

I -87

実規模鋼製橋梁を用いた外ケーブルの適用性に関する一実験

北海道開発コンサルタント(株) 正 員 児 玉 洋
 北海道開発コンサルタント(株) 正 員 外 山 義 春
 開発土木研究所 正 員 佐 藤 昌 志
 開発土木研究所 正 員 佐々木 康 博
 日 本 橋 梁 (株) 正 員 亘 信 夫

1. まえがき

近年、公共事業における建設コストの縮減について社会的に非常に強い要請がある。

鋼製橋梁におけるコスト縮減策は、①設計の合理化、②少本数桁橋の採用、③工場塗装範囲の拡大、④プレファブ構造による死荷重の軽減化などが現在有力な方法として実施されている。本稿では、比較的合理的な設計を行いやすく架設も比較的容易な桁橋に着目し、新工法を提案することにより、鋼重を軽減し建設コストの縮減を図ることを目的としている。

例えば、河川橋や跨線橋、跨道橋などでは路面高や桁下空間の制約から橋梁形式が選定されることがある。標準適用支間からは鉸桁であっても制約条件から鋼床版桁橋や箱桁が選定される場合がある。桁高は、一般的に鉸桁では支間長の $1/15 \sim 1/25$ 、箱桁では $1/20 \sim 1/30$ 程度として設計されている。このような場合、鋼鉸桁での桁高支間比を箱桁程度に小さくできれば、桁高・路面高を低く押さえたコスト縮減型の橋梁形式となり得る。

そこで外ケーブルにより主桁にプレストレスを与え、主桁の耐荷力を向上させることにより、主桁断面の省力化を図ることを目的とした実験を行うこととなった。

2. 外ケーブル（P C鋼棒使用）による補剛工法

外ケーブルによる既設桁の補強工法は、既設P C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きているが、鋼橋に関しては、海外に新設桁を含めて多くの事例を見るものの、国内での実績はきわめて少ない。

ケーブルによる補剛工法とは、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、主桁の曲げ耐荷力およびせん断耐荷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となり、高強度の緊張材を有効に利用できる。

また、外ケーブルを新設橋に適用させた場合、従来の工法に比べ次の利点があると考えられる。

- ①外ケーブルにより耐荷力を増加させるため、桁高を低くすることが可能である。
- ②桁高を低くすることができるため、鋼重を軽減できる。
- ③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。
- ④施工は、通常の架設方法であり、プレストレスの導入も桁架設後に行えるため、比較的容易である。
- ⑤桁橋の適用支間長を伸ばすことが可能である。
- ⑥他の省力化設計との組み合わせにより、さらにコスト縮減を図る事が出来る。

これらのことから、外ケーブルによる主桁の補剛方法は合理的手法であり、国内での実績は少ないものの、桁高の制限を受けるような場合特に、将来有望な手段であると考ええる。

また昨年度までに行った実験では、単径間鋼鈑桁における主桁耐荷力の改善工法として、外ケーブル工法を提案し、ケーブルプレストレスによる作用力の改善、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、現場施工性などの項目に対して検討および載荷実験を行い、『鋼鈑桁補強における外ケーブル方式 設計・施工マニュアル（案）』を策定している。この中では、外ケーブルの効果が確認された、実験値と設計値との整合性を検証し、設計・施工方法を規定している。

今回の実験では、これらの成果を踏まえ、比較的設計の自由度が高い工法であることから、新設橋梁への適用も可能であると判断してさらに、実用性が高い連続鈑桁を対象に実験を行うこととした。

3. 検討課題

新設橋梁に対して外ケーブルによる補剛工法を適用するにあたり、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必要がある。

