

報 告

[1174] 外ケーブルによる鋼・コンクリート合成桁の補強効果

中村 準^{*1}・丸山 久一^{*2}・高田 道也^{*3}・原田 哲也^{*4}

1. はじめに

1950年代から1970年代前半にかけて、わが国では経済性を重視した多くの鋼コンクリート合成桁橋梁が建設された。しかし、その後の交通量の増大に伴い、多くの床版損傷が報告されるようになった。これは当時の床版の設計が、許容応力度を大きくとり、床版厚さも極力小さくしていたためである。損傷した床版への対策としては、従来から種々の補強方法が用いられてきたが、現在ではプレキャスト床版を用いた床版取り替え工法が主流となっている。

しかし、現在の設計では、床版厚も当時のものと比較すると厚くなっており、許容応力度についても余裕を持たせるようになっている。そのため、合成桁の床版を取り替える場合に、合成前の仮開放による桁の応力超過や、荷重が増加することによる桁の応力超過が問題となる。

これらの対策としては従来から、支保工を用いて施工中の桁に生じる断面力を低減する方法や、補強鋼材を取り付けて桁断面を増強する方法が一般的に行われてきた。しかし、交通条件や架橋条件によっては、これらの対策工法が実施不可能な場合が生じてくる。

今回開発した方法は、桁と床版を合成させる前の段階で緊張材を用い、桁に軸力を導入し、合成後に開放することによって部分的な死活荷重合成桁とし、桁の応力を低減させるものである。本報告では、定着装置の性能評価と、実橋に適用した場合の応力・たわみの測定結果を実験結果および理論値と比較を行う事により工法の有効性を評価するものである。

2. 補強工法の開発

本工法は、床版取り替え時に発生する主桁の応力を低減させる目的で、緊張材を用いた装置を使用し、軸方向にプレストレスを導入するもので、工事完成後には装置等は不要となる。そのため、主桁定着部付近に大きな補強を行わず施工が出来、施工完了後には、桁本体に孔等の傷を残さないことが実橋への適用を考えた上で望ましい。

これらの条件を満たす方法として、図-1の様な定着装置を考案した。この装置の特徴は、以下のようである。

- ① 定着装置を桁に取り付ける際、高張力万力を使用し、桁にボルト孔等の傷を残さない。
- ② ブラケットと桁下フランジの間に型钢（H型钢）を挿入し、プレストレスの伝達に際して、応力集中を緩和し、桁の補強を低減する。

本工法の有効性を確認するために、先ず定着金物の性能試験を行い安全性を確認した。次に応力低減効果を検討する目的で、スパン10mの合成桁供試体を用い実験室において施工手順にそって、桁の変位・歪等を計測した。その結果を基にして実橋に適用した。

*1 ショーボンド建設(株)中国支店技術課課長（正会員）

*2 長岡技術科学大学工学部建設系助教授、Ph. D.（正会員）

*3 ショーボンド建設(株)プレキャスト事業部技術部主任（正会員）

*4 ショーボンド建設(株)中国支店技術課

2. 1 定着金物の性能試験

図-2に示す様に、H型鋼(300H)を組み合わせた供試体を用いて万力の数を変化させた場合の摩擦力を検討した。摩擦面は、現場状況と同一の条件とするようにサンダーで鋼材黒皮を取り除いた状態とした。また万力の締め付け力はトルクレンチにより管理した。

