.18	300	2.714	0.35	3,600	6.881	210	300	0.25	0.35		
		G3	3023	2,100	925	993	1,107	1.197	300	0.32	150	0.16	240	3.690	0.26	3,600	8.690	210	240	0.23	0.26		
		G4	3024	2,100	1,049	1,030	1,070	1.020	330	0.31	180	0.17	300	3.242	0.29	3,600	7.788	240	300	0.23	0.29		
		G5	3025	2,100	1,049	1,030	1,070	1.020	450	0.43	180	0.17	330	2.378	0.31	3,600	5.711	270	330	0.26	0.31		
		G6	3026	2,100	925	993	1,070	1.197	360	0.39	150	0.16	270	3.075	0.29	3,600	7.242	210	240	0.23	0.26		
		G7	3027	2,100	854	1,123	977	1.144	420	0.49	150	0.18	270	2.326	0.32	3,600	5.898	240	270	0.25	0.32		
		G8	3028	2,100	725	1,432	668	0.921	240	0.33	150	0.21	210	2.783	0.29	3,600	9.033	210	240	0.29	0.33		
9	透間橋	G1	3031	1,900	1,043	489	1,411	1.353	540	0.52	300	0.29	510	2.613	0.49	3,200	5.020	420	480	0.40	0.46		
		G2	3032	1,900	796	722	1,178	1.480	450	0.57	240	0.30	420	2.618	0.53	3,200	5.507	330	390	0.41	0.49		
		G3	3033	1,900	715	913	987	1.380	420	0.58	180	0.25	330	2.350	0.46	3,200	5.445	270	300	0.38	0.42		
		G4	3034	1,900	845	829	1,071	1.268	240	0.65	240	0.28	480	4.463	0.57	3,200	9.879	360	420	0.43	0.50		
10	庄内古川橋	G1	3041	1,900	731	1,096	804	1.100	420	0.57	150	0.21	390	1.914	0.53	3,200	5.010	240	300	0.33	0.41		
		G2	3042	1,900	736	1,103	797	1.083	420	0.57	150	0.20	390	1.898	0.53	3,200	4.993	240	300	0.33	0.41		
		G3	3043	1,900	728	1,093	807	1.109	420	0.58	150	0.21	360	1.921	0.49	3,200	5.017	240	300	0.33	0.41		
		G4	3044	1,900	736	1,103	797	1.083	510	0.69	180	0.24	450	1.563	0.61	3,200	4.112	330	390	0.45	0.53		
		G5	3045	1,900	731	1,096	804	1.100	600	0.82	210	0.29	570	1.340	0.78	3,200	3.507	450	510	0.62	0.70		
11	中川専水陸橋	G1	3051	2,100	981	1,232	868	0.885	240	0.24	120	0.12	240	3.617	0.24	3,600	9.867	180	210	0.18	0.21		
		G2	3052	2,100	963	1,171	929	0.965	390	0.40	180	0.19	330	2.382	0.34	3,600	6.228	270	330	0.28	0.34		
		G3	3053	2,100	963	1,171	929	0.965	390	0.40	210	0.21	360	2.382	0.37	3,600	6.228	270	300	0.28	0.34		
		G4	3054	2,100	963	1,171	929	0.965	390	0.40	240	0.25	360	2.382	0.37	3,600	6.228	330	360	0.34	0.37		
		G5	3055	2,100	963	1,171	929	0.965	330	0.34	210	0.22	300	2.815	0.31	3,600	7.361	270	300	0.28	0.31		
		G6	3056	2,100	963	1,171	929	0.965	210	0.22	150	0.16	210	4.424	0.22	3,600	11.567	180	210	0.19	0.22		
		G7	3057	2,100	963	1,171	929	0.965	120	0.12	90	0.09	120	7.742	0.12	3,600	20.242	120	120	0.12	0.12		
		G8	3058	2,100	1,086	1,134	966	0.890	60	0.06	30	0.03	60	16.100	0.06	3,600	41.100	60	60	0.06	0.06		
12	青木川橋	G1	3061	1,900	1,037	814	1,086	1.047	660	0.64	270	0.26	510	1.646	0.49	3,200	3.615	420	480	0.41	0.46		
		G2	3062	1,900	678	857	1,043	1.538	450	0.66	150	0.22	300	2.318	0.44	3,200	5.207	240	270	0.35	0.40		
		G3	3063	1,900	713	778	1,121	1.572	630	0.88	150	0.29	510	1.779	0.72	3,200	3.844	360	420	0.50	0.59		
13	大原橋	G1	5311	1,900	558	1,295	605	1.084	180	0.32	120	0.22	150	3.361	0.27	3,200	10.583	150	180	0.27	0.32		
		G2	5312	1,900	589	1,255	645	1.095	180	0.31	120	0.20	150	3.583	0.25	3,200	10.806	120	150	0.20	0.25		
		G3	5313	1,900	621	1,223	677	1.090	210	0.34	90	0.14	150	3.224	0.24	3,200	9.414	120	150	0.19	0.24		
		G4	5321	1,900	660	1,175	725	1.098	150	0.23	90	0.14	120	4.833	0.18	3,200	13.500	120	150	0.18	0.23		
		G5	5322	1,900	656	1,075	825	1.258	210	0.32	180	0.27	210	3.929	0.32	3,200	10.119	210	210	0.32	0.32		

表-2.3.2(c) 応力頻度測定 主桁応力集計表

No. 3

番号	橋梁名	桁番	TEST No.	σ_a	σ_{20}	σ_d	$\sigma_a - \sigma_d$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}}$	σ_{max}	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{20}}$	$\sigma_{max}^* 5\%$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{20}}$	$\sigma_{max}^* 5$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\frac{\sigma_{max}^* 5}{\sigma_{20}}$	σ_{γ}	$\frac{\sigma_{\gamma} - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\sigma_{max}^* 0.5\%$	$\sigma_{max}^* 0.1\%$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{20} 0.5\%}$	$\frac{\sigma_{max}^*}{\sigma_{20} 0.1\%}$		
14	瀧川橋	G1	5211	2,100	727	1,129	971	1.336	450	0.62	180	0.25	330	2.158	0.45	3,600	5.491	240	300	0.33	0.41		
		G2	5323	2,100	659	1,123	977	1.483	480	0.73	180	0.27	330	2.035	0.50	3,600	5.160	270	300	0.41	0.46		
		G3	5213	2,100	638	950	1,150	1.803	360	0.56	180	0.28	300	3.194	0.47	3,600	7.361	240	270	0.38	0.42		
		G4	5215	2,100	834	1,000	1,100	1.319	420	0.50	180	0.22	360	2.619	0.43	3,600	6.191	240	300	0.29	0.36		
		G5	5221	2,100	834	1,000	1,100	1.319	510	0.61	240	0.29	450	2.157	0.54	3,600	5.098	300	390	0.36	0.47		
		G6	5223	2,100	638	950	1,150	1.803	450	0.71	180	0.28	360	2.556	0.56	3,600	5.889	240	300	0.38	0.47		
		G7	5225	2,100	659	1,123	977	1.483	420	0.64	150	0.23	330	2.326	0.50	3,600	5.898	240	300	0.36	0.46		
		G8	5226	2,100	727	1,129	971	1.336	450	0.62	150	0.21	330	2.158	0.45	3,600	5.491	270	300	0.37	0.41		
15	富士松第二高梁橋	G1	5611	2,100	843	934	1,166	1.383	420	0.50	150	0.18	360	2.776	0.43	3,600	6.348	270	300	0.32	0.36		
		G2	5612	2,100	745	949	1,151	1.545	360	0.48	120	0.16	300	3.197	0.40	3,600	7.364	180	240	0.24	0.32		
		G3	5613	2,100	834	859	1,241	1.488	270	0.32	90	0.11	240	4.596	0.29	3,600	10.152	180	240	0.21	0.29		
		G4	5621	2,100	1,030	757	1,343	1.304	270	0.26	120	0.12	240	4.974	0.23	3,600	10.530	180	210	0.17	0.20		
16	新境川橋	G1	5511	2,100	1,065	949	1,151	1.081	540	0.51	210	0.20	480	2.132	0.45	3,600	4.909	300	420	0.28	0.39		
		G2	5512	2,100	829	1,014	1,086	1.310	330	0.40	120	0.14	300	3.291	0.36	3,600	7.836	210	270	0.25	0.33		
		G3	5513	2,100	740	840	1,260	1.703	300	0.41	120	0.16	270	4.200	0.36	3,600	9.200	180	210	0.24	0.28		
		G4	5521	2,100	867	982	1,118	1.290	270	0.31	150	0.17	240	4.141	0.28	3,600	9.696	210	240	0.24	0.28		
		G5	5522	2,100	1,043	845	1,255	1.203	210	0.20	120	0.12	180	5.976	0.17	3,600	13.119	150	180	0.14	0.17		
17	荒子運河橋	G1	5421	1,900	672	481	1,419	2.112	420	0.63	120	0.18	330	3.379	0.49	3,200	6.474	210	240	0.31	0.36		
		G2	5411	1,900	743	551	1,349	1.816	420	0.57	120	0.16	300	3.212	0.40	3,200	6.307	210	240	0.28	0.32		
		G3	5412	1,900	692	563	1,337	1.932	330	0.48	150	0.22	270	4.052	0.39	3,200	7.991	210	240	0.30	0.35		
		G4	5422	1,900	678	566	1,334	1.968	270	0.40	120	0.18	240	4.941	0.35	3,200	9.756	180	210	0.27	0.31		
		G5	5424	1,900	678	566	1,334	1.968	270	0.40	120	0.18	240	4.941	0.35	3,200	9.756	180	210	0.27	0.31		
		G6	5414	1,900	692	563	1,337	1.932	270	0.39	120	0.17	240	4.952	0.35	3,200	9.767	180	210	0.26	0.30		
		G7	5416	1,900	744	552	1,348	1.812	300	0.40	120	0.16	300	4.493	0.40	3,200	8.827	180	240	0.24	0.32		
		G8	5426	1,900	672	482	1,418	2.110	330	0.49	90	0.13	300	4.297	0.45	3,200	8.236	180	240	0.27	0.36		
18	竜光跨道橋	G1	5111	2,100	871	1,595	505	0.580	480	0.55	150	0.17	390	1.052	0.45	3,600	4.177	300	390	0.34	0.45		
		G2	5112	2,100	829	1,349	751	0.906	360	0.43	150	0.18	330	2.086	0.40	3,600	6.253	240	300	0.29	0.36		
		G3	5113	2,100	825	1,261	839	1.017	450	0.55	150	0.18	390	1.864	0.47	3,600	5.198	240	300	0.29	0.36		
		G4	5114	2,100	823	1,324	776	0.943	480	0.58	240	0.29	450	1.617	0.55	3,600	4.712	390	450	0.47	0.55		
		G5	5121	2,100	810	1,496	604	0.746	630	0.78	300	0.37	540	0.959	0.67	3,600	3.340	450	510	0.56	0.63		

表-2.3.2(d) 応力頻度測定 主桁応力集計表

No. 4

番号	橋梁名	桁番	TEST No.	σ_a	σ_{20}	σ_d	$\sigma_a - \sigma_d$	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}}$	σ_{max}	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{20}}$	$\sigma_{max}^{*5\%}$	$\frac{\sigma_{max}^{*5\%}}{\sigma_{20}}$	σ_{max}^{*5}	$\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\frac{\sigma_{max}^{*5}}{\sigma_{20}}$	σ_y	$\frac{\sigma_y - \sigma_d}{\sigma_{max}}$	$\sigma_{max}^{*0.5\%}$	$\sigma_{max}^{*0.1\%}$	$\frac{\sigma_{max}^{*0.5\%}}{\sigma_{20}}$	$\frac{\sigma_{max}^{*0.1\%}}{\sigma_{20}}$		
19	新御坊川橋	G1	8031	1,900	750	1,127	773	1.031	275	0.37	100	0.13	225	2.811	0.30	3,200	7.538	200	250	0.27	0.33		
		G2	8032	1,900	674	1,150	750	1.113	350	0.52	100	0.15	225	2.143	0.33	3,200	5.857	175	225	0.26	0.33		
		G3	8033	1,900	612	1,274	626	1.023	325	0.53	100	0.16	150	1.926	0.25	3,200	5.926	125	150	0.20	0.25		
		G4	8034	1,900	580	1,223	677	1.167	225	0.39	75	0.13	100	3.009	0.17	3,200	8.787	100	175	0.17	0.30		
		G5	8035	1,900	469	1,318	582	1.241	125	0.27	50	0.11	100	4.656	0.21	3,200	15.056	100	125	0.21	0.27		
		G6	8036	1,900	413	1,420	480	1.162	125	0.30	50	0.12	75	3.840	0.18	3,200	14.240	100	125	0.24	0.30		
20	新春日川橋	G1	8011	1,900	705	1,283	617	0.875	600	0.85	180	0.26	300	1.028	0.43	3,200	3.195	270	600	0.38	0.85		
		G2	8012	1,900	706	969	931	1.319	420	0.59	180	0.25	240	2.217	0.34	3,200	5.312	240	240	0.34	0.34		
		G3	8013	1,900	707	915	985	1.393	300	0.42	150	0.21	180	3.283	0.25	3,200	7.617	180	240	0.25	0.34		
		G4	8014	1,900	809	898	1,002	1.239	300	0.37	120	0.15	210	3.340	0.26	3,200	7.673	150	180	0.19	0.22		
		G5	8015	1,900	809	898	1,002	1.239	240	0.30	150	0.19	210	4.175	0.26	3,200	9.592	180	210	0.22	0.26		
		G6	8016	1,900	707	915	985	1.393	270	0.38	150	0.21	210	3.648	0.30	3,200	8.463	180	240	0.25	0.33		
		G7	8017	1,900	706	969	931	1.319	300	0.42	180	0.25	240	3.103	0.34	3,200	7.437	240	300	0.34	0.42		
		G8	8018	1,900	705	1,283	617	0.875	450	0.64	210	0.30	300	1.371	0.43	3,200	4.260	300	360	0.43	0.51		
21	新詰田川橋	G1	8021	1,900	666	1,287	613	0.920	275	0.41	150	0.23	225	2.229	0.34	3,200	6.956	225	275	0.34	0.41		
		G2	8022	1,900	733	984	916	1.250	275	0.38	100	0.14	200	3.331	0.27	3,200	8.058	175	225	0.24	0.31		
		G3	8023	1,900	817	945	955	1.169	275	0.34	125	0.15	225	3.473	0.28	3,200	8.200	175	250	0.21	0.31		
		G4	8024	1,900	861	942	958	1.113	275	0.32	100	0.12	200	3.484	0.23	3,200	8.211	175	200	0.20	0.23		
		G5	8025	1,900	861	942	958	1.113	225	0.26	100	0.12	200	4.258	0.23	3,200	10.036	175	225	0.20	0.26		
		G6	8026	1,900	817	945	955	1.169	275	0.34	100	0.12	225	3.473	0.28	3,200	8.200	200	250	0.24	0.31		
		G7	8027	1,900	733	984	916	1.250	200	0.27	75	0.10	150	4.580	0.20	3,200	11.080	150	175	0.20	0.24		
		G8	8028	1,900	666	1,287	613	0.920	200	0.30	100	0.15	150	3.065	0.23	3,200	9.565	175	200	0.26	0.3		
22	五 条 橋	G1	8041	1,400	735	755	645	0.878	425	0.58	125	0.17	225	1.518	0.31	2,400	3.871	200	250	0.27	0.34		
		G2	8042	1,400	694	662	738	1.063	475	0.68	150	0.22	325	1.554	0.47	2,400	3.659	250	300	0.36	0.43		
		G3	8043	1,400	694	659	741	1.068	425	0.61	125	0.18	300	1.744	0.43	2,400	4.097	225	300	0.32	0.43		
		G4	8044	1,400	735	748	652	0.887	275	0.37	125	0.17	225	2.371	0.31	2,400	6.007	200	225	0.27	0.31		
23	星 流 橋	G1	8051	1,400	511	634	766	1.499	375	0.73	125	0.24	275	2.043	0.54	2,400	4.709	200	250	0.39	0.49		
		G2	8052	1,400	526	567	833	1.584	400	0.76	125	0.24	275	2.083	0.52	2,400	4.583	200	250	0.35	0.47		
		G3	8053	1,400	528	544	856	1.621	275	0.52	100	0.19	225	3.113	0.43	2,400	6.749	175	200	0.33	0.38		
		G4	8054	1,400	526	567	833	1.584	325	0.62	125	0.24	300	2.563	0.57	2,400	5.640	225	275	0.43	0.52		
		G5	8055	1,400	511	634	766	1.499	350	0.68	150	0.29	300	2.189	0.59	2,400	5.046	225	300	0.44	0.59		

65

No. 5

た。各ひずみゲージについて、ヒストグラムレコーダの2チャンネルを用いて、測定期間（2カ月間）中のPV法による応力頻度測定と、1日の最大最小応力度の2カ月連続測定を行うこととした。

この場合、ヒストグラムレコーダのチャンネル数（合計8チャンネル）の関係上、最大4つのひずみゲージの測定にしぼることとなる。特に、主桁が4本以上の場合は、次の条件により測定箇所を選定することとした。

- ① 交通量が既知の車線側とする。上下両車線が既知の場合は、大型車交通量の多い方（応力の高い方）とする。
- ② 外桁を含む一連の桁とする。

なお、長期測定データの収集は、本報告とりまとめ後となるため、次年度の報告の成果としてとりまとめる予定である。

3) 測定結果

(a) 主桁に作用する実応力度

表-2.3.2は、各橋梁の全主桁の設計計算結果（許容応力度 σ_a 、設計活荷重応力度 σ_{20} 、設計死荷重応力度 σ_d 、等）と、応力頻度測定結果等を示したものである。なお、設計計算を行うにあたって、厳密格子計算法を用いることとした。 $\sigma_{\max}$ は、24時間応力頻度測定によって得られた各主桁の最大応力度である。 $\sigma_{\max}$ は、ばらつきが大きいものと予想されるので、高応力側から全頻度の上位0.1%、0.5%、5%に該当する応力度（以下 $\sigma_{\max} * \alpha\%$ と書く）も読み取って示した。

24時間応力頻度測定によって得られた最大応力度は、全橋梁の中で、別府跨道橋（No25）、青木川橋（No12）における 660 kg/cm^2 であり、ともに外桁で生じている。その他に4橋で、 600 kg/cm^2 以上の実応力度が測定されているが、いずれも外桁に生じている。最大応力度 $\sigma_{\max}$ とTL-20に対する設計活荷重応力度 σ_{20} の比を各橋梁で比較すると、全橋梁中青木川橋での外桁で最大0.88となっている。しかし、大部分の橋梁の各桁では1/3~2/3の範囲におさまっている。

図-2.3.4は、 $(\sigma_a - \sigma_d)$ と設計活荷重応力度 σ_{20} の比を橋梁形式別に示したものである。この比に設計荷重（20 ton）を乗じると基本耐荷力が求まる。 $(\sigma_a - \sigma_d)$ 、 σ_{20} ともに、設計計算で定まる値であり、1.0に近い値になることが予想されるが、その値はかなりばらついている。

図-2.3.5は、 $(\sigma_a - \sigma_d)$ と24時間の測定最大応力度 $\sigma_{\max}$ との比を橋梁形式別に示している。24時間中に測定される応力度に対しては、1を超えており、実応力度が許容値 $(\sigma_a - \sigma_d)$ を頻繁に超えることは少ないものと思われる。

(b) 橋梁形式と計測最大応力度との関係

図-2.3.6および図-2.3.7は、 $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ 、 $\sigma_{\max} * 0.5\% / \sigma_{20}$ を橋梁形式と車線あたりの大型車交通量（1000台以下、1000~3000台、3000台以上）で分類して示したものである。

本年度の調査では、斜橋での測定が多いが、直橋と比較するとばらつきが大きくかなり高い実応力度が生じている場合もあるが、必ずしも明確でない。

合成、非合成による $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ あるいは $\sigma_{\max} * 0.5\% / \sigma_{20}$ の違いは、はっきりしない。

しかし、単純桁の直橋に限定して、合成、非合成桁橋を比較すると、非合成桁橋の値が小さくなっている。これは、非合成桁橋では、実際はコンクリート床板の合成効果を持つが、設計計算上、合成効果を見

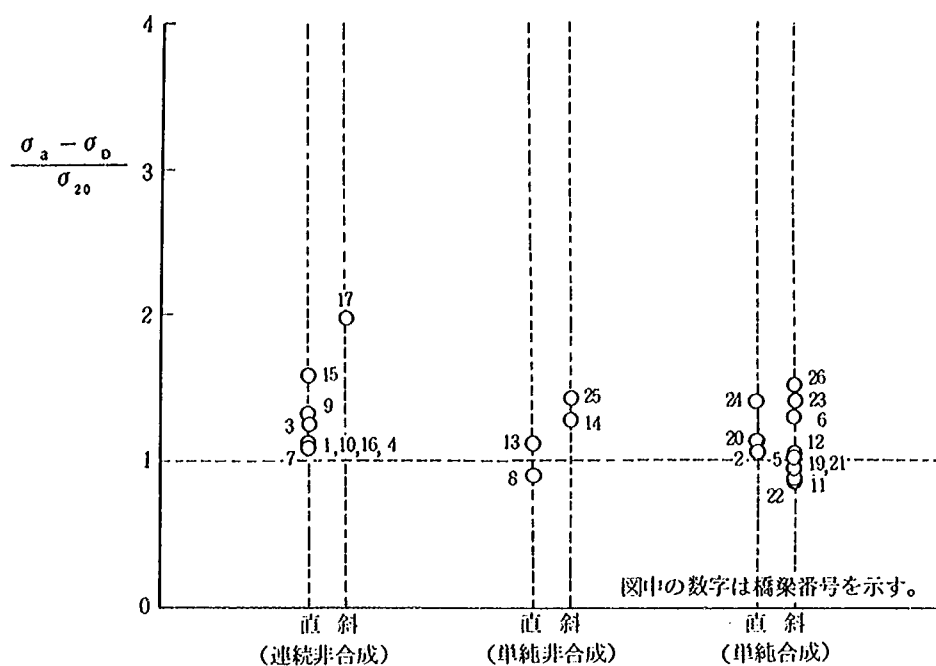


図- 2. 3. 4 橋梁形式と $\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}}$ の関係

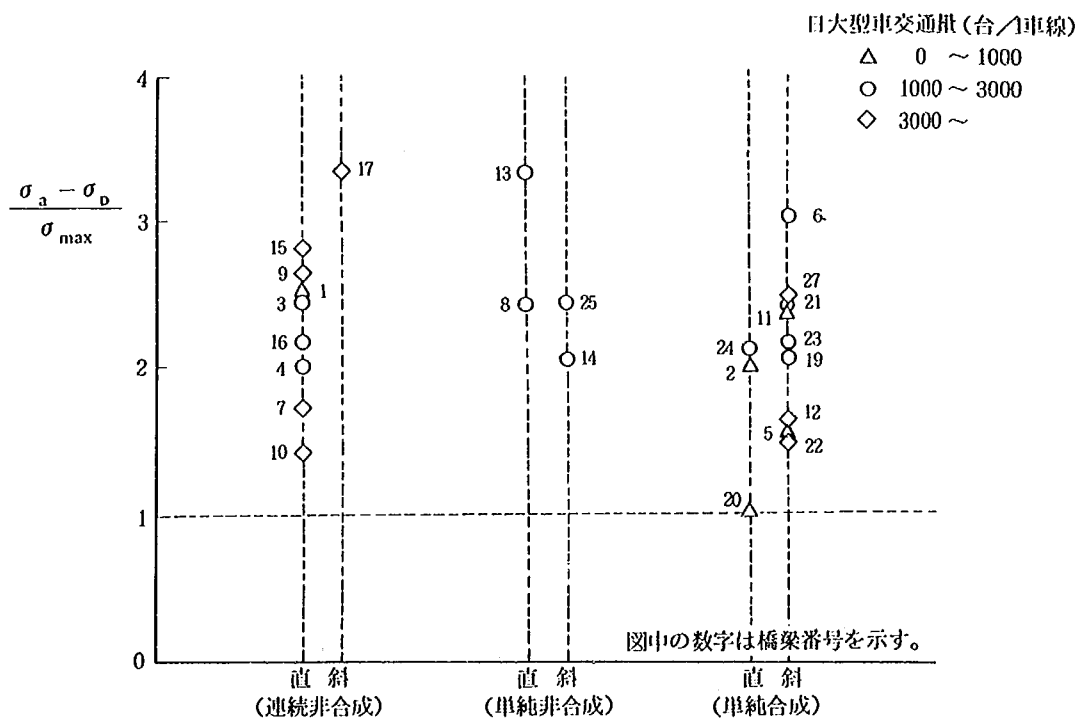


図- 2. 3. 5 橋梁形式と $\frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{\max}}$ の関係

込まないことによるためと考えられる。

図- 2. 3. 8 は、支間長と $\sigma_{\max}^* 0.5\% / \sigma_{20}$ の関係を示している。大型車交通量がほぼ等しい同一形式の橋梁について比較すると、支間が長くなるにしたがって若干 $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ の値が小さくなる橋梁もあるが、はっきりした傾向は認められない。また、図には示していないが車道幅員と $\sigma_{\max}^* / \sigma_{20}$ の関係

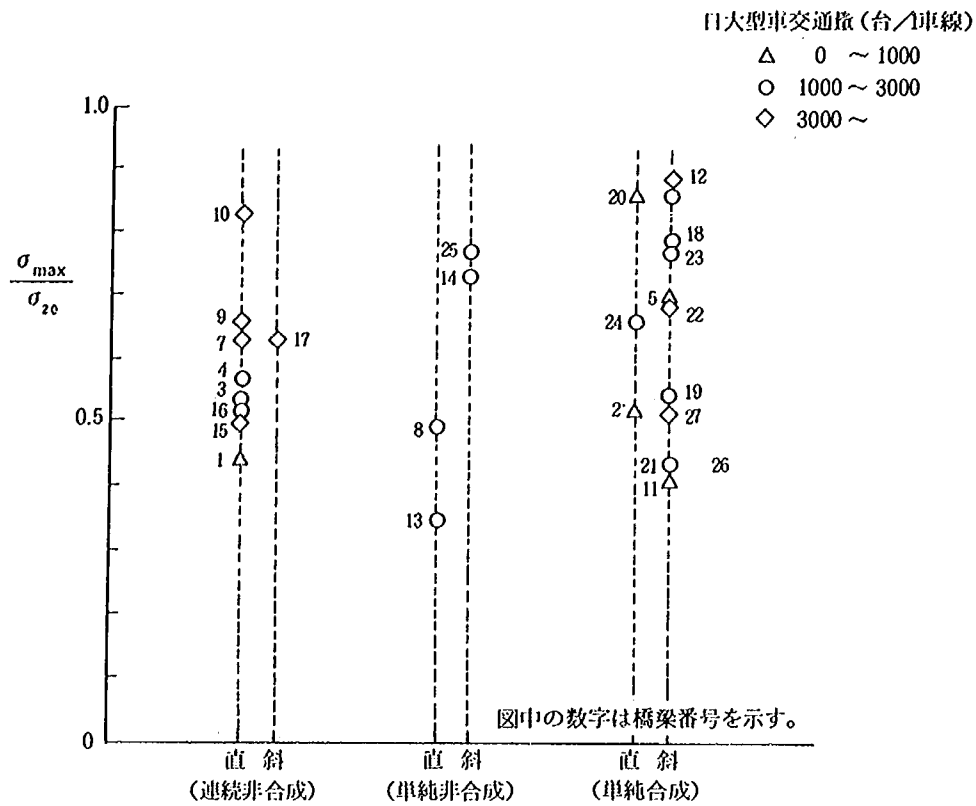


図- 2.3.6 橋梁形式と $\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{20}}$ との関係

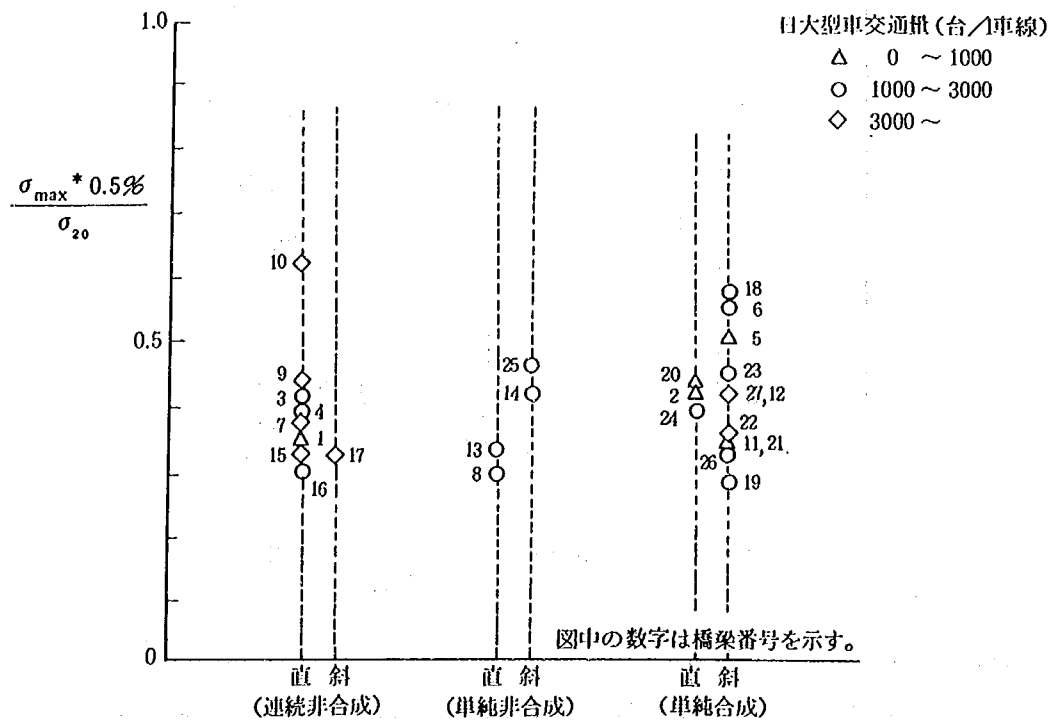


図- 2.3.7 橋梁形式と $\frac{\sigma_{\max} * 0.5\%}{\sigma_{20}}$ との関係

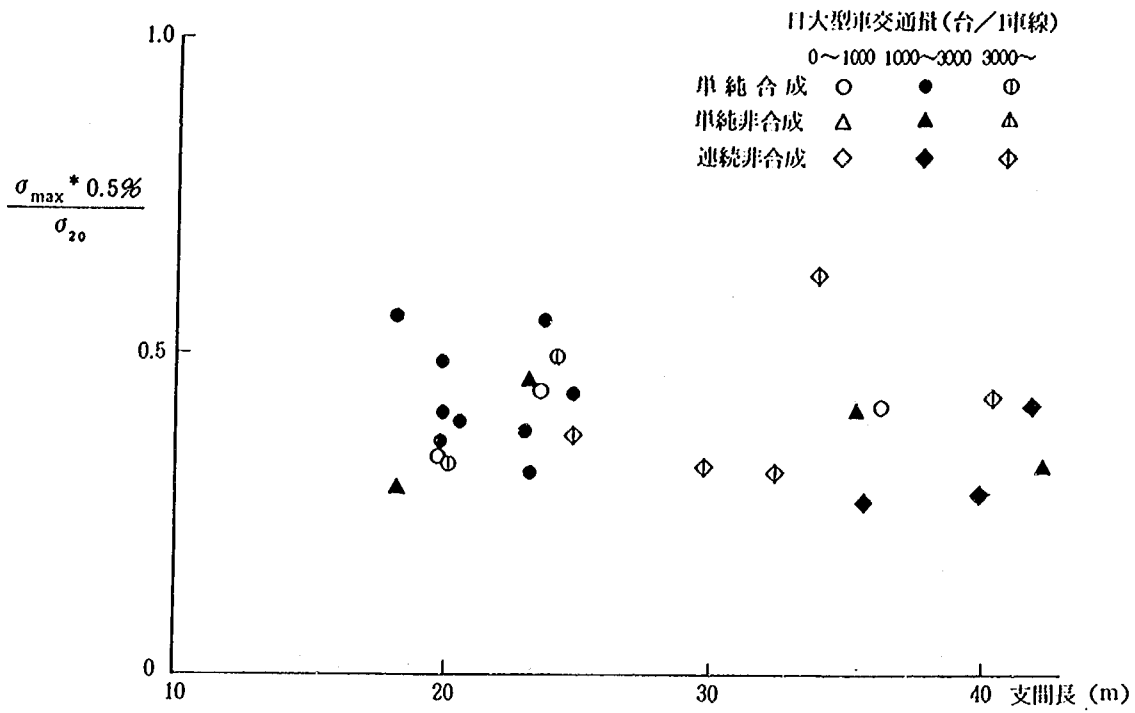


図- 2.3.8 支間と $\frac{\sigma_{max} * 0.5\%}{\sigma_{20}}$ の関係

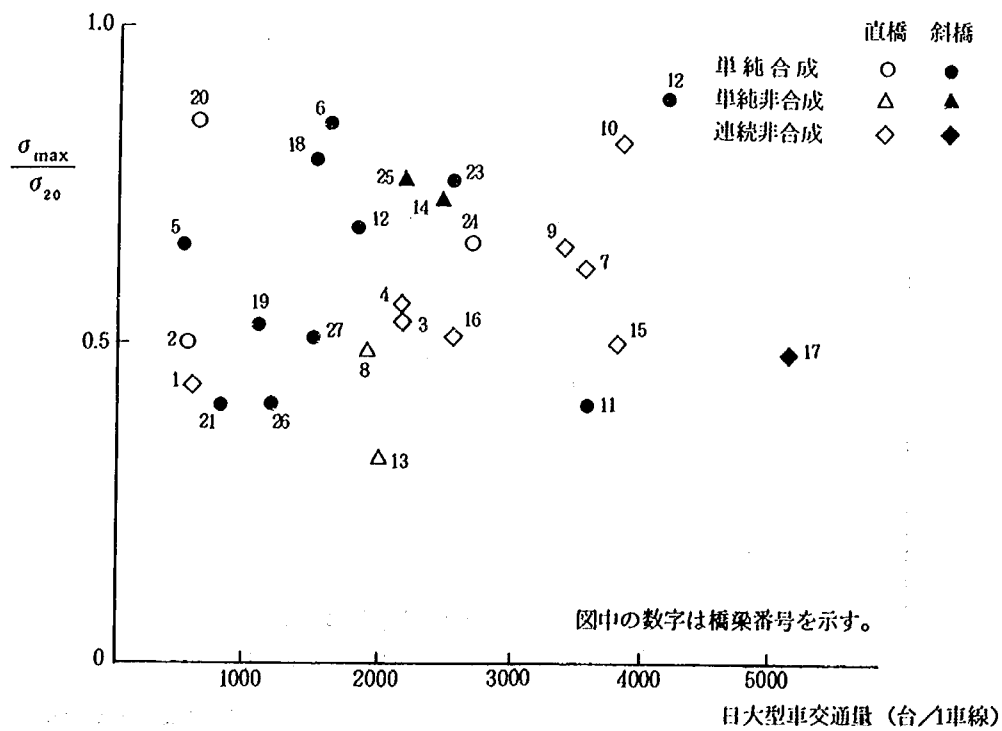


図- 2.3.9 日大型車交通量と $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{20}}$ の関係

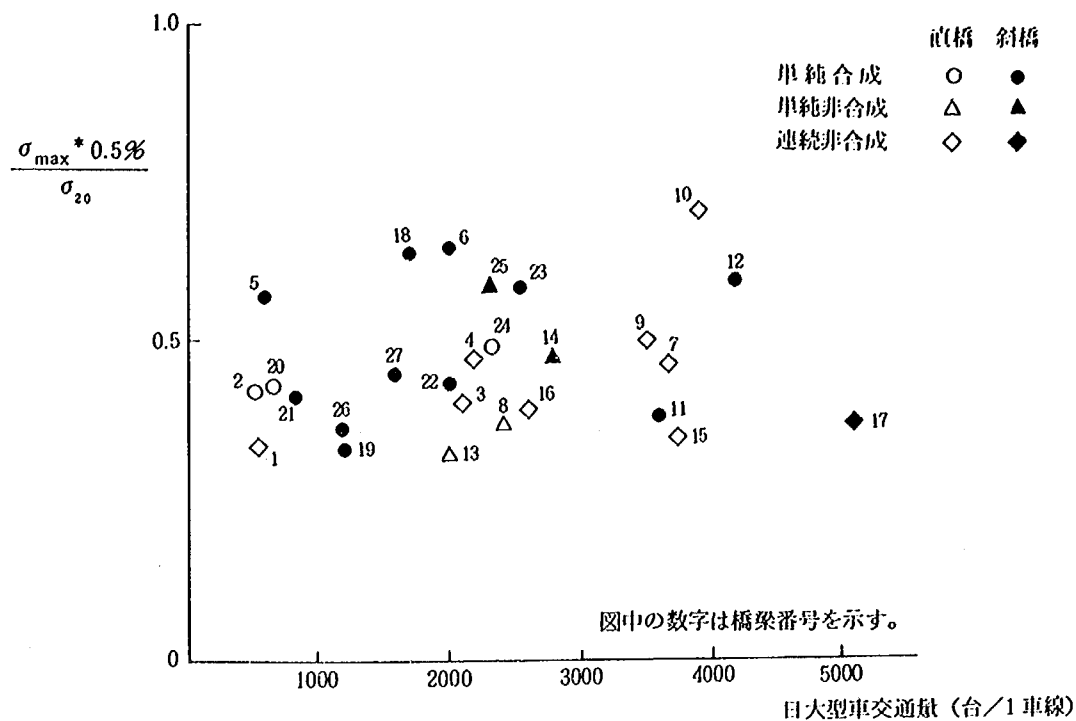


図- 2. 3.10 日大型車交通量と $\frac{\sigma_{\max} * 0.5\%}{\sigma_{20}}$ の関係

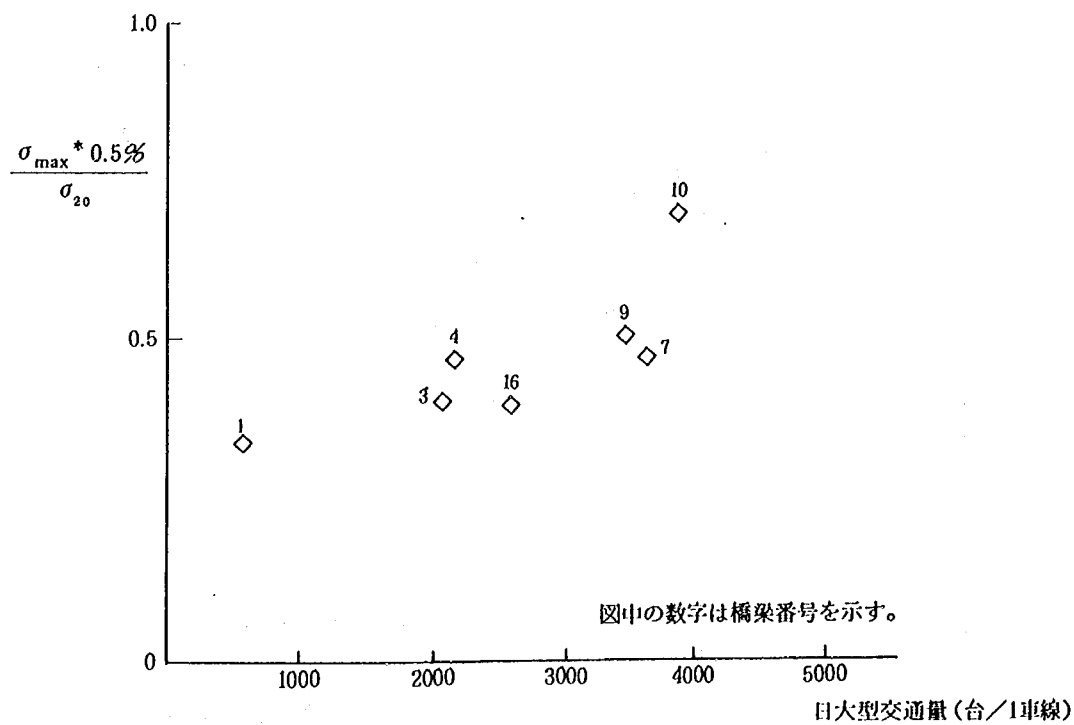


図- 2. 3.11 日大型車交通量と $\frac{\sigma_{\max} * 0.5\%}{\sigma_{20}}$ の関係

についても特に傾向は認められなかった。

(c) 交通量と計測最大応力度との関係

図-2.3.9 および図-2.3.10は、大型車交通量と $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ 、 $\sigma_{\max} * 0.5\% / \sigma_{20}$ の関係を示している。大型車交通量と各主桁に生じる実応力度との間には、何らかの相関があると推測されるが、この図から、特に相関性は見られない。このように、相関性が見られないことの理由として、 $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ 、 $\sigma_{\max} * 0.5\% / \sigma_{20}$ に対する交通量の影響以外に各橋梁の構造特性、活荷重の載荷条件（車輪通過位置）の違いによるばらつきの影響が大きいことがあげられる。また、 $\sigma_{\max}$ は、24時間の最大応力度であり、同一橋梁でも、測定日の交通条件によって変動することが予想される。 $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ と $\sigma_{\max} * 0.5\% / \sigma_{20}$ の値からも $\sigma_{\max}$ はバラツキが大きいことが予想される。日変動については、2カ月間応力頻度測定によって確認を行う必要がある。

ほぼ同じ構造特性を有しているものに限定する意味で、図-2.3.4に示す（ $\sigma_a - \sigma_d$ ）と σ_{20} の比を構造特性と考えて、この値がほぼ等しい非合成桁の直橋（No.1, 3, 4, 7, 9, 10, 16,）のみを取り出してみると、図-2.3.11のようになる。大型車交通量に対して右上がりの傾向を示しており、これは $\sigma_{\max} / \sigma_{20}$ と大型車交通量との相関性を示しているものと考えられる。

