

I-53

単径間鋼板桁の外ケーブルの適用性について

開発土木研究所	正員	佐藤昌志
開発土木研究所	正員	金子学
北海道開発コンサルタント㈱	正員	奥野智
日本橋梁㈱	正員	設楽正次

1. はじめに

道路橋示方書（以下道示と記す）は、幾多の改訂を重ねながら今日に至っている。その間、主要規定である設計荷重や部材強度に関する条項も多くの変遷を経ており、最近では主に設計活荷重の条項が平成5年11月に改訂された。この改訂の結果、現在供用中の多数の橋梁が設計応力等で何らかの課題を受けるに至っている。

このような橋梁では、安全性確保のために損傷の有無や耐荷力調査などが行われており、交通量が多く大型車混入率の高い路線や損傷度ランクの高い橋梁では、必要に応じ耐荷力の向上を目的とした補修・補強工事が計画的に実施されることと考えられる。

しかしながら、供用中の橋梁構造物の補修・補強を行う場合、さまざまな制約下での現場施工となるのが一般的である。そのため、補修・補強工法の選定に際しては、所定の耐荷力を確保するだけでなく、各々の現場条件や施工条件を慎重に検討するなど、経済性、合理性への配慮が求められる。

本調査研究は、既存橋梁のうち鋼橋の補修・補強の有力な方法の一つとして、外ケーブルによる主桁耐荷力の改善工法に着目したものである。鋼橋に外ケーブル工法を用いた場合、従来の工法に比べて既設部材に対する加工作業が局所的であり、補強部材重量が軽減されるなど多くの効果が期待される。しかしながら、これまでいくつかの研究はみられるものの、実際の適用例はきわめて少ないのが現状である。

そこで本研究では、中小規模橋梁として最も一般的なI断面単純桁橋を対象として、ケーブルプレストレスによる作用応力の改善、ケーブル定着部およびその周辺の応力性状、最適なケーブル材の選定、現場施工性など、より実情に即した項目について検討を加え、架換された実橋の主桁ブロックを供試体として用いた載荷実験により、上記の検討内容について確認することとしている。

本文では、外ケーブル構造の位置付けと特性について述べ、合理的な補修・補強工法の一つとして提案を行い、実橋供試体を用いた載荷実験の概要について紹介する。なお、本手法は新設橋の鋼重低減を図る一手法でもある。

2. 既存橋梁の調査

外ケーブル工法適用性の検討に先立ち、道内の主要な一般道にて供用されている橋梁のうち、何らかの補修・補強の可能性が考えられる橋梁の、形式や支間構成の構成比率を調査した。これによれば、総計のうち橋梁数比率で鋼橋が約76%を占めており、残りがPC橋またはRC橋などとなっている。また、鋼橋の形式別分類は連数比率で図-1のようであり、合成桁を含む単純板桁が全体の60%を占めていることが判明した。これら鋼橋の多くは、昭和31年または昭和39年の鋼道路橋設計示方書に準拠して設計されているものであった。一般に、この時期に設計された道路橋は、現在の重交通に対して床版耐荷力の不足が指摘され、剛性不足に

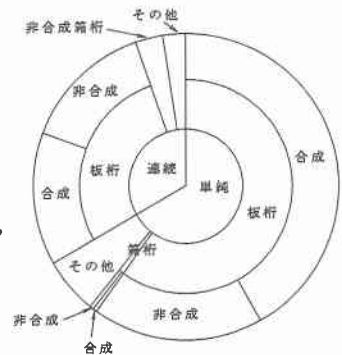


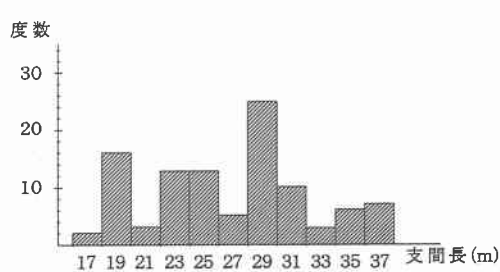
図-1 橋梁形式分類

A feasibility study of strengthening with externally prestress for single-span steel bridges
by Masashi SATO, Manabu KANEKO, Satoshi OKUNO and Masaji SHITARA