実験の結果、万力の使用本数と、载荷により供試体の滑り始める荷重の関係をグラフに表すと図-3のようになった。

実際に設計に使用する場合には、高張力ボルトの場合と同じ安全率(1.7)をとり架設時割り増しを考慮(25%)して、許容荷重は2.4t/本とする。

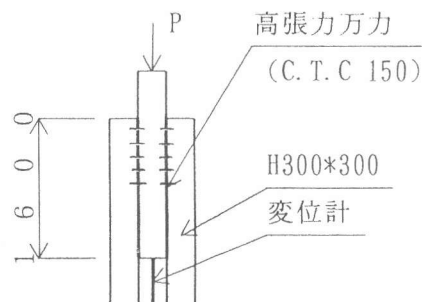


図-2 供試体概要

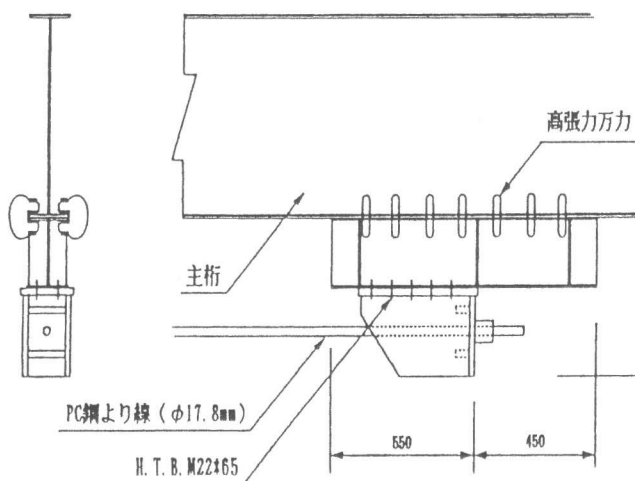


図-1 定着装置

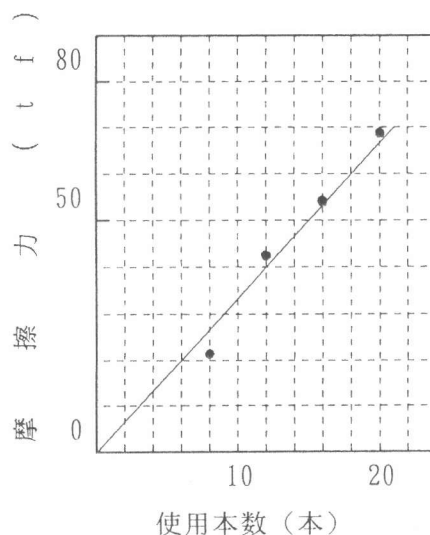


図-3 最大摩擦力と万力本数の関係

2. 2 設計の考え方

本工法は、合成前の主桁に生じる応力を、プレストレス導入装置を使用する事によって高品質のプレキャスト床版に分担させ、主桁に生じる応力を低減させようとするものである。必要な設計計算の概要を図-4に示す。

3. 供試体による実験

3. 1 供試体および実験概要

供試体の製作・実験手順を図-5に示す。実験に用いた供試体は桁長10m、支間長9.6mで2本主桁の合成桁である。供試体の概要を、図-6に示す。桁の材質は全てSS400で、

端対傾構 2 基と中間対傾構 5 基を備えている。床版は 5 枚のプレキャスト床版からなり、各々の連結は床版にプレストレスを導入し行う。

コンクリートの圧縮強度は、 500 kgf/cm^2 を超え弾性係数は $3.7 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ であった。主桁に設置されたズレ止めの部分は、床版に箱抜き部があり、超速硬コンクリートを打設し桁・床版を合成した。

PC 鋼線定着部には、先に試験を行った定着金物を使用し、桁に孔等を開けず装置の定着を行った。またブラケットと下フランジの間に H 形鋼を介在させることで、プレストレスによって桁に与える影響を分散させることを目的としており、定着部付近の主桁補強は行っていない。測定は、ひずみゲージと変位計により、供試体製作段階毎に行った。

