

1 章 研究概要

1.1 研究の背景

道路橋では、コンクリート部材の構造として、プレストレストコンクリート（以下「PC」と記す。）構造および鉄筋コンクリート（以下「RC」と記す。）構造が用いられてきた。PC構造は、衝突荷重又は地震の影響を考慮しない荷重の組合せに対して、計算上のひび割れを許容しない構造であり、持続的に作用する荷重に対してはコンクリートに引張応力を発生させない一方で、荷重条件によっては部材断面にある程度の引張応力の発生を許容するものの適切な引張鉄筋を配置することによりじん性を確保させた構造である。またRC構造は、部材の引張応力を鉄筋が、圧縮応力をコンクリートが主に負担し、一般にひび割れが発生することを前提とした構造である。過去より、コンクリート橋の部材は、荷重に対する安全性を確保するために、設計荷重作用時に部材断面に生じる応力度を許容応力度以下とすることにより、PC構造においてはひび割れが発生しないように、RC構造においては過大なひび割れを防ぐように設計されてきた。しかしながら、中には荷重に対する十分な安全性を確保できず、道路橋の安全性を損なう様々な損傷が生じる実態も確認されている。例えば、コンクリート部材では床版構造に多く見られるような、応力変動幅の大きな荷重の繰返し载荷による有害なひび割れの発生及びひび割れ発生に伴う内部鋼材の腐食等である。これまで橋梁構造物の疲労耐久性については、自動車荷重が繰返し直接積載される道路橋の鋼部材等の限られた対象について考慮されてきたものの、一般にコンクリート橋として疲労が問題となった事例が少ないことから、想定される荷重の組合せにより部材断面に生じる鉄筋やコンクリートの応力度が許容応力度以下であることを照査することにより、一般的に疲労の検討は省略されてきた。

一方、衝突荷重又は地震の影響を考慮しない荷重の組合せに対して、計算上のひび割れを許容するというパーシャルプレストレストコンクリート(以下「PRC」と記す。)構造の実橋への採用例も増えつつある。PRC構造は、RC構造を基本としつつ、発生が想定されるひび割れ幅を減らすために少量のプレストレスを導入したものである。PRC構造では、道路橋の桁に用いる場合には、活荷重に対してこれまでのいわゆるPC構造として設計されたコンクリート部材と比較して大きな応力変動の発生が想定されており、設計上の目標期間である100年という長期間に渡る十分な耐久性を確保するためには、コンクリート表面に発生する計算上のひび割れ幅が、鋼材の腐食に対する耐久性の点から許容されるひび割れ幅以下であること、及び荷重の繰返し载荷によりひび割れ幅が拡大し、耐荷力上も有害なひび割れにならないことが前提にある。しかしながら、長期間過酷な外力等条件下で供用される道路橋の耐久性に対して十分に定量的な評価基準が明確にされているわけではなく、従来から規定されている設計に用いる断面力やそれに対応した許容値及び構造細目と耐久性の関係は、具体的に示されていないのが現状である。



(a)PC 橋のひび割れ



(b)PRC 橋のひび割れ



(c)RC 橋のひび割れ



(d)鋼材腐食が懸念されるひび割れ

写真 1.1.1 コンクリート橋のひび割れ損傷の例

写真 1.1.1 はいずれも供用 40 年を経た道路橋のひび割れ損傷の例を示したものである。主桁には多数のひび割れが発生していることが確認され、中には上端が桁の中立軸付近まで到達しているひび割れもあった。これらひび割れの発生主要因が、一過性の応力超過を及ぼす荷重による交通流によるものなのか、想定内の荷重の繰返し载荷によるものなのか、あるいは他の劣化因子によるものなのかを解明し、必要に応じて今後のコンクリート道路橋の設計に反映させる必要があると考えられた。そこで本研究では、実橋調査により、プレストレスが導入された部材の損傷実態の把握と疲労損傷の可能性の検証、及び供試体実験と解析を用いた荷重の繰返し载荷による疲労損傷の再現と疲労損傷要因の分析を行うことで、PRC 構造の設計手法と性能の関係について明らかにすると共に、性能照査において考慮すべき事項について検討することとした。

1.2 研究概要

本研究は、コンクリート部材の耐久性として、長期に亘る活荷重の繰返し载荷によるコンクリート部材への疲労の可能性を調査すると共に、供試体実験と解析による疲労損傷の再現と疲労要因の分析、ひび割れによる腐食に対する耐久性についての検討を行い、PRC構造の設計手法と性能の関係を明らかにしたものである。研究フローと報告書の構成を図1.2.1に示す。