単純合成桁、単純非合成桁についても同様な検討を試みたが、有効なデータ数が少ないことにより、はっきりした傾向をつかむことができなかった。

(4) 長期応力頻度測定中間報告

1) 橋の概要

測定は、前年度選定した神流川橋で行った。橋の概要は次のとおりである。

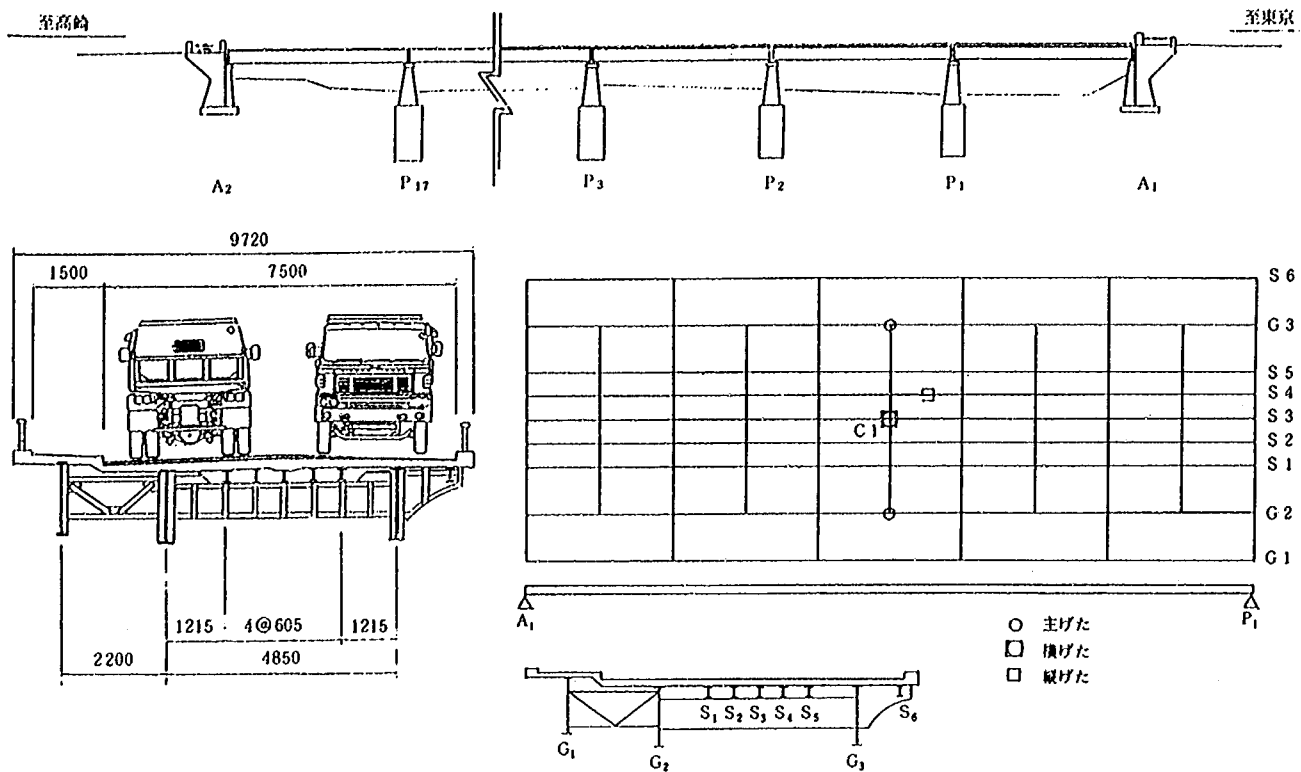
- | | |
|---------------|-----------------------------------|
| ① 所在地 | 国道 17 号線 埼玉県児玉郡上里町 |
| ② 架設年次 | 昭和 9 年 |
| ③ 橋 格 | 一等橋（大正 15 年示方書） |
| ④ 形 式 | 鋼単純非合成 I 桁橋（3 主桁、上下線一体） |
| ⑤ 床 版 | 鉄筋コンクリート床版（ $t = 15 \text{ cm}$ ） |
| ⑥ 橋長（支間割） | 410 m（18 @ 22.7 m） |
| ⑦ 幅員（車線数） | 9 m（歩道 + 2 車線） |
| ⑧ 日交通量（うち大型車） | 20,884 台 / 日（5,701 台 / 日）…… 59 年度 |

橋梁の床組図および標準断面図を図-2.3.12に示す。本橋は、架設当初、歩道のない 2 主桁であったが、昭和 42 年に上り線側に歩道を設置するため、主桁が一本追加され、さらに昭和 50 年に RC 床版補強のため、縦桁（S 2 および S 4）と横桁（C 1）が当初からあった縦桁（S 1, S 3, および S 5）および横桁（C 2）の間にそれぞれ増設されている。

2) 測定の概要

測定の対象は、図-2.3.12に示す 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、最小応力度と 365 日分の応力頻度を測定する。

測定は、昭和 61 年 11 月 27 日から開始した。長期の応力頻度測定は、ソフトウェア作成後初めてということもあり、種々のトラブルの発生が考えられるので、昭和 62 年 3 月 12 日、5 月 15 日、および 8 月 10 日の 3



図一 2.3.12 神流川橋の一般図および標準断面図

回にわたってデータの収集を行っている。今回、測定期間中に3回、計9日間分、落雷等による停電（電源に使用している照明灯のブレーカーの作動）のため測定が行えなかった。測定期間の途中から、ヒストグラムレコーダには停電対策のためのバックアップ電源を備え付けてあったが、バックアップ時間が1日半程度であり、本橋で起きたようなブレーカーの作動を発見することは無人観測では非常に難しい。

ここで使用している測定装置は、電源の供給側の停電（復旧に最悪でも半日以内）には十分対応できるが、本橋の様な照明設備の安全回路の作動に対してはその発見がポイントとなる。

今後、長期測定にあたっては、以上のことに対する対処法について検討しておくことが必要と思われる。

3) 測定結果

図一 2.3.13 に、主桁 G 2, G 3 について前年度 8 月 11～12 日の測定から得られた 24 時間応力頻度分布と 5 月 23 日から 8 月 10 日までの 72 日間の長期測定から得られた応力頻度分布を示す。応力頻度分布の形状を比較すると、長期測定の分布が 24 時間応力頻度分布と比較して、高応力側に広がっていることがわかる。長期測定中の最大応力度は、G 2 桁で 600 kg/cm^2 、G 3 桁で 810 kg/cm^2 となっており、24 時間測定の最大応力度（G 2 桁で 450 kg/cm^2 、G 3 桁で 570 kg/cm^2 ）と比較してかなり大きくなっている。

図 2.3.14(a)(b) に、昭和 61 年 11 月 27 日から昭和 62 年 8 月 10 日までに測定された日最大最小応力度の測定結果を示す。最大応力度は、各桁とも 1 週間程度の期間中に日によって $200 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ 変動していることが読み取れる。日最大応力度の周期性は、特に見られないが、週 1～2 回程度、日最大応力度のピークが現れている。本橋での 24 時間応力頻度測定における最大応力度は、測定日がピークの日にあたるかどうかで、 $200 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ 程度異なってくる。

本橋は、大正 15 年示方書の設計活荷重（12 ton）により設計されており、現行の『鋼道路橋供用荷重算

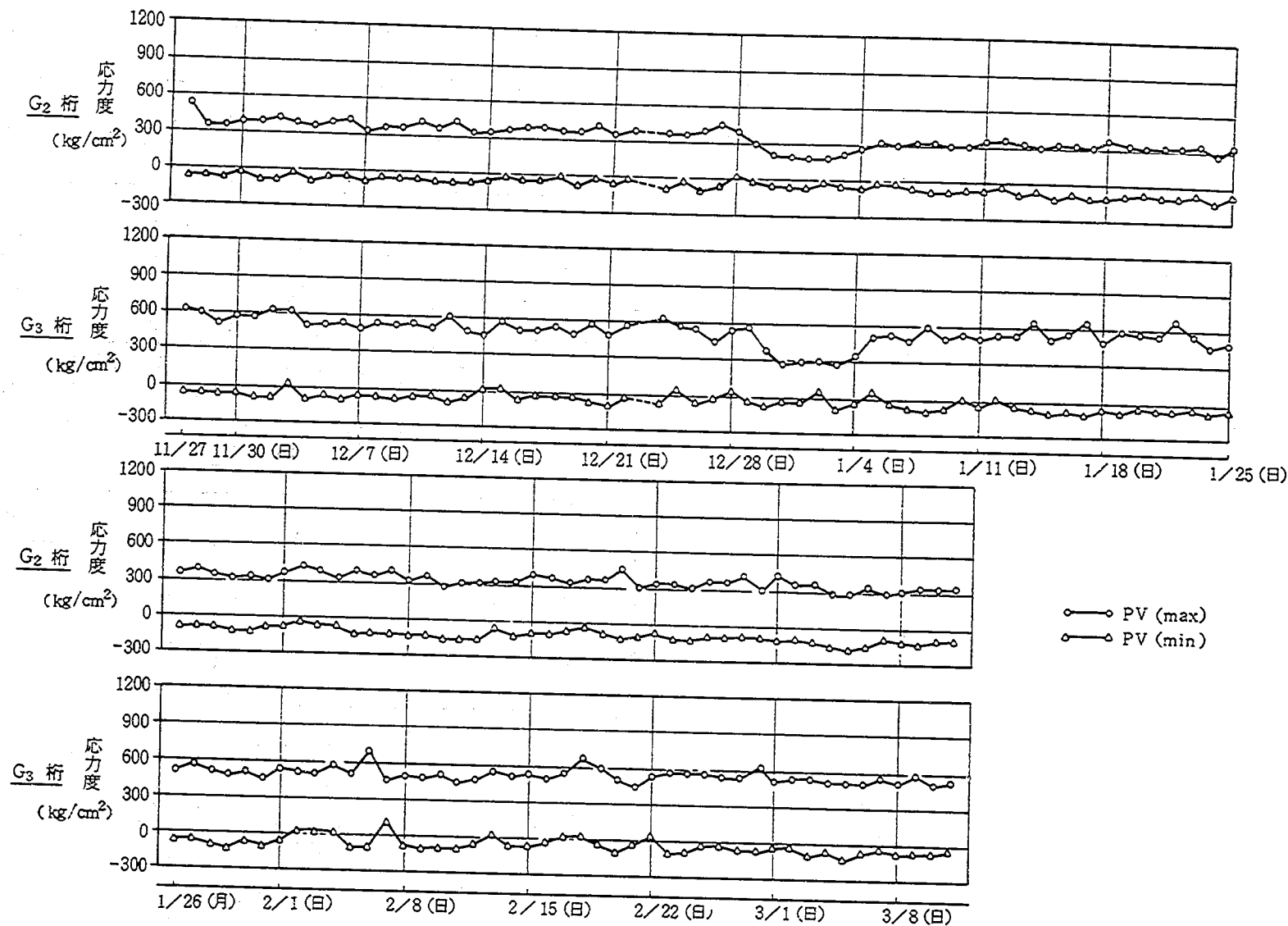


図-2.3.14(a) 日最大・最小応力度の推移

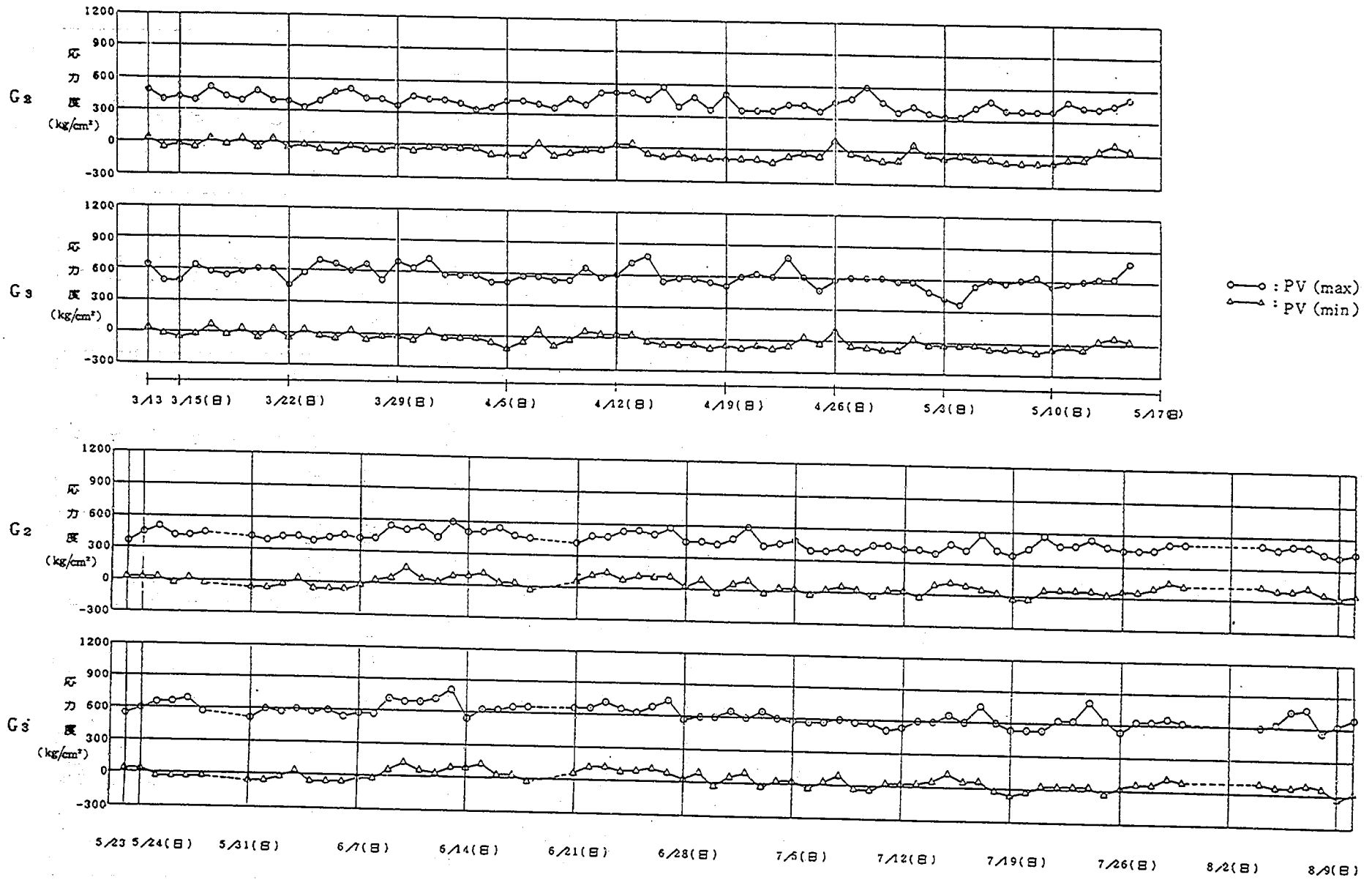


図-2.3.14(b) 日最大・最小応力度の推移

定指針(案)』によれば、主桁の供用荷重は15.3 ton(基本耐荷力は14.2 ton)であり、20 tonをかなり下回っている。現在のところ、主構造に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、測定期間に対応した最大応力度の変化を調べるために、全測定期間を単位測定期間に区分して、各単位期間の最大応力度の平均値を算出してみる。

表-2.3.3は、G 2, G 3各主桁の長期測定データをもとに、単位測定期間の最大応力度の平均値 $\sigma_{\max \text{ mean}}$ と設計応力度との比較を行ったものである。たとえば、単位測定期間が7日間ということは、全測定期間を7日単位に区分し、各期間における最大値からその平均値を求めることを意味する。この最大値は、単位測定期間の区切り方によって多少変化するが、問題とならない程度であるので、ここでは日曜日から土曜日までの7日間を1単位とすることにした。また、表-2.3.3で単位測定期間が全測定期間の場合、最大応力度の平均値は全測定期間中の最大応力度を意味する。安全性の評価を死荷重と活荷重のみを考慮して行うとすれば、表に示す許容応力度 σ_a から死荷重応力度 σ_d を差し引いた値 ($\sigma_a - \sigma_d$) と $\sigma_{\max \text{ mean}}$ との比は活荷重応力度の余裕の程度を示していると考えることができる。ここで ($\sigma_a - \sigma_d$) の値は、G 2桁で772 kg/cm²、G 3桁で656 kg/cm²である。

図-2.3.15は、各単位測定期間と最大応力度の平均値との関係を、横軸に対数軸をとり示したものである。各単位測定期間における最大値の頻度分布も併せて示してある。単位期間が1日(24時間)の場合の頻度分布の標準偏差はG 2桁で77 kg/cm²、G 3桁で85 kg/cm²であることから、24時間応力頻度測定から得られる最大応力度は、ばらつきが大きいことがわかる。

また、1日間の最大値の平均応力度と ($\sigma_a - \sigma_d$) とを比較すると、G 2では ($\sigma_a - \sigma_d$) 以上の応力度が生じることはないが、G 3桁では40回、許容値 ($\sigma_a - \sigma_d$) を越える応力度が作用しており、今後動向を見守る必要があるものと思われる。

長期測定で得られたデータは、測定期間を供用期間と関連づければ既設橋の残存供用期間に応じた供用荷重を求めるシミュレーション解析の検証に利用できるものと考えられる。

(5) ま と め

本年度は、交通条件の異なるプレートガーター橋、計27橋を対象とした24時間応力頻度測定結果のまと

表-2.3.3 単位測定期間と最大応力度の平均値の関係

単位測定期間 (日)	最大応力度の平均値 (kg / cm ²)		($\sigma_a - \sigma_d$) / $\sigma_{\max \text{ mean}}$	
	G 2	G 3	G 2	G 3
1	401	572	1.93	1.15
7	472	664	1.64	0.99
28	519	732	1.49	0.90
84	580	760	1.33	0.86
240 (全測定期間)	600	810	1.29	0.81

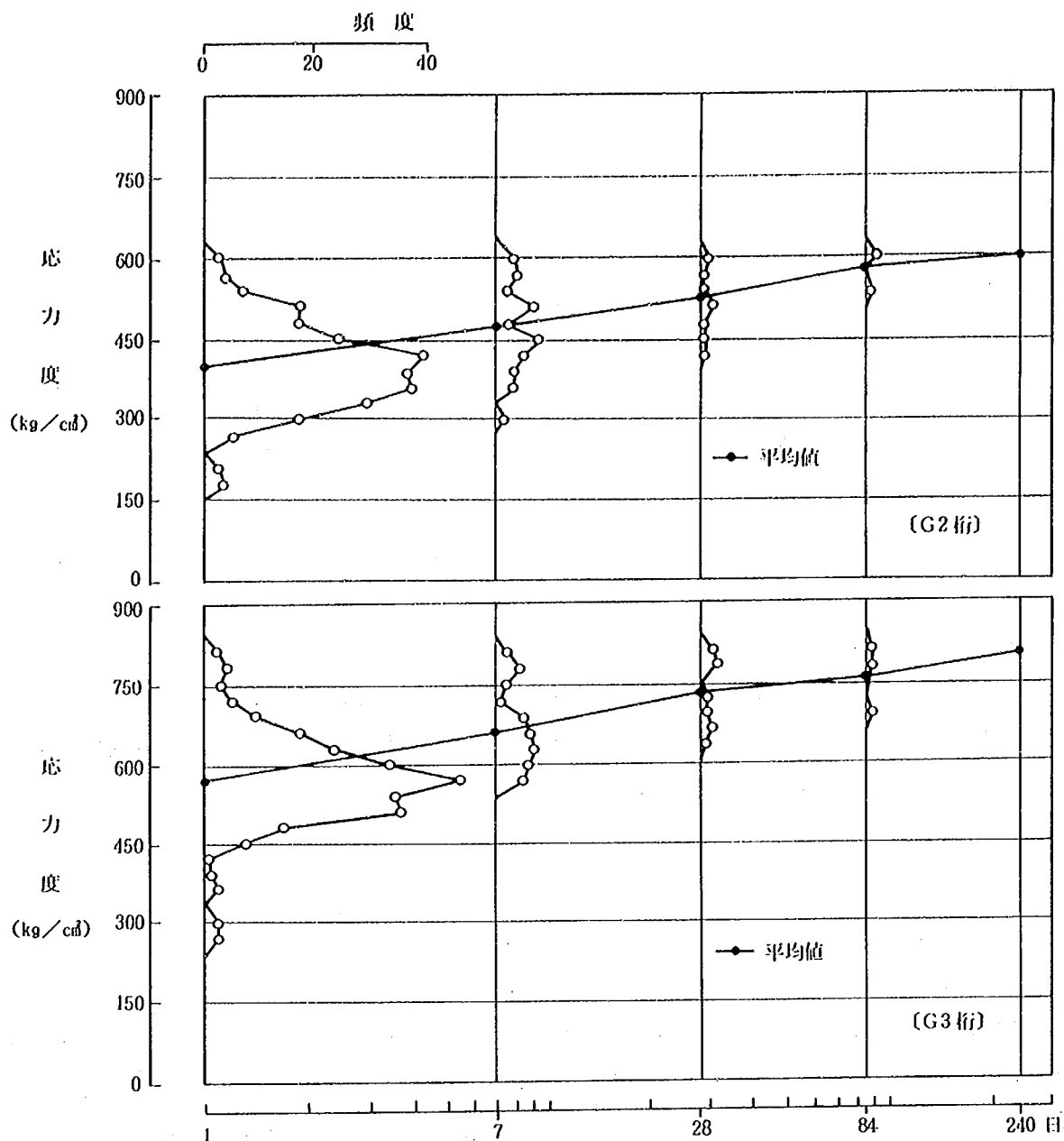


図- 2.3.15 単位測定期間と最大応力度の関係

めと前年度から引き続いて行っている 365 日間の長期応力頻度測定の間報報告を行った。24時間測定データをもとに、実応力度と交通条件および橋梁形式との関係について検討したが、データに影響を与える因子が多いこと、データ数が少ないこともあり、特性を十分に把握しきれなかった部分も多い。長期測定データからは、24時間測定データのバラツキの程度、また自明のことではあるが、測定期間に応じた活荷重の最大値の変化を調べることができた。このデータは、シミュレーション解析の妥当性を検証する基礎データとなると思われる。今後、さらに長期および24時間測定データを数多く収集し、24時間測定におけるデータのバラツキを把握することにより、実応力度と交通条件、橋梁形式との関係が明確になっていくと思われる。

2.3.4 照査活荷重算定のためのシミュレーション解析

(1) 検討目的

現在、既設道路橋の耐荷力評価方法として、『鋼道路橋供用荷重算定指針（案）』が用いられている。これには、対象とする橋梁が何トンの荷重に耐えられるかを算定する手法が示されており、旧示方書によるTL-20よりも小さな活荷重で設計された既設橋梁の耐荷力評価に役立ってきた。しかしながら、従来のこの方法では作用する活荷重に関して、すべての橋梁にTL-20を適用する形式となっており、各橋梁における供用荷重の実態を必ずしも反映できるものにはなっていない。すなわち交通条件が極端に厳しい橋梁とそうでない橋梁がすべて同一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。今後、限られた予算内で道路整備を推進するためには、耐荷力と供用実態に対応した照査活荷重を設定し、より適確で合理的に安全性を照査する方法を確立することが必要である。

以上のことから、既設橋梁の安全性を照査するための活荷重を明らかにする目的で荷重係数算定の基礎となるコンピューターによるシミュレーション解析を行った。

(2) 安全性照査活荷重の基本的な考え方

現在、限界状態設計法の導入に際し、必要となる各荷重係数に関する研究が広く行われている。既設橋梁の安全性を評価するには、種々の荷重の影響を考慮することが必要であるが、主として死荷重と活荷重の影響を考慮すれば限界状態設計法の書式で照査荷重 S は次式で表わすことができる。ただし、ここでは、活荷重として L 荷重を考えている。

$$S = r_L s_L + r_D s_D \quad \text{————— (2.3.1) 式}$$

s_L, s_D : 活荷重および死荷重に対する荷重規格値

r_L, r_D : 活荷重および死荷重に対する荷重係数

新設の橋梁について限界状態設計法における活荷重係数 r_L は将来予想される種々の状況のうち最も厳しい交通条件に対して定められることになる。しかし、既に供用されている橋梁については供用年数、交通条件等、種々の状況に応じて r_L を与えることにより、既設橋梁をより長く合理的に活用していくことができるものと考えられる。ここで、検討しようとしている照査活荷重は(2.3.1)式に示される活荷重係数 r_L を、各橋梁上を通過する交通流の実態、及び今後の供用年数を考慮して設定することに対応する。(死荷重係数 r_D については供用期間中に大きく変化することはないと考えられる。)

(3) 照査活荷重算定式

活荷重係数 r_L の低減を考える際に考慮すべき影響要因として次のものを仮定する。

- ① 残存供用期間（今後期待しうる供用期間）
- ② 残存供用期間中に最小車間距離で自動車が並ぶ回数（完全渋滞回数）
- ③ 自動車列の車種構成（大型車混入率）
- ④ 車線数と車道幅員
- ⑤ 支間長

照査荷重の算定式としては、限界状態設計法の書式とあわせる意味で上に示した要因によって活荷重係

数 r_L を補正するという形式で表わすことにする。すなわち影響要因を補正係数として表わすと補正後の活荷重係数 (r_L^* とする) は次式で表わされる。

$$r_L^* = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot r_L \text{ ————— (2. 3. 2) 式}$$

r_L : 基本となる活荷重係数

a_1 : 残存供用期間による補正係数

a_2 : 渋滞回数による補正係数

a_3 : 大型車混入率による補正係数

a_4 : 車線数と車道幅員による補正係数

a_5 : 支間長による補正係数

この式で得られる活荷重係数を基にした照査荷重と耐荷力との照査を行うことにより既設橋梁の安全性が判断される。ここでは、(2.3.2) 式に示す各補正係数を設定するためにコンピューターによるシミュレーション解析を行った。

(4) 照査活荷重検討のためのシミュレーション解析

シミュレーションの概要

1) シミュレーションについて

設計活荷重には、 L 荷重と T 荷重があるが、本年度は、 L 荷重に対する検討を行った。

L 荷重は橋梁上に載荷された活荷重の渋滞列を線荷重と等分布荷重にモデル化したものである。そこで L 荷重の検討には橋梁上に渋滞列を載荷させ、それをモデル化することになるが、その渋滞列の載荷を机上で推定しようとするのがシミュレーションによる方法である。

この方法の概要は橋梁の耐用年数、超過確率および、渋滞回数を仮定した場合に対応した回数分だけ、乱数により荷重を発生させ、それを橋梁上に渋滞列として載荷させるものである。車両重量のほか、車間距離も乱数によって与えられ、これより渋滞列が作成される。

この渋滞列により桁に作用する断面力(曲げモーメント)を1つずつ計算し、これを想定した条件に対応した回数分ない、想定した再現期間に発生する断面力のシミュレーションを行い、これを現行設計により求めた断面力との比で表わし、活荷重係数とする。

2) シミュレーションの条件

活荷重の載荷シミュレーションの基本的条件は、土木研究所で行っている限界状態設計法の検討における活荷重係数の検討と整合性を保つことを考えて次のとおりとした。

- ① 構造は単純桁とし、支間中央の曲げモーメントに着目する。
- ② 1車線の幅員は現行車両占有幅である 2.75 m とする。
- ③ シミュレーションの結果は現行設計曲げモーメントとの比で表わす。ただし、シミュレーションは完全停止状態を考えているので衝撃は考慮しないものとするが、現行設計曲げモーメントは規準通り衝撃を含んでいる。
- ④ 活荷重モデルは、本来今後予想される交通条件を考慮して定めることが必要で、これに関する検討は十分行われていない。そこで、活荷重モデルは実態調査結果(国道 357 号線有明で測定されたデータ)を用いることとする。

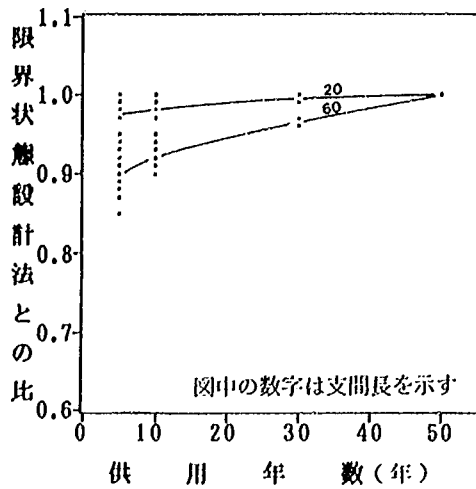


図- 2.3.16 供用期間による補正係数

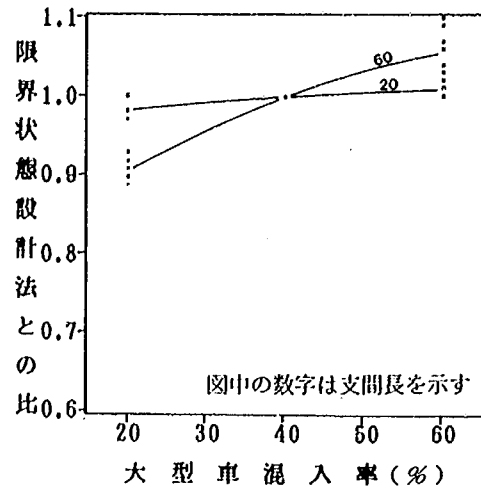


図- 2.3.17 大型車混入率による補正係数

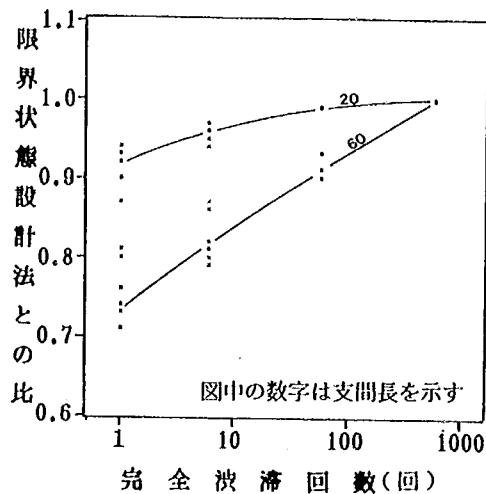


図- 2.3.18 交通滞流による補正係数

⑤ 試算を行う支間長は 20 m, 40 m, 60 m の 3 つとする。

⑥ 対象車線数は, 1, 2, 3 車線とする。

活荷重係数の検討では, 供用期間 50 年, 超過確率 10%, 大型車混入率 40%, 渋滞回数 600 回/日を想定しているが, 今回のシミュレーションでは, 供用年数 (5, 10, 30 年), 大型混入率 (20, 40, 60 %), 渋滞回数 (1, 6, 60, 600 回/日) をパラメータとして, 変化させている。

(5) 解析結果

1 車線モデルに対する活荷重係数 r_L の補正係数の例を図- 2.3.16~図- 2.3.18 に示す。ここで補正係数は, 各支間長について限界状態設計法で想定されている最も厳しい条件, すなわち供用期間 50 年, 大型車混入率 40 %, 渋滞回数 600 回/日, 超過確率 10% という条件で定まる活荷重係数 r_L に対して $a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = 1.0$ として定めた。

図- 2.3.16 は, 供用年数による補正係数を示しており, 縦軸は, 限界状態設計法の検討による活荷重係

数との比 (r_L^*/r_L) を示している。実線は、各支間長での供用年数に対する r_L^*/r_L の変化傾向を示している。

図-2.3.17、図-2.3.18 も同様に、それぞれ大型車混入率、完全渋滞回数による変化を示している。支間が短い場合、最大の重量を有する車両により最大断面力が決まってしまうため変化が小さくなっていることがわかる。また、支間が 60 m の場合次のことがわかる。

- ① 供用年数の影響は小さいが、残りの供用期間が 5 年程度ならば、10 % 程度小さい。
- ② 大型車混入率が 20 % 程度に下がれば、同様に 10 % 下がる。
- ③ 1 日の渋滞回数の影響はかなり大きく 1 回/日程度であれば 25 % 程度下がる。

各々の補正係数の具体的数値については、補正係数相互の関係も考慮する必要があり、今後解析による十分な検討を行ってから示したいと考えている。

(6) 実測値とシミュレーション解析結果との比較

ここで行ったシミュレーションでは、橋梁に生じる最大断面力は、完全渋滞時の荷重列によって生じると考えている。しかし、応力頻度測定の対象橋梁では、渋滞回数は表-2.3.1 に示してあるが非常に少なく、通常走行状態における荷重列による発生断面力の最大値について検討することが必要であろう。

そこで、この考え方に基づいてシミュレーション解析を行い、応力頻度測定結果との比較を行った。

シミュレーションの条件は、単純化して次のとおりとした。

- ① 構造は単純桁とし、支間中央の曲げモーメントに着目する。
- ② 車線数は、1 車線とする。
- ③ 日交通量は、最大 30,000 台まで計算する。
- ④ シミュレーションの結果は、1 日に発生する最大曲げモーメントと現行の TL-20 設計曲げモーメントの比で示す。
- ⑤ 車両のモデルは、前述のシミュレーションと同一のものとする。
- ⑥ 車間距離は、実測の車間距離分布を用いる。
- ⑦ 支間長は 20 m、40 m、大型車混入率は 20 %、40 % として解析を行う。

シミュレーションの方法は、1) 交通量分の荷重列を作成する。2) 荷重列を橋梁上に載荷させる。

3) 1 車両を単位として、各車両の最重量軸が支間中央に載荷されるように移動する。4) 最大曲げモーメントを求める。5) 1)～4) を 10 回繰り返して最大値の平均を求め、設計曲げモーメントとの比を求める、という手順からなっている。

図-2.3.19 は 24 時間応力頻度測定結果 (図-2.3.11) とシミュレーション結果を示したものである。測定データは、荷重分配効果、支間長、車線数、交通条件等の影響によって、ばらついていると考えられる。シミュレーション結果と比較して大型車交通量に対する値の傾向はおおよそ一致していることがわかる。検討すべき点は残されているが、解析における仮定条件とシミュレーションによる解析結果が実測値とかけはなれたものでないことが確認された。

(7) ま と め

限界状態設計法の考え方を基本として既設橋梁の安全性照査活荷重の算定方法と算定するために必要となる補正係数を具体的に示した。ここで行ったシミュレーション解析は、車両モデルにかなりきびしい特

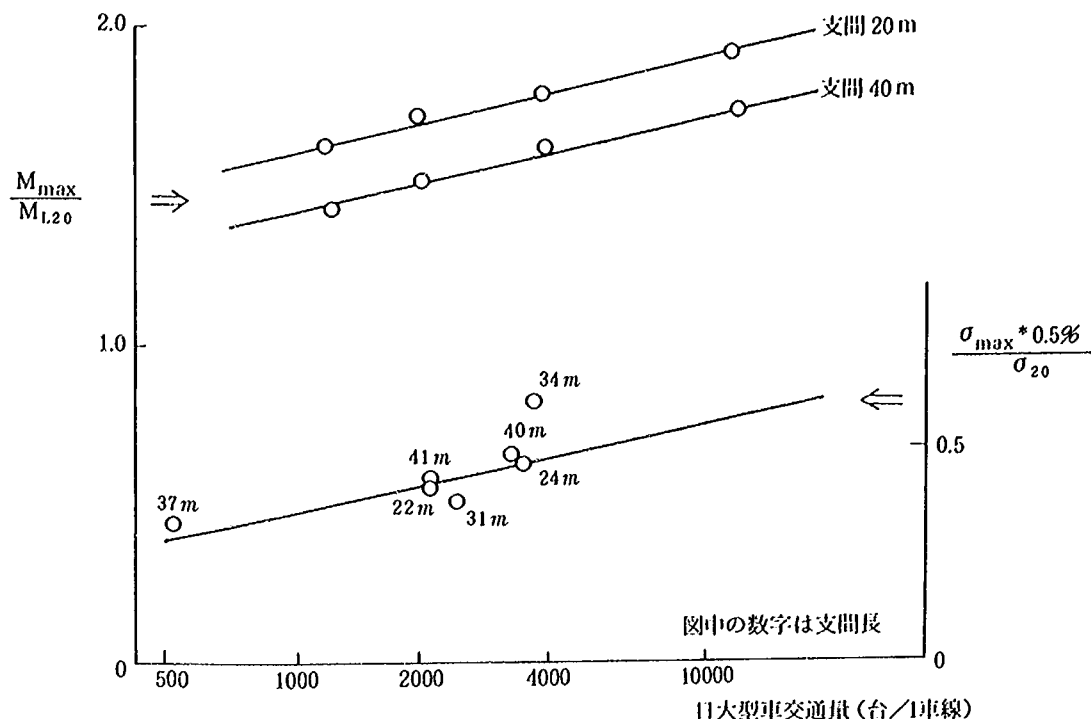


図- 2. 3. 19 解析値と実測値の比較

定の路線の交通条件を反映させるなど種々の仮定に基づいて行われており、今後、シミュレーション解析の妥当性の検証を行いつつ、仮定条件について検討することが必要である。また、T荷重についての照査活荷重の検討や、渋滞頻度の少ない橋梁について、2.3.4(6)節で示したようなシミュレーション解析による検討も課題と言える。以上の点をふまえて補正係数として具体的な数値を設定すべく実験、解析等を重ねて、照査活荷重の算定手法の指針化を進めていく予定である。

2.3.5 既設PC橋の耐荷力に関する調査

(1) 目的

道路構造物等の維持管理の重要性がますます高まっている状況において、塩害等による劣化が進行している場合や旧基準で設計されている既設PC橋についても、交通供用の安全性の確保を前提に、長期にわたる使用を目的として、荷重制限、補修あるいは補強など様々な対策が講じられている。しかしながら、PC橋は比較的新しい橋梁形式であることもあって、それぞれ鋼橋とRC橋に対する『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）』や『RC-Tげた橋の耐荷力算定指針（案）』に相当するものが整備されておらず、取るべき対策の選定が合理的に行われていない面がある。特に古いPC橋の中には、設計図書類が保存されていない場合が増加してきており、耐荷力算定に必要なコンクリート内部の鋼材の量や配置が不明なことが多いことから、対策後の供用年数の関係で単に損傷部分の修復で良いか、耐荷力不足を補うために荷重制限や補強まで施す必要があるか判断に困る場合が生じている。

このような背景を受けて本調査では、現在コンクリート橋における一つの大きな劣化損傷原因である塩害によ

る耐荷力低下の影響を考慮できることを含め、設計図書類が十分に保存されていない場合を想定し、支間や幅員などの一般的な橋梁諸元や外観寸法調査の結果から、間接的に耐荷力を算定し得る方法の作成を主な目的として、それに必要な調査検討を実施することにした。また、本調査の一環として実施予定の耐荷力に係わる諸値に関するアンケート調査によって収集する諸データは、上述の耐荷力算定方法作成のための要因分析に用いるほか、データベースとして保存し、その保存した橋梁や類似の橋梁の安全性の検討や補修補強の必要性の判断の際に役立つようにしておくことも本調査の目的の一つである。

なお、本調査は今年度から実施している関係上、現在最終的な成果となる耐荷力算定方法の提示にまで達していないが、ここでは中間報告として、本調査に関連して実施してきた土木研究所における諸検討結果を中心に概述する。

(2) 耐荷力算定方法の基本的な考え方

過去の建設省技術研究会（昭和51年度）において実施されたRC橋の耐荷力算定方法に関する調査研究の結果を参考に、PC橋の耐荷力評価についても曲げ破壊耐荷力を基本となる指標にするとともに、その耐荷力算定の流れも一部の違いを除いて「RC-Tげた橋の耐荷力算定指針（案）」に基づくことにする。ここで同指針（案）の基本的な考え方あるいは内容を簡単にまとめると次の通りである。

① 耐荷力低下を考慮しなければならないような劣化損傷が生じている橋梁は適用外とする。

② 耐荷力算定に必要な断面諸数値については、基本的に設計図書類や実測によるものとしているが、曲げ破壊耐荷力の算定に必要な有効高や鋼材量等に関しての推定式を与えている。

③ 今後の供用年数、交通量あるいは車線数等を考慮して定めたTL-20に対する破壊安全率（活荷重係数に相当する）と、現行設計活荷重（TL-20）による曲げモーメントに対する、主げたの破壊抵抗曲げモーメントから死荷重による曲げモーメントを差し引いた曲げモーメントの比との比較によって、対象とする橋梁の安全性を評価する。

今回のPCげたを対象とした耐荷力算定方法では、これらのうち②、③の内容を同様とする予定である。しかし、塩害等による劣化損傷が顕在化し、それに関連して耐荷力算定が必要になる場合が多くなっている現状を考慮して、①の内容について見直し、ある程度の劣化損傷を考慮できるようにすることを考えている。ここで、例として曲げ破壊耐力に及ぼす塩害の影響の考慮の方法を示すと次のとおりである。すなわち、次式で示すように塩害の影響を、塩害要因を表わす低減係数を用いて、一般にPCげたの曲げ破壊耐力を決定付ける鋼材の有効断面積を減少する形で表現することを考えている。

$$A_{ef} = A_{or} \times D \quad \text{ただし、} 0 < D \leq 1.0$$

$$D = 1.0 \times D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5$$

ここで A_{ef} ; 鋼材有効断面積

A_{or} ; 設計時鋼材断面積

D ; 鋼材断面積減少に関する係数

D_1 ; 塩害環境区分（地域、海岸線からの距離）に関する係数

D_2 ; 供用年数に関する係数

D_3 ; かぶりに関する係数

D_4, D_5 ; 予備の係数

ただし、これにより求めた耐荷力はあくまで点検結果等とともに記録され、耐荷力上注意を要する橋梁の選定に用いられる性格のもので、特に対象とする劣化損傷が進行性のものや明らかに耐荷力に大きな影響を及ぼしていることが確認された場合は、別途詳細な劣化損傷調査や耐荷力計算によることが必要になる。

(3) 調査検討概要

1) P C 橋の現況調査

P C 橋は、その断面形式から大きく I げた、T げた、箱げた及び床版橋に分類され、また P C 鋼材の緊張時期からプレテンション方式とポストテンション方式に分けられる。耐荷力算定方法の作成にあたっては、これらすべての橋梁形式を対象にすることが望ましいが、その際調査検討に要する労力や時間が膨大なものとなる。したがって、ここでは当面調査対象とすべき橋梁形式を選定するために「建設省道路局橋梁台帳（昭和60年度）」を用いて、一般国道の P C 道路橋で昭和30年以降に架設されたもののうち、データとして不備なものを除いた 3852 橋について年度毎の形式、スパン、幅員等の推移を調べた。

図－2.3.20及び図－2.3.21 にそれぞれ最大スパン及び車道幅員別にみた橋梁形式の割合を示す。これより一般国道上の P C 橋については、①11～30 m のスパンで 7.4 m 以下の車道幅員である小中規模の橋梁の占める割合が高くなっていること、②短支間橋梁では床版橋が、長支間になるにつれて箱げた橋の割合が高くなるが、全般を通じて T げた橋の割合が高いことなどが理解される。また、直接ここには示していないが、市町村道に架かる橋梁まで含めた全国的な P C 橋の形式に関する調査によれば、ポストテンション T げた橋とプレテンション I げた橋がそれぞれ 67 % と 18 % と高い割合を占めていることが確認されている。以上から本調査では、数量的に最も割合が高く、しかも耐荷力の計算が容易にできる建設省標準設計や J I S によっていない場合の割合が比較的高いポストテンション T げた橋を主な対象とする。

