

I-31

I 桁PC橋の外ケーブル補強に関する実証実験

北海道開発局	開発土木研究所	正員	○金子	学
〃	〃	〃	谷本	俊充
〃	〃	〃	西村	敦史
〃	〃	〃	佐藤	昌志

1. はじめに

近年、交通量の増大や大型車両の増加により、既設橋梁を取り巻く環境が厳しさを増してきている。また、この度の道路橋示方書の改訂に伴い、車両総重量の制限が20tから25tに緩和され、既設橋梁の耐荷力向上手法の確立が急務となっている。

コンクリート橋の補強工法の一つに外ケーブル工法があるが、適用対象はT桁橋や箱桁橋であり、小規模なプレ・テンション式のI桁やホロー桁等についての補強事例は非常に少ない。このため本研究では、I桁に外ケーブル補強を行ない、載荷試験による有効性及び耐久性の検証を行なったので、ここに報告する。

2. 外ケーブル工法のPC・I桁橋への適用

コンクリート橋の補強工法には、外ケーブル工法、鋼板接着工法、コンクリート増厚工法等が一般に用いられているが、中でも外ケーブル工法は死荷重状態に対しても応力改善が可能であることや、内ケーブルのストレスが低下した場合にも有効であること、補強部材がケーブルのみであるため補強による死荷重の増加が小さいこと等、優れた特徴を有している。

しかし、これまでのところ、本工法に関する実験検討や施工対象はT桁橋や箱桁橋等、比較的規模の大きいものに限られている。この理由には、これまでは小規模な桁の補強が必要となるケースが少なかったこと、小規模な桁への補強材の取付が難しいこと等が考えられる。

従来、外ケーブル工法はウェブに外ケーブルを配置し、定着する方法をとることが一般的であるが、I桁やホロー桁の場合、ウェブの部分には間詰めコンクリートが打設されており、補強部材の配置は困難であり、外ケーブルを主桁下面沿って配置する必要がある。また、主桁下フランジにはPC鋼材が多く配置されており、定着体のアンカーの設置ができないため、主桁間の間詰めコンクリート（無筋）に定着体アンカーを設置することが必要となる。

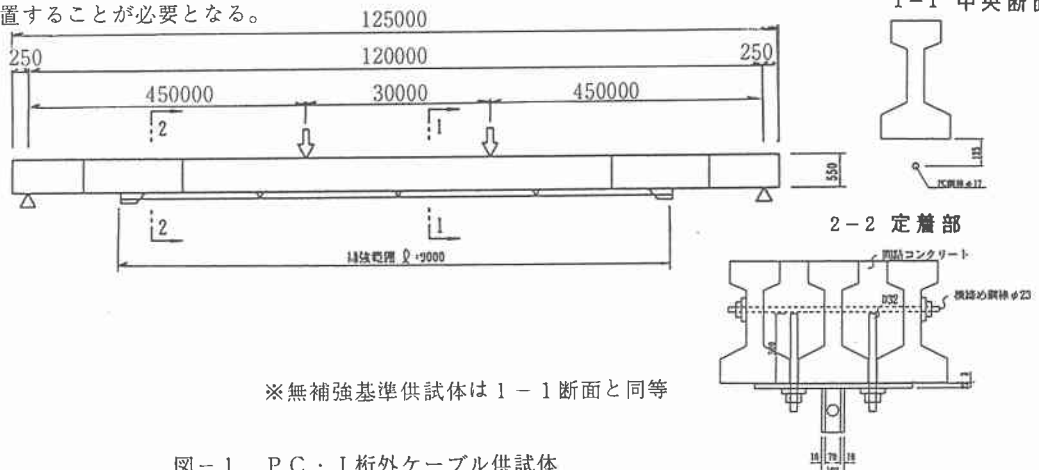


図-1 PC・I桁外ケーブル供試体

An experimental study on a strengthening method using External Cables for precast PC girders.
by Manabu KANEKO, Toshimitsu TANIMOTO, Atsushi NISHIMURA and Masashi SATO

3. 実験供試体の製作

上記の事柄を勘案して、図-1に示すようにPC・I桁の外ケーブル補強の供試体を作成した。実験供試体は基本的に主桁1本であるが、間詰めコンクリートにアンカーを設置する必要から、定着部付近では3本の桁を用い、PC鋼棒により横締めを行なっている。

外ケーブル定着体を間詰めコンクリートに定着する場合、アンカーを主桁の上面まで貫通させ、床版上に定着する方法が最も確実であると考えられるが、この方法では施工時に交通止めが必要になるため、現場条件によっては適用しにくい場合がある。このため、本実験ではアンカーを桁下から施工し、桁の途中に定着する方法をとることとした¹⁾。

TL20で設計したI桁橋にB荷重を載荷した場合、活荷重曲げモーメントは30%程度増大するといわれている²⁾。したがって、本実験ではTL20で設計したI桁を用い、耐荷力を30%増加させるように補強を行なった。