起因する床版コンクリートのひびわれ劣化や、繰り返し輪荷重による床版損傷だけでなく、振動や騒音の増加など使用性に対する問題も発生するに至っている。

これら鋼単純板桁橋の平均支間長分布は図－２に示すように17m～38mの範囲であり、20m～24mおよび30m前後の支間長を有する橋梁が多い。

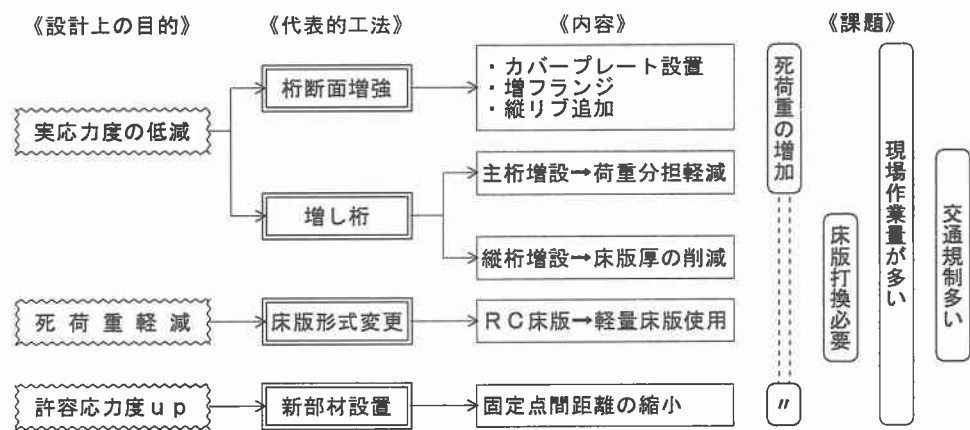
以上から、早急に耐力力向上対策を策定すべき橋梁形式は、単純支持鋼板桁であると判断されたので、本研究では、これに着目して検討を進めることとした。



図－２ 鋼単純板桁の支間長分布

3. 補強工法の選定と課題

既存橋梁の補修・補強工法の選定にあたっては、規模、形式、老朽度などの橋梁そのものの条件や、交通規制の可否、桁下クリアランス、ベント設置の可能性などの現場条件を総合的に判断し、経済性、安全性、施工性に照らして合理的に決定しなければならない。図－３は、主桁の耐力力向上を目的とした、一般的な従来の工法を、補強目的に着目して分類したものである。



図－３ 従来の補強工法の分類と課題

ここに示した補強工法は、単独であるいは複数の組合せにより、既存橋梁の耐力力向上のために用いられているが、それぞれ検討すべき課題を有している。特に、交通規制が十分に行えず迂回路も用意できない場合には、供用下での現場施工となるため、安全性や作業性に影響を及ぼし、ひいては補強・補修工費の増大をもたらすことになる。

また多くの場合、上部構造の応力度改善が死荷重の増加を伴うため、地震時が設計上支配的な荷重状態となる場合が多い下部構造や基礎構造の安全性に、重大な影響を及ぼすおそれもある。

既存の橋梁は、現在も増加し続ける交通荷重下であり、補修・補強の要請はより強まるものと考えられるため、従来用いられてきた補修・補強工法が持つ制約条件を軽減でき、他の構造部材への影響が最小限となるような新しい工法の開発と実用化が必要と考える。

4. 外ケーブル工法の提案

外ケーブルによる既設桁の補強工法は、既設PC桁のプレストレス不足を補う目的で実施事例が増加している。鋼橋では、海外に新設橋を含めて多くの実施事例を見るが、国内の実績はきわめて少ない。

外ケーブル補強工法とは、高強度の緊張材を用いて主桁にプレストレスを導入することにより、載荷荷重による作用応力と逆向きの応力を生じさせ、主桁の曲げ耐力およびせん断耐力を向上させる工法である。また、緊張材のプレストレス力や配置を変化させることにより、主桁に作用させる応力を調整することが可能であり、高強度の緊張材を有効に利用できる。

外ケーブル補強工法は、従来の工法に比べ一般に次の利点がある。①施工はプレストレス導入管理を十分行えば、既設部材に対する加工作業が少ないため容易である。②補強部材の鋼重増による影響が小さい。③交通規制が不要か軽微である。④プレストレス力や緊張材の配置を変えることで合理的設計が可能である。これらのことから、経済性、安全性、施工性に照らして外ケーブル補強工法は合理的な工法であり、既設橋補強の重要な選択肢であると考えられる。わが国の施工実績はきわめて少ないものの、将来有望な手段として見直されつつあり、設計・施工に対する実用化検討が必要とされている。

5. 実用化のための検討課題

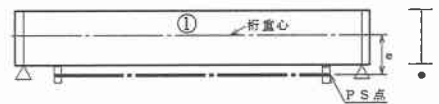
外ケーブル補強工法を単径間鋼板桁の補強工法として適用するにあたり、以下の設計・施工上の検討課題を抽出し、その解決策を検討することとした。

1) ケーブル配置

桁とケーブルの位置関係（桁重心とPS点）、ウェブ面内の配置形状（直線、曲げ上げ）は、単径間鋼板桁を対象にした場合、図-4に示す3種類の配置が考えられる。それらの設計・施工上の特徴を以下に示す。