2) 耐荷力に及ぼす諸要因の調査検討

a) 設計基準の変化

既設橋梁の耐荷力を算定することが容易でない理由の一つには、設計基準の内容の変化、すなわち設計荷重、許容応力度、耐荷力計算法等が時代とともに変化していることが挙げられる。そこで、ここでは P C 橋の耐荷力に及ぼす設計基準の変化の影響を調べるために、既存の P C 橋の設計基準の内容を比較検討するとともに、設計図書類のサンプリング調査で対象とした計12橋に関して、実際に破壊抵抗曲げモーメントを求めてみた。まず、設計基準の内容に関しては、P C 橋の歴史が浅く、現行の荷重体系によるものが大半を占めており、また許容応力度や耐荷力計算法の大きな変化は見られなかった。しかしながら、P C 橋の耐荷挙動上の特徴から断面力と応力度が比例しないために、従来より終局荷重作用時の安全性照査が必要となっており、その荷重組合せが表－2.3.4 に示すように少しずつ異なっている。特に、他の基準に比べて、昭和30年に示された P C 設計施工指針における終局荷重が、死荷重の割合が大きい P C 橋に対してはかなり大きくなることが推測できる。

図－2.3.22 には、上述の 12 橋について、縦軸に現行道示に基づいた終局荷重作用時の曲げモーメントに対する破壊抵抗曲げモーメントの比を、横軸に設計年度をとって表わしている。これより、適用基準に関係なくすべての橋梁とも、現行道示によって照査を行っても安全性が確保されているが、昭和36年の P C 設計施工指針によった橋梁の安全度が全般的に低くなっていることが認められる。

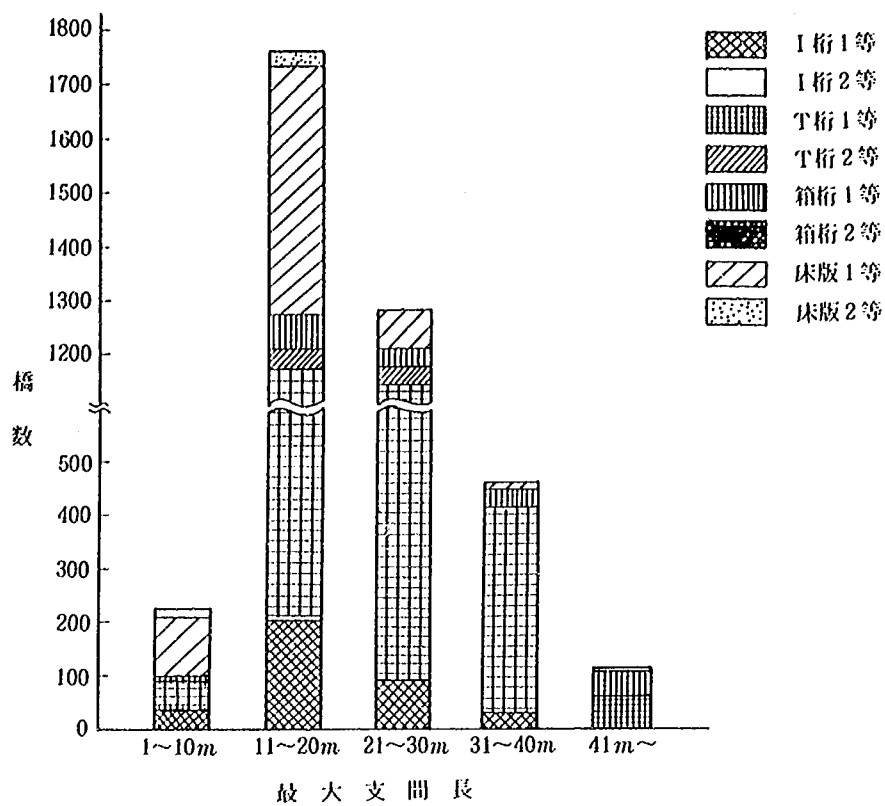


図- 2.3.20 最大支間長別橋数 (S, 39 - 59)

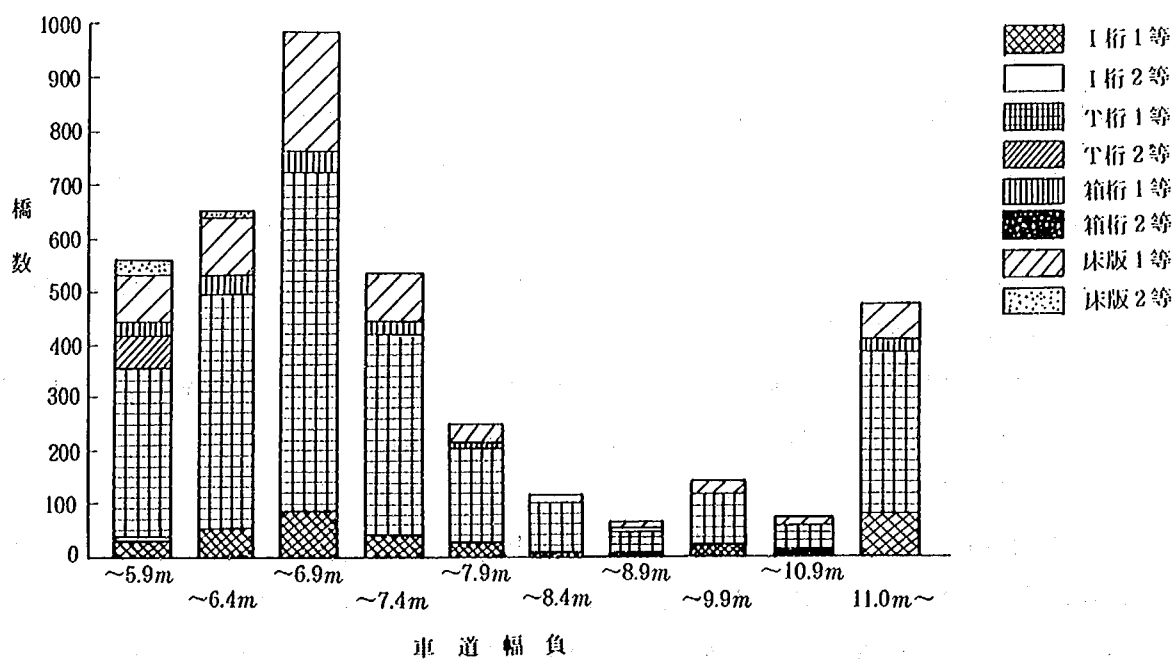


図- 2.3.21 車道幅員別橋数 (S, 39 - 59)

表- 2.3.4 終局荷重作用時の荷重組合せの変遷

年 次	S 3 0	S 3 6	S 4 3	S 5 3
基 準 名	PC設計施工指針	同左改訂版	PC道路橋示方書	道路橋示方書Ⅲ
荷重の組合せ	$2.0(D+L)$	$1.3D+2.5L$ $1.8(D+L)$	$1.3D+2.5L$ $1.8(D+L)$	$1.3D+2.5(L+I)$ $1.7(D+L+I)$ $1.0D+2.5(L+I)$

備考) D:死荷重 (S30,S36は静荷重), L:活荷重 (同:動荷重), I:衝撃

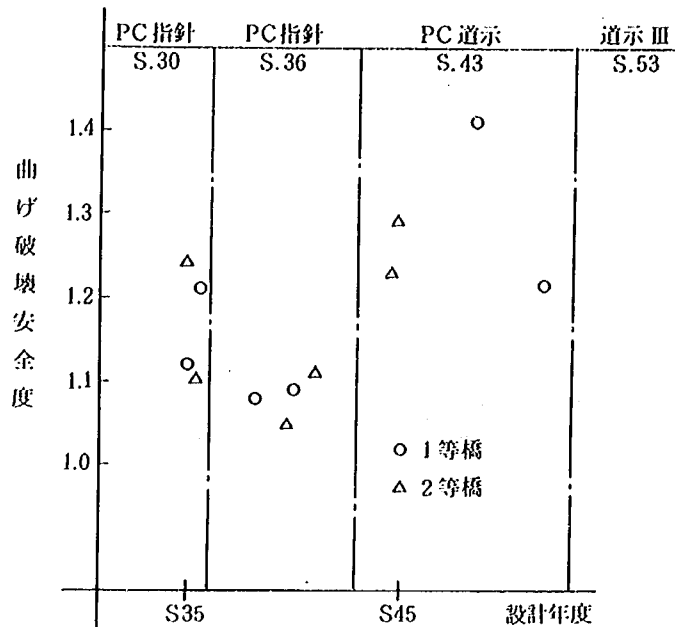


図- 2.3.22 設計年度と曲げ破壊安全度

b) 鋼材強度

一般にPCげたの曲げ破壊は、軸方向主鋼材(PC鋼材、鉄筋)が降伏したのちに、フランジコンクリートが圧縮破壊するように設計されているため、その時の曲げモーメントは鋼材の実強度、量及び配置によって決定される。これらのうち、鋼材の量や配置については、後述の耐荷力に係わる諸数値に関するアンケート調査によって収集したデータをもとに評価するものと考え、ここでは特に鋼材降伏点(PC鋼材の場合には引張り強さ)の実強度について検討した。

調査では、既存の鋼材強度に関する調査報告1)～7)に示されているデータを統計的に再処理するとともに、各鋼材降伏点(引張り強さ)の試験値と規格値の比に関して分散分析を行った。その結果、次のような点が結果として得られている。

① PC鋼材(PC鋼線とPC鋼より線を含む)の引張り強さについては、鋼材の種類や径に関係なく、規格値に対する95%下限強度の比(以下、RSと略す。)が1.0以上である。

② PC鋼線のみについてみると、鋼線の種類や径に関係なく、その引張り強さのRSは1.1以上である。

③ PC鋼より線の引張り強さについては、より線の種類や径によってRSのばらつきが大きい一方、

表- 2. 3. 5 に示すように種類や径別の R S のばらつきは小さい。

(4) 鉄筋の降伏点についても種類や径によらず、R S は 1.0 以上であった。しかし、高い降伏点の規格値を有するものほど、R S が小さくなる傾向を有することが確認された。ちなみに径の影響を無視して平均的にみれば、SR 24, SD 30, SD 35 のそれぞれの R S は 1.20, 1.12, 1.02 であった。

c) 塩害の影響

P C げたの曲げ破壊耐荷力に及ぼす塩害の影響は、上述のとおり塩害要因を係数で表現し、軸方向主鋼材有効断面積を低減する方向で考慮することを考えている。そこで、ここではそれらの塩害要因に関する係数を設定するために、P C 橋あるいは R C 橋の塩害、耐久性、耐荷力に着目している最近 10 年間の文献計 180 編の調査を行った。ここに得られた結果のうち上述の係数に関連してくる主だったものをまとめると次のとおりである。なお、昭和 60 年度より 3 か年を目途に、建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」が進められており、その一環として塩害に関連した項目についても検討がなされている。特に、飛来塩分量に関する全国調査、コンクリート中における塩分の浸透性に関する調査及び塩分量と鋼材腐食度に関する調査等が行なわれており、それらの結果と今回の文献調査の結果を総合的に分析して上述の係数を設定することを考えている。

① 飛来塩分量はほぼ海岸線からの距離、風速、風向の関数で表現できそうであるが、海岸状況（荒磯型、砂浜型）、地形、地域（台風、季節風の影響）に左右されるので、これらの要素を考慮に入れる必要がある。なお、飛来塩分量は一般的に海岸線からの距離が 1 km 以上になるとかなり少なくなるようである^{8) 9)}。

② 鉄筋が腐食している場合の付着塩分量は、橋梁の経年数がそれぞれ 6～10 年、11～15 年、16～20 年に対して 1000 mg/m²、200 mg/m²、100 mg/m² 程度である¹⁰⁾。

③ コンクリート中の塩分量の分布は、図- 2. 3. 23 に示すように密実なコンクリートでは a、b 型、粗悪なコンクリートでは c 型になるようである。

④ コンクリート中の塩分量の分布推定に用いられる Fick の拡散方程式における拡散係数 D は、コンクリートの配合条件、使用材料、養生条件にかなり影響を受ける。また、コンクリートの圧縮強度が大きくなるにつれて小さくなり、圧縮強度が 300 kg/cm² 程度では $1.4 \sim 2.2 \times 10^{-8}$ cm²/s 程度である¹²⁾。

⑤ 鋼材の発錆率は含有塩分量が 0.1 % 前後から徐々に高くなり、0.2～0.3 % 以上になるとかなり増

表- 2. 3. 5 P C 鋼より線の引張り強さ

(t 分布による 95% 下限値と規格値の比)

種 別	呼び径	標本数	平均値	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
SWPR 2	2.9mm	3,709	1.041	1.2	1.1
SWPR 7 A	9.3mm	1,165	1.087	0.9	0.8
	10.8mm	449	1.080	0.8	0.8
	12.4mm	3,728	1.067	1.0	0.9
SWPR 7 B	12.7mm	2,904	1.040	0.9	0.8

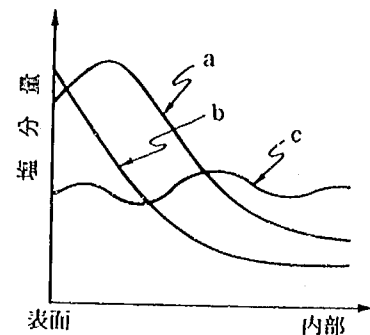


図- 2. 3. 23 コンクリート中の塩分量の分布特性(モデル)

加する¹³⁾

⑥ 全面的に腐食したRCばりの曲げ破壊耐力は、付着力の低下により健全なものに比べて最大30%程度低下する¹⁴⁾

⑦ 異型鉄筋の腐食によりコンクリートに0.2mm及び0.4mmのひびわれが生じた場合、異型鉄筋の付着強度は健全な場合のそれぞれ50%、30%程度まで下がる¹⁵⁾。

3) 耐力に係わる諸数値に関するアンケート調査と要因分析

a) 耐力に係わる諸数値に関するアンケート調査(計画)

この調査は、上述の基礎的な調査検討の他に、耐力算定方法の作成に際して検討しておくべき事項、たとえばけた高や設計曲げモーメントから鋼材量や有効高さを実態に即して精度良く推定すること、ならびに冒頭に述べたように収集した資料類をデータベースとして保存し、その保存した橋梁や類似の橋梁の安全性の検討や補修補強の必要性の判断の際に利用できるようにするために行なうものである。

調査対象橋梁数としては、要因分析結果の信頼性を保ちつつ、なるべく少なくする方法で統計的に検討した結果、各地建40橋程度になる予定であるが、最終的には既に実施している設計図書類保存状況アンケート調査結果に基づき、地域や竣工年に偏りがないように行なう。図-2.3.24、図-2.3.25には、それぞれ同アンケート調査での調査票及び回答結果を示す。保存状況についてみると、沖縄総合事務局を除いて各地建ともほぼ同様な結果となっており、最近10年間程度のものについてはほぼ完全に保存されている。しかし、それ以前になるとかなり保存状況が悪くなり、30年以上も前のものになるとほとんど探し出せない状態になっている。また、設計図書類の内訳も保存状況と密接に関係している。保存状態が良好な最近10年間のものについては設計計算書と設計図面の両方とも保存されているのに対して、それ以前のものについてはほとんどの地建とも設計図面のみ保存していることが確認された。なお、耐力に係わる諸数値に関するアンケート調査は昭和62年度後半に実施することを予定しており、調査票を土木研究所で作成し、本省道路局を通じて各地方建設局が回答する形で行う。また、そのとりまとめは土木研究所で行い、来年度の報告書にその結果を示す予定である。

b) 耐力要因分析プログラムの作成

本プログラムは、上述の耐力に係わる諸数値に関するアンケート調査によって得られるデータを処理分析するために作成したものであり、収集データの相関分析プログラム、耐力算定プログラム及び耐力要因分析プログラムの3つのサブプログラムから構成している。ここで各々のサブプログラムの処理分析を述べると次のとおりである。

I. 収集データの相関分析プログラム

調査橋梁や類似の耐力算定必要となる場合に参考とできるように、アンケート調査で収集したデータを保存するとともに、あるデータの分布状況やけた高と鋼材量などの2つのデータ間の関係の図化処理や相関分析を行う。ここに、このサブプログラムの主要な分析内容例を示すと次のとおりである。

① 推定式に関して

- a. けた高とPC鋼材量、鉄筋量、プレストレス力
- b. 支間と有効高さ等

② 一般特性に関して

(予備調査) 既設PC橋の設計図書類保存状況アンケート

(本調査)の対象は、ポステンPC単純T桁橋ですが、橋梁形式を特定することが困難な場合は、PC橋あるいは橋梁全般(鋼橋・RC橋・PC橋)の設計図書類の保存状況について、ご回答下さい。

地建名	記入者	連絡先
-----	-----	-----

1. 設計図書類の保存状況(年代ごと)を下表に記号で記入
 凡例 ●: ほぼ完全にある ○: 半数程度ならある
 △: 2,3割程度ならある ×: ナシ(探し出せない)

S59～61年(過去3年ぐらい)	
S56～58年(過去5年ぐらい)	
S50～55年(過去10年ぐらい)	
S45～49年(S40年代後半)	
S40～44年(S40年代前半)	
S35～39年(S30年代後半)	
S30～34年(S30年代前半)	

2. 保存している設計図書類の内訳(設計図面・設計計算書)を年代ごとに下表に○印で記入

	設計図書+ 設計計算書	設計図面のみ	そ の 他
S50～61年			()
S40～49年			()
S30～39年			()

3. 設計図書類保存場所を○で囲む
 事務所ごと・その他()

4. マイクロフィルム化の状況
 現在は、マイクロ化を [している・していない]
 いっごろから [S 年頃から]
 マイクロ化の対象 [設計図面のみ・その他()]
 " [全橋梁・その他()]
 管理方法 [事務所ごと・その他()]

5. その他特記すべき事項があれば、ご記入下さい

図-2.3.24 調査票(設計図書類保存状況アンケート)

1. 設計図書類の保存状況

	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
S59～61年	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	◎
S56～58年	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	○
S50～55年	◎	○	○	○	◎	◎	○	◎	○	△
S45～49年	○	△	○	○	◎	○	△	○	○	×
S40～44年	○	△	△	○	○	○	△	△	×	×
S35～39年	△	△	△	○	△	△	△	×	×	×
S30～34年	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×

記号) ◎ : ほぼ完全にある ○ : 半数程度ならある

△ : 2,3割程度ならある × : 無し

2. 保存している設計と書類の内訳

	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
S50～61年	◎	○	◎	○	◎	◎	○	◎	—	○
S40～49年	○	○	△	△	△	△	○	○	—	—
S30～39年	—	△	△	△	△	△	△	—	—	—

記号) ◎ : 設計図面と設計計算書とも保存されている

○ : 設計図面は保存されているが、設計計算書のないものがある

△ : 設計図面のみ保存されている

3. 設計図書類の保存場所

全地建とも工事事務所（開発建設部）に保存されている

4. マイクロフィルム化の状況

北海道	S42年以降, 設計図書, 全橋	近 畿	S50年以降, 設計図面のみ, 全橋
東 北	S45年以降, 設計図面のみ, 全橋	中 国	S45～56年, 設計図面のみ, 全橋
関 東	2 事務所のみ, S55年頃から, 設計図面のみ, 全橋	四 国	S46年以降, 設計図面のみ, 全橋
北 陸	S40年以降, 設計図面のみ, 全橋	九 州	—
中 部	S50年以降, 設計図面のみ, 全橋	沖 縄	マイクロ化されていない

図－ 2. 3.25 回答結果（設計図書類保存状況アンケート）

- a. 支間分布
- b. 幅員分布
- c. けた高分布等

③ 損傷、補修実態に関して

- a. 地域や海岸線からの距離と損傷状況
- b. 供用年数と損傷状況等

II. 耐荷力算定プログラム

本プログラムの中心となるもので、上記の推定式の妥当性を確認するために、有効高さ、鋼材量、プレストレス力等に関して推定式より算出した値と生データの両者を用いて、荷重分配計算、耐荷力計算あるいは耐荷力の評価等を行う。ここで、曲げ破壊耐力の計算については、計算法を簡単にするために簡易式（圧縮鉄筋と引張鉄筋を計算上無視する等）を考え、その実用性を調べる。

III. 耐荷力要因分析プログラム

上記の2つのサブプログラムによる計算によって得られる結果の相関をみるために作成したプログラムで、具体的な分析内容例は次に示すとおりである。

- ① 適用設計基準と耐荷率
- ② 耳げたと中げたの耐荷率差
- ③ 支間と耐荷率等

ここに、

$$\text{耐 荷 率} = \frac{\text{破 壊 抵 抗 曲 げ モ ー メ ン ト}}{\text{終 局 荷 重 作 用 時 曲 げ モ ー メ ン ト}}$$

(4) ま と め

ここでは、既設PC橋の耐荷力に関する中間報告として、土木研究所での調査検討結果を中心に概述した。

これまでに得られている結果を要約すると次のとおりである。

1) PC橋の代表的かつ耐荷力算定の必要なケースが多いと考えられる橋梁形式としてポストテンションTげた橋があげられたため、ここで検討する耐荷力算定方法の作成に際しての対象橋梁は同橋梁形式とする。

2) PC橋の設計基準の内容については比較的その変化が少ないが、終局荷重の組合せの変化については、耐荷力算定にあたって十分に考慮に入れる必要がある。

3) PC橋の建設に用いられてきた鋼材の降伏点や引張り強さの実強度は、種類や径に関係なく95%以上の信頼性をもって規格値が満足されている。

4) PC橋の設計図書類の保存状況に関しては、最近10年間のものについては良好であるが、それ以上になるとかなり悪くなり、設計図書のみの保存の割合が高い。

今後、本文中で述べた耐荷力に係わる諸数値に関するアンケート調査を実施に移すとともに、上記の結果を踏まえた形で耐荷力算定方法の作成を行っていく予定である。

＜参 考 文 献＞

- 1) (社) P C技術協会；P C鋼材の引張，降伏点強度および伸び値の分布状況，プレストレストコンクリート，Vol. 13, No. 5, 昭和46年10月
- 2) 土木学会；鉄筋コンクリート設計法の最近の動向，コンクリートライブラリー第41号，昭和50年11月
- 3) 土木学会；コンクリート構造の限界状態設計法指針(案)，コンクリートライブラリー第52号，昭和58年11月
- 4) 東京都土木技研年報；工事用材料の品質について，昭和53, 54, 55年
- 5) 石橋ほか；鉄筋の品質に関する調査研究，土木学会第36回年次学術講演会講演概要集，昭和56年
- 6) 沖縄県建設材料試験所；昭和55年度試験年報
- 7) 青木；鉄筋の強度と断面のばらつき，セメントコンクリート，No. 384, 昭和54年2月
- 8) (社) 日本道路協会；道路橋の塩害対策指針(案)・同解説，昭和59年2月
- 9) 青山実伸，北川 真；海岸地域における飛沫塩分特性について，第15回日本道路会議論文集，pp. 555～556
- 10) (財) 国土開発技術研究センター；コンクリート橋塩害調査業務委託報告書，昭和60年3月
- 11) 東急建設(株) 技術研究所；館山大橋塩害調査中間報告書，昭和60年3月
- 12) 永野宏雄，内藤隆司；飛沫帯にあるコンクリート中への塩分浸透に関する拡散理論の応用，第7回コンクリート工学年次講演会論文集，pp. 85～88，昭和60年
- 13) 中村修吾，金子恒夫；塩害を含むコンクリート中の鉄筋発錆に関する研究，コンクリート工学，pp. 19～28，昭和50年1月
- 14) 魚本ら；鉄筋腐食によるコンクリート構造物の劣化機構に関する研究，第6回コンクリート工学年次講演会論文集，pp. 173～176，昭和59年
- 15) 武高耕司，松本 進；コンクリート中の鉄筋腐食がR C部材の力学的性状に及ぼす影響，第6回コンクリート工学年次講演会論文集，pp. 177～180，昭和59年

2.4 補修・補強に関する検討

2.4.1 検討の目的

交通量の増加、車両重量の増大、さらには建設当初に予想し得なかった要因等に起因する劣化損傷がみられる橋梁の増加あるいは老朽橋の増加に伴い、何等かの補修補強を必要とする橋梁が増加する傾向にある。しかしながら、適切にして統一的な指針類が十分に整備されていないことなどのために、補修補強にあたっては、類似した劣化損傷に対して適用された事例などを参考にし、既存の補修補強工法のうちから適当なものを選定しているのが現状である。これに対し、補修補強の必要性の判断、補修補強工法の選定基準およびその効果の確認方法などを内容とする補修補強要領の作成が急務であるが、作成される要領が合理的かつ効果的であるためには、補修補強工法の現状を調べ、個々の工法の特徴や問題点などを把握しておくことが重要である。

本検討では、その第一段階として、補修補強上、最も多くの問題を含んでいる鉄筋コンクリート床版（以下、床版と略す。）について、ひびわれを指標としてその損傷の実態を把握すると共に、それらの損傷に対していかなる補修補強工法が適用されているかの調査を行い、第二段階の補修補強効果の確認や問題点把握のために行う追跡調査の基礎資料を得ようとするものである。

2.4.2 調査の対象、内容および方法

床版の損傷および補修補強の実態把握にあたっては、建設省道路局が昭和60年度に実施した橋梁床版の維持修繕に関する実態調査によって得られたデータを用いた。調査候補橋梁は、各地方建設局（北海道、沖縄を含む全10地建）で管理している支間20m～40mのプレートガーダー橋および支間40m～80mのトラス橋であり、その中から調査橋梁として、橋種、架設年および適用示方書等を考慮して約1割にあたる橋梁を選定している。各地建ごとの調査候補橋数と調査対象橋数の内訳を表一 2.4.1 に示す。また、調査は対象橋梁の管理地建に対し、表一 2.4.2、2.4.3 に示すような内容を含む調査票を送付し、それに基づいて行っている。

表一 2.4.1 調査候補橋数および調査対象橋数

地建名	調査候補橋数	調査対象橋数
北海道	6 6 5	4 7
東北	3 7 5	3 5
関東	3 2 2	3 1
北陸	1 1 5	1 3
中部	3 2 6	3 4
近畿	2 0 0	1 5
中国	2 0 4	1 8
四国	1 6 2	1 5
九州	1 1 9	1 7
沖縄	1 5	0
合計	2 5 0 3	2 2 5

表-2.4.2 調 査 票 (1)

調 査 票 (一 般 諸 元)

様式-1

橋 名	橋 構 種		橋 長		m		径間割	
幅 員	総幅員 m, 車道幅員 m		架設年次	T. 年 S.	適用示方書			
橋 格	等橋	設計荷重	管理事務所				荷重制限	有, 無 t
交 通 量	S. 58 年 台/12H, (昼夜率:)		台/24H	うち大型車	S. 58 年 台/12H, 台/24H			
架 設 位 置	1. 平地部 2. 山間部 3. 海岸部 (海岸線より300m以内にある橋梁)							
舗 装	種 類	1. アスファルト 2. コンクリート 3. その他 ()						
	厚 さ*1	cm						
床 版	種 類	1. コンクリート 2. その他 ()						
	厚 さ*1	cm	支 間	中間支間 張出支間	m m	その他の情報		
そ の 他	伸縮継手	1. 鋼 2. ゴム 3. その他 ()						
	支 承	1. 鋼 2. ゴム 3. その他 ()						

注.*1 修繕歴が有る場合は、修繕前の厚さを記入して下さい。

大 型 車 輪 荷 重 の 通 行 軌 跡		
頻度の高そうなケースを推測出来る範囲で番号に○をつけて下さい		
1	2	3
↓ 床版	↓	↓
(支間中央載荷)	(支点上載荷)	(1/4点載荷)

表-2.4.3 調査票 (2)

調査票 (床版に関する変状及び修繕歴)

様式-2

床版の変状及び修繕歴 (修繕歴が無い場合は ☐ 内のみに、また、有る場合は枠内全体について記入して下さい。)						無・有			
修繕年月	修繕方法 *1	修繕数量 (㎡)	工事費 (百万円)	単位面積当り工事費 (千円)	変状状況				備考
					ひび割れ *2		施工不良 *3		
					変状内容 最悪平均	量的内容 最悪平均	変状内容 最悪平均	量的内容 最悪平均	

注1. *印については、以下に示す凡例のうち、該当する番号を書いて下さい。(なお、その他の方法の場合は枠内に直接記入して下さい。)

2. 修繕歴が無い場合の変状状況は、*2~4の凡例を参照して ☐ 内に現在の状況を記入して下さい。

3. 修繕歴が有る場合の変状状況は、*2~4の凡例を参照して ☐ 内に修繕前の状況を記入して下さい。
さらに、修繕後の状況を同凡例を参考として備考欄に記入して下さい。

*1 修繕方法に関する凡例

1 樹指注入または充填工法	5 床版増厚工法	9 打換え工法 (部分打換え)	注.9, 10の場合には下のa~dを併記して下さい。 a. コンクリート床版 c. I形鋼格子床版 b. 鋼床版 d. プレハブコンクリート床版
2 防水工法 (床版上面への防水材の塗布または接着)	6 横桁増設工法	10 〃 (全体打換え)	
3 鋼板接着工法	7 FRP接着工法	11 その他	
4 縦桁増設工法	8 鉄筋モルタル吹付工法		

*2 ひび割れに関する凡例

最悪平均	変状内容	量的内容 *5 (平均的な変状の量)
0 0	○ひび割れなし ○一方向のひび割れが粗く生じている ($L > 1\text{m}$)	1 2 3 4
1 1	○一方向のひび割れを主とし、直角方向のひび割れが散在する。	1 2 3 4
2 2	○二方向のひび割れが生じているが、縫がっているものは少ない。 ($L = 0.6 \sim 1\text{m}$)	1 2 3 4
3 3	○二方向のひび割れが縦横に縫がっている。 ($L = 0.3 \sim 0.6\text{m}$)	1 2 3 4
4 4	○亀甲状の細かいひび割れがある。 ($L < 0.3\text{m}$)	1 2 3 4
備考	L: ひび割れ間隔の目安	

*3 施工不良 (豆板) に関する凡例

最悪平均	変状内容	量的内容 *5 (平均的な変状の量)
0 0	○損傷なし	—
1 1	○鉄筋露出を伴わない豆板がある。	1 2 3 4
2 2	○1本の主鉄筋が露出している豆板	1 2 3 4
3 3	○2本以上の主鉄筋が露出している豆板	1 2 3 4
4 4	○主鉄筋、配力筋ともに露出している豆板	1 2 3 4

*4 漏水・変色に関する凡例

変状内容
0 漏水・変色なし
1 水漏れがある
2 遊離石灰が部分的に見られる
3 ほぼ全面的に白または黄変色が見られる

*5 量的内容に関する凡例

1 構築中に変状の占める割合 (目分量)
1 10%程度
2 30 %
3 50 %
4 ほぼ全面的

2.4.3 調査結果

(1) 調査橋梁および補修橋梁の概要

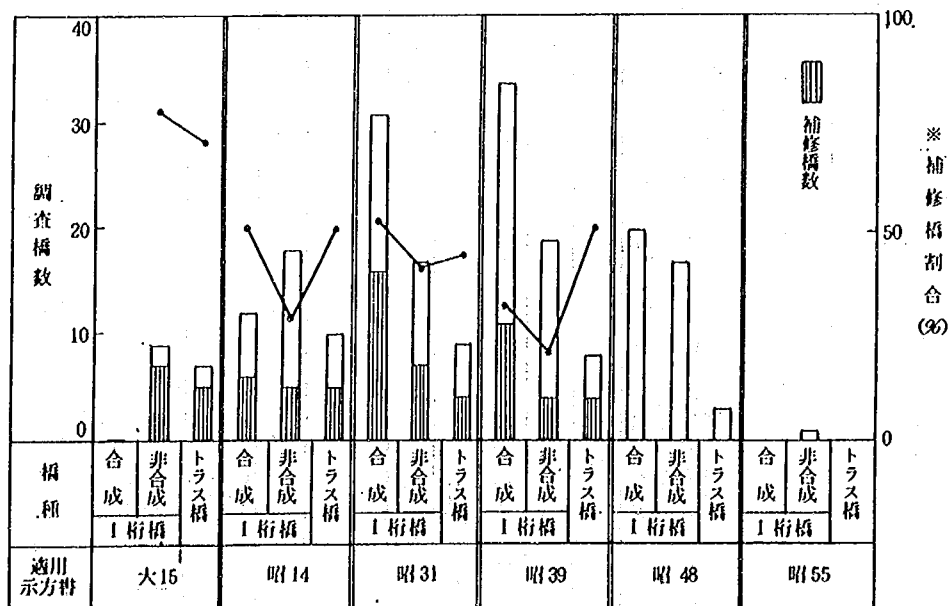
橋種別調査橋数および床版補修橋数を表一 2.4.4 に示す。今回の調査では、I 桁橋とトラス橋が大部分を占めており、箱げた橋、H形鋼橋およびランガー橋が若干含まれていた。調査橋数の多い I 桁橋とトラス橋について、適用示方書ごとに床版補修橋の割合を比較した結果を図一 2.4.1 に示す。今回の調査では、大正15年版の道路構造に関する細則（道構細則）と昭和48年および55年版の道路橋示方書（道示）で設計された橋梁では明らかなでなかったが、他の示方書により設計された橋梁では非合成 I 桁橋での補修割合が最も低かった。また、合成 I 桁橋の場合には、適用示方書年次が古いほど床版補修橋の占める割合が高いようであるが、トラス橋では適用示方書年次にかかわらず比較的高い補修割合を示していた。

架設年別調査橋数および床版補修橋数の経年的な推移を図一 2.4.2 に示す。また、適用示方書別でみた床版補修橋数を図一 2.4.3 に示す。補修割合でみると、昭和10年代前半および昭和30年代後半に架設された橋梁で補修割合が高かった。この年代を適用示方書でみると、大正15年版道構細則および昭和31年版の道示により設計がなされた時期に当る。また、今回の調査では、昭和51年以降に架設された橋梁では床版の補修事例はなかったが、これらは昭和48年版以降の道示により設計された橋梁であると考えられる。

表一 2.4.4 橋種別調査橋数および補修橋数の内訳

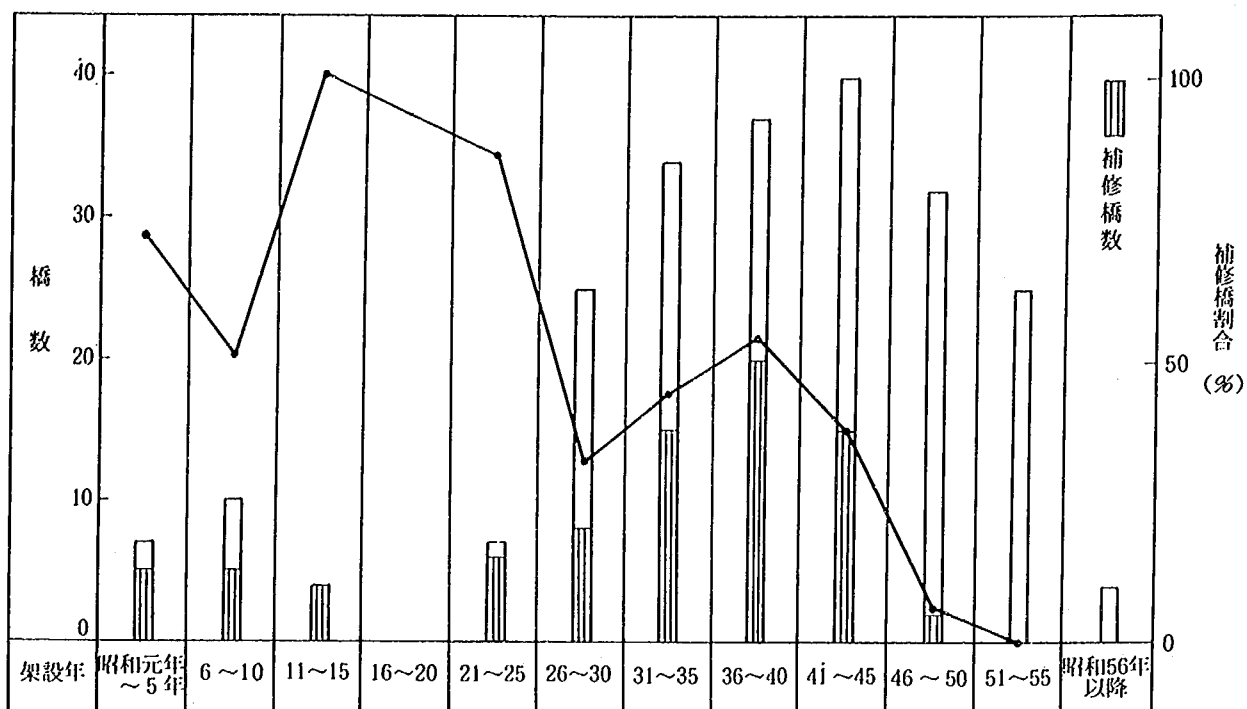
プレートガーダー橋				H形鋼橋		トラス橋	ランガー橋	不明
I 桁		箱 桁		合 成	非合成			
合 成	非合成	合 成	非合成	合 成	非合成			
97 (33)	81 (23)	1 (1)	0 (0)	2 (1)	2 (1)	37 (18)	1 (1)	4 (2)

() 内は補修橋数

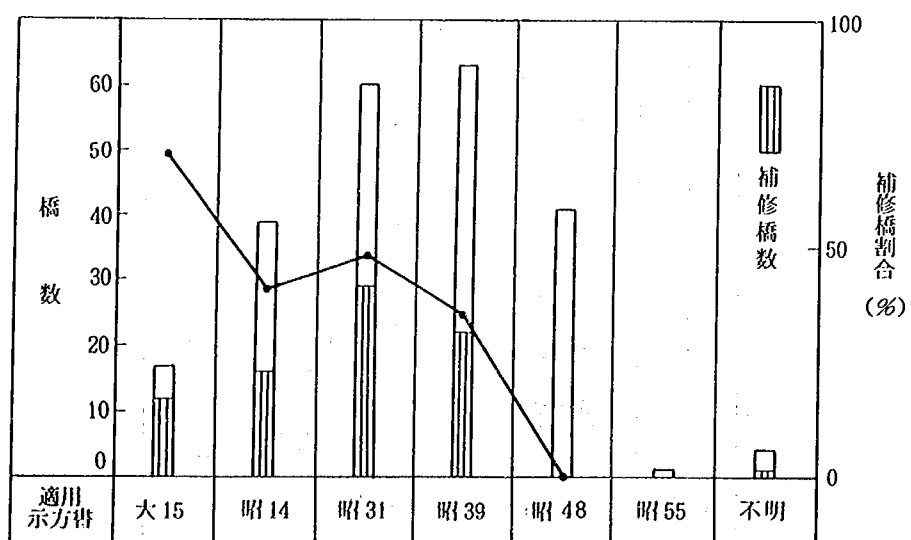


※ 補修割合とは、各橋種ごとの調査橋数に対する補修橋数の割合である。

図一 2.4.1 橋種別調査橋数および床版補修橋数



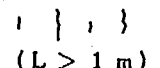
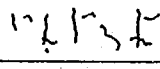
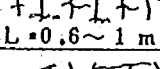
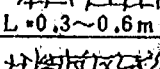
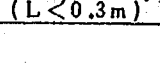
図一 2.4.2 架設年別調査橋数および床版補修橋数



図一 2.4.3 適用示方書別調査橋数および床版補修橋数

(2) 調査橋梁の床版損傷実態

図－2.4.4 にひびわれ状況と損傷ランクとの関係を示す。ここで、床版の損傷をひびわれで代表させ、その状況によって損傷程度をランク分けした。橋種別、架設年別および適用示方書別の損傷状況を図－2.4.5、2.4.6 および 2.4.7 に示す。また、床版厚別の損傷状況を図－2.4.8 に示す。各図においては、軽度の損傷であるランク 0 およびランク 1 の合計と重度の損傷であるランク 3 およびランク 4 の合計の占める割合の変化を示している。調査橋数の多かった I 桁橋（合成、非合成）とトラス橋でみると、重度の損傷の占める割合はトラス橋が最も高く、非合成の I 桁橋が最も低くなっている。また、架設年で見ると、損傷度合は架設年が古いほど高くなっており、今回の調査では昭和 51 年以降に架設された橋梁の中には床版に重度の損傷のある橋梁は見られない。そして、適用示方書で見ると、昭和 14 年、31 年および 39 年版の道示により設計された床版では、重度の損傷の占める割合に大きな変化はないが、昭和 48 年版以降の道示により設計された橋梁では重度の損傷は見られず、大部分が軽度の損傷にとどまっていることがわかる。また、床版厚の大小で比較すると、厚さが増すにつれて重度の損傷の占める割合が低下している。このように、それほど老朽化していないと思われる昭和 31 年および昭和 39 年版の道示で設計された床版でも比較的重度の損傷の占める割合が高い理由としては、その当時、鉄筋の許容応力度を大きくして（SD 30 で 1800 kg/cm^2 ）、床版厚を薄くした（最小版厚 14 cm）ために剛性の小さいものが多いこと、また、配力鉄筋量が少なかったことが原因で破損を生じやすかったためと考えられる。しかし、その後の通達等により鉄筋の許容応力度の軽減（SD 30 で 1400 kg/cm^2 ）、最小版厚の増加（16 cm）そして配力鉄筋量の増加といった変更がなされ、それらの内容は昭和 48 年版の道示に反映されており、その効果が昭和 51 年以降では重度の損傷を有する床版の割合が急激に減少しているといった結果になって表われているものと考えられる。

最悪平均		ひびわれ状況	
0	0	○ひび割れなし ○一方向のひび割れが粗く生じている	 ($L > 1 \text{ m}$)
1	1	○一方向のひび割れを主とし、直角方向のひび割れが散在する。	
2	2	○二方向のひび割れが生じているが、縦がっているものは少ない。	 ($L = 0.6 \sim 1 \text{ m}$)
3	3	○二方向のひび割れが縦横に縦がっている。	 ($L = 0.3 \sim 0.6 \text{ m}$)
4	4	○亀甲状の細かいひび割れがある。	 ($L < 0.3 \text{ m}$)
備考		L: ひび割れ間隔の目安	