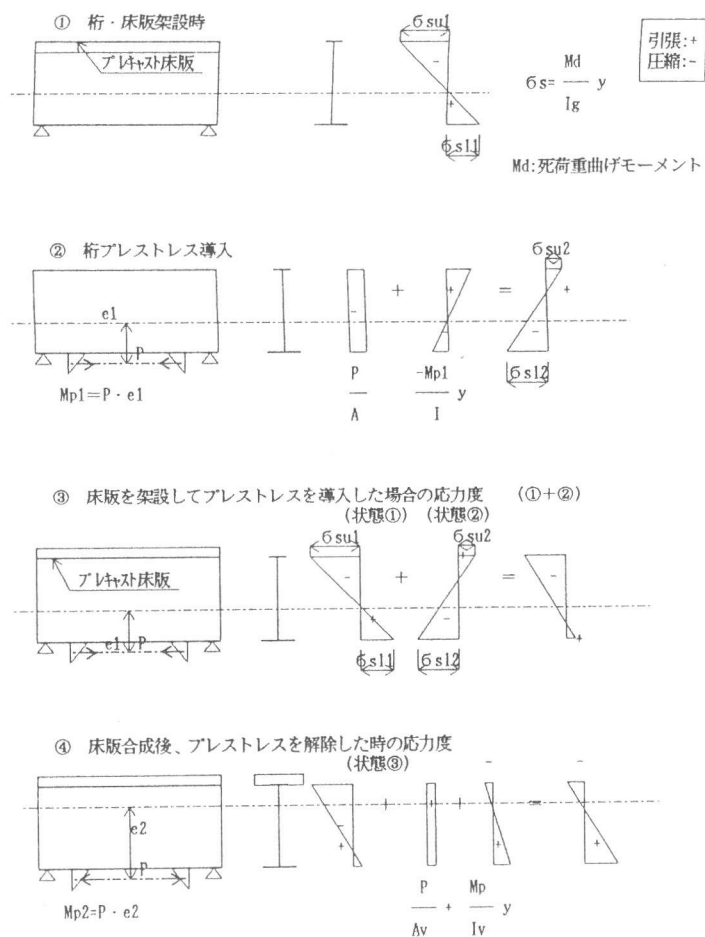


図 - 4 計算手順

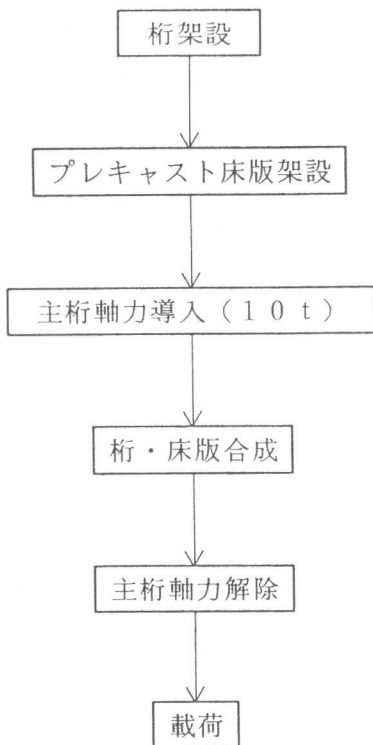


図 - 5 実験手順

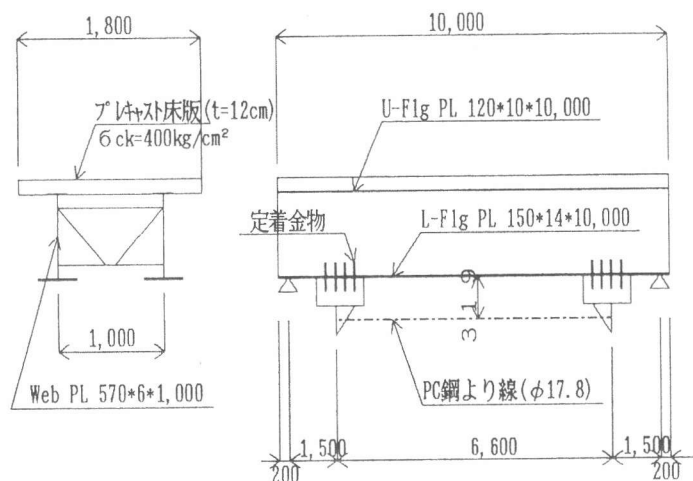


図 - 6 供試体概要

3. 2 実験結果および考察

図-7に合成前の桁にプレストレスを導入した場合の、桁応力度の実験値と計算値を示した。図-8には床版と桁を合成後、桁のプレストレスを解除した場合の桁応力度を示す。両者ともスパン中央における増減値である。計算値は、円柱供試体の圧縮試験から得られた弾性係数 $E_c = 3.7 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ より弾性係数比を $n = 5.7$ として計算した。この結果が示すように実験は計算値と非常に良く一致し、プレストレスによる効果が確認された。

また、図-9にプレストレスを導入せずに合成桁を製作した場合と本工法による合成桁について、荷重前の応力状態を示した。これから本工法による応力低減効果が確認できた。

図-10は、合成後の荷重試験結果を示す。これは、プレストレスを解除し、桁上2点荷重により繰り返し荷重を行った荷重と桁たわみの関係である。15 t f の荷重を除荷するとたわみの残留が生じた。しかし、荷重試験は供試体の弾性範囲内で行ったので桁や床版の降伏によるものとは考えられず、おそらく床版と桁のなじみにより生じたものと思われる。