4. 実験方法

載荷には当研究所所有の油圧サーボ式疲労試験機を用い、載荷点付近の応力集中を避けるため2点載荷方式を採用した。供試体の支持は、支点での回転と水平移動が可能な支承構造とした。

実際に主桁の補強が必要となる場合には、補強対象となる主桁に既に何らかの損傷が生じていることが考えられる。本実験では最初に、静的な載荷によって主桁に曲げひび割れを発生させ、その後で外ケーブル補強を行なうこととした。本実験は以下の手順により行なった(図-2)。

①初期載荷試験：供試体にひび割れ荷重(計算では7.8tf)までの載荷を行なう。ひび割れが発生すると、桁側面に設置したひずみゲージの値と荷重の関係が直線的でなくなることから、ひび割れを検知することとした。

②外ケーブル補強作業：ひび割れを生じた桁に外ケーブル補強を行なう。補強鋼棒は $\phi 17\text{mm}$ 、導入軸力14tfとした。

③動的載荷試験：主としてケーブル定着部の耐久性について検証するため、動的載荷試験を行なう。載荷荷重の下限は死荷重相当(2.4tf)、上限は新設計荷重相当(6.3tf)とし、200万回の繰り返しを行なった。

④破壊試験：桁の破壊に至るまでの挙動について調べるため、静的な破壊試験を行なった。

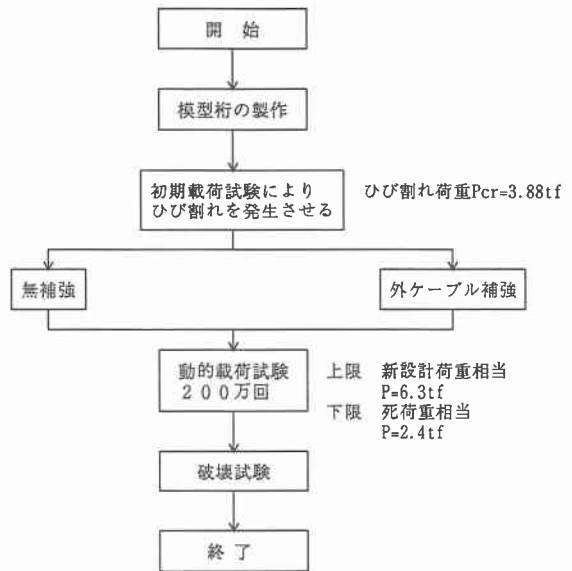


図-2 実験の流れ

5. 実験結果

5-1) ひび割れ荷重と疲労試験結果について

実験の結果、無補強基準桁では10.5 tf、外ケーブル補強桁では9 tf付近で支間中央部の桁下面に取り付けたコンクリートゲージのひずみ量が急変し、ひび割れの発生を目視により確認した。この後、両供試体とも13 tfまで載荷を続け、初期載荷試験を終了した。

その後行なった動的載荷試験では、ひび割れの成長や定着体付近の損傷等は見られなかった。

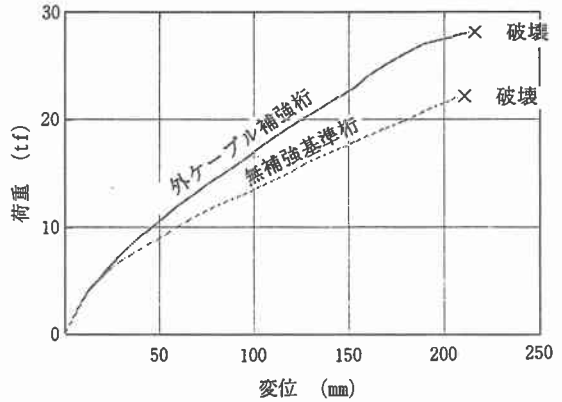
5-2) 破壊試験結果について

疲労試験を終了した供試体の破壊試験を行なった。その結果について図-3に示す。

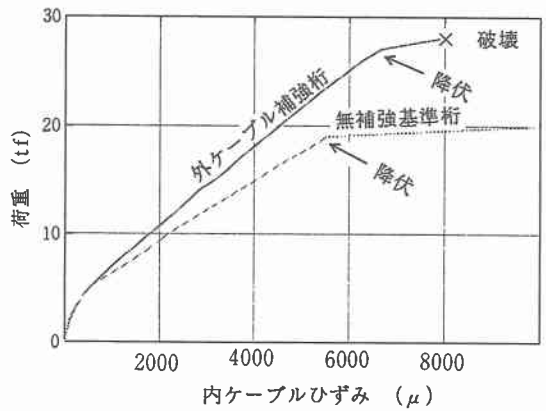
無補強基準桁の破壊荷重は22.5 tfで、計算値(21.5 tf)とほぼ良好に一致した。荷重と変位の関係は、3 tfまでは直線的であり、その後5 tf付近で勾配にやや変化が見られる他、荷重と変位の関係は直線的であった。なお、破壊直前の22 tf時の供試体の変位量は約21 cmであった。引張側の内ケーブルひずみは変位と同様、5 tf付近で勾配が変化しているが、それ以外は直線的に挙動していた。内ケーブルは載荷荷重19 tfで降伏していた。