1) ケーブル配置

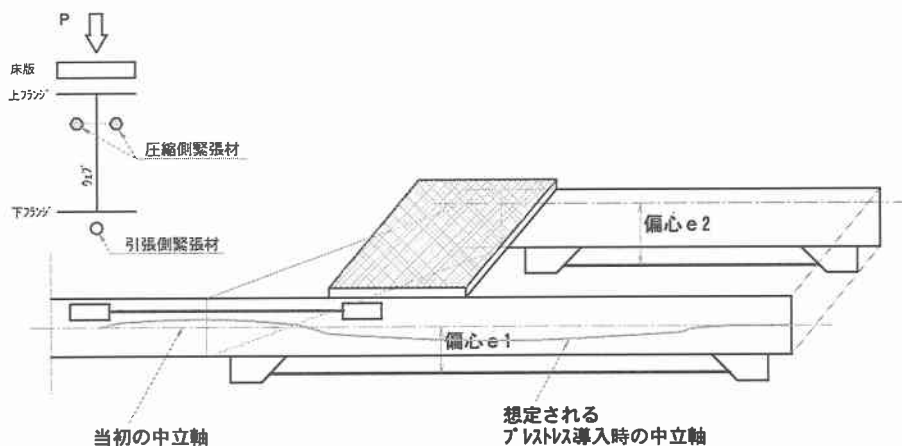
ケーブル配置は、種々考えられるが補剛効果を検証しやすい配置として、下フランジ下側およびウェブ側面へ緊張材を配置するものとする。ケーブル配置各々の特徴を以下に示す。

①フランジ下側への配置（引張側耐力の改善）

- ・ 桁中立軸からの偏心量 e が大きくプレストレス効果が大きい。
- ・ ブラケット等により取り付けられるため、施工が容易でありかつ、設置範囲が比較的自由に設定できる。
- ・ ブラケットの高さを自由に設定できるため、偏心量 e を自由に設定できる。
- ・ せん断耐荷力の向上は期待できない。

②ウェブ上側への配置（圧縮側耐力の改善）

- ・ 桁中立軸からの偏心量 e が小さく、曲げ耐荷力の向上はあまり期待できない。（圧縮による耐荷力の向上だけでありプレストレス効果が小さい）
- ・ 桁の面外への曲げを避けるため、ウェブ両側に設置する必要があるため、張力管理が比較的難しい。
- ・ せん断耐荷力の向上は期待できない。



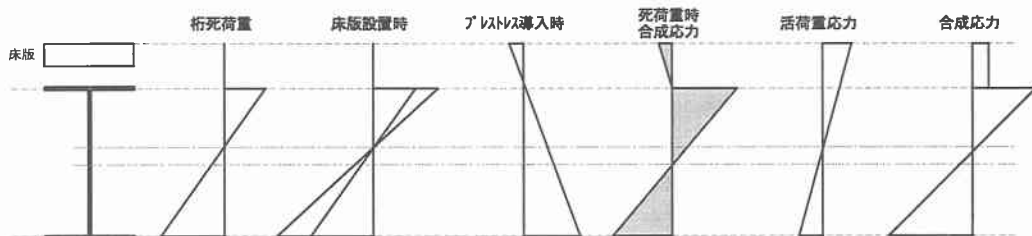
図一1 ケーブル配置と中立軸

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、P C 鋼より線、平行線ケーブル、P C 鋼棒などが考えられ、実際の選定に当たっては、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。本実験では、入手し易く、張力管理も比較的容易なP C 鋼棒を選定した。

3) 主桁の中立軸の評価

プレストレスによる補剛効果は、主桁中立軸からの離れにより決定されることから、プレストレス導入後に主桁の中立軸がどのような状態にあるかを検証する必要がある。また、中立軸とケーブル配置との関連付けを行い、プレストレス効果の評価を行う。

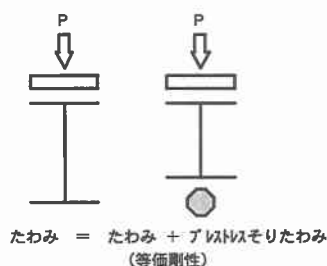


図一2 主桁の応力状態

4) 等価剛性の評価

下フランジに配置した緊張材にプレストレスを導入すると、主桁にプレストレスによる「そりたわみ」が生ずる。このそりたわみに載荷荷重による桁のたわみを足し加えた量に等しいたわみを有する桁の剛性を等価剛性と考え、プレストレスによる剛性に与える効果の検証を行う。

(図一3 等価剛性モデル)



図一3 等価剛性モデル

5) 隣接桁への影響の評価

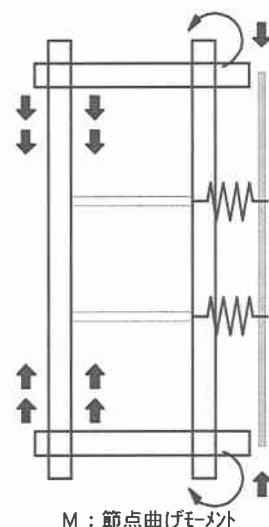
プレストレスを受ける桁が縮もうとする時、横桁を介して外桁（隣接桁）に面外曲げが生じることになるため、この評価を行う。(図一4 桁の座屈照査モデル)