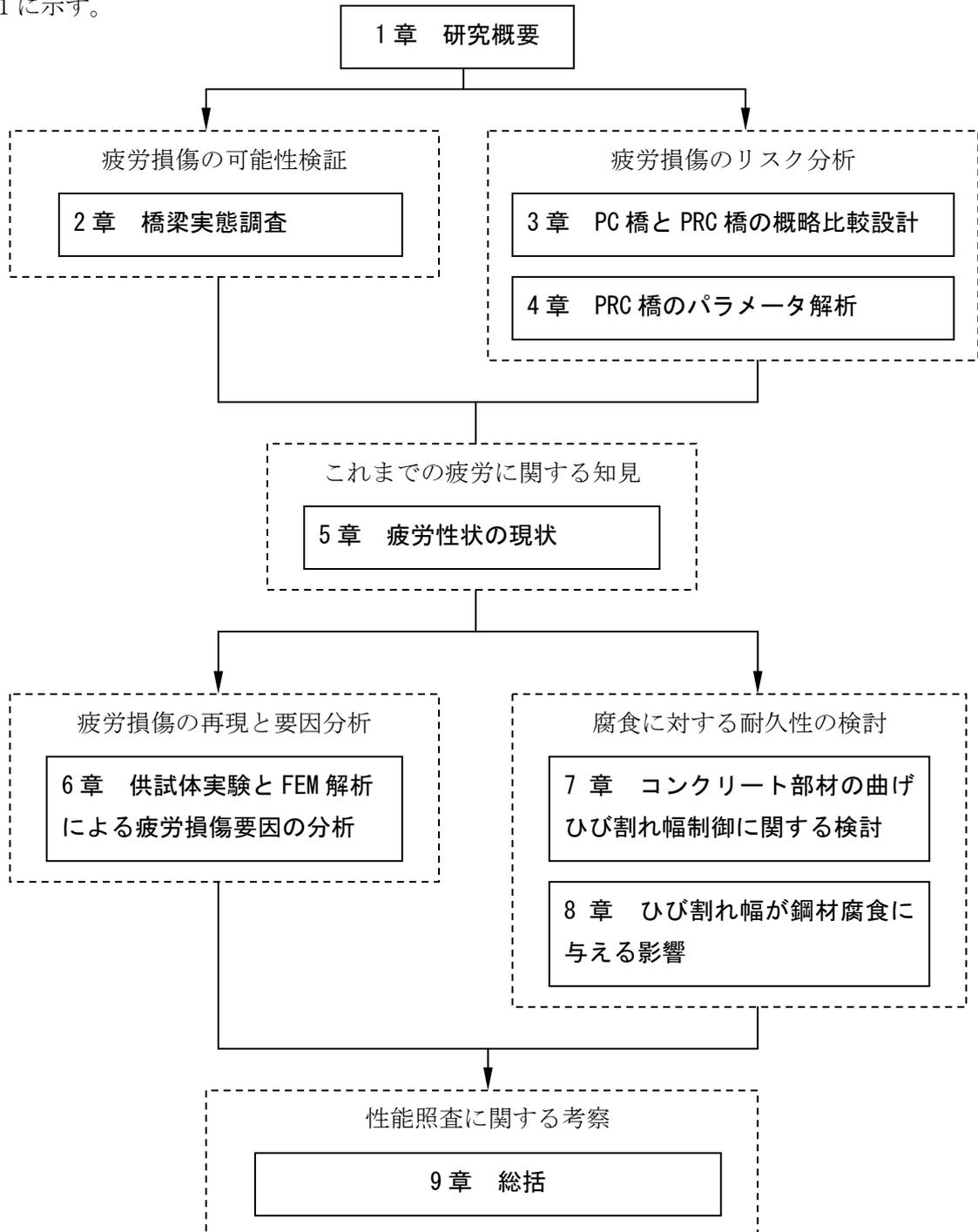


図 1.2.1 研究のフローと報告書の構成

まず「2章 橋梁実態調査」において、長期間供用されている PRC 橋及び自動車交通の過酷な条件下で供用されている PC 橋の中から特にひび割れ損傷の多い橋梁をそれぞれ 1 橋ずつ抽出し、損傷実態の把握と損傷要因の分析を行うことにより、実橋における疲労損傷の可能性を検証した。

一方、PRC 構造の PC 構造に対する相対的な疲労損傷リスクを分析するために、「3章 PC 橋と PRC 橋の概略比較設計」において、PC 構造及び PRC 構造それぞれの概略設計を実施し、設計思想が異なることによる応力状態の観点から疲労損傷の発生しやすさを比較した。加えて「4章 PRC 橋のパラメータ解析」において、PRC 構造における主桁断面形状、プレストレス導入度、クリープ及び乾燥収縮の変動などの設計要素が設計結果及び疲労のリスク変動に及ぼす影響を検証することにより、疲労損傷のリスクを変動させる要因の分析を行った。

「5章 疲労性状の現状」では、これまで得られている疲労損傷に関する多くの知見から、疲労性状の現状についての基本的な知見をまとめた。

前章までの結果を受け、「6章 供試体実験と FEM 解析による疲労損傷要因の分析」では、疲労損傷の再現と、疲労損傷要因の分析を行うと共に、定量的な疲労照査の可能性を検証するために、プレストレス導入度の異なる複数のはり供試体を用いた疲労実験及び FEM 解析を実施した。

一方「7章 コンクリート部材の曲げひび割れ幅制御に関する検討」において、はり供試体を用いた載荷試験によるひび割れ幅や分散性等のひび割れ性状の確認及び荷重载荷を継続することによる乾燥収縮やクリープの影響によるひび割れ幅の長期変化について検討を行い、PRC 構造や RC 構造で発生を許容している曲げひび割れについて、ひび割れ性状やひび割れ幅の長期的な変化傾向の把握を行った。また「8章 ひび割れ幅が鋼材腐食に与える影響」では、7章におけるひび割れ性状の長期的な変化傾向を受け、曲げひび割れを意図的に導入した RC 供試体の暴露試験により、ひび割れ部への塩分浸透とひび割れが鋼材腐食に及ぼす影響についての検討を行い、曲げひび割れが耐久性に及ぼす影響の把握を行った。

最後に「9章 総括」において、本研究により得られた知見から、PRC 橋の性能照査を行う上での留意点等のまとめを行った。