外ケーブル補強桁では、破壊時の荷重は28 tfであり、計算値の29.4 tfよりわずかに低かった。計算では、外ケーブルをボンドケーブルと仮定したため、挙動が異なることが理由として考えられる。

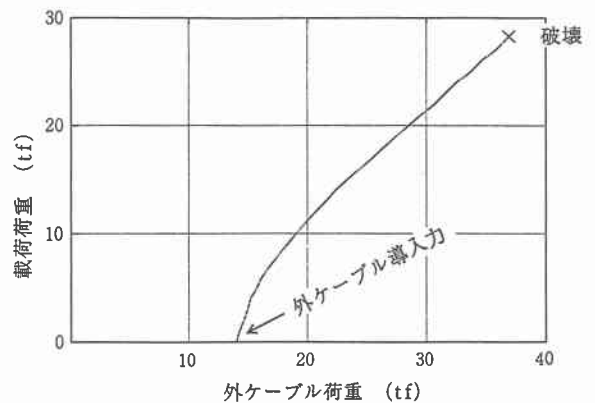
外ケーブル補強桁の変位も5 tf付近に勾配が変化する他は直線的であった。破壊直前の28 tf時の変位量は約21 cmと、破壊時の変位量は無補強基準桁と大差無いものの、耐荷力は増加していた。引張側の内ケーブルは載荷荷重27 tfで降伏に至った。なお、外ケーブルに取り付けた荷重計の値は、桁が破壊に至るまで直線的に増加しており、外ケーブルが降伏していないことを示している。



(1) 荷重-鉛直変位



(2) 荷重-内ケーブルひずみ



(3) 荷重-外ケーブル荷重

図-2 実験結果

5-3) 破壊状況

外ケーブル供試体の破壊時の状況について写真-1に示す。

基準供試体、外ケーブル補強供試体とも、桁の破壊に至るまで、ひび割れは下フランジからウェブ上端にとどまっておき、上フランジには届いていなかった。2点の載荷点の内側ではひび割れは鉛直に生じており、その外側では下フランジから鉛直に生じたひび割れがウェブの部分で内側に向かって斜めに伸びていた。I桁は一般のT桁よりもプレストレス力が高く圧縮領域が広いいためか、ひび割れの発生は比較的少なかった。

破壊は支間中央付近で急激にコンクリートが圧潰して生じた。圧潰部分では、ウェブ上側付近を除き、上下フランジとも飛散していた。実験では脆性的な破壊状態となったが、実際の橋梁では間詰めコンクリートがあるため、こうした破壊は生じにくいと考えられる。また、外ケーブルの定着部は、供試体破壊時でも損傷を生じていなかった。図には示していないが、アンカーのひずみや桁と定着部の相対変位量の実測値も破壊時まで直線的となっており、十分な耐荷力を有していることがわかった。

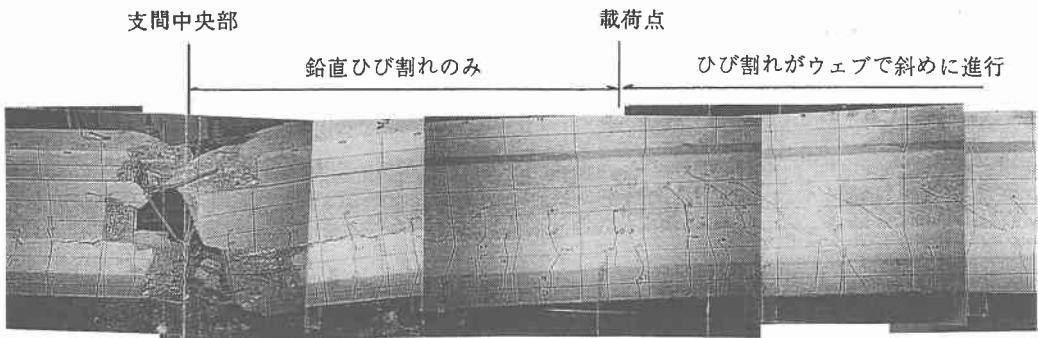


写真-1 外ケーブル補強供試体の破壊状況

6. まとめ

PC・I桁の外ケーブル補強に関して実験を行ない、補強の有効性について検証した。

また、間詰めコンクリートへのアンカー定着が実験的に安全であることが確かめられた。しかし、間詰めコンクリートへのアンカーの定着については実績が乏しいため、せん断試験等を行ない、挙動を明らかにすることが必要である。

外ケーブル工法をはじめとして、RC増厚工法³⁾や鋼板接着工法等、PC床版橋の補修、補強に関する実験、検討結果については、設計・施工要領として、とりまをを行なう予定である。

<参考文献>

- 1) 藤本他：外ケーブルを用いたPC床版橋の補強について，土木学会北海道支部論文報告集第52号
- 2) 既設橋の耐荷力照査実施要領（案），平成5年6月
- 3) 佐藤他：マグネラインを用いたPC床版橋の補強実験，土木学会北海道支部論文報告集第52号