

(58) プレキャストT桁を用いた外ケーブル定着機構の実験

日本BBRビューロー	正会員	平辻千晴
同 上	正会員	高橋重夫
同 上	正会員	黒木隆二
同 上	正会員	○宮崎 豊

1. はじめに

部材の断面外に配置して、プレストレスを導入する外ケーブル工法は、既存の構造物の補修・補強あるいは活荷重の増加に対して有効である。

スイスを本拠とするBBRでは、外ケーブル工法に対して径7mmのPC鋼線を使用したケーブルおよび径15.2mmのPC鋼より線を使用したシステムを用意している。いずれも、PC鋼材が防錆材およびPE管により、二重防錆がなされている。PC鋼線システムの定着装置を用いたケーブルは、応力調整、再緊張、ケーブル交換が可能なタイプであり、海外では外ケーブルに数多く使用されている。しかし、現在日本国内ではこれらの定着システムを利用した外ケーブルの施工実績がないのが実状である。

本実験は、径7mmのPC鋼線を使用した定着システムを用いた外ケーブルを実大のプレテンションT桁に配置して、外ケーブルの施工性およびプレストレス導入効果、ならびに外ケーブルによる補強効果を、緊張試験および荷重試験を行って確認したものである。

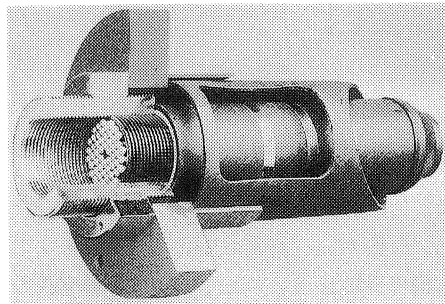


図-1 定着具

2. 実験概要

2.1 実験の目的と実験項目

1) 緊張試験

目的1: 外ケーブルの施工性の確認

①実桁への外ケーブル組立、取り外しでの作業性の確認、②緊張、定着、再緊張作業の施工性の確認
 目的2: プレストレス導入効果、定着機構の確認

①導入時の外ケーブルの応力伝達測定による摩擦係数の算定、②緊張定着部の応力測定による定着機構の効果の確認

2) 荷重試験

目的1: 外ケーブルによる補強効果の確認、

①補強前、補強後のひずみ、変位、ひび割れ幅の測定による補強効果の確認

目的2: 外ケーブル補強による破壊耐力増加の確認。

①ひずみ、変位、ひび割れ幅の測定による耐力増加の確認、外ケーブルの応力増加量の測定

2.2 定着具及びケーブル

外ケーブルの定着具の構成を図-2に示す。外ケーブルの緊張材を表-1に示す。定着装置には径7mmのPC鋼線を12本使用した。PC鋼線は冷間加工によりボタンヘッドされアンカーヘッドにセットされる。PC鋼線システムは、高密度ポリエチレンによる保護管により被覆を行い、その内部に耐久性のある防錆材が充填される。定着具を組み込み外ケーブルを製作する作業はすべて工場にて行うため、鋼線切断の精度あるいは充填された防錆材の品質は確保される。

表-1 緊張材

緊張材の 共通表示	断面積	単位重量	引張荷重	降伏点	引張能力荷重 の共通表示
	mm ²	kgf/m	tf	tf	
12W7E	461.8	3.62	76.2	67.2	75TON型