図－2.4.4 ひびわれ状況と損傷ランク

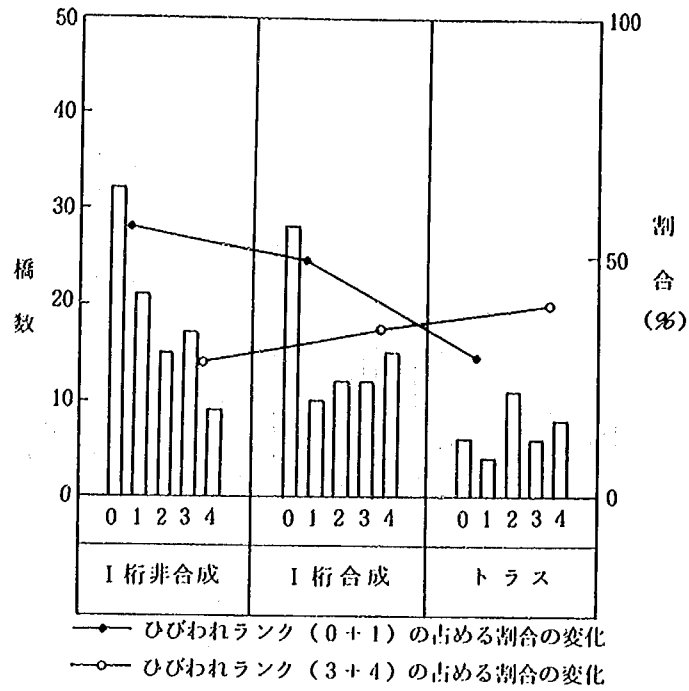


図-2.4.5 橋種別ひびわれランクの内訳

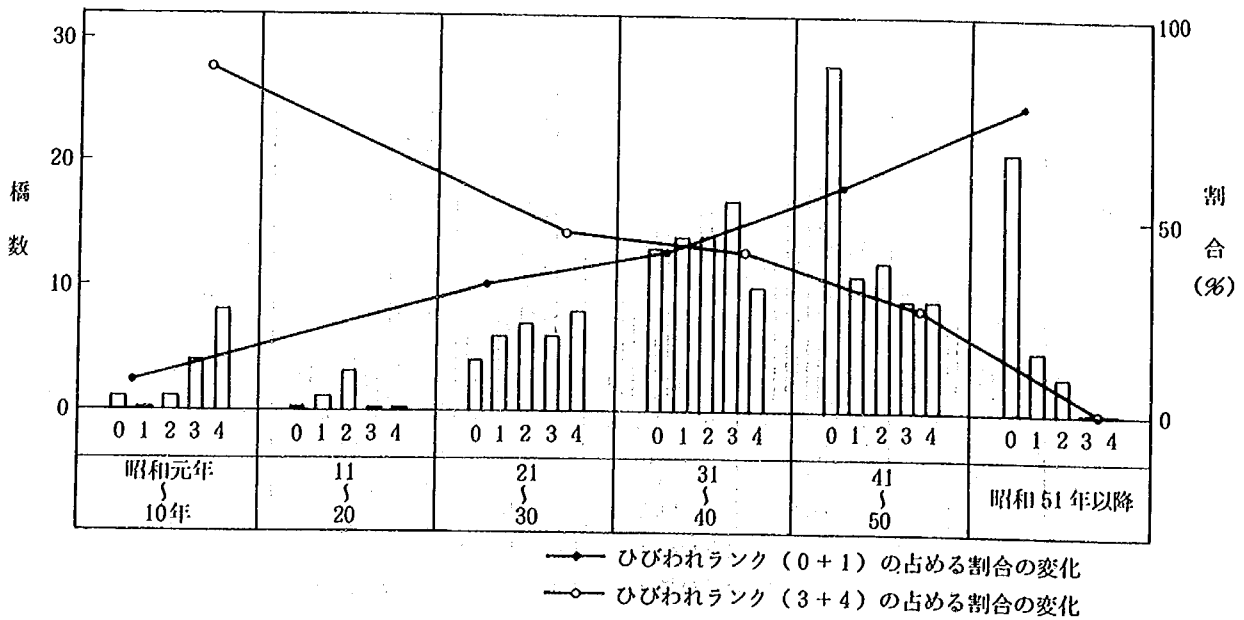
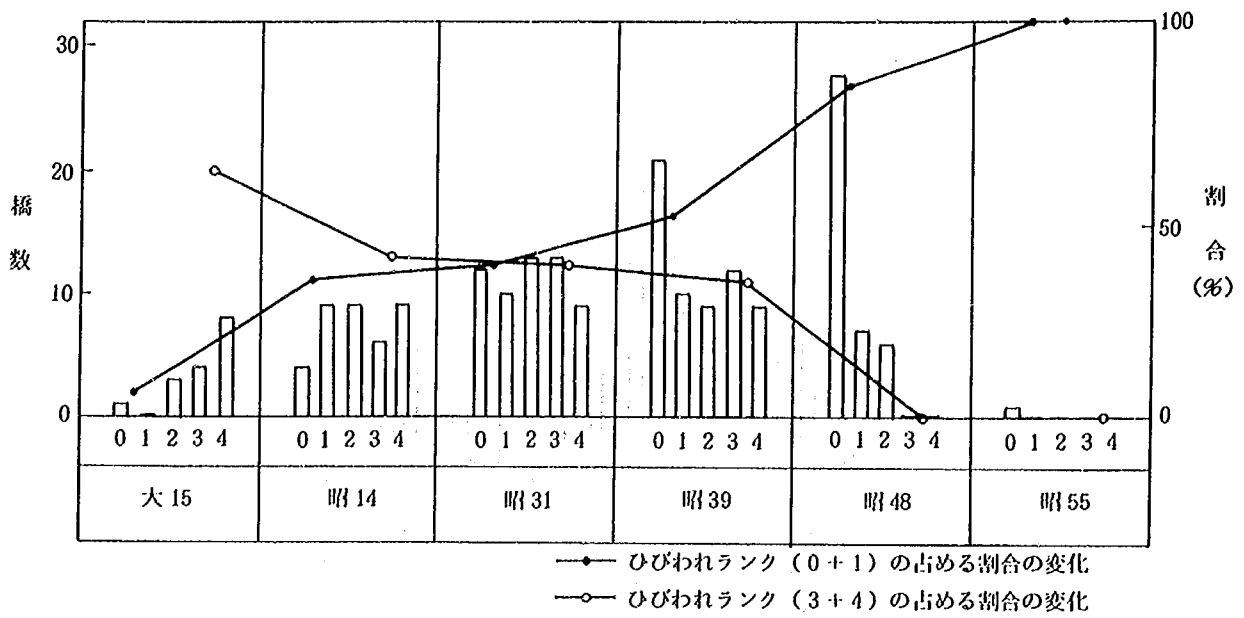
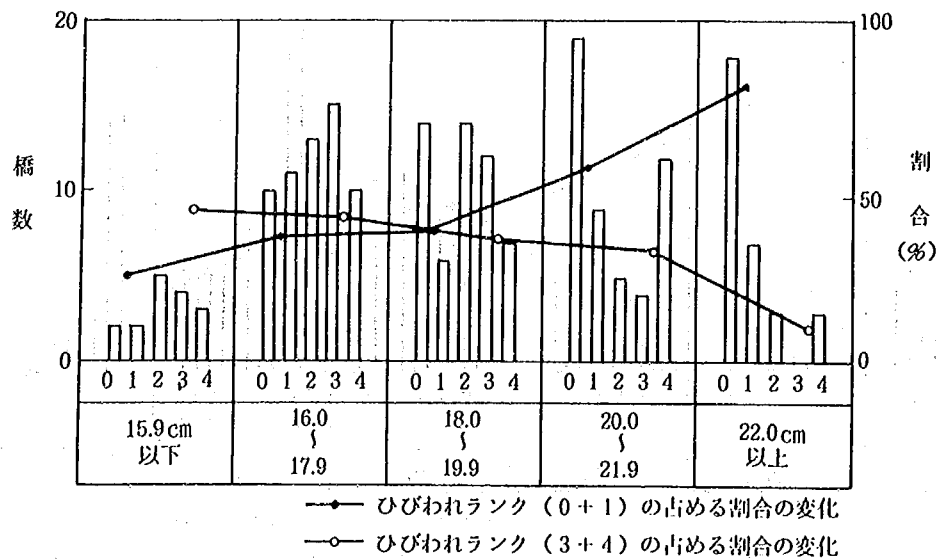


図-2.4.6 架設年別ひびわれランクの内訳



図－2.4.7 適用示方書別ひびわれランクの内訳



図－2.4.8 床版厚別ひびわれランクの内訳

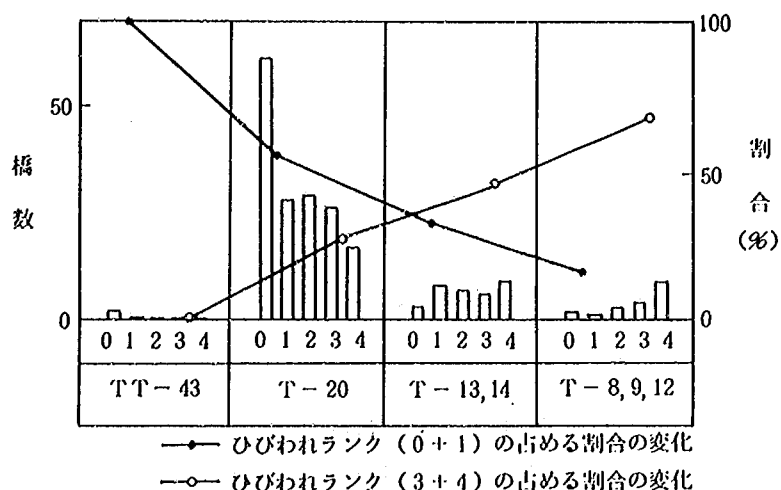


図-2.4.9 設計荷重別ひびわれランクの内訳

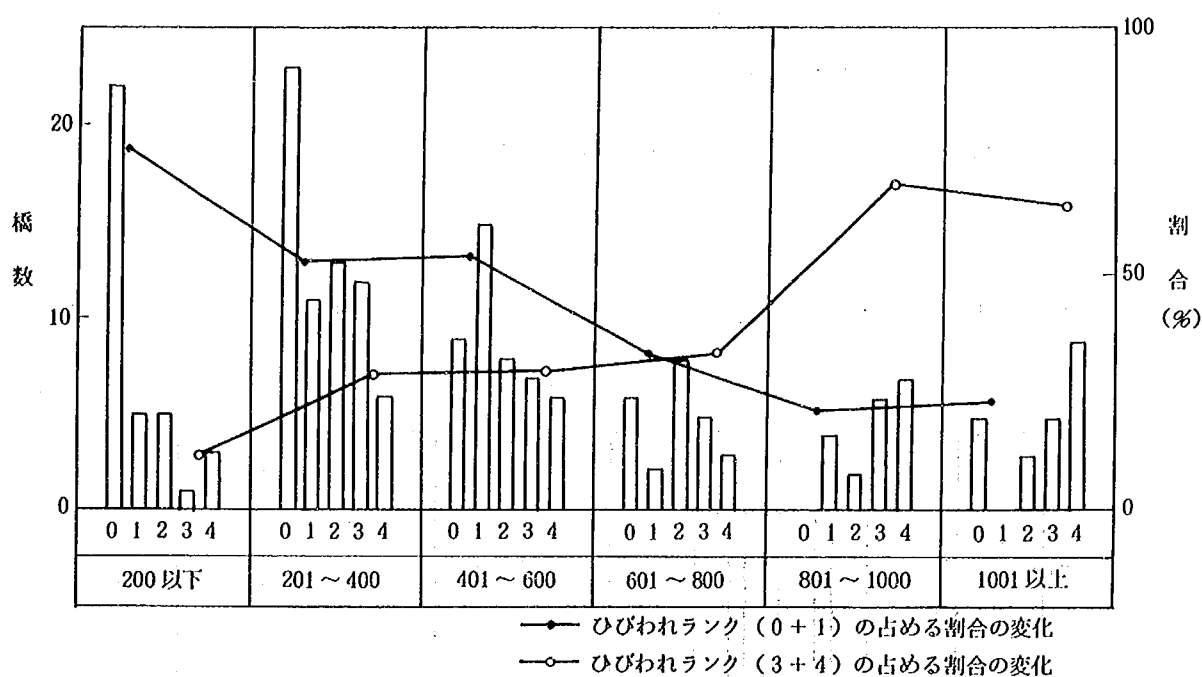
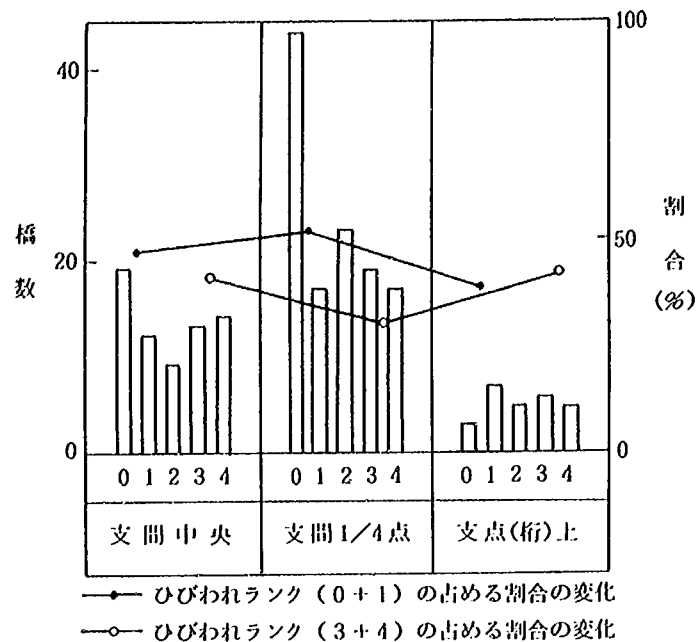


図-2.4.10 大型車混入率×経年数別ひびわれランクの内訳

図-2.4.9には設計荷重別の損傷状況を示す。重度の損傷の占める割合は、設計荷重が小さいほど高い。また、今回の調査では、通行車両の荷重制限を行っている橋梁が225橋中6橋含まれていたが、損傷程度は2橋がランク0、残り4橋はいずれもランク2と比較的軽度であり、荷重制限を行った効果があったようである。

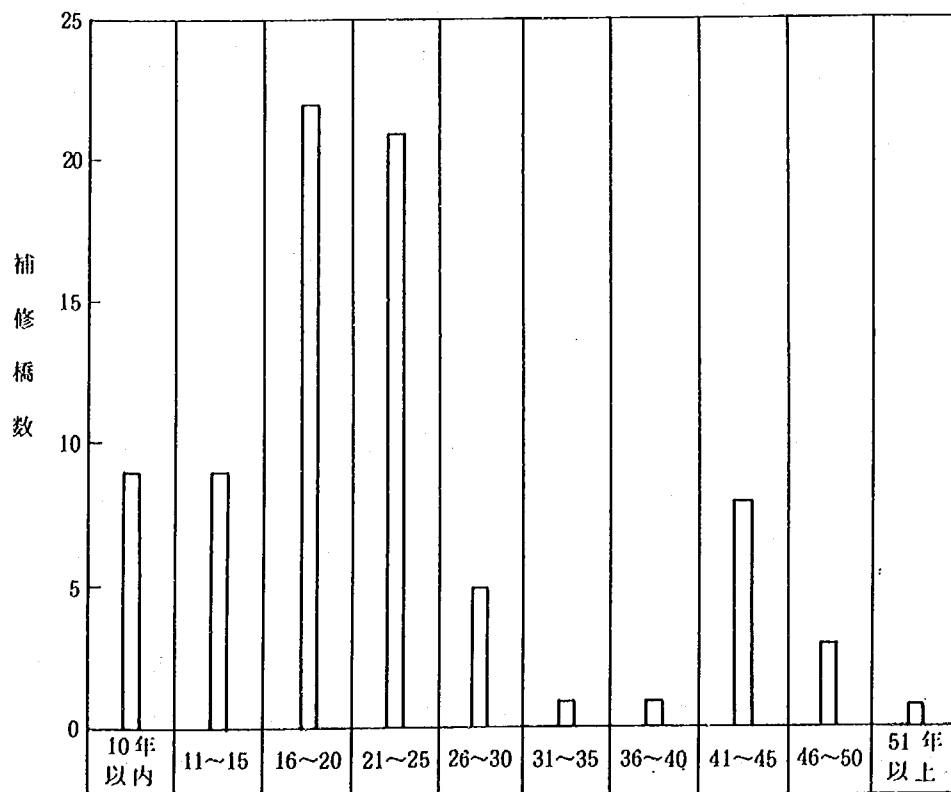
大型車混入率が床版の損傷度に及ぼす影響を図-2.4.10に示す。ここで、大型車混入率は供用期間中あまり変化しない（全台数が増せば大型車台数も増す。）として、それに経年数を乗じることにより供用中の大型車の全混入率を求め、これを指標として大型車交通量の影響をみたが、供用中の大型車の混入率が高いほど重度の損傷の占める割合が高くなる傾向がはっきり認められた。図-2.4.11に大型車輪荷重の通行軌跡別の損傷状況を示すが、ここでは損傷度合と通行軌跡との間に明確な関係が見られなかった。



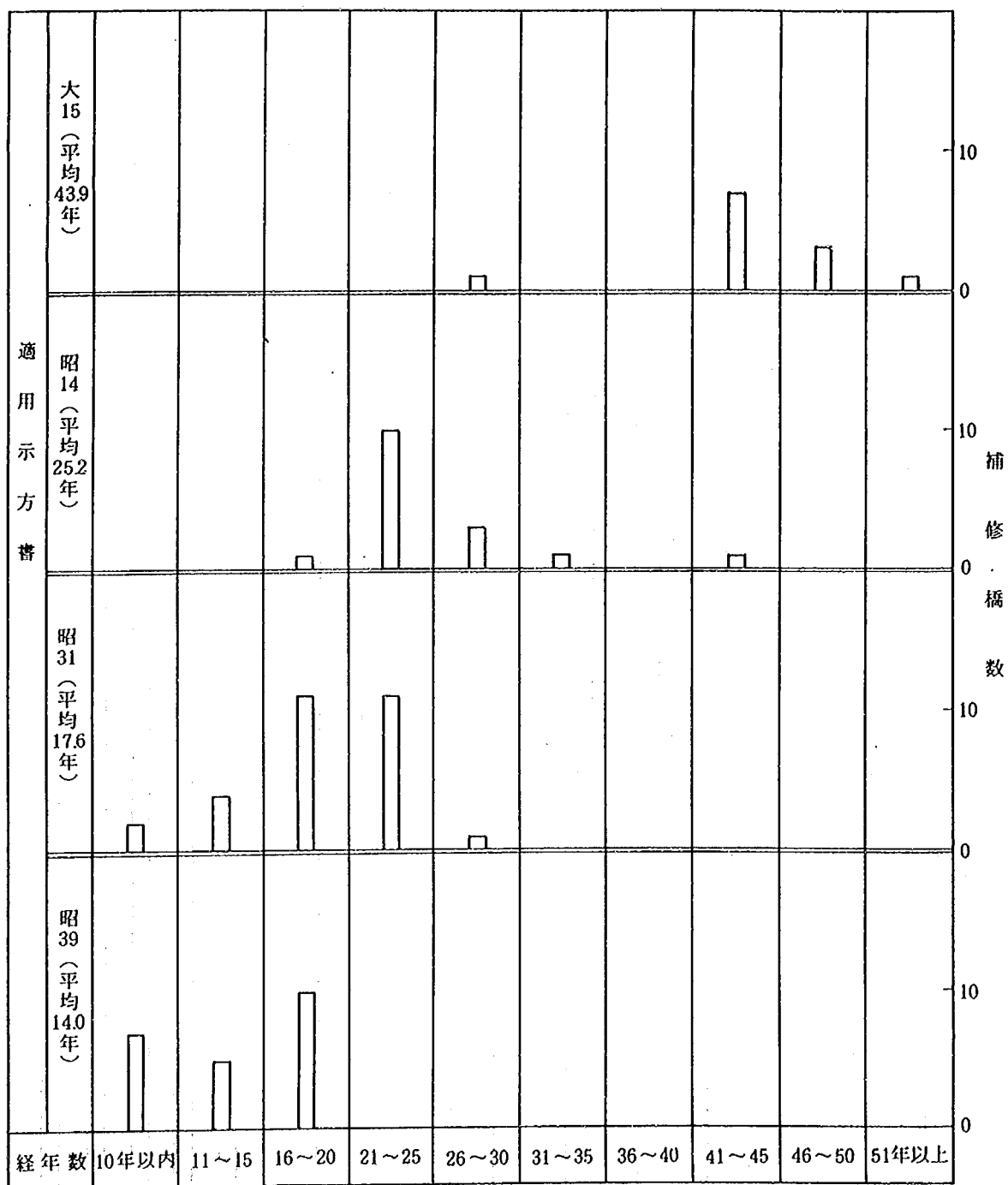
図－2.4.11 大型車輪荷重の通行軌跡別ひびわれランク内訳

(3) 調査橋梁の補修補強実態

経年数別の補修橋数および適用示方書別に見た補修までの経年数を図－2.4.12、2.4.13に示す。



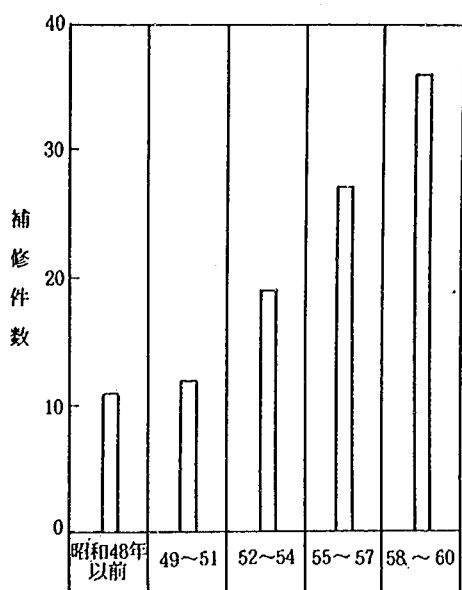
図－2.4.12 経年数別補修橋数



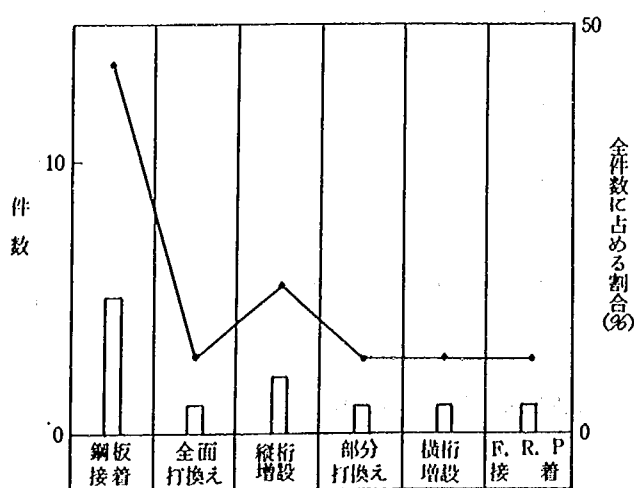
図一 2. 4. 13 適用示方書別補修までの経年数

今回の調査橋梁中に含まれていた床版補修済み橋梁のみについてみると、架設後25年以内で何らかの補修補強が施されている橋梁が約80%（61橋）を占めているが、この中には10年以内で補修補強されている橋梁が9橋（全体の約10%）含まれていた。そして、この9橋のうち7橋は昭和39年版の道示により設計されており、この道示で設計された橋梁では、10年以内で床版を補修補強している割合が高い。

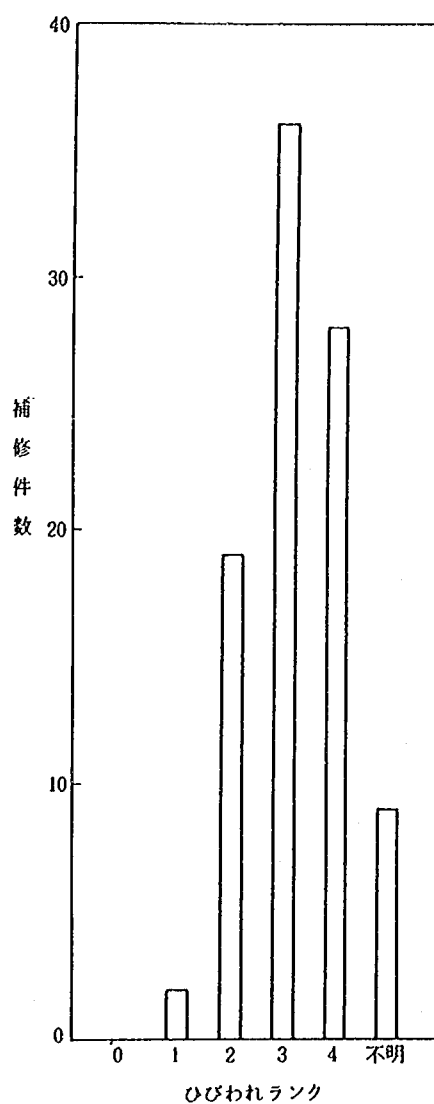
補修補強件数の推移および補修補強橋の損傷状況を図2.4.14、2.4.15に示す。なお、同一橋梁で何年間かの期間をおいて2度以上補修補強している場合は、おのおの1件と数えた。件数の推移は3か年をひとまとめとして比較しているが、年ごとに増加している。また、補修補強橋の損傷状況を見ると、当然のことながら重度の損傷の橋梁が多数を占めているが、ランク1という軽度の損傷での補修事例も2件あった。



図一 2.4.14 補修年別補修件数の推移



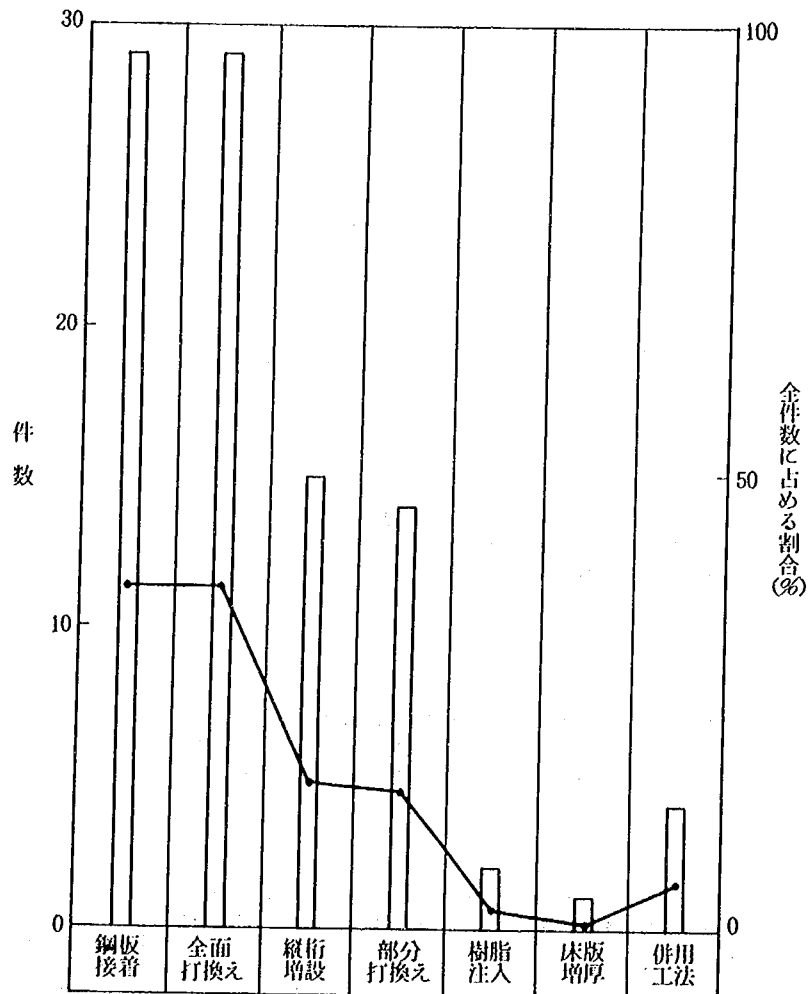
図一 2.4.16 補修工法別件数の内訳
(昭和48年以前)



図一 2.4.15 補修前のひびわれランク別
補修件数内訳

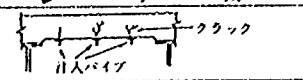
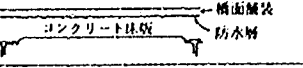
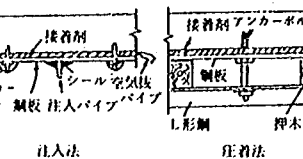
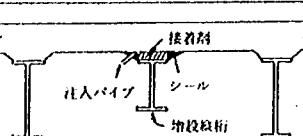
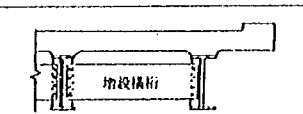
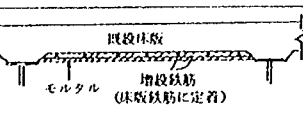
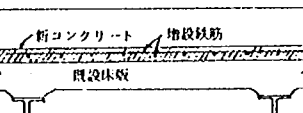
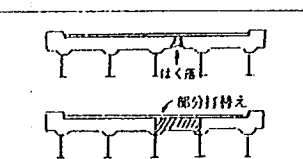
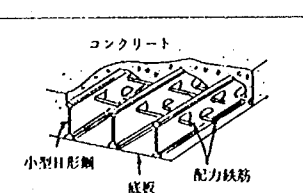
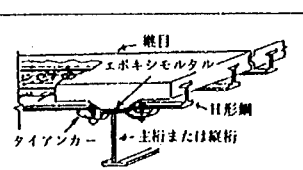
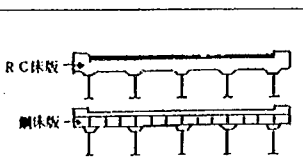
図－2.4.16，2.4.17には補修補強工法の内訳を昭和48年以前と昭和49年以降に分けて示す。また，昭和50年の第28回建設省技術研究会での鉄筋コンクリート床版に関する調査結果も合わせて図－2.4.18に示す。なお，同調査では，補修補強後の再損傷の発生状況も調査している。おのおの場合について全件数に占める各工法の割合を見ると，いずれも鋼板接着，縦桁増設および打替えで大多数（全体の80%～90%）を占めていた。ただし，昭和49年以降の結果とそれ以前の場合とを比較すると，鋼板接着と縦桁増設が減少傾向にあるのに対して，打替え（全面および部分）が増加の傾向にあることがわかる。また，今回の調査では，最近の床版の破壊機構の研究から床版の補強工法として有効であると考えられるようになってきている床版増厚工法の採用事例が1件見られたが，これは昭和60年に行われたものである。なお，参考のため表－2.4.5に補修補強工法の概要を示す。

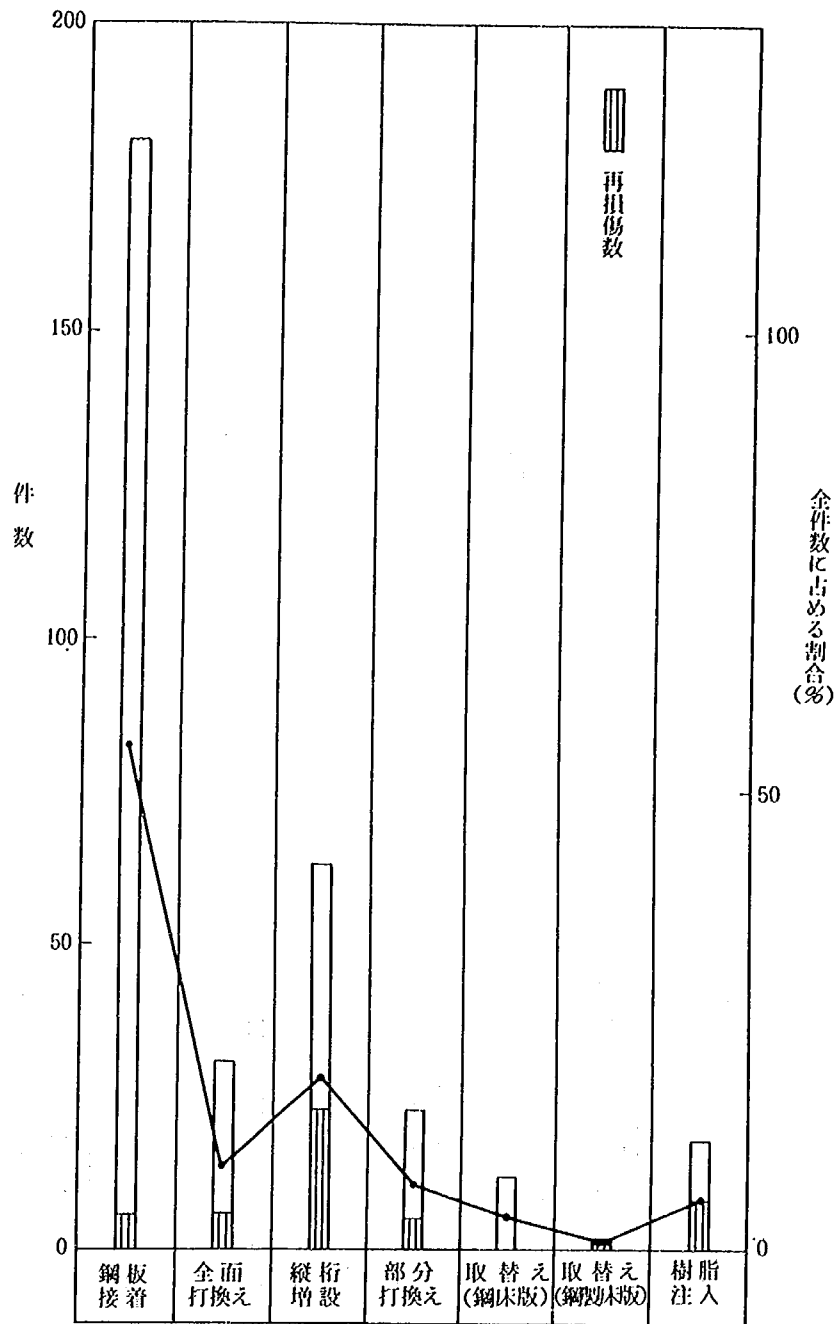
次に，打替え工法の内訳と主な工法の工費をそれぞれ図－2.4.19と表－2.4.6に示す。打替え工法に関しては，今回の調査では，I桁鋼格子床版による打替え事例が最も多く，RC床版，プレキャスト床版がそれに次いでいる。ここで，I桁鋼格子床版の採用事例が多い理由としては，他の打替え工法に比べて工費が比較的安いこと，また，かなりの部分を工場で製作できるため，工期の短縮が可能であるといった



図－2.4.17 補修工法別件数の内訳（昭和49年以降）

表-2.4.5 現行の床版補修補強工法一覧

工 法	概 要	参 考 図
補修工法	1). 樹脂注入工法 床版のクラック内にエポキシ樹脂を注入し、コンクリートの一体化をはかる工法である。道路を全面供用しながらの施工が可能で、床版の防水性の向上、コンクリートの劣化防止、鉄筋の防錆効果が期待できるがこの工法のみでは耐荷力の増加は望めない。	
	2). 床版防水工法 床版コンクリート上面の舗装を強化したり、塗布剤等により防水する工法で、他の工法と併用されることが多い。コンクリートの劣化防止、鉄筋の防錆効果が期待出来るが、施工にはある程度の交通規制が必要である。	
	3). F.R.P接着工法 床版コンクリートの引張縁にF.R.P(ガラス繊維補強プラスチック)を接着して床版を補強する工法である。道路を全面供用しながらの施工が可能で、素材が柔軟、軽量であり作業性に優れている。ただし、弾性係数が小さい(1.0×10 ⁴ kg/cm ²)ため、補強というよりも床版コンクリートの剥落防止のような補修的効果が強い。	
補修工法	1). 鋼板接着工法 床版コンクリートの引張縁に鋼板(厚さ4.5~6.0mm)を接着し、既設のコンクリート床版と一体化させ、活荷重に対する抵抗力を増す工法である。鉄筋量が不足している床版で損傷があまり進行していない場合に適している。現在まで適用例が最も多い。接着にはエポキシ系の樹脂が用いられ、接着法には圧着法と注入法がある。鋼板は、ひびわれの状況に応じて細幅と広幅を使い分ける。道路を全面供用しながらの施工が可能で工事も大掛かりにならないが、接着用樹脂は高価であり、また床版下面が鋼板で隠れてしまうため、施工後の内部変化の追跡が困難である。	
補修工法	2). 縦筋増設工法(ストリンガー工法) 鋼板接着工法について施工例が多い工法であり、既設床版の支持桁間に1~2本の縦筋を増設して床版支間を短くすることにより輪荷重による曲げモーメントを軽減しようとするものである。道路を全面供用しながらの施工が可能で、損傷があまり進行していない床版の補強に適しており、補強後の損傷進行の確認も可能である。なお、既設支筋と増設縦筋の剛度が違えばと不等沈下を生じ、補強効果が上がらないばかりか再損傷の原因ともなる。	
補修工法	3). 横筋増設工法 対傾構、横構を補強し、荷重分配効果を高め、床版支持桁の不等沈下を減少させる工法である。道路を全面供用しながらの施工が可能であるが、床版自体の補強ではないので床版コンクリートの剥落防止とはならず、他の工法との併用が望ましい。	
補修工法	4). 鉄筋モルタル吹き付け工法 床版下面に鉄筋、鉄筋網などを設置し、これにモルタルを吹き付けて既設床版と一体化させ、床版厚の増加により床版を補強するものである。モルタルが硬化するまでは交通規制が必要であり、また、既設コンクリートとの付着にも不安がある。死荷重の増加有り。	
補修工法	5). 床版増厚工法 床版上面に鉄筋、鉄筋網などを設置してコンクリートを打設し、床版厚を増すことによって既設床版を補強する工法である。他の補強工法に比べて工費が廉価であるが、交通規制が必要であり、また、死荷重増加に伴い主筋等の死荷重応力が増す。現時点では、施工例は少ない。	
打替工法	1). RC床版による打替え 既設床版を撤去し、新たにRC床版を打設する。または、部分的に打替える。交通の全面閉鎖が可能な場合は確実で安価な工法である。現場作業が多く、工期が長い。	
打替工法	2). I形鋼格子床版による打替え 主鉄筋の代りに小型のI形鋼を使用したコンクリート充填格子床版で打替える。床版厚は薄くでき、死荷重増はない。また、型枠も不要である。交通の全面閉鎖が必要であるが、かなりの部分が工場で作製されるため現場作業が少なく済み、工期の短縮が図れる。	
打替工法	3). プレキャストコンクリート床版による打替え 耐荷力の大きいプレキャストコンクリート床版で打替える。全面打替えと同様に確実な方法である。工期が短く、現場の条件によっては道路を供用しながらの施工も可能であるが、桁との取付け方法に問題があり、工費も比較的高い。施工実績は少ない。一例を参考図に示す。	
打替工法	4). 鋼床版による打替え 既設床版を鋼床版に置換する。全面打替えと同様に確実な方法であり、現場の条件によっては道路を供用しながらの施工も可能である。工期は短縮できるが、打替え工法の中では工費が最も高い。	



図一 2.4.18 補強工法別件数の内訳

(第28回建設省技術研究会報告, 昭和50年橋梁の補強工法について)

長所があるためと思われる。

また、採用事例の多い4工法について補修前の損傷ランクの内訳を図一 2.4.20に示す。全面打替えは特に重度の損傷の場合に採用されているが、他の工法はいずれもランク3で採用されている場合が多かった。なお、鋼板接着工法と縦桁増設工法についてはランク1での採用事例が各1件ずつあった。

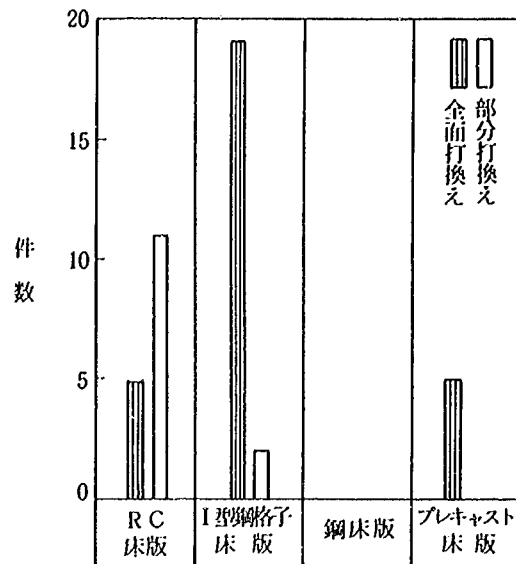


図-2.4.19 打換え工法における工法の内訳

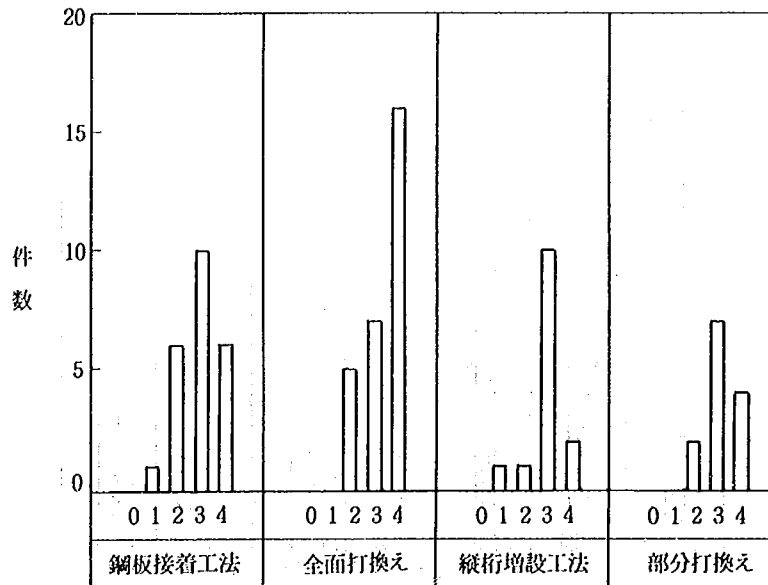


図-2.4.20 補修工法別のひびわれランクの内訳

表-2.4.6 単位面積当りの工費（総工事費）の比較（千円/m²）

工 法		平均的な工費
鋼板接着		69
縦桁増設		42
打 換 え	RC(部分)	57
	RC(全面)	85
	I型(部分)	(106)1件
	I型(全面)	81
	プレキャスト	127
	鋼床版	220