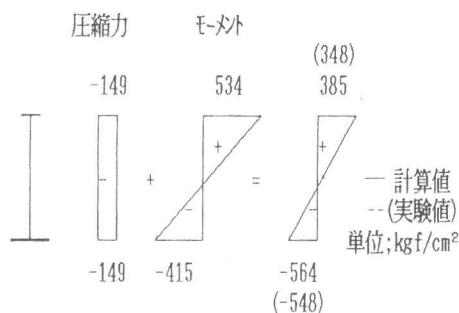


図-7 プレストレス導入による桁応力の変化

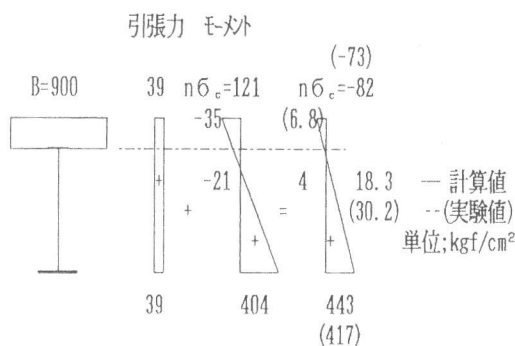


図-8 プレストレス解除による桁応力の変化

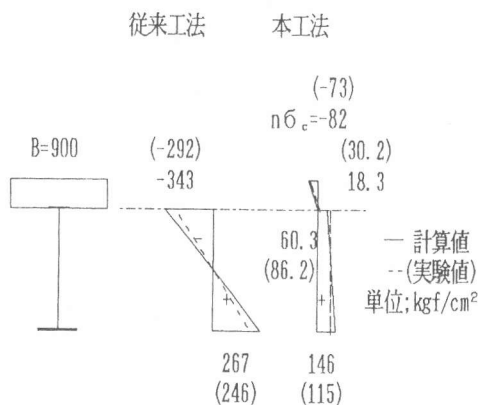


図-9 施工方法による桁応力の比較

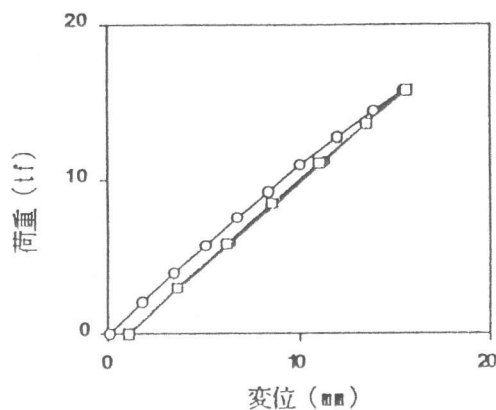


図-10 荷重-変位曲線

4. 実橋への適用

4. 1 橋梁概要

本工法を適用した橋梁は、1966年に完成した3径間の活荷重合成桁橋梁である。橋梁一般図を図-11に示す。

本橋を利用する車両は、ほとんどが大型車両であり交通量も多い。そのため、床版は、著しく損傷しておりプレキャスト床版による取り替えを行うことになった。取り替えに際しては、桁下の地盤が軟弱であり船舶の航路ともなっているため支保工の架設が困難であった。現在の道路橋示方書規定に従ってプレキャスト床版の設計を行ったところ、床版厚は19cmとなり現床版厚より3cm増加する。