

学位論文題名

コンクリート橋の健全度に関する研究

学位論文内容の要旨

日本における社会基盤整備も急速に進み、公共事業も次第に維持管理にその重心を移しつつある。その維持管理のなかで橋は最も重要な構造物の一つであり、それが崩壊したり、使用不能となることは道路利用者のみならず、地域社会に与える影響が大きい。また補修・補強・架換に多大の費用を要する。このため橋の健全度は評価することが重要な課題になっている。コンクリート構造物は従来からメンテナンスフリーとして半永久的と言われてきたが、最近、条件さえ重なれば意外と早く劣化することが判明し、問題となっている。コンクリート構造物が年月とともに劣化して行く原因として1. 材料・設計・施工に内在する欠陥, 2. 構造物が置かれる環境, 3. 設計荷重を超える交通などが挙げられる。

本研究は長期間にわたるコンクリート橋の耐久性調査, 河川改修・道路改良などに伴い廃橋となったコンクリート橋の解体調査, 静的耐荷力調査, 更に鉄筋コンクリート桁, プレストレストコンクリート桁の海岸長期暴露試験を行って, 個々の劣化過程や原因を調査し, コンクリート橋の健全度確保に必要なデータを収集・解析することにより, 今後の設計施工および維持管理に寄与することを目的としたものである。

第1章は北海道におけるコンクリート橋の現状を述べ, 本研究の目的と関連する既往の文献の調査結果, 本文の構成について述べた。

第2章は昭和30年代までに建設された鉄筋コンクリート橋30橋の解体調査, 載荷試験を行い, コンクリートの強度は海岸橋の場合 $200\sim 400\text{ kg f/cm}^2$, 内陸橋の場合 $150\sim 200\text{ kg f/cm}^2$ で大きな差があることを述べている。また多数の非破壊試験結果から北海道における既設コンクリート強度を推定する式を提案した。鉄筋強度は昭和20年代に製造されたものはばらつきが大きいのみならず, 同一の橋に高張力鋼と普通鋼が一緒に使用されていることが判明し, この年代の橋を調査する際には供試体数を増やすなどの配慮が必要である。鉄筋の腐食量は一部かぶりコンクリートが剝離していても断面積の腐食減少量は10%以下である。この程度であれば荷重は床板, 横桁などを通じて荷重分配されるので橋全体の耐荷力に影響を及ぼすことはなく, 健全度が維持

されることが判明した。

第3章はプレストレストコンクリート橋の耐久性について述べている。北海道では昭和33年ごろPC橋のシーズに沿って縦ひび割れが多数発生していることが発見され、耐久性に与える影響が問題となったが、以来30年にわたって、9橋についてひび割れ追跡調査を行った。その間、6橋が廃橋となったが、そのうち5橋について解体調査、載荷試験などを行うとともに、比較のため、9橋とは条件の異なるPC橋9橋についても試験調査を行った。その結果、縦ひび割れが生じているところでは、ほとんどの場合、シーズは腐食しており、特に水分の供給が容易で環境の影響を受けやすい耳桁の被害程度が大きい。また当初からひび割れ長さ・幅が大きい場合はグラウトが硬化初期に凍結していることが多く、グラウト内に氷の結晶の痕跡があったり、ときには粒状に粉砕している。この場合にはひび割れの経年変化も大きく、PC鋼線の腐食も進んでいる。海岸橋の場合にはかぶりを十分確保し、ひび割れを生じさせないことが大切で、施工誤差などによりかぶりが小さくなりがちなスターラップにはエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用するなど防食対策を行うことが望ましい。グラウトの品質が良く、十分シーズ内に充填されているとPC鋼線の腐食が防止できることが明らかとなった。グラウトが健全である割合は昭和33年以前で50%、昭和34年以後で75%程度である。縦ひび割れが多数発生している橋の載荷試験の結果では橋全体の耐力に影響するほど劣化したものは無かった。しかし今後の維持管理には十分留意する必要がある。

第4章は海岸に長期暴露試験を行った鉄筋コンクリート桁、プレストレストコンクリート桁の解体調査結果である。かぶり厚さ、ひびわれ幅、コンクリートの配合などを要因とするRC桁の20年暴露試験結果では、かぶりが小さい時にはひびわれ幅はあまり鉄筋腐食に関係は無かったが、かぶりが大きくなるに従いひびわれの幅の影響が大きくなった。鉄筋の断面積減少量にして5%を超えると縦ひび割れ発生割合が大きくなるが、これを使用限界とする許容ひびわれ幅はかぶり4cmで0.1~0.2mmである。混合セメントは比較的水セメント比(W/C)に無関係に塩化物阻止能力が大きいので海岸構造物には有利な材料である。

かぶり、縦ひび割れ幅、グラウトの配合などを変えたPC桁の10年暴露試験結果では、PC鋼線の腐食はグラウトのW/Cの影響が大きかった。W/C=70%では材料分離によりシーズ内の空隙が多くなり、PC鋼線の腐食が助長している。高性能減水剤などを利用してW/Cの小さい、流動性の良いグラウトが望まれる。

第5章では耐久性に優れたコンクリート橋として北海道におけるシンボリック的存在である十勝大橋について考察した。十勝大橋は昭和16年9月に完成し、今日まで約50年間供用されている鉄筋