昭和60年現在

2.4.4 ま と め

ひびわれの状況に着目して床版の損傷および補修補強の実態を調査した結果、次のような結果が得られた。

(1) I 桁橋とトラス橋の損傷度合を比較すると、トラス橋での損傷度合が高く、また、I 桁橋の合成と非合成で比較すると、合成の場合の方が損傷度合が高い。

(2) 架設年次や適用示方書の年次が古いほど老朽化に伴い、重度の損傷を有する床版の割合が高くなる傾向にあるが、昭和31年および39年版の道示より設計されたものについては経年数に関係なく重度の損傷を有するものが比較的高い。

(3) 昭和48年以降の道示には、それまでの床版破損の経験から得られた知見をもとにして出された通達等の内容が反映されており、今回の対象橋梁の中には重度の損傷を有するものは見られなかった。

(4) 過去10年ほどの間（昭和49年以降）の補修補強工法の採用事例を見ると、鋼板接着、縦桁増設および打替えで全体の約80%を占めており、昭和50年の直技の結果および今回の調査での昭和48年以前の結果と大きな変化は見られない。ただし、これらの工法の採用割合を見ると、鋼板接着と縦桁増設の占める割合が減少し、打替えの占める割合が増加している。

(5) 一般に、打替え工法はひびわれランクで見ればランク4の重度の損傷の場合に用いられ、鋼板接着、縦桁増設はランク3程度の場合に用いられていることが確認された。

このように、今回の調査より、床版の点検の際に、特に注意すべき鋼橋の種類や適用示方書、また、採用事例の多い補修補強工法と補修前の損傷程度との関係が明らかとなった。今後は、今回の調査をもとに補修補強後の床版について、採用した工法の効果や再損傷の発生の有無などを評価して各工法の適用性や信頼性を明確にするための追跡調査を行う予定である。

2.5 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討

2.5.1 概 要

(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。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行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、外観等現場で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、耐震性が相対的に低い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策として最適に関する系統的な調査が実施されていないのが実状である。

このため、本技術研究会課題を通じて昭和61年から3ケ年間で、耐震性の低い橋梁の抽出方法の高精度化の検討を行うとともに、既往の耐震補強事例の収集調査、及び耐震補強法の整理検討を行い、より簡単でかつ精度の高い橋梁の耐震性判定法及び耐震補強法の開発を目的として実施されているものである。

(2) 昭和61年度調査研究結果

昭和61年度においては、耐震性評価法に関する検討として、耐震設計法の変遷に伴う被害形態の変化の調査及び既往の耐震性調査法の適用性の検討を実施した。

耐震性評価法としては、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、1923年の関東地震以後の代表的な5地震について道路橋の被害状況の調査を行うとともに被害地震の経験から進歩拡充の進んできた耐震設計法の変遷に伴う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した。また、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とから、昭和53年の宮城県沖地震他で被害を受けた橋及び被害を受けなかった橋計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。

また、橋梁の耐震性判定法としては現在までに各種の方法が提案されているが、これらの中で、最も多岐に渡る調査項目を含み、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前述の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) 昭和62年度調査研究内容

1) 耐震性評価法に関する検討

簡単でかつ精度の高い橋梁の耐震性評価法の開発を目的として、新たな耐震性評価法を作成した。本手法は、昭和61年度の調査研究結果に基づいて、日本道路協会の橋梁耐震調査法及び耐震点検法を基本として作成したものであり、外観及び簡易な計算のみによる一次評価法、鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し等詳細な計算を含む二次評価法、さらに震災対策上最も条件の厳しい大きな地震を受けた場合に従来被害事例の多い鉄筋コンクリート橋脚の耐震性判定法を含むことを特徴とする。なお、この耐震性評価法の中には、被害を受ける可能性の評価の他に、対策を実施する際の優先度を考慮するための重要度ランクを加えた。本年度は、新たな耐震性評価法の作成を行い、最終年度において本手法の適用性の検討を実施するものとした。

2) 耐震補強法に関する検討

昭和54年に実施された耐震点検に基づく耐震補強実施事例を収集し、これらの整理検討を行った。本年度は、各種の耐震補強法の比較検討を行い、耐震補強法の選定上の問題点を検討した。さらに、耐震補強については海外でも各方面で積極的に検討されており、米国等海外における耐震補強法の一例を紹介する。

2.5.2 耐震性評価法に関する検討

(1) 耐震性評価法の概要

昭和61年度の調査研究結果によれば、既往の耐震性判定法としては、多数の橋を対象として、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、外観等から現場で簡易な手法、あるいは、まず、簡易な手法で一次調査を行った後、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二次調査を行う手法がある。今年度開発した手法は、日本道路協会の橋梁耐震調査法及び建設省の耐震点検法を基本として作成したものであり、図－2.5.1のフローに示すように、外観及び簡易な計算のみによる一次評価法、詳細な計算を含む二次評価法、さらに大地震に対する鉄筋コンクリート橋脚の耐震性判定法を含むものとした。耐震性の調査は、図－2.5.2～図－2.5.4に示すフローに従い、表－2.5.1及び表－2.5.2に示す調査票を併用して行うものである。

(2) 耐震性の調査方法

1) 一次評価法

簡易な一次評価法は、日本道路協会橋梁耐震調査法及び昭和61年に実施した被害原因の因子分析結果をもとに作成した。耐震性の調査は、図－2.5.2のフローに従って表－2.5.1の調査票を併用して行うものであり、点検項目の点数の相乗値から変形に関する評価点Xと強度に関する評価点Yを用いて、表－2.5.3に従って次の3ランクに判定するものである。

A：道路橋の被災の程度または確率が高いと予想される範囲

B：道路橋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：道路橋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

なお、上記の3ランクの分類のうちBランクについては、地震の発生度と橋の重要度を考慮して、2次判定及び3次判定に進むこととした。ここで、地震の発生度については、道路橋示方書V耐震設計編によ

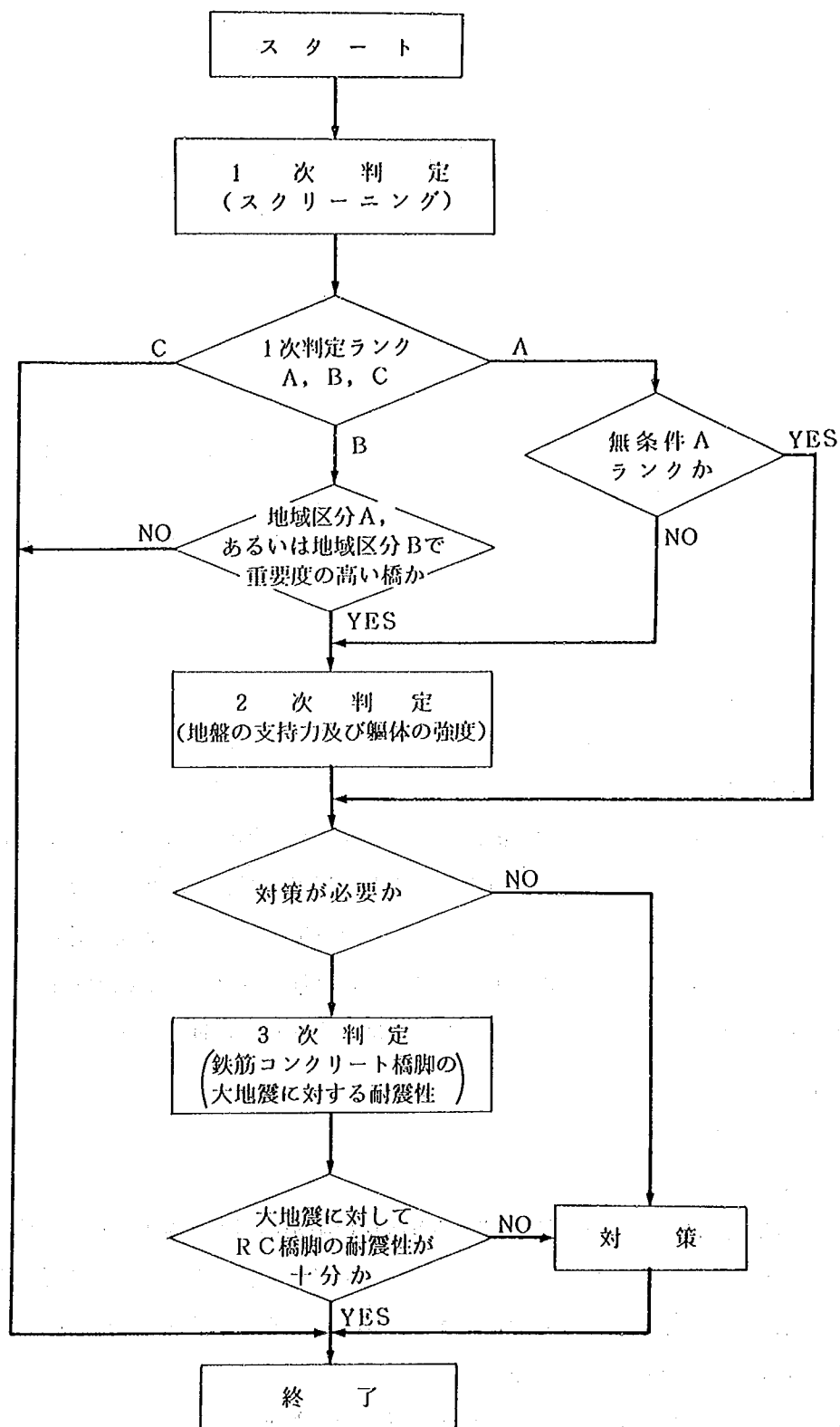


図-2.5.1 橋梁の耐震性評価法の構成

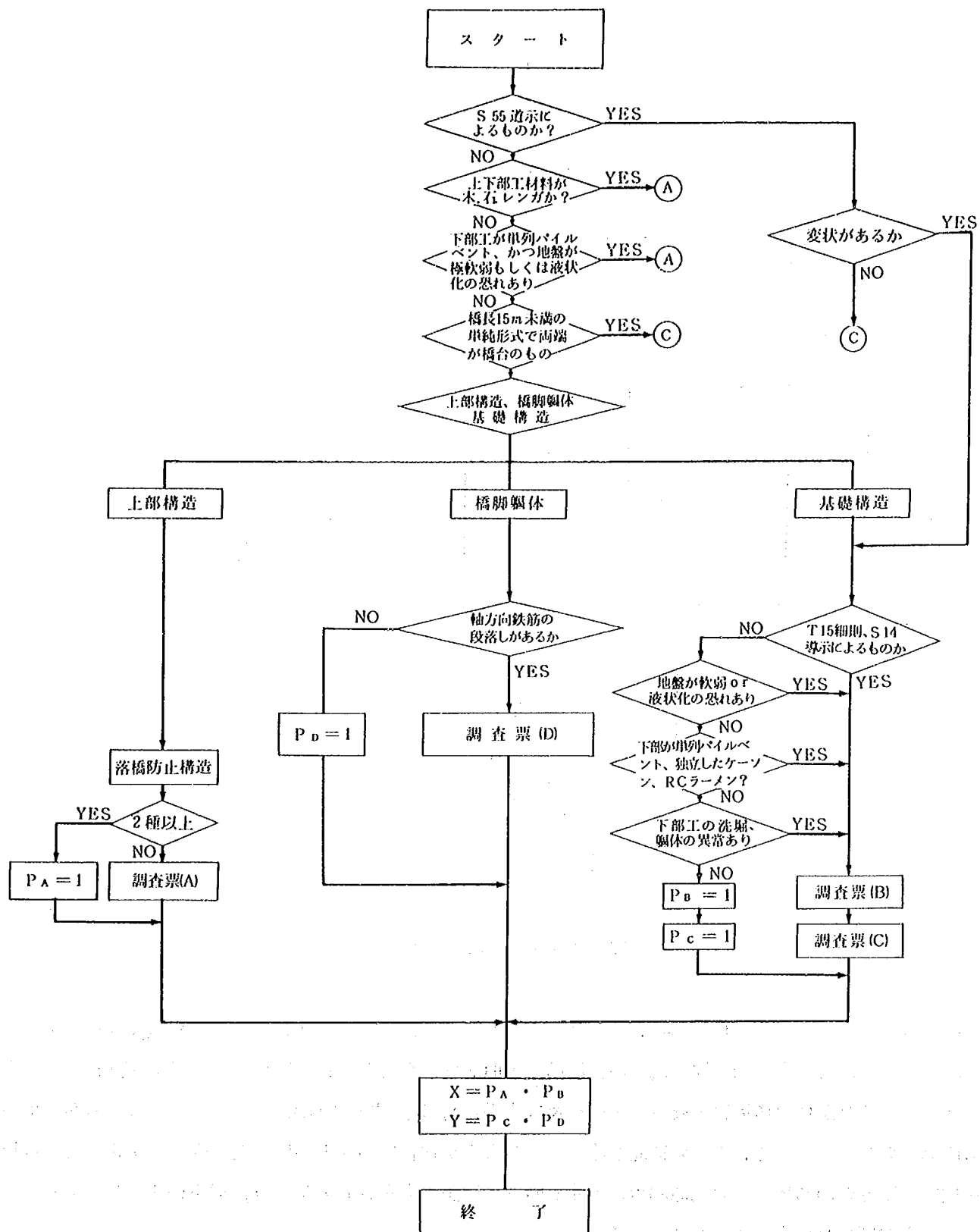


図-2.5.2 1次判定フロー

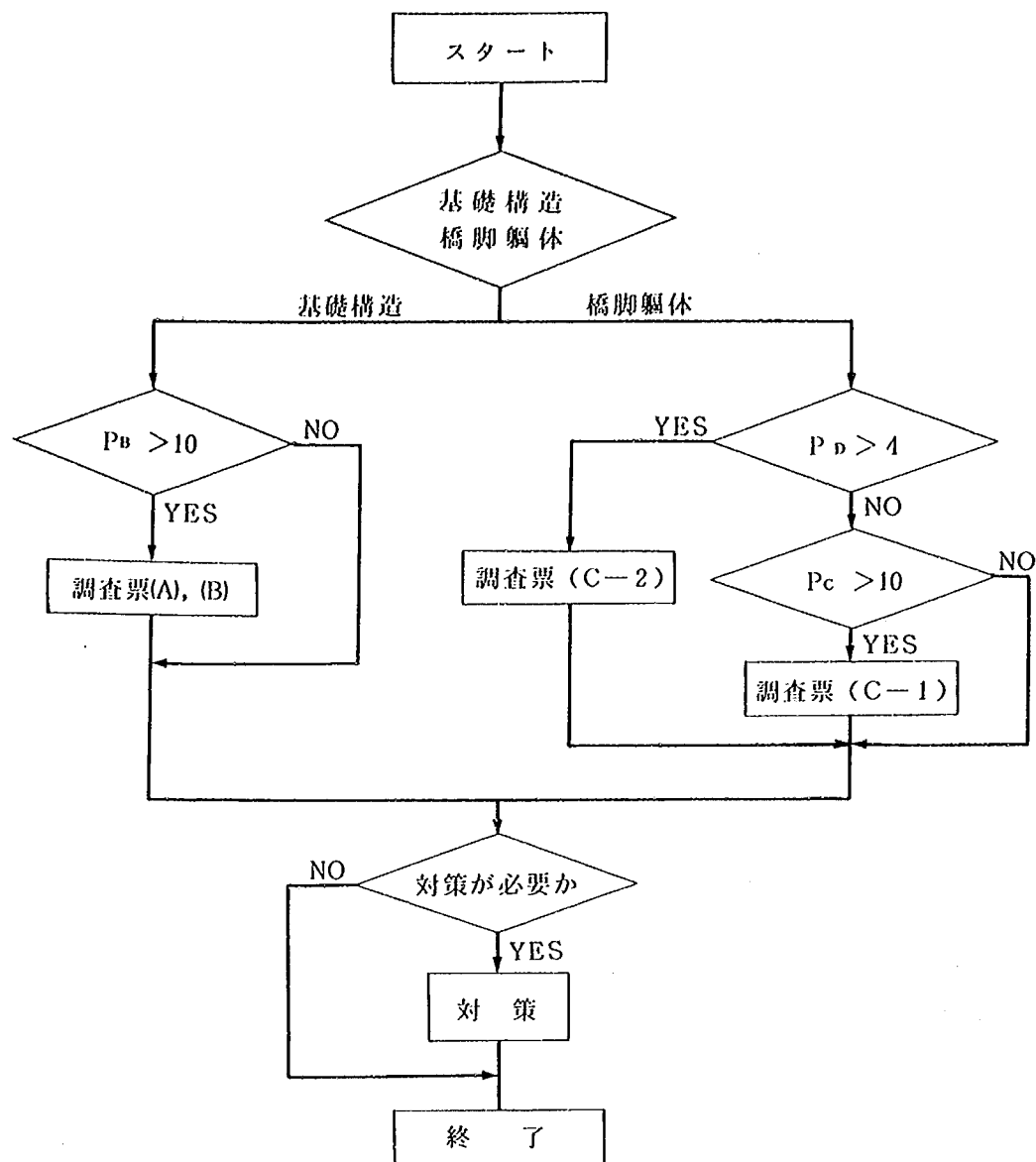
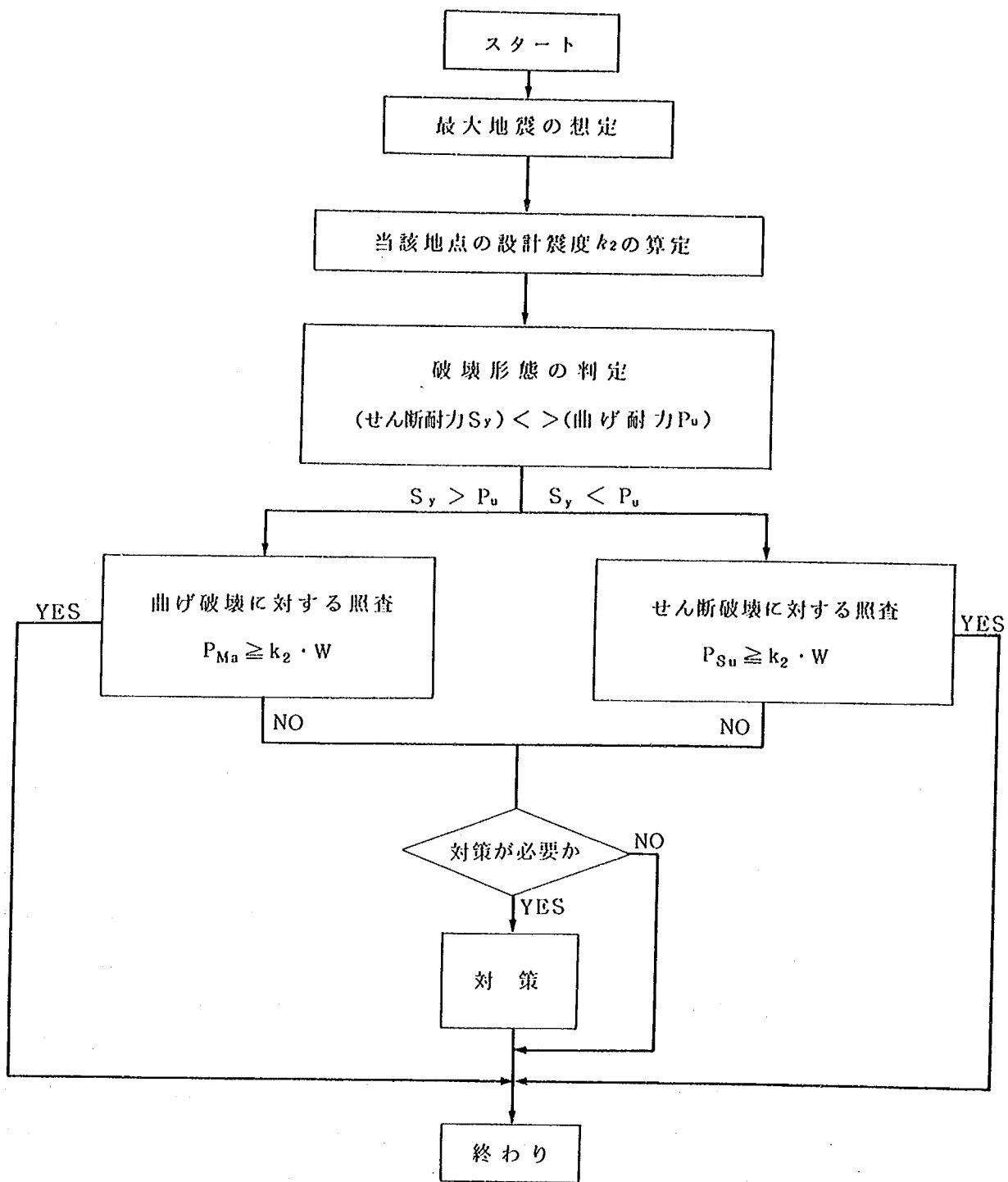


図- 2.5.3 2次判定フロー

る地域区分によって、A、B、Cの3つに区分することとした。重要度ランクは、同耐震設計編に示されるように、1) 必要度（橋が地震後の救援活動、復旧活動に必要とされる度合）、2) 迷惑度（橋が被害を受けた時、それが他の構造物・施設に影響を及ぼす場合）、3) 代替性（橋が機能を失った時、直ちに他の構造物・施設によってそれまでの機能を維持できるような代替物の充実の度合）、4) 機能回復の難易（橋が被害を受けたのちに、その機能回復に要する時間・費用の大きさ）の基づき、以下のように定めた。ここで、重要度の高い方がAランクである。

- Aランク：① 高速自動車国道，一般国道，主要地方道等主要幹線道路における橋
 ② 一日交通量が1,000台以上の道路における橋
 ③ 幹線道路，幹線鉄道，重要な水路などの重要な施設を跨ぐ橋
 ④ 近くに迂回路のない橋



図－2.5.4 3次判定フロー

⑤ 落橋した場合に著しく復旧が困難な橋

⑥ 避難路・緊急輸送路に指定された道路における橋

Bランク：上記①～⑥以外の橋

2) 二次評価法

二次評価法は、建設省の耐震点検法を基本として、図－2.5.3のフローに基づき、表－2.5.2の調査票の詳細検討を実施することとした。検討項目は、(A)飽和砂質地盤の液状化による影響、(B)基礎杭の支持力、

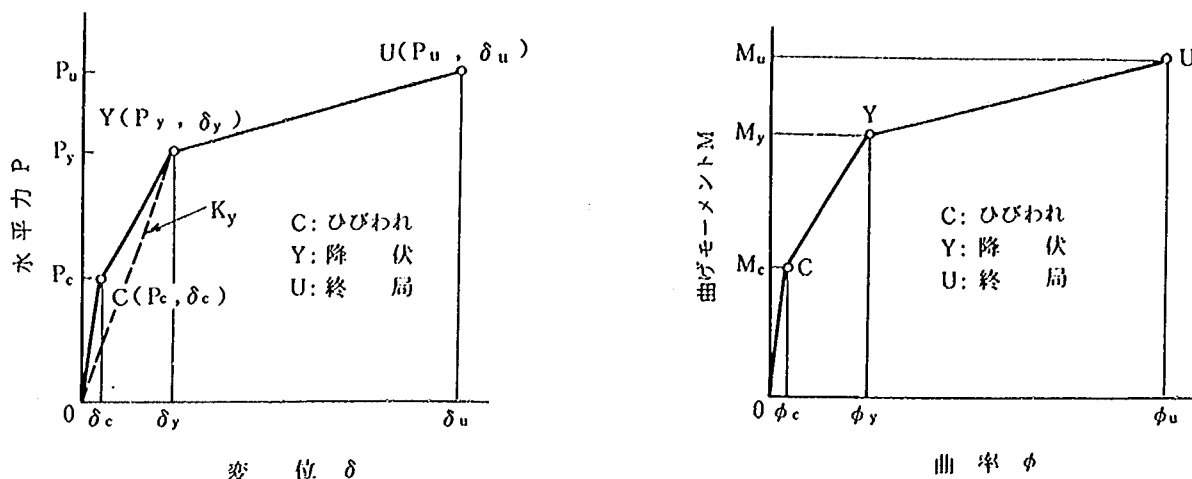


図-2.5.5 鉄筋コンクリート橋脚の水平力～変位及び
曲げモーメント～曲率の関係

(C)橋脚の強度の3項目であり、これらについて詳細な検討を行ってその安全性をチェックするものである。(A)～(C)1)の計算方法については、同耐震点検法に準ずるものとし、(C)2)については、せん断スパン比 h/D が2以上の場合に主鉄筋段落し部の降伏強度に対する安全度あるいはせん断応力度により判定するものとした。

3) 大地震に対する耐震判定法

昭和61年度の調査結果で示したように、宮城県沖地震、浦河沖地震等近年の地震においては、RC橋脚に大規模な亀裂、剝離、主鉄筋の座屈、破断等の被害が相次いで生じている。

このため、従来被害事例の多い鉄筋コンクリート橋脚に対して、大地震時に落橋等の致命的な被害を受ける可能性を判定する方法を示したものである。既往の鉄筋コンクリート橋脚の被災の特徴及び模型実験結果によれば、その被害形態は地震時に発揮しうる曲げ変形性能の程度に応じて、引張鉄筋降伏後のねばりが期待しやすい曲げ破壊が先行する場合は、ぜい性的なせん断破壊が先行する場合とがある。このため、ここでは、まず曲げ破壊が先行するか、あるいはせん断破壊が先行するかをそれぞれの耐力を比較することにより判定して、破壊形態に応じて耐震性の判定を行うものとした。図-2.5.4は、大地震に対する耐震性の判定フローを示したものである。ここで、たとえばせん断破壊に対する照査により耐震性が確保できないと判定された場合には、想定した最悪の地震力に対してせん断破壊が生じないように鉄筋コンクリート巻立て等により橋脚断面を増加させて橋脚のせん断耐力を増加させてもよいし、曲げ破壊に対する照査が確保されている場合には、せん断耐力を曲げ耐力に見合うだけ大きくして、せん断破壊が曲げ破壊に先行しないように補強してもよい。

耐震性の照査は、以下のように行うものとした。

a) 当該地点の最大震度 k_2 の算定

当該地点で想定される最大の地震動に相当する震度 k_2 は、土木研究所で開発された地震動の距離減衰式を基本として定めることとした。橋の固有周期を T 秒、減衰定数を h とした場合には、水平震度 k_2 は加速度応答スペクトル $S_A(T, h)$ により次式で求めることとする。

表-2.5.1 1次判定用調査票

(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連以上の連続桁	1.0 上路・中路アーチ・ラーメン, 1連の連続桁斜張橋, 吊橋
	③ 縦断勾配	1.2 6%以上	1.0 6%未満	
	④ 落橋防止構造	2.0 なし	1.0 1種類	
	$P_A = ① \times ② \times ③ \times ④$	$P_A =$		
(B) 下部工の変形	⑤ 下部構造形式	2.0 単列バイルベント	1.0 その他	
	⑥ 橋脚高さ	2.0 10m以上	1.5 5m以上10m未満	1.0 5m未満
	⑦ 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
	⑧ 液状化の影響	2.0 あり	1.0 なし	
	⑨ 支持地盤	1.2 不均一	1.0 均一	
	⑩ 洗掘	1.5 あり	1.0 なし	
(C) 下部工の強度・変状	$P_B = ⑤ \times ⑥ \times ⑦ \times ⑧ \times ⑨ \times ⑩$	$P_B =$		
	⑪ 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
	⑫ 躯体の異常	5.0 重大な欠陥あり	2.0 軽微なもの	1.0 なし
	⑬ 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・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	
	⑭ 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・ベデスカル杭・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
	⑮ 下部構造形式	1.0 RCラーメン	1.0 その他	
(D) 主鉄筋脱落し部の強度	⑯ 基礎の異常	2.0 あり	1.0 なし	
	$P_C = ⑪ \times ⑫ \times ⑬ \times ⑭ \times ⑮ \times ⑯$	$P_C =$		
	⑰ せん断スパン比(h/D)	2.0 $h/D \geq 2$	1.0 $h/D < 2$	
	⑱ 上部構造形式	2.0 連続橋	1.0 その他	
評価点	⑲ 躯体形式	2.0 単独柱RC橋脚	1.0 その他	
	⑳ 躯体断面	2.0 円形断面	1.5 辺比1:4以内の矩形断面	1.0 その他
評価点		$X = P_A \cdot P_B \quad Y = P_C \cdot P_D$		

表-2.5.2 2次判定用調査票

(A)	飽和砂質地盤の 液状化による影響	F _L の値が0.6以下の砂質層の総厚(H _L) ; (H _L = m)	
		液状化による基礎工への影響有 { 直接基礎: H _L > 5 m (はい, いいえ) ケーソン基礎及び杭基礎: H _L > 1/2 × (ケーソン長もしくは杭長) (はい, いいえ) 杭長等が不明の場合: H _L > 10 m (はい, いいえ) その他資料により液状化の影響有りと判断 (はい, いいえ) }	
(B)	基礎杭の支持力	支持杭	良い (安全率 1.5 以上), 悪い (安全率 1.5 未満)
		摩擦杭	良い (安全率 1.5 以上), 悪い (安全率 1.5 未満)
(C)	橋	1) 橋脚躯体の強度	良い (A・B 領域) 悪い (C 領域)
		2) 鉄筋コンクリート橋脚における主鉄筋段落し部の強度	せん断スパン比 (h/D) (h/D ≤ 2, h/D > 2)
	脚	主鉄筋段落し部の降伏強度に対する安全度 (1.2 以上, 1.2 未満)	
		せん断応力度 (36 t/m ² 未満, 36 t/m ² 以上)	

表-2.5.3 1次判定結果の評価

ラ ン ク	評 価	
	X	Y
A	60 以上	20 以上
B	20 以上 60 未満	10 以上 20 未満
C	20 未満	10 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。

$$k_2 = C_1 \cdot S_A(T, h) / G \quad (1)$$

ここで, C₁ は, 道路橋示方書耐震設計編に規定される重要度別補正係数を, また, G は, 重力加速度をそれぞれ表す。また, 加速度応答スペクトル S_A(T, h) は, 当該地点で想定される地震の規模 (マグニチュード M), 震央距離 A [km], 及び地盤種別 GC を与えることにより, 次式により概算することができる。

$$S_A(T, h) = \{1.5 / (40h + 1) + 0.5\} \times \{a(T, GC) \times 10^{b(T, GC)M} \times (A + 30)^{-1.178}\} \quad (2)$$

ここで, 係数 a(T, GC), b(T, GC) は, 固有周期 T, 地盤種別 GC ごとに与えられる係数である。また, 一般の道路橋では, 固有周期 T 及び減衰定数 h は次式により算出することができる。

$$T = 2\pi \sqrt{(W / GK_y)} \quad (3)$$

$$h = 0.04 / T \quad (4)$$

ここで、 W 及び K_y は、それぞれ、橋脚を1自由度系に近似した時の重量（上部工重量+0.3×躯体重量）及び図-2.5.5に示す降伏剛性である。

b) 破壊形態の判定

終局曲げ耐力 P_u とせん断耐力 S_y を比較することにより曲げ破壊が先行するか、あるいはせん断破壊が先行するかの破壊形態の判定を行う。すなわち、

$$P_u < S_y \quad \cdots \cdots \cdots \text{曲げ破壊が先行} \quad (5)$$

$$P_u \geq S_y \quad \cdots \cdots \cdots \text{せん断破壊が先行}$$

ここで、 P_u 、 S_y はそれぞれ終局曲げ耐力及びせん断耐力を示し、以下のように算出する。

① 終局曲げ耐力 P_u

鉄筋コンクリート橋脚が橋脚基部で固定され、上部構造慣性力の作用位置に水平力が作用したときの水平力 P と変位 δ の関係は、一般に図-2.5.5に示ようになる。ここで、降伏耐力 P_y 及び降伏変位 δ_y とは、橋脚の軸方向鉄筋が降伏するときの慣性力作用位置における水平力及び変位を、また、終局曲げ耐力 P_u 及び終局変位 δ_u は、コンクリートが圧縮側の最外縁において終局ひずみ ϵ_c に達する時の慣性力作用位置における水平力及び変位を示す。これらの耐力及び変位は、道路橋示方書耐震設計編「地震時変形性能の照査方法」に示される方法により求めるものとする。ただし、ここでコンクリートの応力度～ひずみ曲線の関係において、コンクリートの降伏強度に設計基準強度 σ_{ck} が用いられていたが、同コンクリート橋編に従い、 $0.85 \sigma_{ck}$ を用いるものとする。

② せん断耐力 S_y

せん断耐力の算定は、土木学会コンクリート標準示方書に従い、コンクリートが負担する部分とせん断補強筋が負担する部分に分けて、せん断耐力を算出し、コンクリートが負担するせん断耐力には鉄筋コンクリート断面の有効高さ、軸方向鉄筋量及び軸力の影響を考慮するものとした。ただし、コンクリートが負担する部分に対する安全係数1.3、せん断補強筋が負担する部分に対する安全係数1.15は、終局状態の照査を行うという意味からこれらの安全係数は考慮しないものとする。

c) 大地震に対する耐震性の判定

想定する大地震に対する鉄筋コンクリート橋脚の耐震性は次式が満足される場合に確保されると判断する。

$$P_a > k_2 W \quad (5)$$

ここで、 P_a は鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有耐力を示し、破壊形態としてせん断破壊が先行すると判断された場合には、b)に示したせん断耐力 S_y を、曲げ破壊が先行すると判断された場合には次式を用いるものとする。

$$P_a = P_y + (P_u - P_y) / \alpha \quad (6)$$

ここで、

P_a : 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有耐力

P_y : b)に示した鉄筋コンクリート橋脚の降伏耐力

P_u : b)に示した鉄筋コンクリート橋脚の終局耐力

α : 安全係数(1.5とする)

(3) 耐震性評価法に関するまとめ及び今後の検討課題

(2)に示したように道路橋の耐震性判定法として、各判定項目の点数の積による簡易な一次評価法、詳細な計算を含む二次評価法、さらに大地震に対するRC橋脚の耐震性判定法を示した。一次評価法については、昭和61年度の被害分析結果等に基づいており、ある程度の精度が期待される。また、二次評価法は詳細な計算を実施することから十分な精度を有していると考えられる。RC橋脚の大地震に対する耐震性判定法は、現行の道路橋示方書耐震設計編に示されている地震時変形性能の照査を地震時保有耐力の照査としてまとめなおしたものである。

2.5.3 耐震補強法に関する検討

(1) 昭和54年耐震点検に基づく耐震補強事例調査結果

耐震性の相対的に低い道路橋に対する補強法の選定法及び補強設計法の開発を目的として、昭和54年耐震点検に基づき耐震補強が実施された主として直轄橋の対策事例を収集分析した。収集した資料は、耐震点検票、対策工法選定表、対策工法設計計算書及び図面である。対策実施橋は、上部工については移動制限装置及び落橋防止装置に対する対策例が中心で計2,251橋、下部工については地盤、基礎、及び橋脚躯体に対する対策例で計120橋である。なお、これ以外にも多数の橋で耐震対策が実施されているが、設計計算書、図面等が入手できなかったために、今回の解析には含めていない。上部構造及び下部構造ごとに対策工法の特徴を以下に示す。

1) 上部構造

昭和54年耐震点検では、上部工に関しては支承部の変状及び支承部の耐震装置（移動制限装置及び落橋防止構造）の2項目について点検し、異常あるいは不備のある場合に対策を行うものとされている。支承部の耐震装置に関して、対策が行われた橋は合計2,251橋であり、この内訳は鋼橋が1,299橋、RC橋が589橋、PC橋が317橋、上部工種別不明が84橋である。支承部の耐震装置を構造別に分類し、これらを地方建設局別に集計すると表-2.5.4のようになる。ここで、a～fは落橋防止構造の分類で以下による（図-2.5.6参照）。

(a) 桁と下部構造の連結（移動制限装置）

(b) けたまたは下部構造に突起を設ける構造（移動制限装置）

(b-1) 鉄筋コンクリート打設

(b-2) 鋼製ブラケット設置

(b-3) その他

(c) けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さ（落橋防止構造）

(c-1) 鉄筋コンクリート打設

(c-2) 鋼製ブラケット設置

(c-3) 鋼棒により鉄筋コンクリート、鋼製ブラケット、プレキャストブロックを固定した場合

(d) 2連のけたを相互に連結する構造（落橋防止装置）

(d-1) 横桁の連結

- (d-2) 鋼棒・鋼線による連結
- (d-3) ピンによる連結
- (d-4) チェーンによる連結
- (d-5) リンクによる連結
- (d-6) タイバーによる連結
- (e) けたまたは下部構造に突起を設ける構造（落橋防止装置）
- (f) けたと下部構造を連結する構造（落橋防止装置）
 - (e-1) 鋼棒・鋼線による連結
 - (e-2) 鋼板・その他による連結

各構造種別ごとに支承部の耐震装置の使用頻度を示すと図-2.5.7のようになり、この中の個々の構造を上記の分類に従って仕別すると図-2.5.8のようになる。さらに上部工種別ごとに示した結果が図-2.5.9である。支承の耐震装置として選定される工法は各地方建設局等ごとに様ではないが、全体としては次のような点が指摘される。

1) 落橋防止構造としては、けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さの確保が49%と一番多く、以下、移動制限装置が30%、落橋防止装置が21%となっている。

2) 移動制限装置としては、(a)けたと下部構造を連結する構造が全体の23.4%であり、残り76.6%が(b)けたまたは下部構造に突起を設ける構造となっている。後者の中では、(b-3)その他（主桁フランジに鋼板もしくは突起を設ける構造等）が37%と一番多く使用されている。

3) 落橋防止装置の中では、(d)2連けたを相互に連結する構造が一番多く、以下、(f)けたと下部構造を連結する構造、(e)けたまたは下部構造に突起を設ける構造の順となっている。

4) (c)けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さを確保する工法の中では、(c-1)鉄筋コンクリート打設が95%と大部分を占めている。

5) (d)2連けたを相互に連結する構造の中では、(d-3)ピンによる連結が39%と最も多く、以下、(d-6)タイバーによる連結（12%）、(d-2)鋼棒・鋼線による連結（9%）、(d-4)チェーンによる連結（3%）の順となっている。

6) (f)けたと下部構造を連結する構造の中では、(f-2)鋼板・その他による連結が93%と大部分を占めている。

落橋防止構造を上部構造種別によって分類すると以下のようなようになる。

1) 移動制限装置については、鋼橋では、(a)けたと下部構造を連結する構造、(b-3)その他（主桁フランジに鋼板もしくは突起を設ける構造等）の施工例が多いのに対し、コンクリート橋では、(b-2)鉄筋コンクリート打設の施工例が多い。

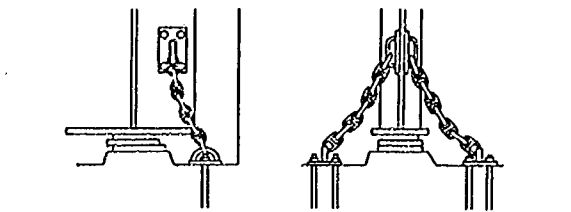
2) (c)けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さ、及び(e)けたまたは下部構造に突起を設ける構造（落橋防止装置）は、上部工種別によりその工法の選定に大きな違いがない。

3) (d)2連けたを相互に連結する構造については、鋼橋では、(d-3)ピンによる連結、(d-5)リンクによる連結、及び(d-6)タイバーによる連結が多いのに対して、コンクリート橋では(d-1)横桁の連結の施工例が多い。

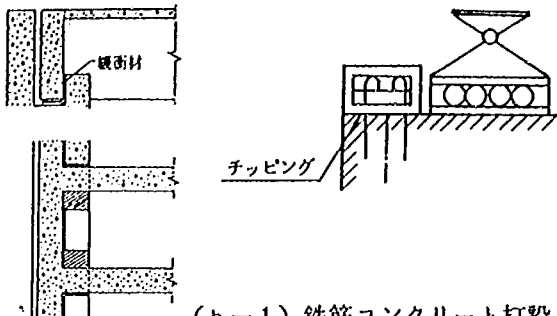
表-2.5.4 落橋防止構造の構造タイプ別橋数

地 方 建設局等	構 造 タイプ	移 動 制 限 装 置			(c) 桁端から下部構造頂部 線端までの桁の長さ			落 橋 防 止 装 置								計		
		(a) 桁と下部構 造を連結す る構造	(b) 桁または下部構造に突起を設 ける構造			(c-1) 鉄筋コンク リート打設	(c-2) 鋼製ブラケ ット設置	(c-3) 鋼構による 固 定	(d) 2 連の桁を相互に連結する構造						(e) 桁または下 部構造に突 起を設ける 構 造		(f) 桁と下部構造を連結 する構造	
			(b-1) 鉄筋コンク ート打設	(b-2) 鋼製ブラケ ット設置	(b-3) そ の 他				(d-1) 横桁の連結	(d-2) 鋼格・鋼線 による連結	(d-3) ピンによる 連 結	(d-4) チェーンに よる連結	(d-5) リンクによ る連結	(d-6) タイバーに よる連結			(f-1) 鋼線・鋼棒 による連結	(f-2) 鋼板・その 他による連結
北 海 道		65	44	6	14	433	17	0	20	15	45	2	3	3	1	4	54	726
東 北		109	58	11	20	236	0	0	11	3	15	0	48	8	0	0	29	548
関 東		16	34	5	32	146	5	2	6	4	39	1	0	3	27	3	10	333
北 陸		0	4	4	21	27	1	3	5	0	10	0	0	4	11	2	26	118
中 部		41	33	48	85	187	10	0	4	6	11	0	0	23	0	0	10	458
近 畿		0	48	19	67	162	28	3	7	2	20	5	1	18	31	3	12	426
中 国		0	3	3	28	73	6	0	8	3	2	0	0	13	1	0	1	141
四 国		1	13	6	95	105	2	0	4	1	6	5	0	12	8	0	10	268
九 州		0	51	0	2	152	2	2	6	4	15	0	0	0	15	0	2	251
沖 縄		0	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
計	232	292	102	364	1,528	71	10	71	38	163	13	52	84	94	12	154	3,280	
		758			1,609			421							166			