6) 圧縮側緊張材の効果の検証

圧縮側の緊張材は、ウェブの上方に配置されるため、主桁の中立軸に近接することになる。このため、曲げ（そりたわみ）による応力の改善はあまり期待できず、圧縮による応力の改善が期待できると考えられるため、このプレストレス効果の評価を行う。

7) 最適プレストレス量

実用化のため、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。



図一4 桁の座屈照査モデル

4. 実験概要

前項検討項目に対応するデータを得るため、以下に示す目的で実規模鋼製橋梁を用いた実験を実施する。

- ①プレストレスが主桁中立軸に及ぼす影響の評価
- ②プレストレスが主桁応力状況に及ぼす影響の評価
- ③主桁中立軸からの離れによるプレストレス効果の評価
- ④ウェブ取付け緊張材のプレストレス効果の評価
- ⑤近接する上下緊張材相互の影響の評価
- ⑥隣接桁への影響度の評価（桁の座屈照査）
- ⑦ケーブル定着点付近の応力分布の評価
- ⑧張力導入方法とその評価

1) 供試体とケーブル配置

供試体は、H型鋼による2径間連続の2主桁とし、プレストレスによる応力状況を確認し易くするため、床版を載荷しないものとする。（図-5）

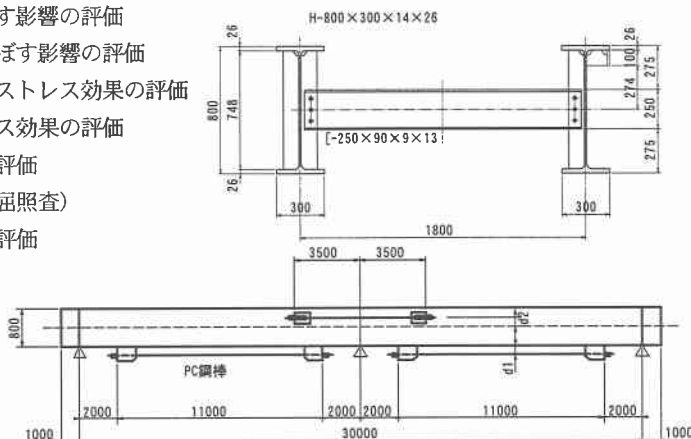


図-5 供試体とケーブル配置図

ケーブル配置は直線配置とし、ケーブルは、施工性（張力管理）、経済性に優れるPC鋼棒を採用する。また、フランジ下緊張材は、桁中立軸からの偏心量を変えてプレストレス効果の確認を行うものとする。

2) 載荷荷重

作用荷重は、静的載荷荷重とし、供試体のフランジ応力度が許容応力度近くになるよう載荷するものとする。また、載荷位置を変えて、主桁の応力状況の確認および緊張材・隣接桁への影響などを評価する。

3) プレストレス

プレストレスは、最終プレストレス力（＝導入張力＋桁のたわみによる増加張力）がPC鋼棒の許容張力を超えないよう設定する。

4) ケーブル定着部

供試体との接合は、施工性、実現性を考慮してブラケット構造による高力ボルト引張接合によるものとする。また、下側緊張材のブラケットは、緊張材の取付け高さを変えられる構造とするものとする。

5) プレストレス導入方法

緊張材は、センターホールジャッキまたはPCウェル用ジャッキにより張力を導入する。張力管理は、ロードセルとジャッキ圧力計両方にて行うものとする。

5. あとがき

連続鋼鈑桁における主桁耐力向上のため、外ケーブル工法を実用化するためには、有効な適用支間、主桁間隔、対傾構間隔、中立軸の変化、最適なプレストレス量の選定、配置、設計方法の確立など数々の検討課題が存在しているが、実橋規模での載荷実験を行う事によってこれらの問題は解決可能であると考ええる。この工法は、ケーブルの配置が比較的自由に設定できるため、耐力改善の必要な部位だけに適用させることも可能であり、省力化や経済性が問われている中で、将来有望な工法であると考えられる。

実験は現在進行中であり、次年度には実験結果をご報告したい。

参考文献

- 1) 開発土木研究所：鋼鈑桁補強における外ケーブル方式 設計・施工マニュアル（案）
- 2) 佐藤，金子，奥野，設案：単径間鋼鈑桁の外ケーブルの適用性について、土木学会北海道支部論文（1997年2月）