コンクリート橋である。数々の設計、施工上の配慮が橋の耐久性を向上させている。設計では、ゲルバー部の詳細設計を特に入念にし、橋脚・橋台の可動部にはコンクリートロッカーを使用していること、また太径鉄筋の重ね継手を避け、矢筈式鍛接を用いていることなどでひび割れ抑制、施工性向上に対応している。施工では砂利の表面水率を一定に保ち、品質管理に努めたほか、ひび割れ防止のためモルタルスペーサを用いず、また内部振動機を米国から輸入して使用したことなどである。また最も注目されることは作業監督員にそれぞれの立場に応じ、作業必携をもたせ、コンクリートの取扱いについて教育したことである。

昭和43年のひび割れ調査では、橋は健全であることが確認され、また昭和59年には主桁で幅の大きいひび割れには補修材の注入、凍害を受けた高欄の補修を行ったのみで健全を維持している。設計施工および維持管理が健全度を維持するために重要であることを述べている。

第6章は結論であり、前章までに得られた結果を総括し、今後の課題について述べている。

学位論文審査の要旨

主査	教授	佐伯	昇
副査	教授	芳村	仁
副査	教授	角田	與史雄
副査	教授	鎌田	英治

近年、社会基盤整備も急速に進み、公共事業も次第に維持管理にその重心を移しつつある。その維持管理のなかで橋は最も重要な構造物の一つである。

本論文は長期間にわたるコンクリート橋の耐久性調査、河川改修・道路改良などに伴い廃橋となったコンクリート橋の解体調査、静的耐荷力調査、更に鉄筋コンクリート桁、プレストレストコンクリート桁の海岸長期暴露試験を行って、個々の劣化過程や原因を調査し、コンクリート橋の健全度確保に必要なデータを収集・解析することにより、今後の設計施工および維持管理に寄与することを目的としたもので、6章から構成されている。

第1章では、北海道におけるコンクリート橋の現状を述べ、本研究の目的と関連する既往の文献の調査結果、本文の構成について述べている。

第2章は昭和30年代までに建設された鉄筋コンクリート橋30橋の解体調査、載荷試験を行い、

多数の非破壊試験結果から北海道における既設コンクリート強度を推定する式を提案している。また鉄筋の腐食量は一部かぶりコンクリートが剝離していても断面積の腐食減少量は10%以下であり、この程度であれば荷重は床板、横桁などを通じて荷重分配されるので橋全体の耐荷力に影響を及ぼすことは少ないことを指摘している。

第3章では、プレストレストコンクリート橋の耐久性について述べている。北海道では昭和33年ごろPC橋のシースに沿って縦ひび割れが多数発生していることが発見され、耐久性に与える影響が問題となった。それ以来30年にわたって、調査を行った結果、縦ひび割れが生じているところでは、ほとんどの場合、シースは腐食しており、特に水分の供給が容易で環境の影響を受けやすい耳桁の被害程度が大きいこと、海岸橋の場合にはかぶりを十分確保し、ひび割れを生じさせないことが大切であり、施工誤差などによりかぶりが小さくなりがちなスターラップにはエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用するなど防食対策を行うことが望ましい。グラウトの品質が良く、十分シース内に充填されているとPC鋼線の腐食が防止できることが明らかにされている。グラウトが健全である割合は昭和33年以前で50%、昭和34年以後で75%程度である。縦ひび割れが多数発生している橋の載荷試験の結果では橋全体の耐荷力に影響するほど劣化したものは無かったが、今後の維持管理には十分留意する必要があることなどを指摘している。

第4章では、海岸に長期暴露試験を行った鉄筋コンクリート桁、プレストレストコンクリート桁の解体調査結果を述べている。PC桁の20年暴露試験結果では、かぶりが小さい時にはひびわれ幅に関係なく鉄筋腐食が起り、かぶりが大きくなるに従いひびわれ幅によって腐食が制御されることが明らかにされている。また鉄筋の断面積減少量にして5%を超えると縦ひび割れ発生割合が大きくなるが、これを使用限界とする許容ひびわれ幅はかぶり4cmで0.1~0.2mmであること、混合セメントは塩化物の阻止能力が大きいので海岸構造物には有利な材料であることなどが明らかにされている。またPC桁の10年暴露試験結果では、PC鋼線の腐食はグラウトの水セメント比W/Cの影響が大きく、W/C=70%では材料分離によりシース内の空隙が多くなり、PC鋼線の腐食を助長していることから、高性能減水剤などを利用してW/Cの小さい、流動性の良いグラウトを使用することを提案している。

第5章では耐久性に優れたコンクリート橋として十勝大橋について考察している。十勝大橋は昭和16年9月に完成し、今日まで約50年間供用されている鉄筋コンクリート橋で、数回の調査結果から、設計、施工に対する配慮、さらに維持管理が健全度を維持するために重要であることを指摘している。

第6章は結論であり、前章までに得られた結果を総括し、今後の課題について述べている。

これを要するに、本論文は北海道のコンクリート橋の健全度を調査し、健全度を確保するための設計、施工上の提案を行ったもので、コンクリート橋の耐久性、耐荷力に関して多くの知見をえて、健全度を確保するための新たな提案をしており、コンクリート工学の進展に寄与するところが大きい。

よって著者は、博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。