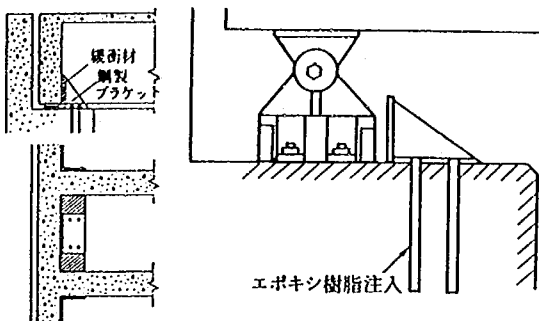
注) 同一橋で数タイプの構造を施工している場合もあるため、調査橋 2,251 橋と合計値 3,280 橋は一致していない。



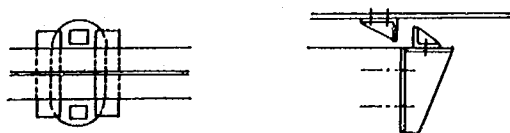
(a) 桁と下部構造を連結する構造（移動制限装置）



(b-1) 鉄筋コンクリート打設

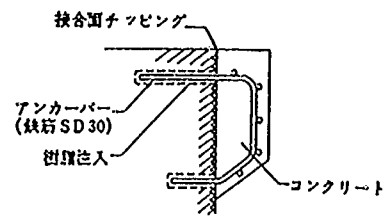


(b-2) 鋼製ブラケット設置

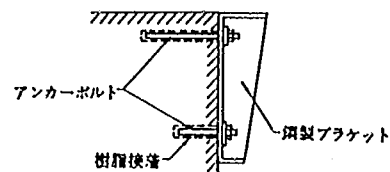


(b-3) その他（主桁下フランジに鋼板もしくは突起の設置）

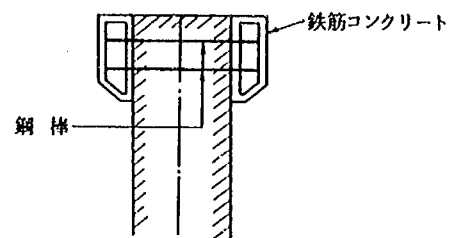
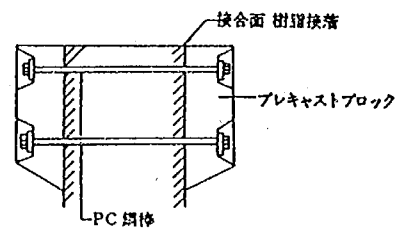
(b) 桁または下部構造に突起を設ける構造（移動制限装置）



(c-1) 鉄筋コンクリート打設



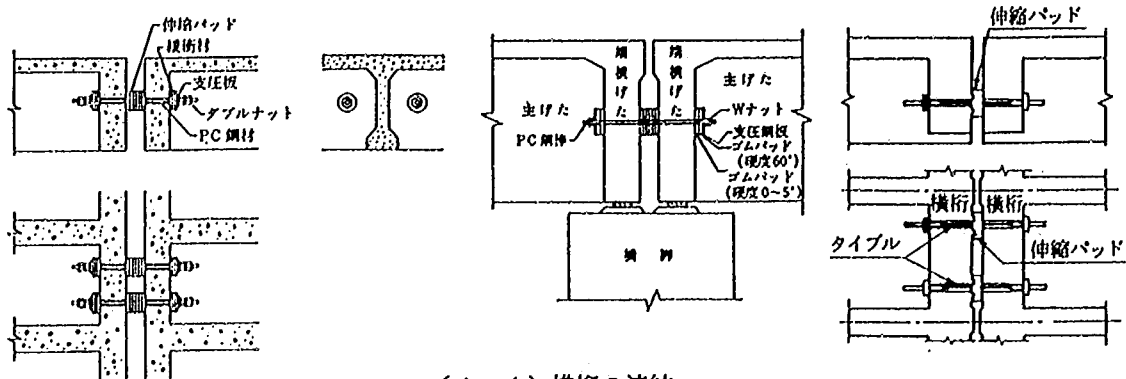
(c-2) 鋼製ブラケット設置



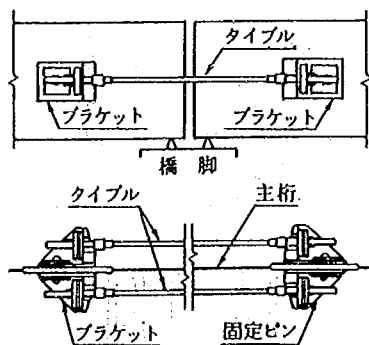
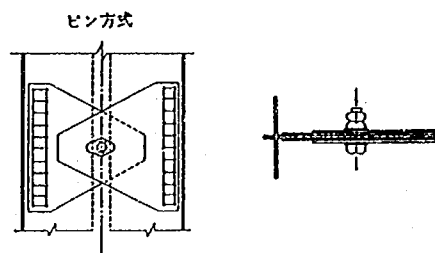
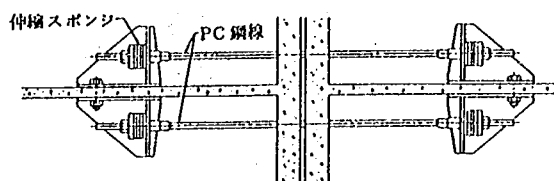
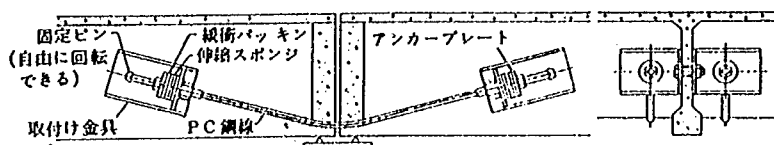
(c-3) 鋼棒により鉄筋コンクリート、鋼製ブラケット、プレキャストブロックを固定した場合

(c) 桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さ（落橋防止構造）

図-2.5.6(1) 各種の落橋防止構造図

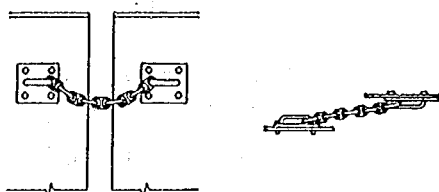


(d-1) 横桁の連結

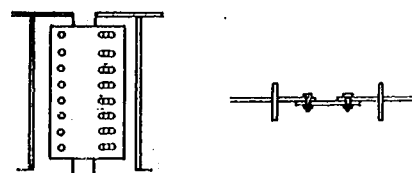


(d-2) 鋼棒・鋼線による連結

チェーン方式(けたのずれがある場合)

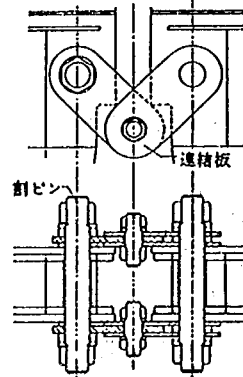


(d-4) チェーンによる連結



(d-3) ピンによる連結

リンク方式(伸縮量の大きい場合)



(d-5) リンクによる連結

(d) 2連の桁を相互に連結する構造 (落橋防止装置)

図-2.5.6(2) 各種の落橋防止構造図

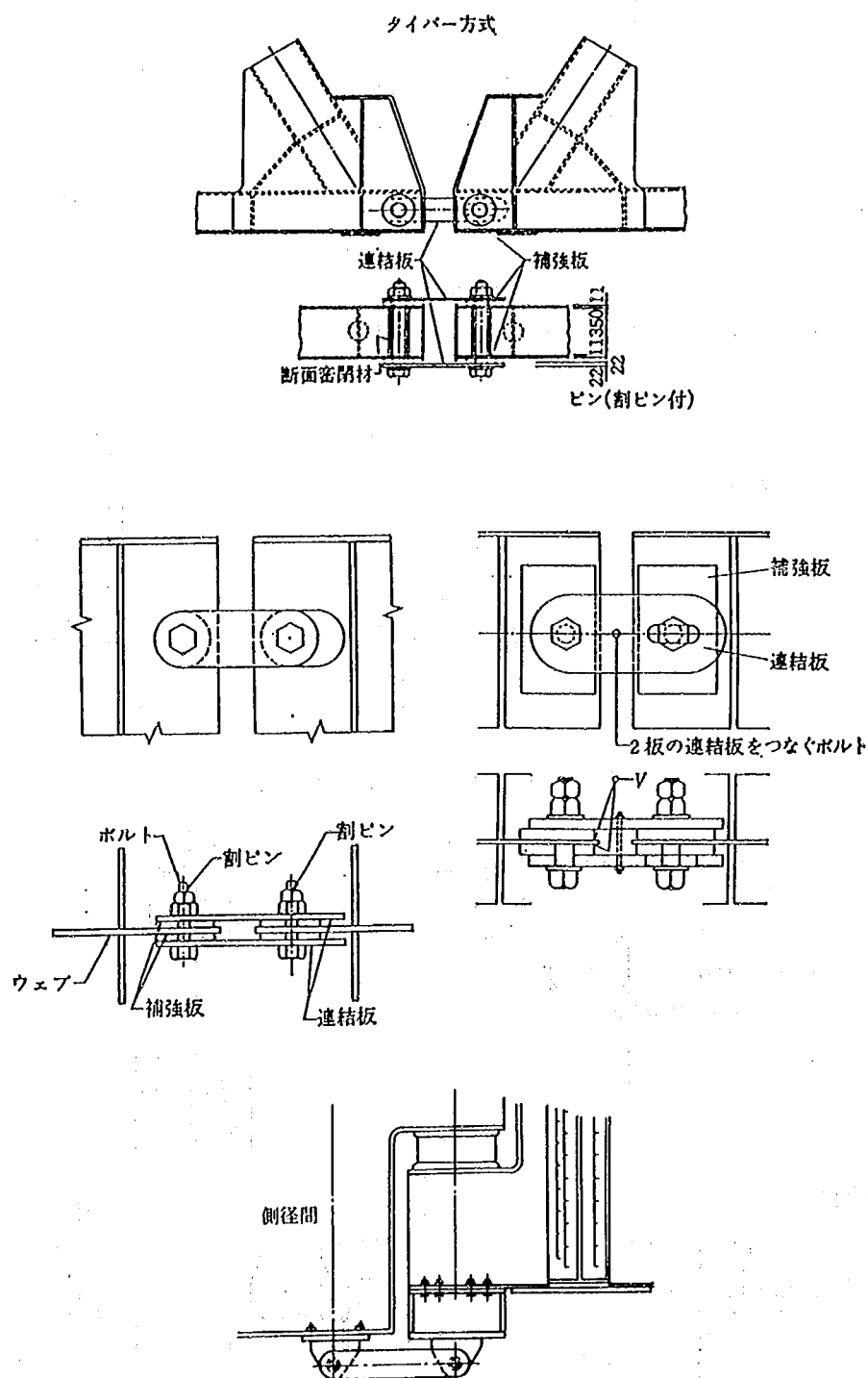
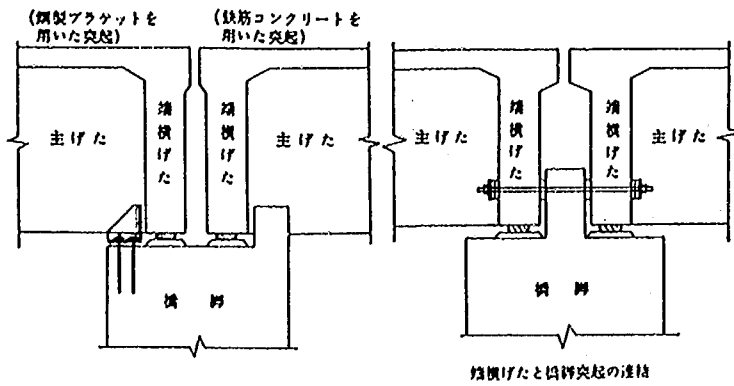
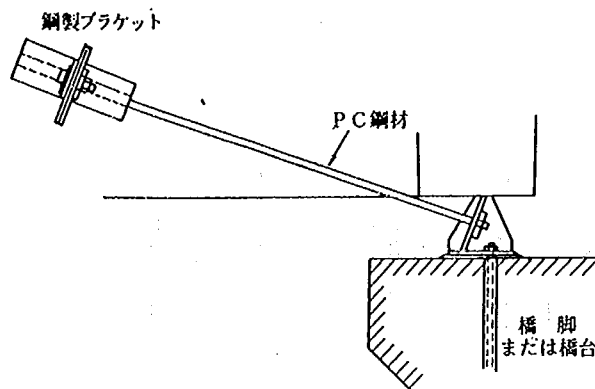


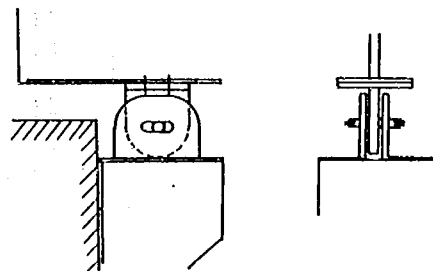
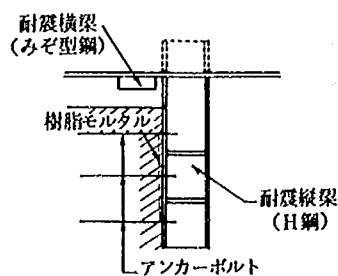
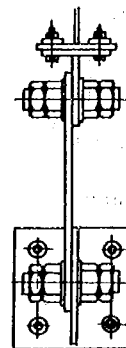
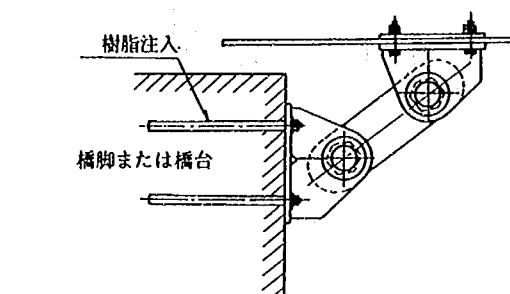
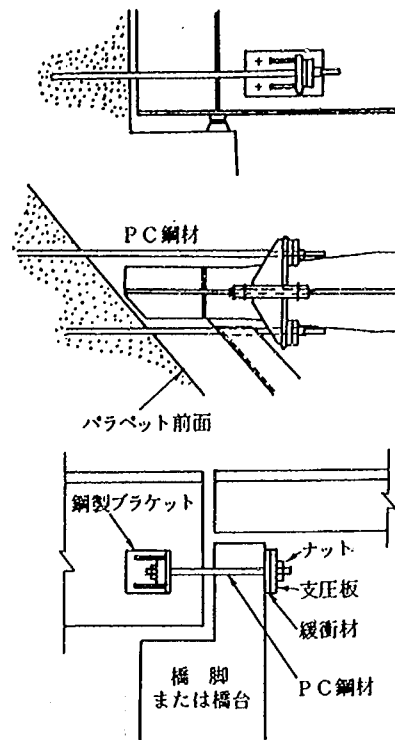
図-2.5.6(3) 各種の落橋防止構造図



(e) けたまたは下部構造に突起を設ける構造（落橋防止装置）



(f-1) 鋼線・鋼棒による連結



(f-2) 鋼板その他による連結

(f) けたと下部構造を連結する構造（落橋防止装置）

図一 2.5.6 (4) 各種の落橋防止構造図

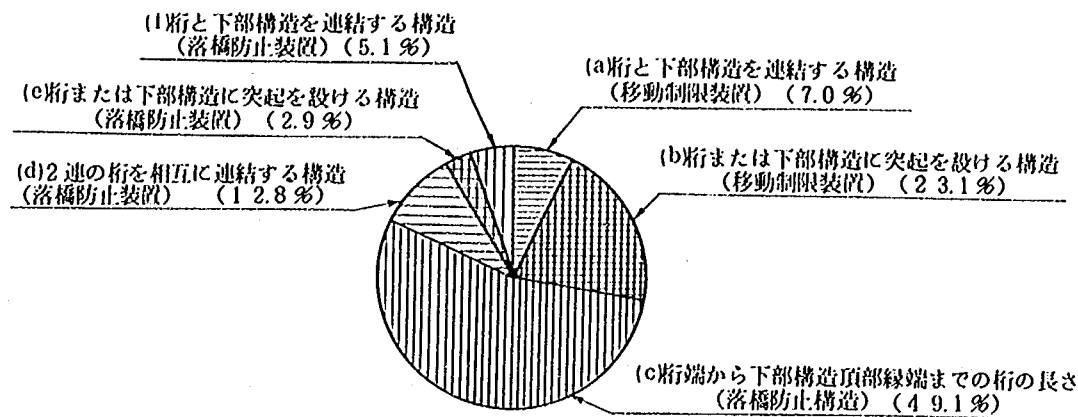


図-2.5.7 落橋防止構造の各タイプ別の割合

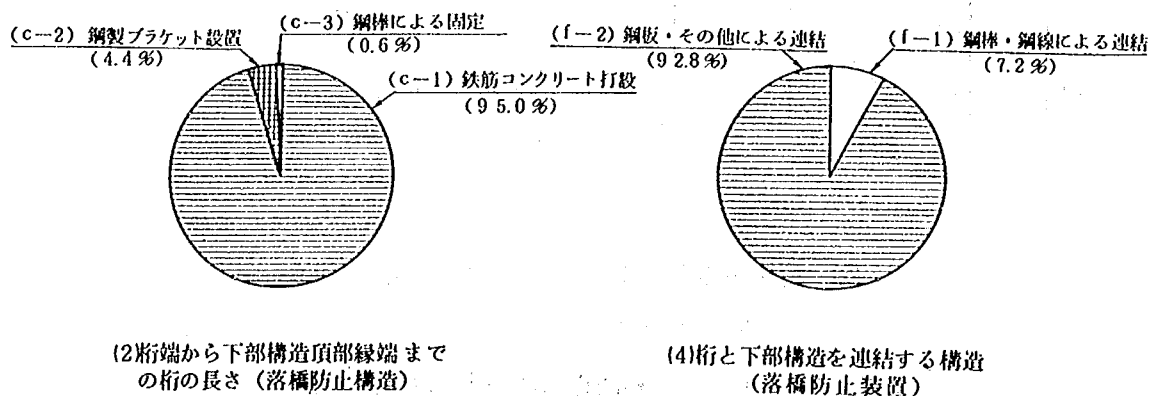
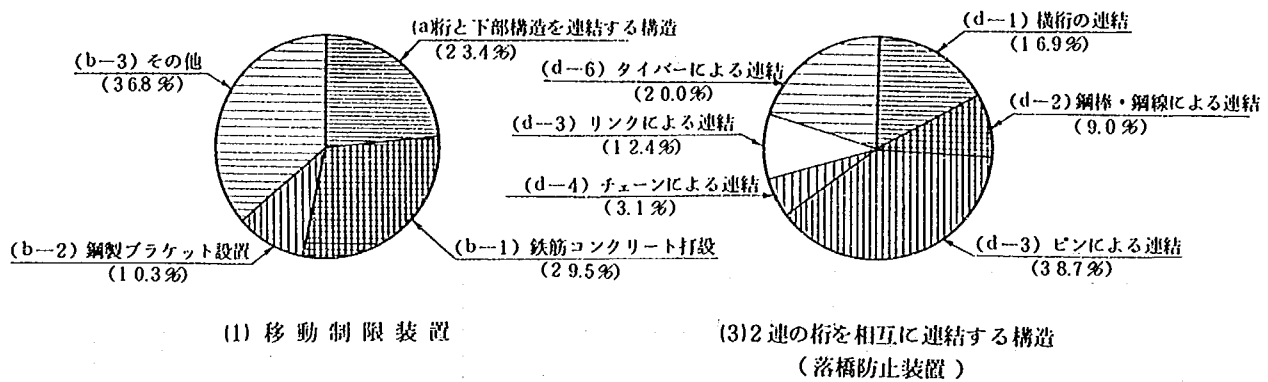
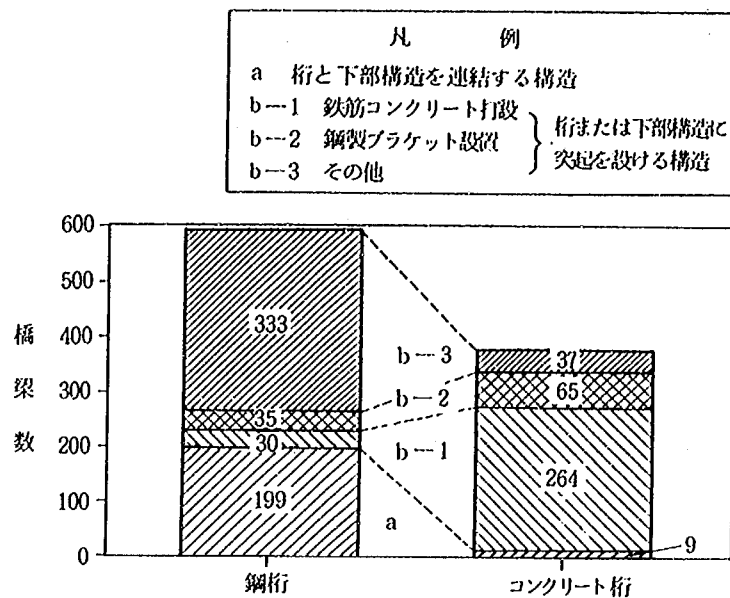
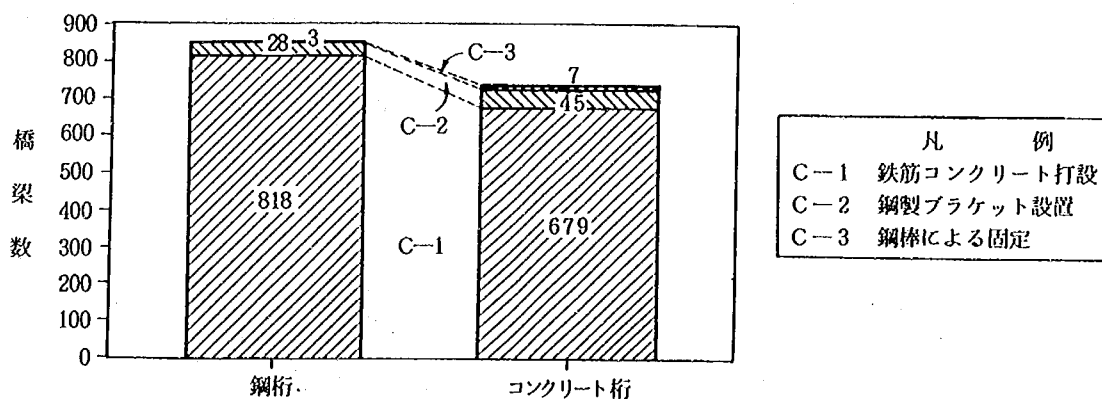


図-2.5.8 落橋防止装置の各タイプ別の細目

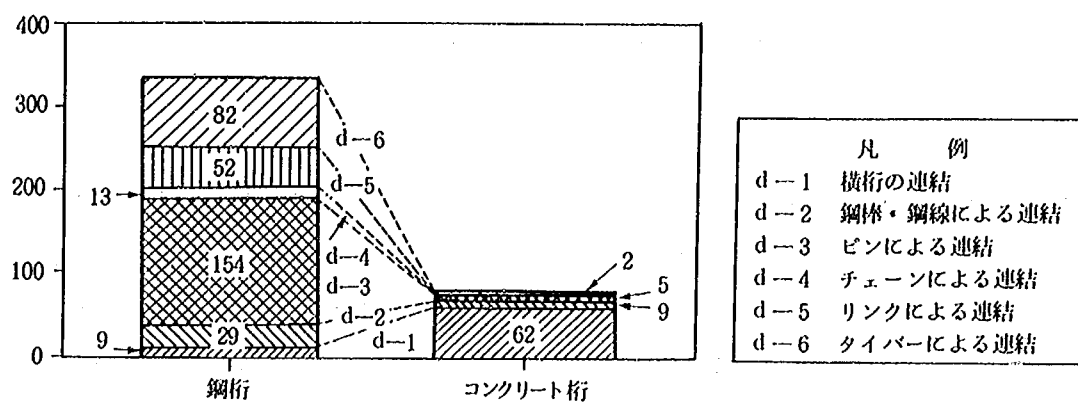


(1) 移動制限装置

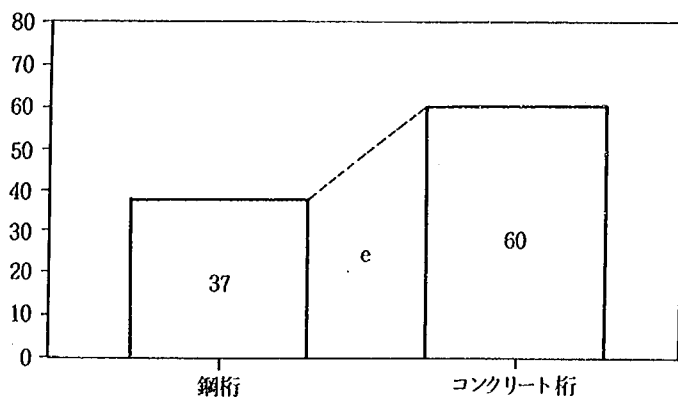


(2) 桁端から下部構造頂部縁端までの桁の張さ
(落橋防止構造)

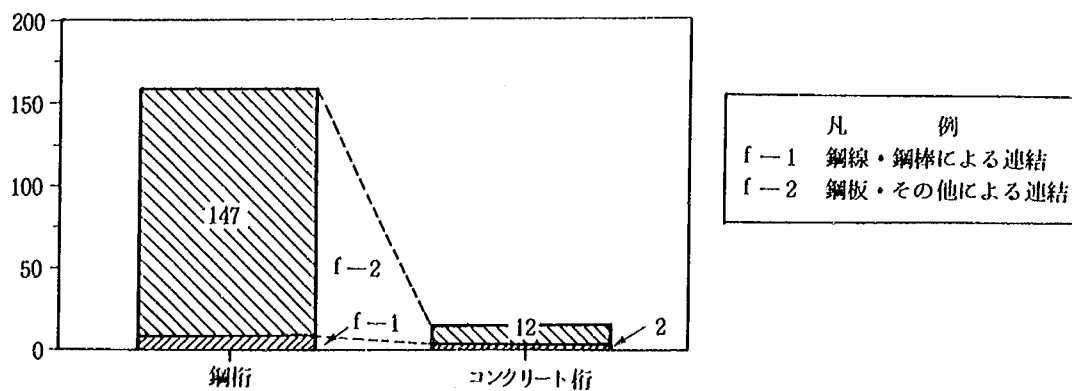
図-2.5.9 (1) 落橋防止構造の上部構造別集計



(3) 2連の桁を相互に連結する構造 (落橋防止装置)



(4) 桁または下部構造に突起を設ける構造 (落橋防止装置)



(5) 桁と下部構造を連結する構造 (落橋防止装置)

図-2.5.9 (2) 落橋防止構造の上部構造別集計

4) (f)けたと下部構造を連結する構造は、コンクリート橋に対する施工例は非常に少なく、大部分が鋼橋の場合に採用されている。鋼橋の場合では、(f-2)鋼板・その他による連結が鋼橋に対して非常に多く施工されている。

2) 下部構造

昭和54年耐震点検においては、下部構造については飽和砂質土の層厚、土の支持力、橋脚躯体の強度、基礎杭の支持力、基礎の形式別の耐震性、下部工の変状の6項目を検討することとされている。対策実施橋120橋をこれらの項目ごとに分類して、どのような対策工法が採用されているかを示した結果が表-2.5.5である。これによれば、対策件数が少なく、対策工法の頻度がはっきりしないものもあるが、頻度の高い対策工法を挙げると以下のようなになる。

- 1) 土の支持力：フーチング拡大もしくは増し杭
- 2) 躯体の強度：RC巻立て
- 3) 杭の支持力：アースアンカーもしくは増し杭
- 4) パイルベント：増し杭もしくはRC巻立て
- 5) 独立ケーソン：繋ぎ梁
- 6) RCラーメン：耐震壁もしくはRC巻立て
- 7) 洗掘：ブロック工、コンクリート打設、フトン籠

表- 2.5.5 下部工の耐震補強に採用された工法

点 検 項 目			対 策 工 法	橋 梁 数
地 盤	飽 和 砂 質 土		増 し 杭 橋 台 拡 幅	1 2
	土 の 支 持 力		フ ー チ ン グ 拡 大 増 し ア ン カ ア ー ス ア ン カ 支 え 棒	3 2 1 1
下 部 工	軀 体 の 強 度		R C 巻 き 立 て R C 巻 き 立 て (壁 式) 枕 梁	5 2 1
	杭 の 支 持 力		増 し 杭 ア ー ス ア ン カ 生 石 灰 パ イ ル イ ン バ ー ト 繋 ぎ 梁 コンクリートカウ ン タ ー フ ー チ ン グ 拡 大 P C ウ ェ ル	2 4 1 1 1 1 1 1
	基 礎 形 式	パ イ ル ベ ン ト	増 し 杭 地 中 巻 立 R C 板 剛 鋼 板 ア ン カ ア ー ス ア ン カ	5 2 3 1 1
		独 立 ケ ー ソ ン	繋 ぎ 梁 補 強 フ ー チ ン 耐 震 壁	5 2 2
		R C ラ ー メ ン	耐 震 壁 R C 巻 き 立 て	18 4
		無 筋 コ ン ク リ ー ト	R C 巻 き 立 て	1
	基 礎 の 変 状	洗 掘	ブ ロ ッ ト 打 設 コ ン ク リ ー ト 籠 フ ー チ ン グ 拡 大 鋼 矢 張 籠 蛇 だ 沈 床 粗 ケ ー ソ ン 補 強	23 7 4 3 2 1 1 1
		基 礎 の 変 位	R C 巻 き 立 て	2
		軀 体 の 異 常	R C 巻 き 立 て 樹 脂 注 入	1 1

(2) 耐震補強工法の設計法の比較及び工法選定フローの検討

耐震補強工法の選定フロー及び設計法を確立していくためには、各工法の設計項目及びその特徴を把握する必要がある。このため、今年度は上部工（落橋防止構造）及び下部工に分けて54年耐震点検に基づく耐震補強工法の設定の流れ及び設計法の基本的な考え方を整理することとした。

1) 上部構造（落橋防止構造）

落橋防止構造の設計に対して考慮された設計地震力、移動量、設計上の留意事項及び適用性を設計計算書等から抽出すると表－2.5.6～表－2.5.9 のようになる。基本的には、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編によっており、移動可能量 Δl 、設計水平力 H_s は以下の通りである。

$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_r + \Delta l_s \quad (1)$$

ここで、

Δl_t : 温度変化による移動量

Δl_r : 活荷重による桁のたわみによる移動量

Δl_s : 余裕量（一般に±20mm～±40mm）

$$H_s = C \cdot K_h \cdot R_d \quad (2)$$

ここで、

C : 1.5（移動制限装置）、2.0以上（落橋防止装置）

K_h : 設計水平震度

R_d : 死荷重による鉛直反力

式(2)で、Ⅴ耐震設計編では、落橋防止構造の設計に用いる震度は、震度法もしくは修正震度法により求めた値の2倍以上と規定されているが、直轄橋では、この規定を2倍として運用されている場合が多いようである。ただし、一部では、このようにして求められた設計水平力をさらに割増した例もある。なお、許容応力度の割増しは、鉄筋コンクリート構造のコンクリート及び鋼材に対しては道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編に準拠して50%、鋼材に対しては同Ⅱ鋼橋編に準拠して70%とされている。ただし、鋼材については、鉄筋コンクリート構造と同様に50%が用いられている場合もかなりある。

設計計算図書からだけでは、落橋防止構造の工法選定理由ははっきりわからないが、実施例と構造条件・施工条件等を勘案すると一般に以下のような配慮がなされていると考えられる。

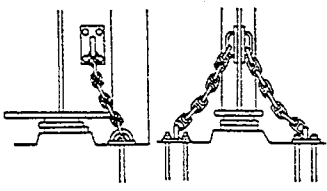
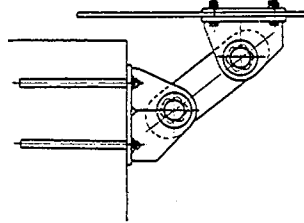
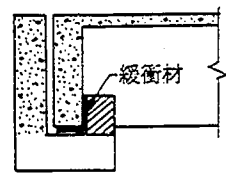
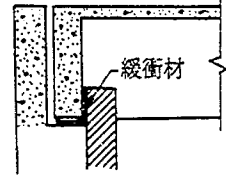
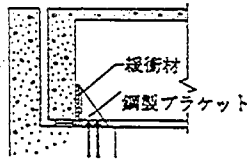
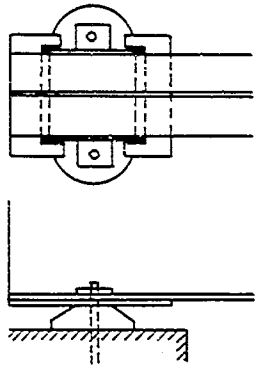
1) 移動制限装置については、上部構造種別（RC床版橋、RC・PC桁橋、鋼橋）、支承種別（ゴム支承、ローラー支承、その他の支承）、下部構造頂部の縁端距離の確保の可能性に応じて、(a)けたと下部構造の連結、あるいは(b)桁または下部構造に突起を設ける構造が選定されている。

2) 桁端から下部構造頂部縁端までのけたの長さを確保する場合には、橋脚の種類（鉄筋コンクリート、鋼）及び工期により鉄筋コンクリート打設か、鋼製ブラケット設置かが選定されている。

3) 落橋防止構造については、上部構造種別（RC床版橋、RC・PC桁橋、鋼橋）、橋端・中間橋脚の違い、コンクリート桁へのブラケット等の設置の可能性、パラペットへの設置の可能性及び必要移動量の大小が考慮されている。

以上のような昭和54年耐震点検に基づく対策工法の選定の流れをフローにすると図－2.5.10～図－2.5.12 のようになる。

表-2.5.6 各種移動制限装置の特徴

工 法	(a) 桁と下部構造を連結する構造		(b) 桁または下部構造に突起を設ける構造		
			(b-1) 鉄筋コンクリート打設	(b-2) 鋼製ブラケット設置	(b-3) そ の 他
実 施 例	 落橋防止装置 (f-2) 桁と下部工の連結は移動制限装置としても可能である。 		(i)  (ii) 		
移動可能量	$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_r + \Delta l_s$		$\begin{cases} \Delta l_t : \text{温度変化による移動量} \\ \Delta l_r : \text{活荷重による桁のたわみによる移動量} \\ \Delta l_s : \text{余 裕 量} \end{cases}$		
設 計 力	$H_s = 1.5 K_h \cdot R_d$ (但し、落橋防止装置を兼ねる場合 $H_s \geq 2.0 K_h \cdot R_d$)		$\begin{cases} H_s : \text{設計水平力} \\ K_h : \text{設計水平震度} \\ R_d : \text{死荷重による鉛直反力} \end{cases}$		
適 用 性	・斜角の大きい橋梁に適用できる。	・落橋防止装置を兼ねることができる。	・(ii)のタイプでは、杓座拡幅と移動制限装置とを同時に兼ねることができる。	・工期が短い。	・施工が容易である。
留 意 事 項	・添加物 (ガス、電話線)、下横構およびスティフナー等により設置位置の制限を受ける。	・斜角の大きな橋梁では力の作用方向を十分考慮する必要がある。 ・水平変位に伴って桁に鉛直力が作用する。	・旧断面との一体を十分に図る必要がある。	・縁端距離の確保が必要となる場合には一般に利用されない。 ・ブラケット固定用のアンカーボルト位置は下部工の配筋に応じて定めなければならない。これにより、ブラケットが大きくなる場合がある。	・下フランジとボルト固定する場合には断面欠損が生じる。一方下フランジに溶接する場合には熱ひずみの影響に注意する必要がある。 ・桁橋では縁端距離を別途確保しなければならない。
設計における照査項目	・チェーンの余裕長 ・上ブラケットの応力 ・下ブラケットのアンカー方法 ・シャックル溶接部の応力 ・コンクリートのせん断応力	・ピンの応力 ・連結板の応力 ・取付板の応力 ・取付けボルト、アンカーボルトの応力	・RC突起部の応力 ・アンカー筋の応力及び埋込長	・ブラケットの応用 ・アンカー筋の応力及び埋込長 ・縁端距離の確認	・溶接部の応力 ・アンカーボルトの応力
許容応力度の割増し	鉄筋コンクリートのコンクリート及び鉄筋 50%, 鋼 材 70%				

表－ 2.5.7 桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さを確保する方法の特徴

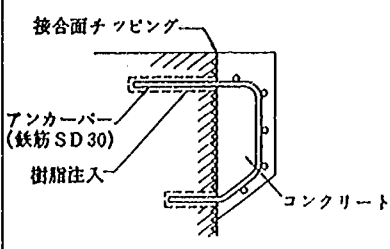
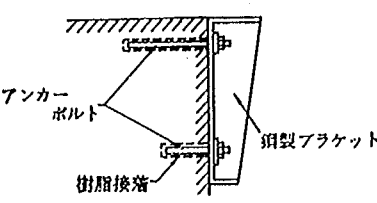
工 法	(C－1) 鉄筋コンクリート打設	(C－2) 鋼製ブラケット設置				
実 施 例						
拡 幅 長	道路指示方書耐震設計編 5.2.3 に規定されるけた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さ S_E を満足させる。					
設 計 力	拡幅部先端まで桁が移動した状態で死荷重反力を支持する。					
適 用 性	・適用性が広い。	・作業空間等によりコンクリート打設が困難な場合（床版桁等）に利用可能である。 ・工期が短い。				
留 意 事 項	・鋼橋脚には適用できない。	・鋼橋脚への適用は十分な検討を要する。				
設計における照査項目	・打足し部のコンクリート及び鉄筋の応力 ・アンカー筋の応力及び埋込長	・ブラケットの応力 ・アンカー筋の応力及び埋込長				
許容応力度の割増し	<table><tr><td>鉄筋コンクリートのコンクリート及び鉄筋</td><td>50 %</td></tr><tr><td>鋼 材</td><td>70 %</td></tr></table>		鉄筋コンクリートのコンクリート及び鉄筋	50 %	鋼 材	70 %
鉄筋コンクリートのコンクリート及び鉄筋	50 %					
鋼 材	70 %					