① フランジ下配置

- ・ 桁重心からの偏心量 e が大きくプレストレス効果大。
- ・ ケーブルを集中配置でき張力導入管理が容易。
- ・ せん断耐力の向上は望めない。



② ウェブ下配置

- ・ ケーブル両面配置の場合、張力導入管理に注意が必要。
- ・ 桁下制限、景観に対して有利。
- ・ せん断耐力の向上は望めない。



③ ウェブ曲げ配置

- ・ ケーブル両面配置の場合、張力導入管理に注意が必要。
- ・ 桁下制限、景観に対して有利。
- ・ 曲げ角度は対傾構、横構位置で制限される。
- ・ せん断耐力の向上が望める。



図-4 外ケーブル配置図

これらの中から、現場条件、耐力不足量などをパラメータとして、最適な配置を選定するための指針が必要である。

2) 緊張材の選定

外ケーブルの緊張材料としては、ロープ系、PC鋼より線、平行線ケーブル、PC鋼棒などが考えられる。選定にあたっては、経済性、施工性、維持管理、実績などを考慮しなければならない。

3) 最適プレストレス量

プレストレス量と応力改善量との関係を与える計算式を確立する必要がある。

4) ケーブル定着部の設計

集中荷重が作用する部分であるが、通常の簡易モデルを用いて設計できるような設計法を確立することが望ましい。

5) 既設（圧縮フランジ）に対する影響の評価

プレストレス導入による応力分布の変化を簡易法で評価し、これを確認する必要がある。

6) 疲労に対する検討

道示のB活荷重対応のためのプレストレス量は、一般に活荷重の30%程度の改善であることから、大きな問題はないと考えられるが、外ケーブルおよびその付属部材は、活荷重の変動応力が支配的という特性を有しており、疲労損傷が生じないことを検証しておく必要がある。

7) 現場施工に関する事項

現場施工に関しては、実橋の現場計測、供用下施工、現場作業性、張力導入および管理など、数多くの検討項目がある。特に、本工法で一番重要となる張力導入および管理方法について検討が必要である。

6. 実験概要

前項検討項目に対応するデータを得るため、以下に示す目的で模型実験を実施するものとしている。

- ①プレストレスが主桁応力の増減に及ぼす影響の評価
- ②ケーブル定着点付近の応力分布の評価
- ③張力導入方法とその評価

1) 供試体とケーブル配置および種類 (図-5)

供試体は、補強工事の現実性を考え、架換された実橋(昭和36年供用)の主桁ブロック6体を用いる。ケーブル配置は、直線配置2種類、曲げ上げ配置とした。曲げ上げ形状は種々考えられるが、本実験ではパターン変化による結果の変動は大きくないと考えられるので1種類とする。また、ケーブルは、施工性、経済性、に優れているPC鋼棒と、経済性に劣るが疲労信頼性に実績のある平行線ケーブルを使用する。



図-5 供試体及びケーブル配置図

2) 載荷荷重とプレストレス力

静的載荷荷重は、供試体のフランジ応力が許容応力近くなる70tfとする。また、プレストレス力は、実橋の支間長を25mと想定し、B活荷重による超過応力が改善されるよう決定する。その時の数値計算は、宮本らの提案式¹⁾を適用する。疲労載荷荷重は、JSSCによる疲労照査法²⁾を準用し、これに25tf荷重を載荷して得られた応力変動幅に相当する載荷荷重(22tf)とする。

3) ケーブル定着部

供試体との接合は、現場施工性に配慮して高力ボルト引張接合³⁾によるものとした。これを含めた設計モデルを設定し、これらが妥当であるかを実験およびFEM解析を通じて確認するものとした。

4) プレストレス導入方法

平行線ケーブルは、センターホールジャッキにより導入する。PC鋼棒は、PCウェル用ジャッキにより導入する。張力管理は、ロードセルとジャッキの圧力計両方にて行い検証する。

載荷実験は、現在進行中であり、平成7年1月に直線ケーブル配置の供試体の載荷実験を行い、来年度に曲げ上げ配置の供試体の載荷実験を行う予定である。

7. あとがき

単径間鋼板桁における主桁耐荷力の改善工法として、外ケーブル工法を実用化するには種々の検討課題があるが、載荷実験などを通じてそれらの解決は可能であり、適用可能な工法と考える。さらに、この工法は自由度の高い設計が可能なことから、新設橋梁への適用も可能と考えられるので今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 宮本, 森川, 平田: プレストレス鋼桁の静的・動的挙動と補修・補強への適用に関する研究, 建設工学研究所報告, 第34号, 1992.12
- 2) 日本構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説 1993.4
- 3) 日本構造協会: 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案) 1994.5