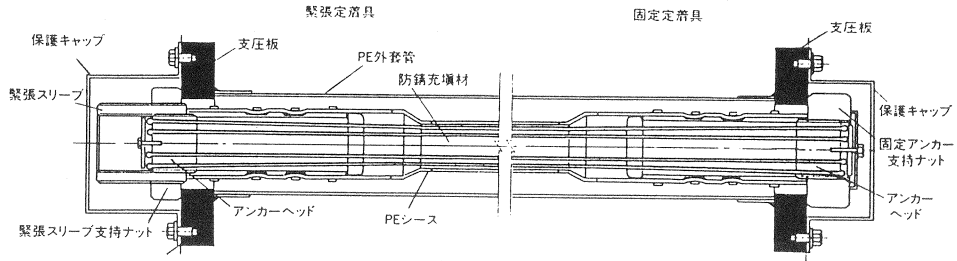


図-2 定着部組立図

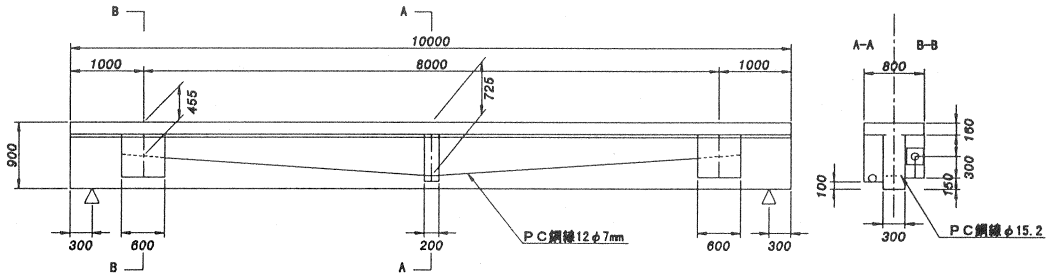


図-3 供試体および外ケーブル配置図

2. 3 供試体

供試体の形状寸法及びケーブル配置を図-3に示す。プレテンションT桁は JIS 5313 けた橋けた断面に準じ、桁長 10m、桁高 0.9m、上幅 0.8m とした。桁には PC より線 (SWPR7BN φ15.2mm 4本) を配置し、桁自重相当 (1本当たり 16tf) の緊張力を与えた。実測コンクリート強度は、 $\sigma_{90}=600\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数 $E=3.6 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$ であった。中央デビエータの偏向部には厚肉鋼管 ($t=200\text{mm}$ 、 $T=10\text{mm}$) を埋設し、6mm のテーパーを付けた Mc ナイロン ($T=16\text{mm}$) を装着した。

3. 実験結果

3. 1 緊張試験

1) 試験方法

図-3のように左右に配置された外ケーブルに片側 50tf (破断強度 T_u の 66% に相当) の緊張力を同時に与え、下記の事項について測定した。

- ① PC 鋼材の応力測定 (緊張側および固定側)、
- ② PC 鋼材の伸びの測定、
- ③ 桁中央部の変位の測定、
- ④ 桁中央部断面のコンクリートひずみの測定。

2) 試験結果

① PC 鋼材の応力

緊張側と固定側の PC 鋼材の応力関係の代表的な例を図-4に示す。実験結果より、本システムでの摩擦係数 μ は平均 0.25 となった。なお、定着部はロックナットによるねじ定着であるため、当然ながら定着によるケーブルの応力減少は認められなかった。

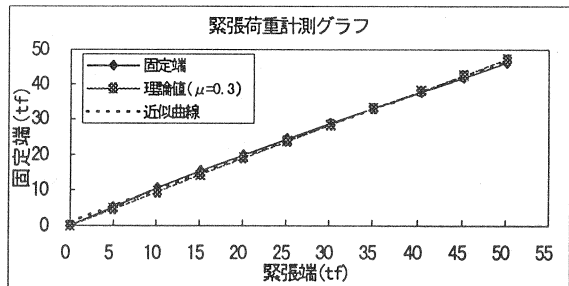


図-4 緊張荷重計測グラフ

表-2 PC 鋼材の伸び

試験回数	緊張荷重	測定伸び量	計算値	計算値との差	
	tf	mm	mm	mm	%
1	49.86	48.90	46.30	2.60	5.62
2	49.83	47.50	46.27	1.23	2.66
3	50.19	47.40	46.60	0.80	1.71
4	50.12	49.80	46.54	3.26	7.01
5	49.90	47.60	46.33	1.27	2.73
6	49.86	48.40	46.30	2.10	4.54

② P C鋼材の伸びの計測

緊張時のP C鋼材の伸びを表-2に示す。実測の摩擦係数を用いた場合の伸びの計算値と比べても、差はあまり生じていない。

③ 桁中央部の変位 (たわみ) の計測

表-3に示すように、外ケーブル総緊張力を100tf、コンクリート弾性係数 $E_c = 3.6 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とした場合の計算値の変位と同じ結果を示した。