表-2.5.8 各種落橋防止装置の特徴

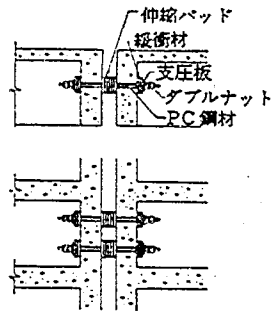
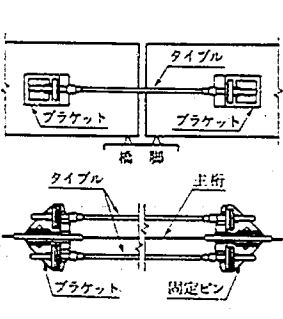
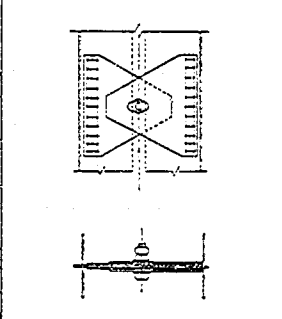
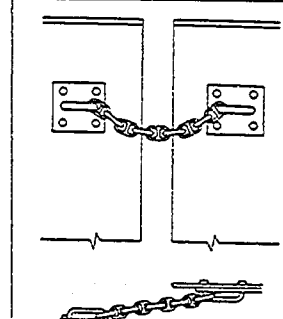
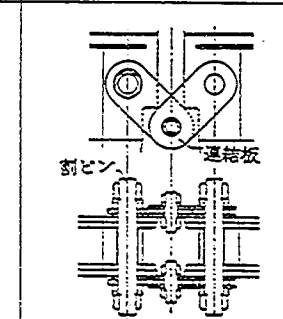
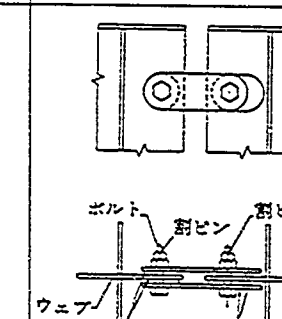
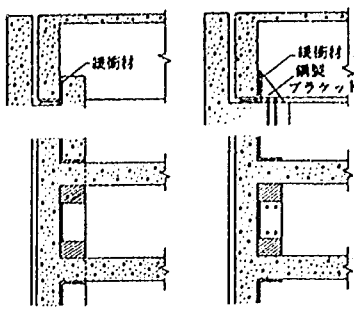
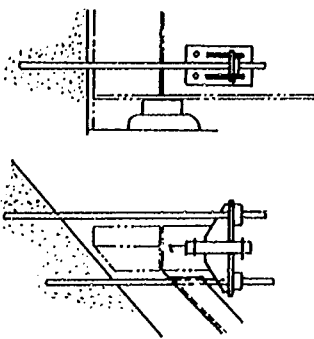
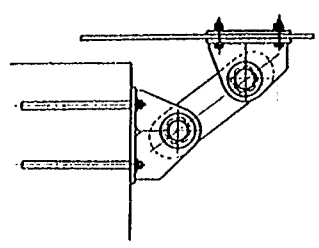
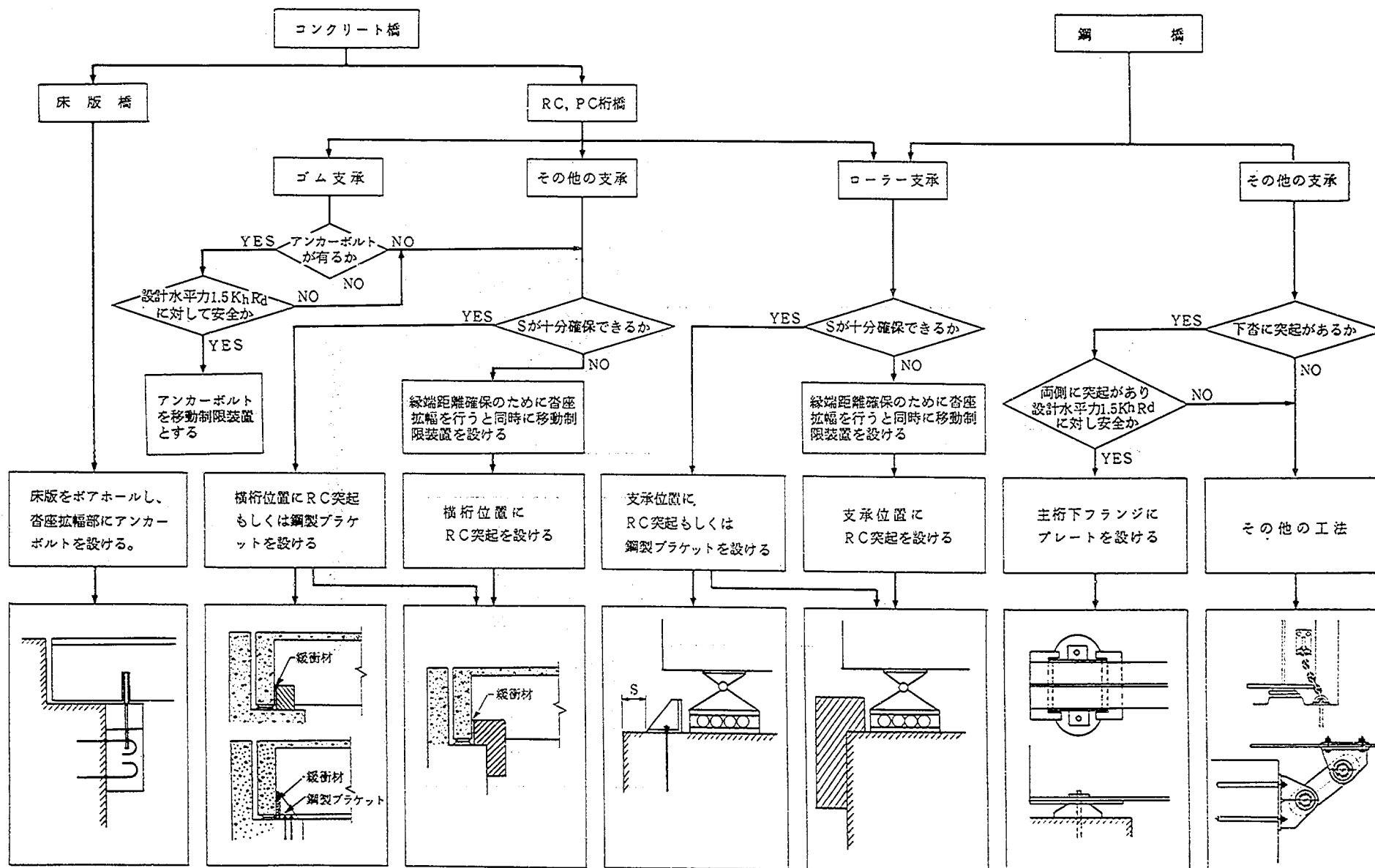
工 法	(d) 2連の桁を相互に連結する構造					
	(d-1) 横桁の連結	(d-2) 鋼棒・鋼線による連結	(d-3) ピンによる連結	(d-4) チェーンによる連結	(d-5) リンクによる連結	(d-6) タイバーによる連結
実 施 例						
移動可能量	$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_r + \Delta l_s$ $\begin{cases} \Delta l_t: \text{温度変化による移動量} \\ \Delta l_r: \text{活荷重による桁のたわみによる移動量} \\ \Delta l_s: \text{余 裕 量} \end{cases}$					
設 計 力	$H_s \geq 2.0 K_h \cdot R_d$ $\begin{cases} H_s: \text{設計水平力} \\ K_h: \text{設計水平震度} \\ R_d: \text{活荷重による鉛直反力} \end{cases}$					
適 用 性	・コンクリート桁の連結装置として有効である。 ・施工性も良好である。	・鋼桁の連結装置として有効である。 ・桁端に縦リブがあっても設置可能である。 ・中空床版橋にも施工可能である。	・桁間のすき間が狭い場合にも適用できる。	・両桁にずれがある場合にも適用できる。 ・連結板が小さいため、リベット橋にも適用できる。	・伸縮量の大きい場合に適用される。	(d-3) に同じ。
留 意 事 項	・中空床版橋には施工できない。	特になし。	・連結板が大きいため、リベット橋ではリベットがじゃまになる場合がある。 ・両桁のずれがあると施工できない。	特になし。	特になし。	特になし。
設計における照査項目	・鋼棒・鋼線の応力 ・緩衝パッドの応力 ・横桁の押板きせん断応力	・鋼棒・鋼線の応力 ・緩衝パッドの応力 ・ブラケットの応力及び固定ボルト本数	・ピンの応力 ・連結板の応力及び固定ボルト本数	・チェーンの引張力 ・連結板の応力	・ピンの応力 ・連結板の応力	・ピンの応力 ・連結板の応力 ・ボルトの応力
許容応力度の割増し	鉄筋コンクリートのコンクリート及び鉄筋 50% 鋼 材 70% (但し、PC鋼材は降伏点応力度まで)					

表-2.5.9 各種落橋防止装置の特徴

分類	(e) 桁または下部構造に突起を設ける構造	(f) 桁と下部構造を連結する構造	
		(f-1) 鋼線・鋼棒による連結	(f-2) 鋼板その他による連絡
実 施 例			
移 動 可 能 量	$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_r + \Delta l_s$ $\begin{cases} \Delta l_t : \text{温度変化による移動量} \\ \Delta l_r : \text{活荷重による桁のたわみによる移動量} \\ \Delta l_s : \text{余 裕 量} \end{cases}$		
設 計 力	$H_s \geq 2.0 K_h \cdot R_d$ $\begin{cases} H_s : \text{設計水平力} \\ K_h : \text{設計水平震度} \\ R_d : \text{活荷重による鉛直反力} \end{cases}$		
適 用 性	前述 (b-1), (b-2) に準ずる。	・移動制限装置を兼ねられる。	・移動制限装置を兼ねられる。
留 意 事 項		・バラベットの定着を十分に行う必要がある。	・斜角の大きな橋梁では分力の作用方向を十分考慮する必要がある。 ・水平変位に伴って桁に鉛直力が作用する。
設 計 に お ける 照 査 項 目		・鋼棒・鋼線の応力 ・緩衝パッドの応力 ・ブラケットの応力, 固定ボルト本数 ・アンカーの応力及び埋込長 ・バラベットのせん断 (バラベットの部にアンカーをとる場合)	・ピンの応力 ・連結板の応力 ・取付板の応力 ・取付ボルト本数 ・アンカーの応力及び埋込長
許容応力度の割増し	鉄筋コンクリートのコンクリート及び鉄筋 50 % 鋼 材 70 % (但し PC 鋼材は降伏点応力度まで)		



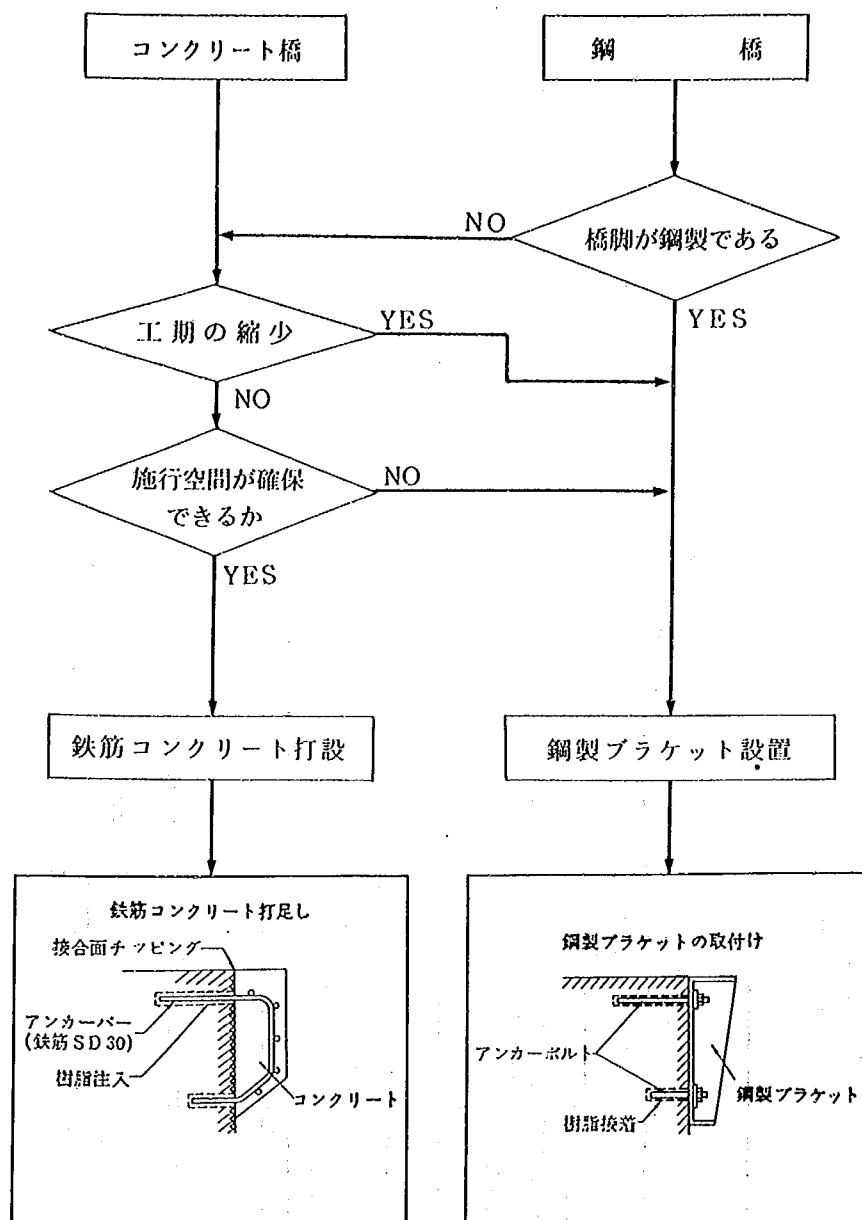


図-2.5.11 落橋防止構造の選定フロー

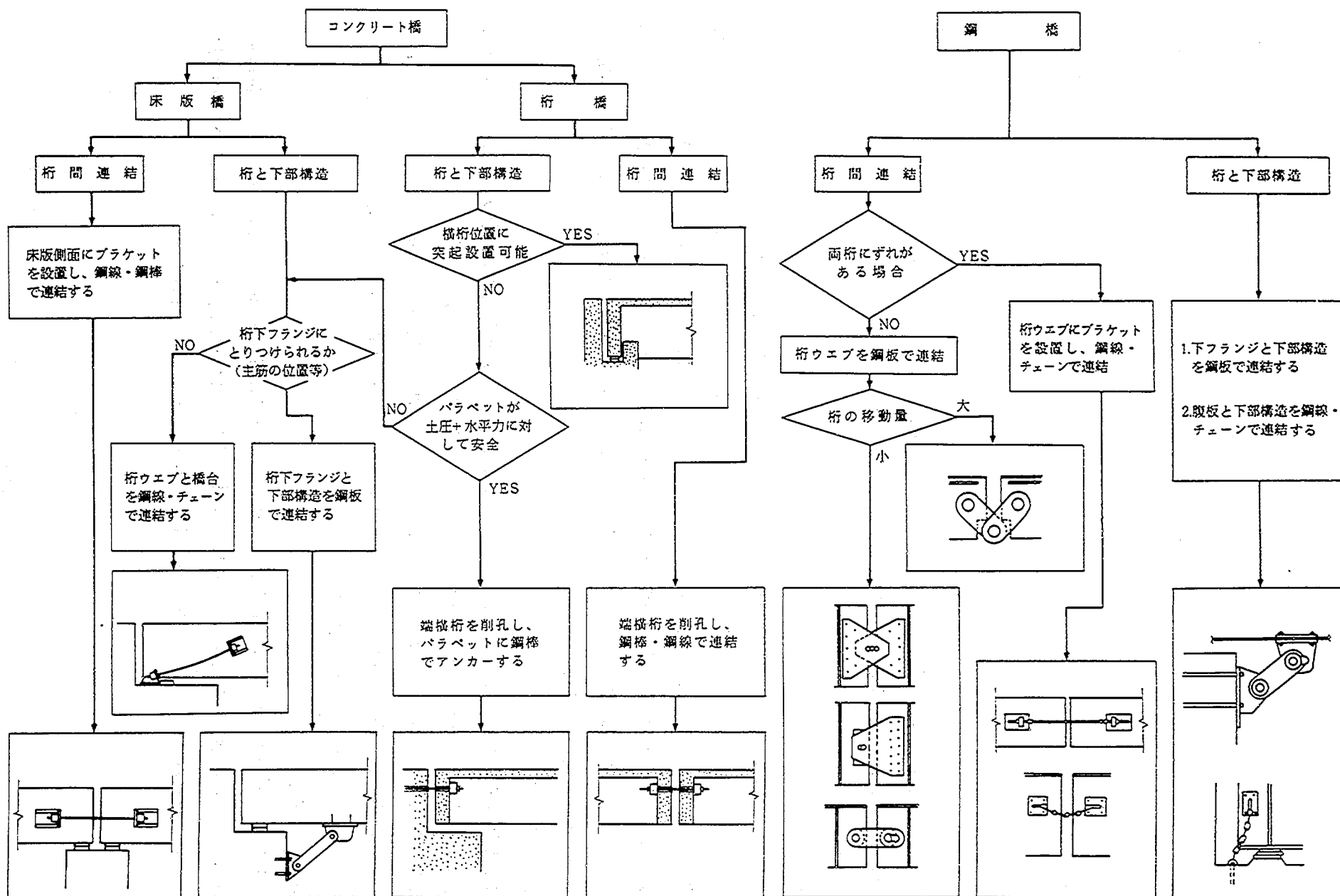


図-2.5.12 落橋防止装置の選定フロー

2) 下部構造

下部構造に対する対策例は、上部構造のように多くはないが、下部構造を橋台基礎、パイルベント橋脚、橋脚基礎、橋脚躯体の4つ分類し、それぞれについて現在までに採用された主な対策工法（一部採用例のないものも示す）を示すと表-2.5.10～表-2.5.13のようになる。ここで、表-2.5.5に示した点検項目ごとの対策工法を整理するかわりに基礎構造種別ごとに対策工法を示したのは、同一の工法が複数の点検項目に有効である場合が多いこと、及び基礎構造種別ごとに適用可能な工法がある程度決まるためである。

表-2.5.10～表-2.5.13から、下部構造の耐震対策の特徴を示すと以下の通りである。

a) 橋台基礎

1) 橋台基礎に対する対策工法としては、橋台の滑動・転倒を防止するため、橋台の前面もしくは背面等から橋台を支持する構造を設ける場合と、橋台背面からの土圧を軽減させる目的で、橋台背面に抑止杭等を打設する工法がある。

2) 現在までに採用された工法としては、アースアンカー工法及びフーチング前面の拡幅が比較的多い。この理由としては、橋台背面での抑止杭の打設等では、施工中の通行規制が必要となるとともに、橋台裏の埋設物に対する影響が大きいこと、また、橋台前面の増し杭では、特殊な杭打ち工法が必要となり高価となること、等が挙げられる。

b) パイルベント橋脚

1) 対策工法としては、河床面から下の基礎部分の剛性を増加させる工法と、主として河床面から上の橋脚部分の剛性を増加させる工法に分けられる。単列パイルベント橋脚は橋軸方向の剛性が低い場合が多いため、耐震対策を必要とすることを考えると、基本的には前者の工法が望ましいと言える。

2) 河床面から下の基礎部分の剛性を増加させる際には、桁下での施工が行いにくいいため、橋軸直角方向のフーチングの幅を拡げ、ここに増し杭をする場合もある。なお、この場合には、歩道橋添架と同時に施工される場合も多い。

c) 橋脚基礎

1) 橋脚基礎に対する対策工法としては、増し杭等により構造的に基礎の支持力を増大させる方法と地盤改良により地盤そのものの支持力を増加させる方法に分けられる。

2) 洗掘に対する対策を兼ねて、根固め工を設置する工法が比較的多く採用されており、この中でもブロックを用いる工法及びコンクリートを打設する工法の使用事例が多い。この理由としては、施工が比較的容易であることが挙げられている。

d) 橋脚躯体

単柱橋脚の場合には大部分の場合がRC巻立て工法が採用されている。鋼板で巻立てられた例は現在の所ないが、この理由としては、維持管理の問題の他に、鋼板を巻く範囲、接着方法等に検討の余地があると考えられる。また、ラーメン橋脚では、大部分耐震壁が設置されている。

表- 2.5.10 橋台基礎の耐震補強工法

工 法	① アース・アンカー工法	② フーチング前面拡張	③ 前面への増し杭	④ 抑 止 杭	⑤ その他（基礎前面での対策）	⑥ その他（基礎背面での対策）
概 念 図						
概 要	基礎まで壁からボーリングを行い、アース・アンカーを埋設し、滑動・転倒に抵抗させる。	フーチング前面を掘削し、基礎を拡大する。	フーチング前面を掘削し、杭を打込みフーチングを拡大する。	橋台背面に杭を打設し、背面からの土圧を軽減する。	ストラットもしくは支え棒により滑動、転倒に抵抗させる。	控え杭、2重鋼矢板、背面増し杭、地盤改良等により橋台背面からの土圧を軽減させる。
対 策 項 目 (表-2.5.5参照)	・土の支持力 ・基礎の変位	・土の支持力	・土の支持力 ・杭の支持力	・基礎の変位	・土の支持力	・基礎の変位
設 計 上 の 留 意 点	アンカーと基礎底面の荷重分担に留意する。	新旧フーチングの接合に留意する。	新旧杭の荷重分担及び新旧フーチングの接合に留意する。	杭による土圧の分担能力に留意する。	新旧構造の接合に留意する。	対策工による土圧の分担能力に留意する。
施 工 上 の 留 意 点	交通規制 作業空間	比較的小規模の施工機械でも施工可能であり、桁下3mまでの実施例がある。	作業空間は小規模でもよい。	桁下空間により工法が限定される。場所打杭（RCD工法）、鋼管杭（特製杭打やぐらを使用し、継手を用いる）	施工中、交通規制が必要である。	作業空間は小規模でもよい。
	緒 切 工	場合によっては必要となるが、小規模でよい場合が多い。	矢板による緒切が必要、桁下空間により継手の多い特殊打設を用いる必要がある。	③に同じ。	不 要	③に同じ。
	既 設 構 造 へ の 影 響	基礎壁の鉄筋を切断する可能性がある。アースアンカー導入力による付加応力の検討が必要である。	基礎前面を掘削するため、施工時の安定を検討する必要がある。	基礎前面を掘削するため、施工時の安定を検討し、場合によっては分割施工の必要がある。既設杭の前列が斜杭の場合には施工位置が制限される。	場所打杭の場合は施工中の地盤のゆるみによる支持力低下に注意を要する。	①、②と同じ。
	近 接 構 造 物 へ の 影 響	橋台裏埋設物への影響に注意する必要がある。	特 に な し	特 に な し	①に同じ。	特 に な し
そ の 他	・安価なため実施例が多い。 ・地震時には背面地盤自体の水平移動も考えられるため、補強効果は慎重に検討する必要がある。 ・アンカー定着位置は基礎底面以下が望ましい。	・フーチング主鉄筋の差し筋には確実な施工を必要とする。 ・フーチング底面に突起をつけて水平力に抵抗させる案もある。	・新旧フーチングの接合を確実に行う必要がある。		・水平力に対しては、確実に支持が可能であるが、小スパンの橋梁でのみ実現性がある。	
実施件数	4 件	2 件	1 件	1 件	1 件（支 え 棒）	1 件（2重鋼矢板）

表-2.5.11 パイルベント橋脚の耐震補強工法

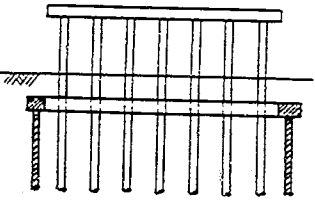
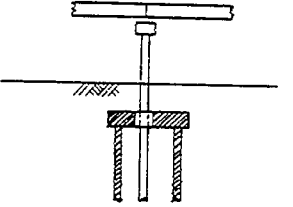
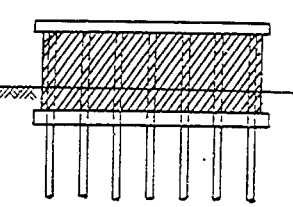
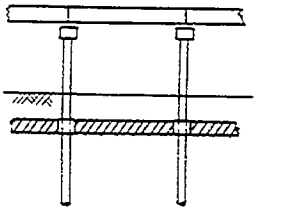
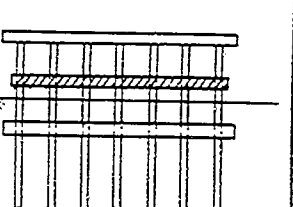
工 法		① 直角方向増し杭	② 橋軸方向増し杭	③ 鉄筋コンクリート巻立て	④ ストラット、底版による連結	⑤ 中 間 梁
概 念 図						
概 要		床版の外側の範囲で増し杭を行なう。	桁下で橋軸方向に杭を施工し、フーチングで結合する。	各パイルをコンクリートで巻き立て一体化を図る。	隣接する橋台もしくは橋脚を底版で連結する。	地上部で各パイルを連結する。
対策項目 (表 参 照)		基礎形式 (パイルベント) (杭の支持力)	基礎形式 (パイルベント) (杭の支持力)	基礎形式 (パイルベント) (杭の強度, 剛性不足)	基礎形式 (パイルベント) (杭の支持力)	基礎形式 (パイルベント) (杭の剛性不足)
設計上の 留 意 点		新設部と既設部の接合を完全にする必要がある。	①と同じ。	河床面よりかなり深く巻き立て、橋軸方向水平力が作用した場合の杭の応力を減少させる必要がある。	杭とストラット等の一体化を確実にする必要がある。	橋軸方向地震力には大きな効果が少ない。
施 工 上 の 留 意 点	交 通 制 作 空 間	一般には不要である。ただし、橋面上から施工するには部分交通規制が必要となる。	桁下での施工のため施工法が制限される。	作業空間の制限は小さい。	①と同じ。	①と同じ。
	締 切 工	フーチング施工のため、締切工が必要であり、桁下での鋼矢板の施工には特殊な打設が必要となる場合がある。	①と同じ。	桁下での締切工が必要となる。この場合には、①と同じ。	桁下での締切工や場合によっては河川の切り廻しが必要である。	中間梁の位置によっては締切工が必要である。
実施件数		1 件	1 件	1 件	1 件	1 件

表-2.5.12(1) 橋脚基礎の耐震強化工法

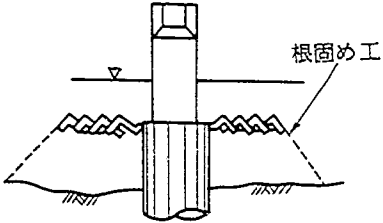
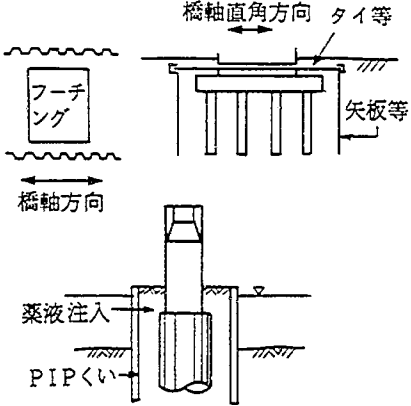
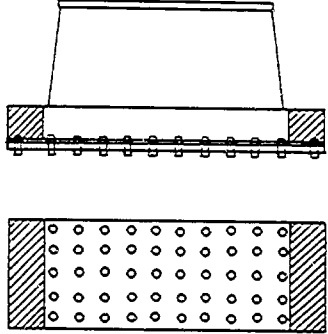
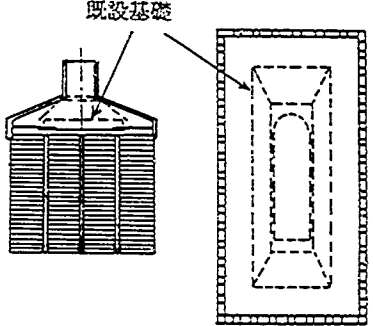
工 法	① 根 固 の 工	② 締 切 工	③ 増 し 杭	④ 地 中 連 続 壁
概 念 図				
概 要	ブロック、コンクリート打設、フトン 等により基礎を防護して洗掘を防ぐ。	シートパイル、PIP杭を基礎外周に施工し土砂で中埋めを行う。中埋めに薬液注入、プレパックドコンクリートを打設することもある。	増し杭（一般に桁下空間を外し）をし、フーチングを拡大する。	地中連続壁を設け、フーチングと一体化させる。
対策項目 (表-2.5.5参照)	洗 掘	洗 掘 杭の支持力	土の支持力 杭の失持力	土の支持力 洗 掘
設計上の 留 意 点	対策範囲に注意を要する。 一般には恒久的な対策とはならない。	河積阻害率に留意する。	確実な補強効果が得られる。 新旧(旧)の荷重分担、及び新旧フーチングの接合に留意する。	確実な補強効果が得られる。 河積阻害率に留意する。また、流水圧の影響に注意を要する。
施工上の 留 意 点	施工は比較的容易である。	矢板、杭等、桁下での施工には、使用機械が制限される場合がある。	橋軸直角方向の増し杭は比較的制約が少ないが、橋軸方向の増し杭する場合には桁下施工に伴い使用機械が制限される。 フーチングの連結には締切工を要する。	掘削及び溝壁安定を考慮して、土質条件に見合った施工法を選定する必要がある。
実施件数	ブ ロ ッ ク ～ 23件 コンクリート打設 ～ 7件 フ ト ン 籠 ～ 4件 蛇 籠 ～ 1件 粗 だ 沈 床 ～ 1件	2 件	3 件	3 件

表-2.5.12(2) 橋脚基礎の耐震補強工法

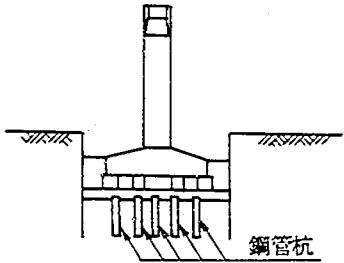
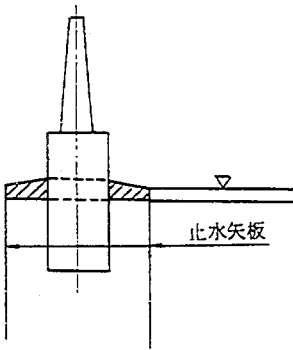
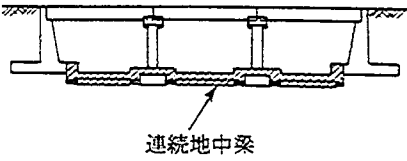
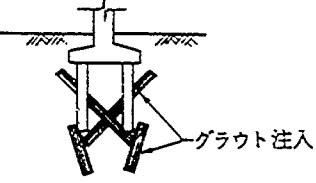
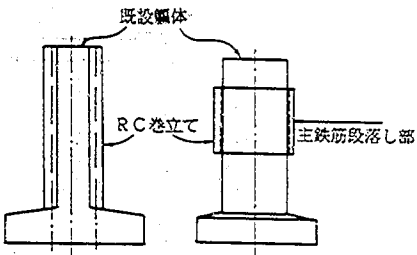
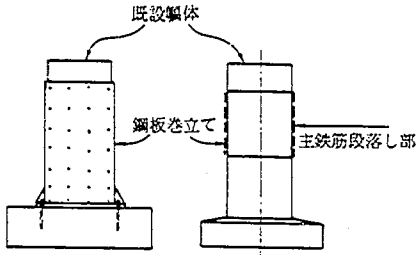
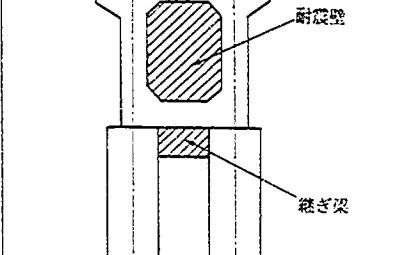
工 法	⑤ 鋼 管 圧 入	⑥ フ ー チング 拡 大	⑦ 地 中 梁・コンクリート床版	⑧ 地 盤 改 良
概 念 図				
概 要	既設フーチングの下をたぬき掘りし、鋼管杭の圧入により基礎杭を追加補強する。	設計地盤面位置にフーチングを設置し、モーメント及び水平力に抵抗させる。	隣接する基礎間を地中梁あるいはコンクリート床版で連結させ、基礎の安定を増加させる。小スパンの橋梁に適用される。	生石灰パイル、サイドコンパクションパイル、グラベルドレーン、薬液注入、ソイルセメント等を基礎周辺に施工し軟弱地盤の支持力を増大させる。
対策項目 (表-2.5.5参照)	基礎の支持力 土の支持力	土の支持力 洗 掘	土の支持力 基礎の変位	土の支持力 飽和砂質地盤の影響
設計上の 留 意 点	特 に な し	新旧部の荷重分担率及び新旧部の接合に留意する。	特 に な し	地盤改良効果の評価に留意する必要がある。 改良範囲に留意する。
施工上の 留 意 点	一般には締切り工、杭の圧入等施工が困難であり、工費も高い。	桁下での締切工が必要となる。	桁下での締切工や、場合によっては河川の切り廻しが必要となる。	特 に な し
実施件数	1 件	2 件	実 施 例 な し	1 件 (生石灰パイル)

表-2.5.13 橋脚軀体の耐震補強工法

工 法	① R C 巻 立 て	② 鋼 板 巻 立 て	③ 耐 震 壁 ・ 継 ぎ 梁
概 念 図			
概 要	既設軀体を鉄筋コンクリートで巻立てるもので被災橋脚の補修には最も実績のある方法である。	RC巻立てが困難な場合に鋼板により巻き立てる。	ラーメン橋脚の面内方向の強度を向上させるために耐震壁を増設する。また、独立ケーソンの変位による橋脚への影響を減少させるために継ぎ梁で連結する。
対策項目 (表-2.5.5参照)	軀体の強度	軀体の強度	RCラーメンの強度 独立ケーソン
設計上の 留 意 点	新旧部の一体化のため、鉄筋のフーチングへの定着、チッピング、さし筋等に留意する。 巻き立て厚、範囲に留意する。 河積阻害率に留意する。	既設軀体及びフーチングへの定着方法に留意する。 鋼板厚、範囲、取付ボルト密度に留意する。 塗装、将来の維持管理に留意する。	既設部材への定着に留意する。
施工上の 留 意 点	河川内の場合には締切り工を要する。	①と同じ。	①と同じ。
実施件数	7 件	な し	耐 震 壁 ～ 18 件 継 ぎ 梁 ～ 5 件

(3) 昭和61年耐震点検における耐震補強法選定上の検討項目

昭和61年耐震点検では、点検総数約4万橋のうち、約1万5千橋がなんらかの対策が必要とされている。ここでは、昭和61年耐震点検で要対策と判定された橋梁を対象として対策工法、及び対策工法選定上の目安、問題点、制約条件、検討を要する事項等を調査した結果を示す。

各点検項目に対する対策工法及びその問題点等を示した結果が表-2.5.14である。これによれば、以下のことが指摘される。

1) 対策工法として挙げられている工法は、基本的に前述の(1)及び(2)に示した工法と同じである。ただし、パイルベント橋脚の対策工法として新しく図-2.5.13に示す工法が提案されている。ここで、(a)はタイロッドにより橋台橋脚を橋軸方向に連結して変位を拘束しようとする工法であり、(b)は橋脚と上部桁を支承部で一体としたラーメン構造とすることにより、地震時の下部工の変位を拘束しようとする工法である。

2) 対策工法を選定する際に十分目安となる資料が現在のところ少なく、こうした資料を今後整備していく必要がある。

3) 対策工法選定上の問題点及び制約条件としては、以下の事項がある。

a) 交通規制

b) 空間上の制約

1) 施工空間の確保（特に桁下での杭打設）

2) 河積断面の確保

c) 環境上の制約：河川水質の汚濁防止（薬液注入による地盤改良）

d) 設 計 法

1) 根固め工の範囲

2) 鉄筋コンクリート巻立て及び鋼板巻立ての厚さ及びその範囲

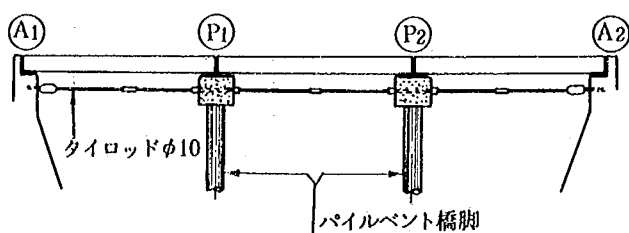
3) 新旧構造の一体化

4) 地盤改良の範囲

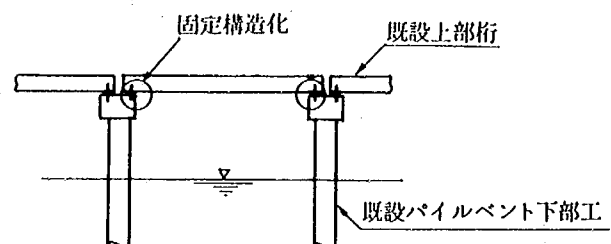
5) 再度同様の変状を生じないための配慮

6) 支承の支点反力の不均衡（支承の交換）

7) 対策工による構造系の変化



(a) タイロッドによる橋台、橋脚の連結



(b) 上部桁との連結によるラーメン構造化

図-2.5.13 パイルベント橋脚の対策工法

表- 2.5.14 昭和 61 年耐震点検に基づく対策工法の整理

点 検 項 目		対 策 工 法	対策工法選定上の目安	対策工法選定上の問題	制 約 条 件	実験的検討を要する事項
支 承 部	支承部の変状	沓座コンクリート打換え アンカーボルトの取り換え・防錆 支承交換・補修	道路橋示方書・補修便覧・支承便覧 支承部補修工事の手引き（日本橋梁建設協会） 東北地建設計マニュアル（案）	・沓の反力調査 ・桁の仮受け方法及び旧支承の撤去・設置方法 ・海洋地域のための腐食対策を要する。	・施工期間 ・河川内の足場工	沓座コンクリートの破損が多く、厚さ、幅の検討を要する。
	落橋防止構造	沓座拡幅 移動制限装置の設置 落橋防止装置の設置	道路橋示方書・補修便覧、土研資料第 1328 号 日本道路公団設計要領 東北地建設計マニュアル（案） 関東地建道路管理参考資料	・スラブ橋の沓座拡幅が難しい。 ・既構造により対策工法が制限される。 ・中小橋梁では沓座拡幅が河床阻害となる場合がある。	・施工空間 ・河川内の足場工	—
上 部 構 造 の 変 状	洗 掘	根固め工法（ブロック、捨て石、捨てコンクリート） 矢板締切工法（張コンクリート工、プレバッドコンクリート工と併用）	道路橋補修便覧 河川管理施設等構造令 河川工事施工法	・根固め範囲の設定の根拠となる資料がない。 ・桁下空間	・流水内での施工 ・河横断面の確保 ・治水期の施工	根固めの範囲（幅、長さ、河川条件等）の検討を要する。
	基礎の変位	増し杭 フーチング拡幅 鋼管ウエル・矢板等による補強 地盤改良工法（薬液注入）	道路橋示方書・補修便覧	・変位の進行の度合の把握 ・杭施工に桁下空間の制限を受ける。 ・フーチング拡大では新旧コンクリートの一体化	・交通開放上での施工 ・締切が必要となる場合がある。 ・水質汚染の防止（薬液注入）	—
	躯体の異常	RC巻立て プレストレス導入 樹脂注入 不良コンクリート打替え	道路橋示方書・補修便覧 道路公団設計要領 コンクリートひびわれ調査補修補強指針	・RC巻立てでは新旧コンクリートの一体化（アンカーの配置等） ・樹脂注入における注入量の確認	・交通開放上での施工 ・高所作業となる場合がある。	コンクリート固結までの交通振動の影響
飽 和	飽和砂質地盤の液状化による影響	増し杭 鋼管ウエル、矢板による締切工法 地盤改良工法（薬液注入） アンドコンパクションバイル工法	道路橋示方書	・桁下空間 ・地盤改良の範囲及び長期間の効果	・流水内での施工 ・桁下空間（杭の施工） ・水質汚濁の防止（薬液注入）	—
下 部 構 造	橋脚躯体の強度	RC巻立て	道路橋示方書・補修便覧	・新旧コンクリートの一体化（アンカーの配置等）	—	—
	基礎杭の支持力	増し杭、フーチング拡大 アースアンカー工法 地盤改良工法	道路橋示方書・補修便覧 補強土工法（土質工学会）	・桁下空間	・仮締切を要する（フーチングの施工） ・桁下空間（杭の施工） ・交通開放上での施工 ・水質汚濁の防止（薬液注入）	河川内における薬液注入の効果
	基礎の型式別の耐震性	バイルベント増し杭、つなぎ梁、RC巻立て、桁端固定法、タイロッドによる橋脚の連結 RCラーメン～耐震壁 独立ケーソン～継ぎ梁、耐震壁 無筋コンクリート・石積・レンガ積 ～基礎の再構築	道路橋示方書・補修便覧	・桁下空間 ・耐震壁の設計法 ・新旧コンクリートの一体化（アンカーの配置等） ・RC巻立ての範囲	・交通開放上での施工 ・桁下空間（杭の施工）	—
	RC橋脚主鉄筋 落し部の強度	鋼板巻立て工法 RC巻立て工法 RC巻立て（プレストレス導入）工法	道路橋示方書・補修便覧 コンクリート標準示方書	・巻立て範囲 ・新旧コンクリートの一体化（アンカーの配置等） ・鋼板定着アンカーボルトの配置	・船舶航行空間の確保	—

(4) 海外における耐震補強事例

耐震補強法に関しては、海外においても研究が進められており、特に1964年アラスカ地震、1971年サンフェルナンド地震で橋梁に大きな被害を被った米国において積極的に耐震補強に関する研究が行われている。以下その概要を紹介する。

耐震補強のフローは、図－2.5.14に示すように耐震性能分類の決定、優先順位の検討、詳細検討及び補強設計からなる。耐震性能分類は、地震の発生及びその規模の予測により決められる図－2.5.15に示す加速度係数（道示における地域区分に相当）の値によりA～D（この順に地震による被害の危険性が大）に分類される。このうちBの一部、C及びDカテゴリーについては優先順位の検討を行うことになり、この優先順位は、被害を受ける可能性、地震の発生危険度、及び交通網としての重要性により決定される。

詳細検討では、橋の設計資料及び変状等の現況調査結果に基づき、現有の橋の地震に対する抵抗能力と必要とされる抵抗能力の比較によりその対策の必要性を判断することとしている。検討項目は、支承部、鉄筋コンクリート柱、橋台、液状化である。

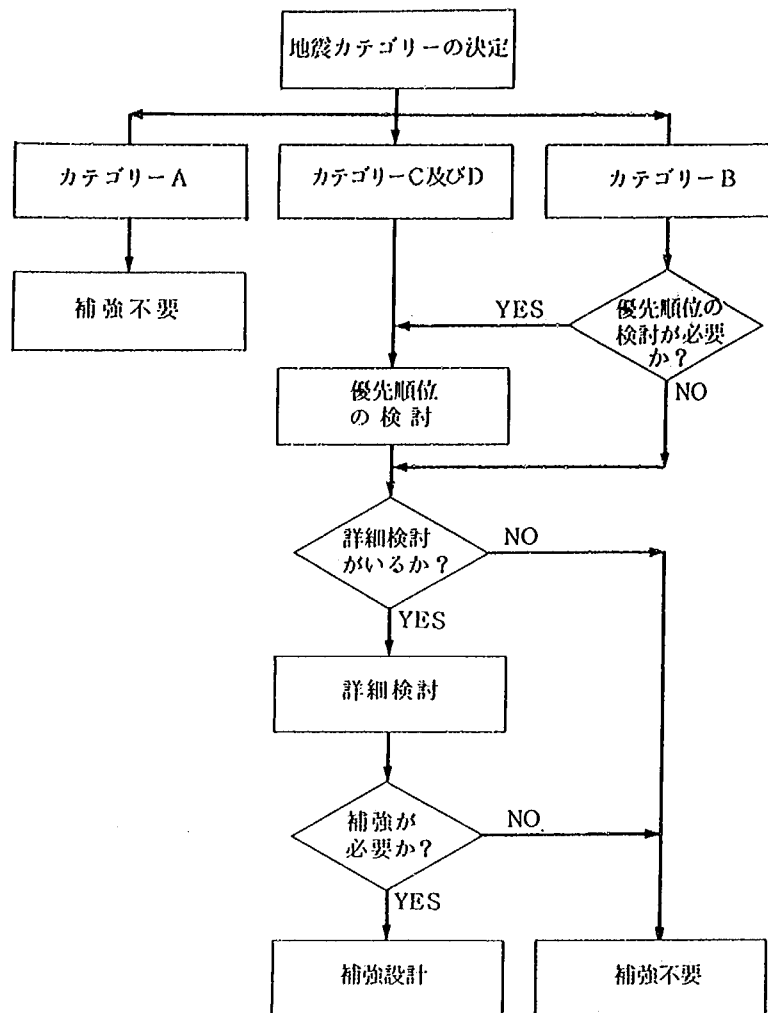
このようにして、耐震性の検討を行った後に耐震補強設計を行うこととなるが、耐震補強工法の一例を図－2.5.16（支承部）、図－2.5.17（下部構造）に示す。これらの工法は、基本的には我が国で用いられているものと同じであり、図－2.5.16(1)～(4)は桁間をケーブルあるいは鋼棒により連結する工法、(5)は鉄筋コンクリート打設による省座拡幅工法、(6)は可動支承部のストッパー設置工法、(7)は既存支承の弾性支承あるいは免震支承との交換を示したものである。

なお、免震支承との交換については簡易かつ有効な補強法として近年研究が進められており、我が国でも建築の分野では免震建築として施工実績も増加している。さらに、ニュージーランド及び米国においては橋梁に対する適用も図られており、この分野に対する研究が必要とされている。また、図－2.5.17は、下部構造に対する補強工法の一例であり、RC巻立て、耐震壁、増し杭及びフーチング拡大による補強工法を示したものである。