その結果、主桁の応力度は桁中央断面において、合成前上フランジで最大 170 kgf/cm^2 （架設時割り増しを考慮）、合成後で 200 kgf/cm^2 の超過が見込まれた。

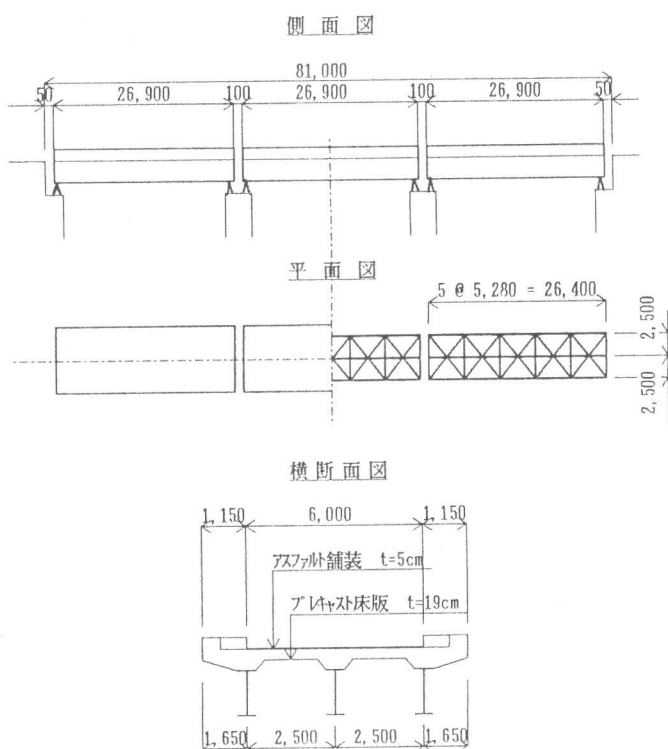


図-11 橋梁一般図

4. 2 補強工法

応力超過の対策として、合成前の応力超過に対しては、既設対傾構の中間に仮設の横支材を取り付けることにより主桁の上フランジ固定点間距離を短縮させ、桁の横倒れ座屈による許容応力度を上げて対応をした。また、合成後の応力超過対策として今回開発した工法を採用し、設計は実験結果を参考にして行った。

今回行った工法の施工手順を図-12に示し、概要を以下に記す。既設床版撤去後に、プレストレス導入装置を桁端から橋長の約 $1/6$ （第2断面）の桁下に取り付ける。この装置の桁への取付には、先に性能試験で効果を確認した定着金物を使用した。また、定着ブラケットと主桁との間にH形鋼を介在させることによって、プレストレス導入にともなう主桁への影響を分散させることが可能となるため、定着部付近の