④ 桁中央部断面のコンクリートひずみ

外ケーブル総緊張力約100tfの時の桁中央部の各高さごとのひずみ分布を図-5に示す。ひずみ分布も計算値とほぼ同じように分布した。

3) 考察

結果をまとめると、緊張による外ケーブルの摩擦損失係数、桁中央部のたわみ量、桁中央断面のコンクリートのひずみとも、実測値と計算値が同じになった。よって、定着システムのプレストレス導入効果、定着機構が問題なく機能していることが実証できた。

3. 2 載荷試験

1) 試験方法

載荷試験は図-6に示すように、1.5mの間隔の2点載荷を行った。100tf ジャッキを用いた載荷では以下の要領で測定を行った。

- ①ひび割れ発生まで載荷し、除荷する。
- ②同じ載荷をあと2サイクル行い、除荷する。
- ③ひび割れ荷重の1.5倍まで載荷し、除荷する。
- ④外ケーブルを装着し補強する (導入プレストレスは片側40tf、両側80tf)。
- ⑤桁が降伏するまで5tf毎で載荷する。

各載荷に対し次の事項について測定を行った。

- ①桁中央部の変位の測定、
- ②中央部のひび割れ幅の測定、
- ③桁中央部コンクリート表面のひずみの測定、
- ④外ケーブルの応力の測定。

載荷試験の作業フローチャートを図-7に示す。

2) 実験結果

荷重-たわみ曲線を図-8に、3回目載荷後から5回目載荷終了までのひび割れ幅の履歴を図-9に示す。なお、外ケーブルの補強によるたわみの変化量はここには含めていない。

1回目載荷で初期ひび割れ発生荷重は17tfとなった。

表-3 桁中央部の変位

	固定端(tf)	緊張端(tf)	実測値(mm)	計算値(mm)
計測結果	50.87	49.58	2.6	2.7

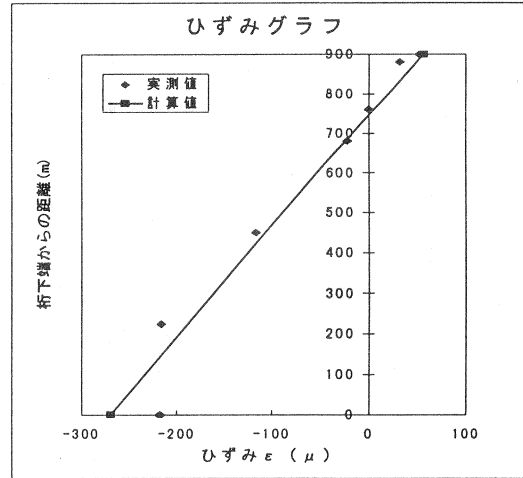


図-5 桁中央断面のひずみ

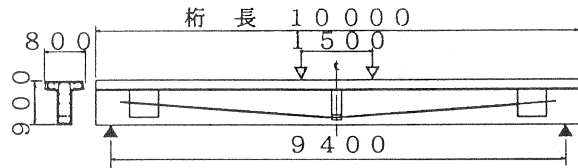


図-6 載荷試験

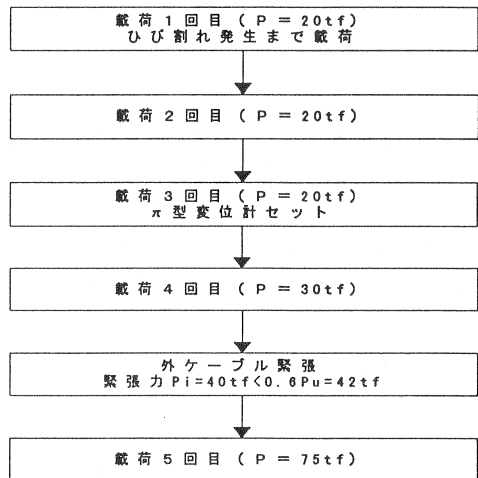


図-7 載荷試験作業フローチャート

3回の載荷によっても残留ひずみ、たわみはほとんど発生せず、4回目の載荷により21tf付近でたわみ、ひび割れ幅が増大し除荷後も残留変位等が確認された。外ケーブルによる補強により、5回目の載荷では36tf近辺でひび割れの再発生となった。また、40tf付近でたわみ、ひび割れ幅が増加傾向を示しており部材としての降伏点と思われる。