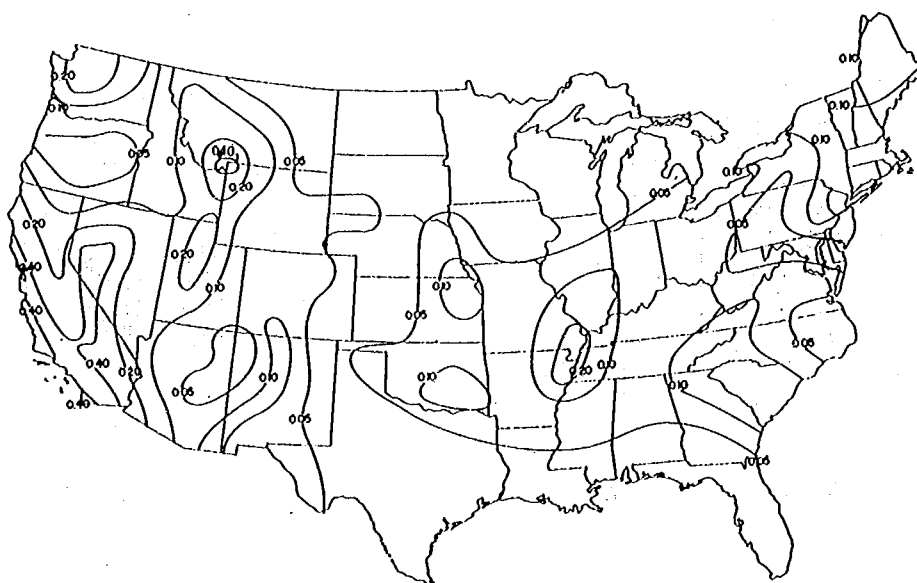
(5) 耐震補強法に関するまとめ及び今後の検討課題

耐震補強法に関しては、昭和54年耐震点検に基づく耐震補強事例調査結果をもとにした耐震補強法の整理分析、及び昭和61年耐震点検結果における耐震補強法選定上の検討項目の整理、海外における耐震補強法の調査を行った。

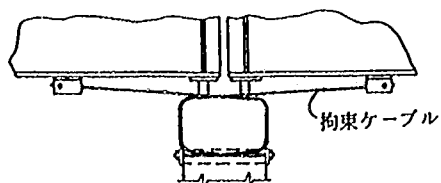
今後は以上の成果及び補強法の実験的検討を踏まえた耐震補強マニュアルを最終年度にむけて検討していくことが必要とされる。



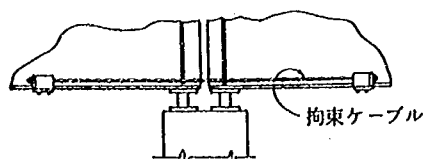
図－ 2. 5. 14 耐震補強フロー



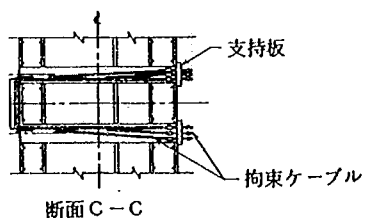
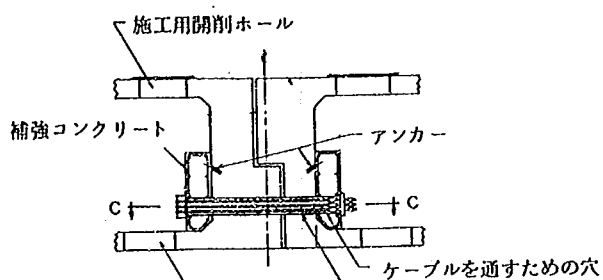
図－ 2. 5. 15 加速度係数の地域分布



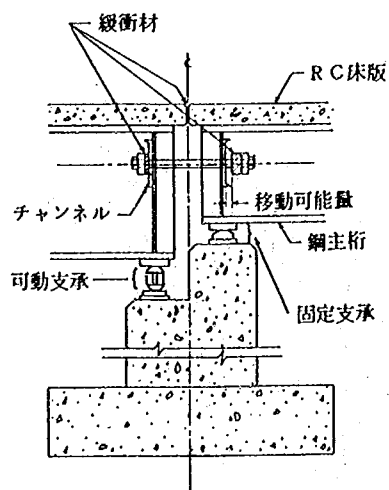
(1) 拘束ケーブルによる両桁と下部構造の連結



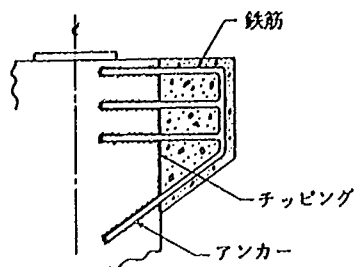
(2) 拘束ケーブルによる両桁の連結（鋼橋）



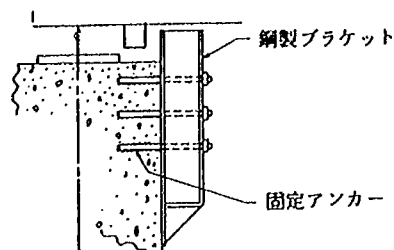
(3) 拘束ケーブルによる両桁の連結（コンクリート橋）



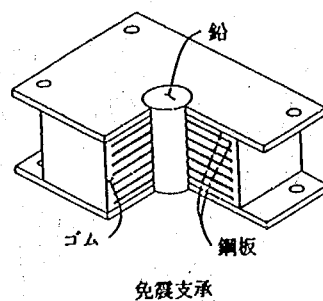
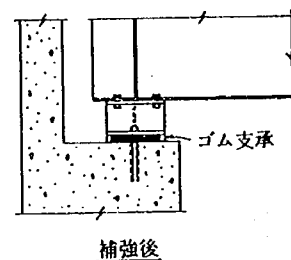
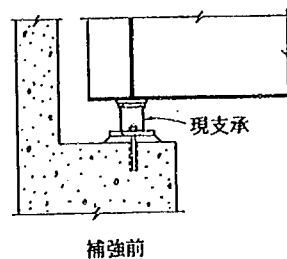
(4) 鋼棒による両桁間の連結



(5) 沓座拡張

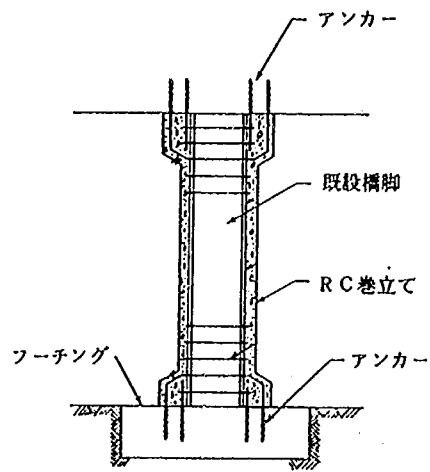


(6) 可動支承部のストッパー

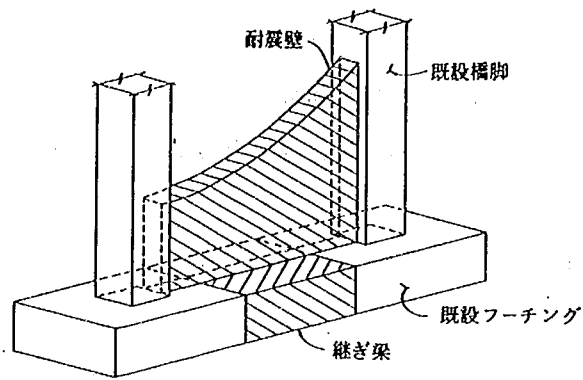


(7) 弾性支承との交換

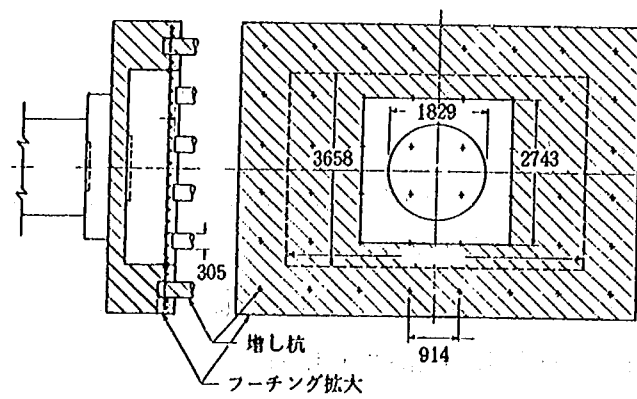
図－2.5.16 支承部における耐震補強法



(1) RC巻立てによる補強



(2) 耐震壁による補強



(3) 増し杭及びフーチング拡大による補強

図一 2.5.17 下部構造の耐震補強法

2.5.4 今年度の調査結果のまとめ及び今後の検討課題

耐震性評価法及び耐震補強法の開発を目的として、今年度は昨年度の調査結果に基づき耐震性判定法の作成、及び耐震補強実施事例に基づく耐震補強法の整理、選定法及び設計法の検討を行った。今年度は本技術研究会の中間年度にあたり、今年度の検討成果及び最終年度にむけて今後検討して行くべき事項をまとめると以下のようなになる。

1) 耐震性評価法に関する検討

簡便でかつ精度の高い橋梁の耐震性判定法の開発を目的として、昨年度の調査研究成果をもとに新たな耐震性評価法を開発した。本手法は、外観及び簡易な計算のみによる一次評価法、詳細な計算を実施する二次評価法、及び大地震に対する鉄筋コンクリート橋脚の耐震性判定法から構成されるものである。今後本手法の適用性及び問題点を検討し、必要に応じて改良を加えていく必要がある。

なお、二次評価法におけるRC橋脚主鉄筋段落し部（高橋脚の場合）の耐震性判定法については、今年度実験的検討を実施予定としている。

2) 耐震補強法に関する検討

耐震性が低いと判定される橋梁については、有効な耐震補強を加えて耐震性を高めていくことが必要とされ、本年度は耐震補強実施事例をもとに、耐震補強工法の整理分析及び耐震補強工法選定上の基本的な考え方を検討した。今後は、こうした実施例に設計施工上の適用性を加味して、耐震補強法の選定フローを開発していく必要がある。

以上の調査結果をもとに、最終年度には耐震性評価・耐震補強マニュアルを開発していく。

参 考 文 献

- 1) 建設省：第40回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，昭和61年10月
- 2) (社)日本道路協会道路震災対策委員会：道路の震災対策に関する調査報告，昭和61年3月
- 3) 川島一彦，運上茂樹，吾田洋一：橋梁の耐震性判定法に関する研究（その1），土木研究所資料第2423号，昭和62年1月
- 4) 川島一彦，運上茂樹，吾田洋一：橋梁の被害に影響を及ぼす因子分析，土木学会第41回年次学術講演会講演概要集，昭和61年10月
- 5) 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
- 6) 川島一彦，長谷川金二，小山達彦，吉田武史：大地震に対するRC橋脚の耐震設計法に関する研究（その1），土木研究所資料第2266号，昭和60年12月
- 9) 小林茂敏，佐取一男，石井良見：桁座拡幅に関する実験資料及び桁座拡幅標準設計（改訂案），土木研究所資料第1828号，昭和57年
- 10) (財)国土開発技術研究センター：免震装置を有する道路橋の耐震設計研究報告書，昭和62年3月
- 11) 橋梁と基礎：補修と補強特集，VOL.17，No.8，1983.
- 12) 宮本征夫，石橋忠良，斉藤俊彦：既設橋脚の鋼板巻き耐震補強方法に関する実験，構造物設計資料No.

89, 日本国有鉄道構造物設計事務所

13) 岡田宏, 石橋忠良, 吉野伸一, 古谷時春, 齊藤俊春: RC橋脚の耐震評価と補強例, 構造物設計資料 No. 84, 日本国有鉄道構造物設計事務所

14) 尾坂芳夫, 鈴木基行, 宮本幹, 小林茂敏: 途中定着された引張主鉄筋を有するRCばりのせん断耐力評価と設計への適用に関する研究, 土木学会論文集第378号, 1987年2月

15) 伊熊俊雄, 佐藤謙吉, 青野一郎, 八柳孝吉: 後打耐震盤による耐震補強設計, 構造物設計資料No. 61, 日本国有鉄道構造物設計事務所

16) U.S. Department of Transportation: SEISMIC RETROFITTING GUIDELINES FOR HIGHWAY BRIDGES, December 1983.

17) U.S. Department of Transportation: STRUCTURAL ANALYSIS AND RETROFITTING OF EXISTING HIGHWAY BRIDGES SUBJECTED TO STRONG MOTION SEISMIC LOADING, May 1975.

3. お わ り に

調査研究の中間年度である昭和62年度においては、前述のような成果を得た。しかし、最終成果を得るためには、検討項目それぞれについてさらに次のような作業が残されている。

点検要領の検討では、統一案原案の現場への適用性の確認や損傷度判定基準の妥当性の検討を行う必要がある。

橋梁データバンクに関する検討では、入力作業上の問題点を把握し、より簡易で分かりやすい入力様式を検討するとともに、データの有効利用を図るための非定型的な出力様式の検討が必要になる。

耐荷力に関する検討では、まず鋼橋では耐荷力算定方法の作成に向けて実橋に生じている活荷重応力度と橋梁構造形式や交通条件との関係を明らかにする必要があるため、さらに実橋における応力頻度計測を実施する必要がある。合わせて交通条件や残存供用期間を耐荷力照査用の荷重の設定に考慮するためにさらに荷重のシミュレーション解析が必要である。また、コンクリート橋については設計図書のない、あるいは軽微な損傷を受けた橋梁の耐荷力算定方法の作成に必要な既設橋梁の諸データの収集とデータの要因分析が必要である。

健全度評価方法に関する検討では、点検要領に対応した損傷度判定のための写真事例集の作成にむけた検討が残されている。

補修・補強に関する検討では、損傷状況に応じたRC床版の補修・補強法の選定マニュアルを作成するために補修・補強がなされている床版の追跡調査が必要である。

耐震性評価法・耐震補強法に関する検討では、62年度に提案した耐震性評価法の適用性について検討を進めるとともに耐震補強法の選定・設計手法の検討を行い、評価から補修・補強に至るまでの作業を一連の流れに従って実施することを可能とする「既設橋梁の耐震補強マニュアル」としてとりまとめる必要がある。

以上のように、最終成果を得るためには、さらに計測や調査を継続して、あるいは新たに実施する必要がある検討項目も少なくない。調査研究期間は、残されるところ1年であり地建の協力を得ながら鋭意検討を進めていく予定である。

最後に、昭和62年度の検討を行うにあたり、多大なご協力を頂いた地建担当者をはじめとする関係各位に心から感謝するとともに、今後のなお一層のご協力をお願いする次第である。

4. 62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) ~ 62.4.
		課長補佐	西 川 和 廣	(主務担当) 62.5.~
		橋梁係長	高 橋 敏 彦	
	国道第一課	課長補佐	森 永 教 夫	
		維持修繕係長	山 本 剛	
	企画課 防災対策室	課長補佐	栗 原 崇	~ 62.6.
		課長補佐	北 橋 建 治	62.7.~
		震災対策係長	宮 下 保 之	
建設経済局	建設機械課	課長補佐	長谷部 正 和	
		調査第二係長	山 元 弘	~ 62.8.
		調査第二係長	藤 原 要	62.9.~
土木研究所	構造橋梁部	部 長	篠 原 洋 司	
		室 長	藤 原 稔	
		研 究 員	岩 崎 泰 彦	(とりまとめ担当)
	橋梁研究室	研 究 員	箕 作 光 一	
		研 究 員	村 越 潤	
			中 島 祥 行	(とりまとめ担当)
	耐震研究室	室 長	引 野 純 彦	
		研 究 員	川 島 一 茂 樹	
		課 長	北 川 明	~ 62.8.
	システム課	課 長	常 田 賢 一	62.9.~
		研 究 員	柴 崎 亮 介	
北海道開発局	道路維持課	開発専門官	相 馬 和 則	
東北地方建設局	道路管理課	課長補佐	加 藤 義 弘	
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	~ 62.5.
		課長補佐	池 田 久 夫	62.6.~
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 徹	
中国地方建設局	道路管理課	課長補佐	森 近 輝 男	
四国地方建設局	道路管理課	課長補佐	作 道 忠 明	~ 62.4.
		課長補佐	田 中 勇	62.5.~
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	末 安 一 喜	

付 録

研究発表会 パネルディスカッション記録

昭和62年10月27日(火)から29日(木)に行われた建設省技術研究会発表会において発表された本課題の次頁のもの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を踏まえ、本調査研究の成果とりまとめとその有効利用について活発に討論が行われた。

パネルディスカッション題目

「調査研究成果のとりまとめとその有効利用について」

- ① 点検要領の検討
- ② 橋梁データベースに関する検討
- ③ 耐荷力に関する検討
- ④ 補修補強に関する検討
- ⑤ 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討

発表内容および発表者

座 長 本 省 国道第二課 課長補佐 西 川 和 廣

1. 調査研究概要の説明 土木研究所 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 点検要領の検討 | 土木研究所 橋梁研究室 研 究 員 | 岩 崎 泰 彦 |
| ② 橋梁データバンクに関する検討 | 土木研究所 企 画 部 橋梁計画官 | 三 浦 真 紀 |
| ③ 耐荷力に関する検討 | 土木研究所 橋梁研究室 研 究 員 | 村 越 潤 |
| ④ 補修補強に関する検討 | 土木研究所 橋梁研究室 研 究 員 | 箕 作 光 一 |
| ⑤ 耐震性評価法に関する検討 | 土木研究所 耐震研究室 研 究 員 | 運 上 茂 樹 |

3. パネルディスカッション：

「研究成果のとりまとめとその有効利用について」

パ ネ ラ ー

本 省 道 路 局

国道第二課 橋 梁 係 長
企画課道路防災対策室
震災対策係長

高 橋 敏 彦

宮 下 保 之

土 木 研 究 所

橋梁研究室 室 長

藤 原 稔

橋梁研究室 研 究 員

岩 崎 泰 彦

橋梁研究室 研 究 員

箕 作 光 一

橋梁研究室 研 究 員

村 越 潤

耐震研究室 室 長

川 島 一 彦

耐震研究室 研 究 員

運 上 茂 樹

企 画 部 橋梁計画官

三 浦 真 紀

東北地方建設局

道路管理課 課 長

佐々木 哲 郎

関東地方建設局

道路管理課 課 長

斉 藤 至

北陸地方建設局

道路管理課 課 長

内 山 和 夫

中部地方建設局

道路管理課 課 長

山 田 悦 夫

沖縄総合事務局

道路管理課 課 長

渡久地 政 金

4. 総 括 （座長）

本 省 道 路 局

国道第二課

課長補佐

西 川 和 廣

1. 点検要領の検討

発 言 者	発 言 内 容
座 長	点検要領の検討は、建設省技術管理業務連絡会の場で、本省、土研、地建、が一体となりまして60年度から三箇年の計画で点検要領の全地建統一案づくりを目的に実施しています。現在までに原案作成を終了しており、検討も最終段階にありますが、今後の成案化にむけての御意見をいただきたいと思います。御意見をいただく前に検討内容についての質問があればお願いしたい。
北 陸	2点ほどお訪ねします。維持修繕業務の中の点検の位置付け、すなわち点検の結果を用いてどのような判断を下すのか。また、定期点検には、遠望と近接の2つの点検があるが、その違いについてお聞きしたい。
座 長	土研の担当者から回答して下さい。
土研(岩崎)	点検の結果からは、追跡調査や詳細調査の必要性の判定が行われます。したがって点検の結果からは、緊急補修の場合を除き直接、補修・補強の必要性の判定は行われず、詳細調査の結果に基づき行われます。これは、補修・補強を実施するためには、損傷や異常の程度とその原因を明らかにする必要がありますが、これに対応するレベルで点検を行うことは、経済性の観点からも決して好ましくないとの判断に基づいてなされたものです。 次に、遠望と近接の相違ですが、遠望は主に構造物の安全性や使用性に重大な影響を及ぼすと考えられる比較的規模の大きい損傷を発見することを目的に2年に1度実施するものです。近接は、遠望では把握できない微細な損傷や損傷・異常を比較的初期の段階から把握する目的で実施するもので10年に1度実施するものです。健康診断にたとえると、前者が定期診断、後者が人間ドックに対応するものです。
中 部	点検頻度の話が出ましたが、全ての橋を一律に同じ頻度とするのではなく、路線の性格や損傷の種類を考慮して設定すべきではないでしょうか。
土研(岩崎)	そのようにするのが一番望ましいと考えられます。現在、過去に実施された約800橋の定期点検結果を用いて交通条件や架設後の経年数と損傷の関係について分析を進めており、明確な傾向が明らかになれば要領の頻度の規定に反映したいと考えています。但し、疲労クラックについてみると、同じ交換条件であっても生じている橋と問題ない橋があるなど現段階では損傷の種類ごとに頻度を規定するのは無難しい面もあります。したがって当面は、原則として同じ頻度で点検を行ってデータの収集を進めていくのが良いと思われる訳です。但し、その場合、交通量の多い橋や古い橋から点検に着手していくことは非常に良い判断と考えます。
座 長	中部からとりまとめについての要望がでましたが、そのほかの御意見をお願いしたい。
関 東	「現場で使いやすい点検要領」これが成案化に向けて最も大事な事ではないか。
座 長	基本的で重要なご意見がありましたが、とりまとめに際してこの点についてどのように配慮しているか、土研からお願いします。
土研(岩崎)	現在、原案を用いた定期点検を東北、関東、中部、近畿、四国の5地建にお願いして実施しています。ここで、原案の問題点を明らかにし、できるだけ使いやすいものに修正していきたいと考えています。また、現場で使いやすいものとするための1つの大きなポイントは、損傷度の判定をいかに簡易に客観的に実施できるようにするかという点にあると考えます。そこで本要領で

発 言 者	発 言 内 容
	は、判定基準をできるだけ簡易にしましたが、現在、この判定基準に対応した損傷の写真事例集を検討しておりまして、完成すれば「現場で使いやすいもの」になると考えています。
座 長	ほかに何かございませんか。
中 部	今ほど、点検の判定の客観化にむけての写真事例集の話がありましたが、点検の精度は、点検員の質と密接に関係してくると思います。したがって、点検員の資格に関する規定が非常に重要と 생각합니다。このとこの本省のお考えをお伺いしたい。
座 長	高橋係長どうぞ。
本省（高橋）	ご指摘のとおり、重要な問題であります。原案では、2級土木施工管理技師の資格を参考に資格を定めておりますが、今後、本要領が成案した時点で、これを用いた職員の研修の検討も必要と考えられます。また、アメリカや西独で実施しているような橋梁の点検に関する資格制度も今後検討していく必要がある課題の一つとして受けとめています。
座 長	この技術研究会での検討課題というよりは、今後の点検に関する課題についての御意見がありました、そのほか今後の課題に関しての御意見があったらお願いします。
東 北	現在、橋梁点検車による点検を実施しているが、交通規制を伴い点検が実施できないという場合もある。交通規制の必要ない点検方法の開発が今後期待される。また、最終目標として点検のロボット化があると考えます。
座 長	今まで出ましたことをまとめますと、 まず、成果のとりまとめに関しては、1) 路線の性格や損傷の種類に応じた頻度を検討するのが望ましい。2) 現場で使いやすい要領としてほしい。 また、今後の課題として、1) 点検員の資格や教育システムの確立。2) 点検のロボット化についての御意見がありました。 ここで検討している点検要領は、将来、建設省のみならず、地方公共団体にも利用されていくことが期待され、今日の討議を踏まえ、より良い成果となるように検討を進めていただきたいと考えます。



発 表 会 風 景

2. 橋梁データバンクの検討

発 言 者	発 言 内 容
座 長	では、次に橋梁データバンクの方へ話題を移したいと思います。橋梁データバンクは現在検討中の点検要領と一体となって検討されているもので、そこから得られる点検結果や補修履歴等を中心としたデータを蓄積・管理し、橋梁の維持管理に関する重要なデータソースの一つになる予定のものです。橋梁データバンクについても、まず今年度の報告内容についての質問をお受けし、それから最終年度のとりまとめ方針に関するコメントを承りたいと思います。
中 部	橋梁管理上必要な添架物、塗装履歴に関するデータが、論文集にはのっていませんが、データバンクではどのような取扱になっているのでしょうか。
土研（三浦）	添架物の管理に必要な情報、たとえば、管理者名、添架物の種類（水道か電話線かなど）などは網羅されています。また、塗装についても塗料の種類（下、中、上塗り別）、素地調整の程度、施工部分（本体、高欄の別など）等のデータ項目が網羅されています。そのほかのデータ項目についても論文集にはスペースの関係上乗せていないものがありますので、詳細を知りたい方は、土研に資料を請求いただければ、お送りいたします。
座 長	他に特に質問がないようであれば、今後のとりまとめ方についてご意見をいただきたいと思います。先ず皮切りに本省の方から何かありますでしょうか。
本省（高橋）	今年度までの作業では主にデータ項目の拾いだしと定型的出力様式の検討が行われてきているようですが、必要なデータ項目とは、本来、利用方法が明確になって初めて明らかになるものだと思います。ですから、データの利用方法についての検討を今後さらにお願したい。
土研（三浦）	今年度までのデータ項目の検討においても、データ利用方法については概念的に一応の整理を行ってきています。これは、工事事務所レベルではこういう使い方が考えられる、本局ではこう、本省・土研ではこう、というようにまとめたものです。具体的に申し上げれば、事務所レベルでは、台帳、調書の自動作成や施設現況調査データの自動作成が行えます。また、補修にあたっては、他の橋梁では、どのような損傷に対してどういった補修を行っているかといった横並びの議論ができます。本省レベルでは要補修橋梁の把握や将来の維持・補修費の推計等にも役立つでしょう。今後はデータをより利用し易くするために応用プログラムの作成に結びつくような、より詳細な体系的検討を行うことを考えています。さらに、データの利用価値を高めるためには表示の方法も十分検討する必要があると思われるので、データの検討結果に関するグラフィックな表示方法などについても検討していきたいと思っています。
北 陸	データの利用価値が非常に高いところはわかりますが、それはデータが誤りなく入力、更新された場合だと思います。当地建で開発したバイレスという橋梁情報システムの経験からいって橋梁データバンクを効果的に使うためには、データの維持管理を十分に行い、データの信頼性を高めることが不可欠と考えられます。このためには、入力データのチェックシステムから体制的な検討まで様々な課題があるのではないかと思います。これらについてはどのように考えていらっしゃるのでしょうか。
土研（三浦）	データの信頼性の問題は非常に重要と考えています。自動的な入力データチェックシステムも考えられますけれど、一般的には非常に基礎的な誤り以外のチェックはできません。したがって、多忙な職員が時間に追われてデータの入力や更新を行うというのではなく、たとえば補修や点検に伴う業務発注の成果の一部として入力や更新を行うといったことにする必要があると考

発 言 者	発 言 内 容
	えています。 また、事務所等における管理・運用等の体制についてですが、特に工務や管理など関連する部にまたがった横断的な体制を作っていく必要もあるように思われます。このように、橋梁データバンクは、データの入力や更新に若干の手間がかかることは事実ですが、その管理・運用体制をうまく作り上げれば大きな負担にはならないと思いますし、先にも述べましたように信頼性のあるデータが蓄積されれば、その利用価値は今後ますます高くなってくると思われます。こうした管理・運用体制等にかかわる問題についても本省、地建等の御指導、御協力を得て、今後検討していきたいと考えています。
座 長	来年度に向けて、データの利用方法とシステムの管理・運用のあり方という大きな二つの課題を提示していただきました。これからの課題は短期的に解決することは必ずしも容易ではなく、データの蓄積やシステムの運用経験の積み重ねの中から徐々に良いものが生まれてくるような性格のものだと思いますので、単発的でない息の長いフォローを土研や地建の方々お願いしたいと思います。 では時間もあまりございませんので次の課題へ移りたいと思います。

3. 耐荷力に関する検討

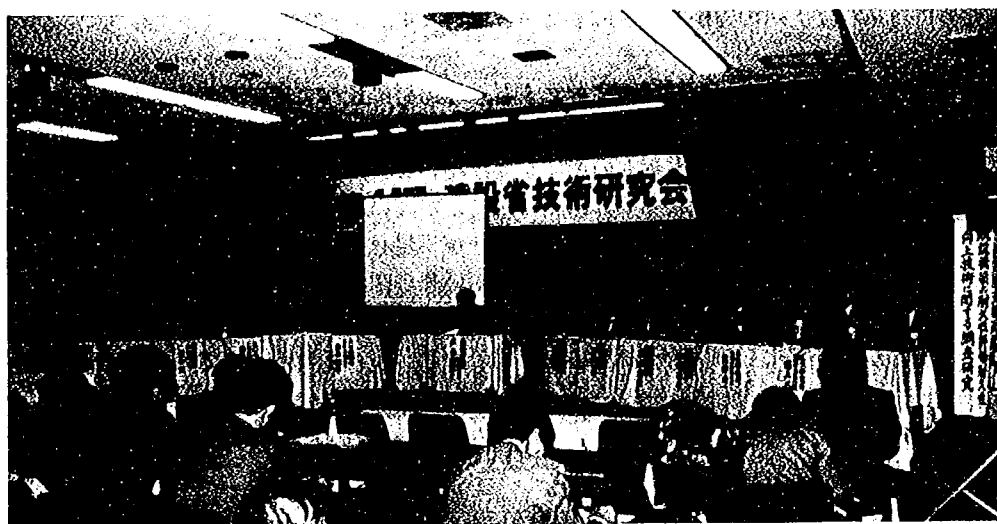
発言者	発言内容
座長	次に耐荷力に関する検討ですが、本課題では、既設橋梁の耐荷力および耐久性を適確に評価し、より長く活用していくことを検討目的としています。では、最終年度である来年度に向けて成果のとりまとめにあたっての要望、検討事項を中心に御意見をうかがいたいと思います。その前に検討内容について質問がありましたら、うかがいたいと思います。
東北	まず検討内容の確認の意味でうかがいたいと思います。最終的な成果物のイメージはどのような形であるのか、また応力頻度測定がどのように利用されるのか教えて頂きたいと思います。
土研(村越)	ここでは、既設橋梁の安全性を供用実態に即した形で評価する手法の開発を目標としています。現行の耐荷力判定手法では、すべての橋梁に対して一律にTLE-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2000台の橋も、同じレベルで評価されることになります。しかし、既設橋梁を有効に活用するという観点からすれば、一律にTLE-20評価するのではなく個々の橋梁の供用実態に即した形で安全性を照査する活荷重を設定するのがよいと考えられます。 このような点から、本年度の成果報告にもありますが、照査活荷重を設定するためにシミュレーションによる解析を行っているわけです。応力頻度測定で得られたデータは、解析結果が実際の状況に合っているかどうかの確認の手段として利用することを考えています。 また、応力頻度測定そのものは、個々の橋梁の詳細点検の一手法としても有効と考えられますので、測定マニュアルを作成して健全度の評価法として実用化することも考えています。
関東	現時点での橋梁の耐荷力に対する余裕を知るには応力頻度測定はかなり有効であると思います。ただ、旧示方書による小さな設計活荷重で設計された橋梁については、交通条件によっては今後の安全性が気になるところであります。ここで目標としている方法により、どのように安全性の評価ができるのか教えて頂きたいと思います。
土研(村越)	安全性を照査するための活荷重については、交通量の変化にあわせて設定できるようにすることを考えています。この照査活荷重と現行の判定法で得られる橋梁の耐荷力を比較することにより、大部分の橋梁については安全性を机上の作業で確認できると考えています。この段階においても安全性の判定が下せない場合には、個々の橋梁について応力頻度測定等を行って判断することが必要かと思っています。
座長	ほかに御意見ありませんか。
沖縄	沖縄では、コンクリート橋の塩害問題が深刻となっており、多くの補修・補強を実施しておりますが、現在のところ劣化損傷の進んでいるRC橋の耐荷力や補修・補強による効果を確かめる方法がありません。この点に関して、耐荷力の評価方法を明らかにして頂きたいと思います。
座長	これについては土研では、どのように考えていますか。
土研(箕作)	今回の検討では、既設PC橋を対象としています。これは昭和51年の直技でRC橋について、既に算定方法が示されていることを考慮したためであります。PC橋とRC橋では、ひびわれの発生・考慮の方法等が異なっていますが、最終的には、両者を合わせてコンクリート橋の耐荷力算定法を提示できればと考えています。 その際、原因や程度が千差万別である種々の劣化損傷を、耐荷力算定法の中に考慮することは、現状において難しいと言わざるを得ません。

発 言 者	発 言 内 容
	そこで、今回は、まず塩害による劣化損傷に絞ることとし、鋼材の破断やコンクリートの剥離等が生じていない軽微な劣化損傷を考慮できる耐荷力算定法を検討したいと考えています。さらに引き続いて、劣化損傷が進行した橋梁や補修・補強後の橋梁の耐荷力算定方法についても、事例研究的に検討できればと考えています。
座 長	本省から御意見ありませんか。
本省（高橋）	さきほど関東地建から旧示方書の小さな設計活荷重で設計された橋梁の話が出てきましたが、全国40000 橋（橋長15m以上、都道府県道以上）のうちの1/3がTL-20未満で設計されています。その中には大型車交通量の多いかなり厳しい条件下で使用されている橋梁もあり、耐荷力の適切な評価が必要といえます。また、評価手法としては、現場の管理者にとってわかりやすい形でまとめることが必要ではないかと思います。
座 長	いろいろと質問や意見が出てきましたが、来年度の成果とりまとめの方向、成果の有効利用を図る上での検討事項が明確にされたかと思います。 これらの検討事項をふまえて成果のとりまとめを行っていただきたいと思います。

4. 補修補強に関する検討

発言者	発言内容
座長	それでは、既設橋梁を安全にかつ長く供用しうる観点から、その技術の検討が必要な補修補強について話題を変えたいと思います。まず、私から、確認の意味で成果報告に関係した質問をさせていただきます。 今年度の検討では、RC床版の損傷実態や補修補強実態について焦点が向けられていますが、なぜ、RC床版の劣化損傷が他部材に比較して多いのか、また、昭和31年、昭和39年の示方書によるRC床版の劣化損傷率が高いのか、それらの原因について把握できているのか、調査結果の取りまとめに当られた土研の方から話を聞きたいと思います。
土研(箕作)	RC床版の特徴について考えてみますと、他部材に比べて薄い版部材であることから、施工誤差の影響や乾燥収縮の影響を受け易いことが挙げられる他、設計荷重の中で活荷重の占める割合が高く、重量車やその繰り返しの影響を受け易いことが挙げられると思います。また、昭和31年及び昭和39年の示方書によるRC床版の損傷率が高い理由としては、最近の調査研究によりかなり明らかになってきていますが、やはり剛性が不足していたこと、配力鉄筋量が不足していたことが挙げられるのではないかと思います。幸いRC床版の劣化損傷については、今年度の成果報告にもありましたように基準の改訂等の効果が表われて、かなり減少していることが明確になりましたが、今後より一層補修補強についての検討が重視されるべきではないかと感じられます。
座長	さて、ここで実際に現場で橋梁の維持管理を担当されている方々にこの補修補強についてのお考え等を聞かせて頂きたいと思います。
沖縄	全国的にみた場合、RC床版の補修補強の検討が重視されるべきだと考えますが、私どもが管理している橋梁についてみますと、昨年度この場所で述べましたように塩害により劣化損傷したコンクリート橋の補修補強法の検討が急務となっています。 現在、2種類の断面修復材料、8種類の表面被覆材料を選定して試験施工し追跡調査を行っていますが、今回の検討において塩害により劣化損傷したコンクリート橋の補修補強についても取り組んで頂きたいと思います。
北陸	話が若干細かくなりますが、北陸地建では鋼板接着によるRC床版の補強効果の判断に苦慮しております。鋼板でコンクリート床版下面を覆ってしまうため目視による健全度調査ができないことがその理由ですが、このような場合の調査方法についても検討が必要ではないかと思います。また、同様なことですが、舗装下のRC床版上面の状況についての調査方法についても検討が必要になるのではないかと思います。
座長	色々と貴重な意見を頂きましたが、話を聞いていましてやはり個々の損傷形態に適した補修補強方法の選定、設計、施工そして効果の確認方法を取りまとめることの必要性が再確認されたように思います。この点も含め、来年度一年間と検討期間が短くなりましたが、検討の進め方にも関係してきますので、先ほどの質問に対する土研の意見を聞きたいと思います。
土研(箕作)	まず、塩害により劣化損傷したコンクリート橋の補修補強法についてですが、北陸、東北地建さんにおいても同様な状況でないかと思っています。現在、ご存知かと思いますが、総プロ、コンクリートの耐久性向上技術の開発において断面修復材や表面被覆材の品質特性や施工性について実橋試験を含めて検討が進められている他、土研の調査研究でも追加鉄筋工法や高強度ポリマー含浸コンクリート板接着工法等について検討を始めています。したがって、それらの成果をここに吸収できればと思っています。また、北陸地建さんの鋼板接着の補強効果の確認方法で

発 言 者	発 言 内 容
	すが、御指摘のように非常に厄介な問題を含んでいます。RC床版下面に近付けるような場合であれば、たたき調査が有効になると思いますが、やはり今後検討すべき課題だと考えております。



発 表 会 風 景

5. 耐震性評価法・耐震補強法に関する検討

発言者	発言内容
座長	さて、次に耐震性評価法・耐震補強法に関する検討に話題を移したいと思います。我が国は、世界有数の地震国であり、過去に多数の橋梁の被害を受けて参りました。このため、先ほど報告されましたように既設橋梁の耐震性を正しく評価し、耐震性の低いものに対して有効な耐震補強を行うための手法の開発を目的として実施してきております。 さて、このディスカッションでは、本年度の成果をもとに最終年度のとりまとめに際しての御意見をいただきたいと思います。では、関東地建さんからいかがでしょうか。
関東	昭和61年の耐震点検が昨年終りまして、現時点では、要対策橋300橋の内39橋について対策を行っている段階であります。 対策工法としましては、支承部に対しましては、沓座拡幅、落橋防止装置の設置、下部工に対しましては、洗掘対策、液状化対策、支持力対策、及び躯体対策などに対して、根固め工法、増し杭、フーチングの拡大、鉄筋コンクリート巻立て等の工法を選定しております。 支承部の対策の場合には、設計マニュアル等が比較的そろっており、問題は少ないのですが、下部工の場合には、工法を選定に苦労しております。例えば、 1) 桁下空間の少ない橋に対して、洗掘対策を行う場合に杭の施工、掘削などの桁下での施工管理が難しいこと。 2) 関東地震のような大地震が予想される相模湾の影響地域に対して、どのように対処していくかという問題があること。 3) 液状化層に対してどのように対策していくかということ。 4) 幹線道路の確保が最優先であり、対策工法の優先度の決定方法をどうしたらよいかということ。 このため、個々の橋の特性を加味できるきめ細かい対策の選定フロー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。次に中部地建さんいかがでしょうか。
中部	中部地建でも、61年耐震点検では、要対策橋が664橋あり、本年度はこの内、78橋についての対策にとりかかっております。 対策工法については、関東地建さんとほぼ同様であり、やはり下部工についての対策工法を選定に苦労しています。下部については、今までは、中小橋梁に対してアースアンカー、ストラットの設置などの施工事例はありますが、本格的に始めるのはこれからであります。特に、苦労している点を挙げてみますと、 1) 液状化対策については、たいへんな費用がかかるのですが、その投資効果が明確ではなく、橋梁の耐用年数との関係をどのように考慮するかということ。 2) 古い橋梁については、下部構造の不明なものが多く、対策を行う場合に構造が想定したものと異なるという問題があること。 3) 鉄筋コンクリート橋脚の強度不足に対してRC巻立てをする場合の巻立て範囲、厚さ等の設計方法をいかにしたらよいか。 4) 新旧構造の荷重の分担の考え方、例えば、パイルベント橋脚に増し杭をして対策する場合、既設杭と新設杭の荷重分担をいかにすればよいかということ。 などがあります。このため、対策工法の個々の設計方法を作成していく必要があると考えられます。さらに、このような対策工法の基準化を図っていく必要があると考えられます。
土研(川島)	関東地建さん、中部地建さんの御意見にございましたように、大地震に対する問題、液状化等

発 言 者	発 言 内 容
	の地質条件、路線の重要度に応じた対策工法の選定法、及び個々の対策工法の設計法を整備していくことが重要と考えられます。このうち、大地震に対する考え方につきましては、本年度の成果にありますように大地震に対する耐震性の判定法に考慮されており、また、個々の対策工法の設計法に関しては、本年度調査いたしました対策事例の検討を進めていくと同時に、来年度には土研の方で鉄筋コンクリート橋脚の実験による補強効果の検討を実施していきたいと考えております。
座 長	ありがとうございました。いままでの御意見を伺っておりますと、現場では下部工についての対策の難しさに御苦勞されておられるようです。対策工法の基準化という御意見がありましたが、本省からの御意見はどうでしょうか。
本省（宮下）	耐震補強法に関する基準類については、支承部の落橋防止対策に一部あるのを除いて、他にはまだ用意されていないのが現状であり、今後このような工法の基準化を図っていく必要があると考えられます。 上部構造の対策については、本年度の成果をもとに基本的な選定法及び設計法として確立していくことが可能と考えられます。下部構造については、対策事例が少ない、地振動による構造物への影響が力学的に未解明な部分がある等の検討事項が残されておりますが、本技術研究会の成果を有効に活用し、少しずつでも作成していくことができると考えられます。昭和61年の耐震点検では、約4万橋の点検総数のうち、約1万2千橋が対策を必要とされており、このうち約2千橋が下部構造の対策であります。このため、このような地震対策事業に役立たせるためにもより一層のご検討をお願いしたいところであります。 また、耐震性判定法については、3次判定法として鉄筋コンクリート橋脚の大地震に対する判定法が取り入れられていますが、実際に活用していく上で、各ブロック毎の地震の規模について検討していただきたいと思います。
座 長	ありがとうございました。それでは、最後に土研の方から今後のとりまとめに際しての御意見をお願いします。
土研（川島）	橋の耐震性判定の推定精度、重要度、余命期間、対策効果を総合的に考慮した耐震補強の必要性の判定が重要であります。 下部工の耐震対策はこれからの段階にあり、橋脚の強度不足等、基本的なものについては、土研で実験等もまじえ、具体的な対策工法をうみだしていきたいと考えております。
座 長	貴重な御討論をありがとうございました。以上の御意見をもとに最終年度にむけて検討を進めて参りたいと存じます。

既設橋梁の耐久性評価・向上技術に
関する調査研究II

ISSN0386—5873
土木研究所資料 第2615号
昭和63年2月(1988年)
建設省土木研究所 橋梁研究室
耐震研究室
システム課

要 旨

建設省技術研究会道路部門指定課題として62年度に実施し
た調査研究の成果報告書である。

キーワード: 既設橋梁, 橋梁点検要領, データバンク, 応力頻度測定, 耐荷力, 照査活荷重, 補修補強, 耐震性, 耐震性評価法, 耐震補強法



郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

橋梁研究室行

No. 2615— 27

No. 2615— 27

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 2615 号 部

上記のとおり受領しました。

年 月 日

所 属(住所)

氏 名 印

土木研究所資料第2615号