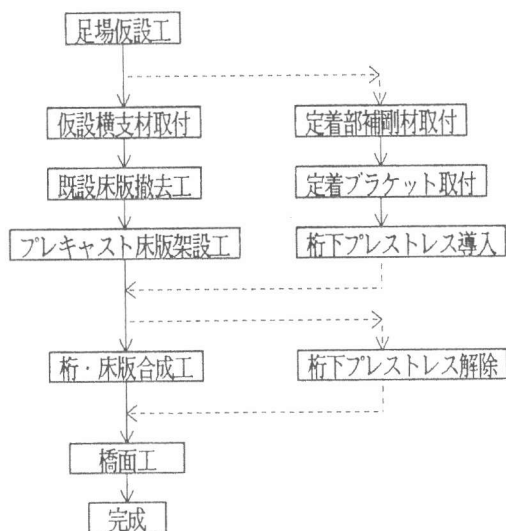


図-12 施工手順

主桁には鉛直補剛材を取付け施工を行なった。補剛材は、偏心によって生じる反力を受ける柱として設計を行なった。

緊張材は主桁の下フランジから45cm下がった位置に配置し、プレキャスト床版を架設後に3本の主桁を同時に緊張する。導入プレストレスは、超過が見込まれる桁の応力を考慮し、上フランジの応力度を最大で300kgf/cm²低減させる様に設定した。(導入量は、変位計による桁の鉛直変位と桁ひずみにより管理した)

4.3 計測結果

表-1にプレストレス導入・開放による桁支間中央の応力度を示す。主桁応力度は、中桁において実測値の方が約20%小さい値を示した。

表-1 プレストレス導入・開放時桁応力度

	プレストレス導入時				プレストレス開放時			
	実験値		計算値		実験値		計算値	
	U-Flg	L-Flg	U-Flg	L-Flg	U-Flg	L-Flg	U-Flg	L-Flg
G-1	280	-337	260	-375	3	319	9	325
G-2	255	-340	310	-423	17	308	10	359
G-3	260	-330	260	-375	30	318	9	325

しかし設計において、超過する応力より35%多く低減させる導入プレストレスを計画していたため、応力の超過は生じない。この原因としては、実橋には計算に考慮しにくい下横構等の二次部材が架設されており、これが曲げ剛性に寄与し差を生じたものと思われる。

緊張材定着部の桁ウェブ応力分布を図-13に示す。プレストレス導入・解除時の応力分布をみると両者に大きな差は生じていない。また局部的に大きな応力が発生している箇所も見られないため、定着部の構造は妥当であったものと思われる。

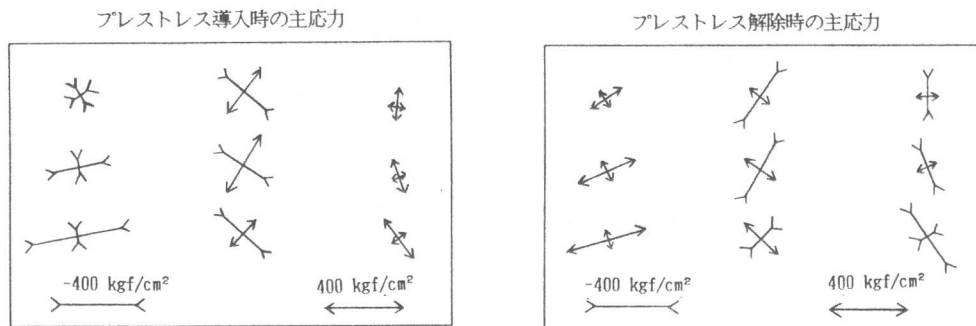
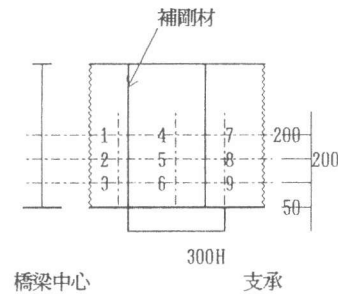


図-13 定着部付近の応力分布

5. 結論

- ① 桁の応力低減効果は、実験では計算値と非常に良く一致し、実橋においてもほぼ計算値と一致する。しかし、実橋の場合には二次部材等の影響を考慮する必要がある。
- ② 定着部にH形鋼を介することにより、定着部付近の大きな補強が不要になる。
- ③ 本工法に使用した定着金物は、実橋においても実験の結果と同様の性能を発揮した。