3) 考察

外ケーブルの補強により、ひび割れ発生荷重が17tfから36tfに19tf増加した。これは、計算上の荷重値20tf(外ケーブルの緊張力を80tfとした場合の抵抗モーメントより、載荷荷重を換算したもの)とも合致しており、十分な補強効果があることを示している。部材の降伏点に関しても同様な結果となった。また、破壊耐力については、実験治具の関係より断面破壊まで載荷を行わなかったが、部材の降伏、部材の塑性挙動等の傾向より設計上の破壊耐力を満足できるものと思われる。

4. まとめ

緊張試験により求めた摩擦係数は一般的なものよりやや大きめの値を示した。伸びの計測結果より推測しても求めた摩擦係数はやや大きめであることを示している。、使用したロードセルが70t,100tタイプとやや大きめであり、ケーブルの角変化量も小さく長さも短い点等がデータの精度に影響したと思われる。データの傾向自体は問題なく値も妥当な範囲であると判断できた。以上の結果から、本外ケーブルによるプレストレス導入効果、ならびに、損傷のひどいT桁橋等に対する補強効果について、十分な効果の実証を行えたものと思われる。これらの測定結果より、一般に行われている外ケーブル設計手法によって本システムの設計を行ってよいものとする。

また、施工性も十分な性能を確認できた。このシステムでは専用ジャッキは不要で、一般的なセンターホールジャッキが使用できる点もメリットであり、本実験でも一般的なジャッキを使用した。計測時に定着体とジャッキ本体の軸線を一致させていなかったためデータにばらつきが生じたことがあった。実施工においては、このようにならないよう芯出しを容易に行えるような工夫が必要と思われる。

参考文献

1. (社)プレストレストコンクリート技術協会；外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案)、平成8年3月
2. (財)高速道路技術センター；外ケーブルを用いたPC橋梁の設計マニュアル

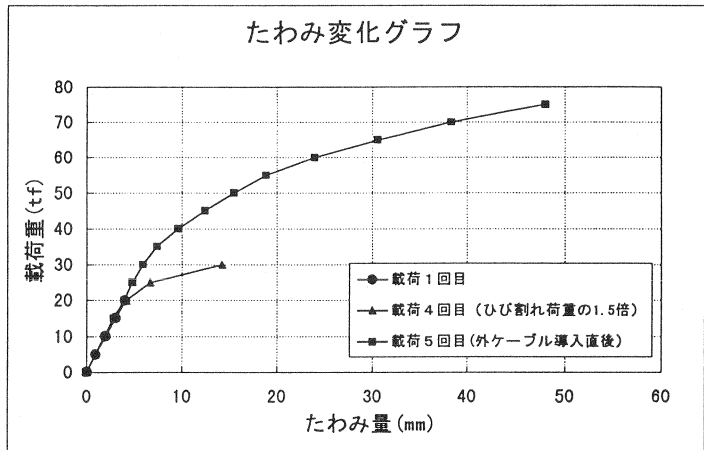


図-8 たわみ変化グラフ

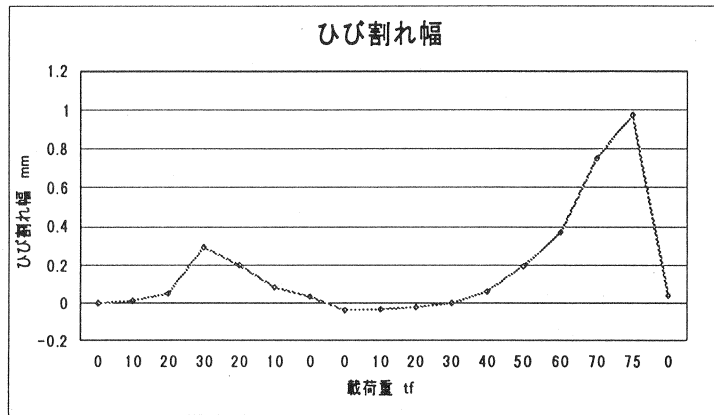


図-9 ひび割れ幅グラフ