

技術ノート

プレファブビームの開発と試験について

On the development of Prefabricated-Beam

渡 辺 滉*
Hiroshi WATANABE武 田 芳 久**
Yoshihisa TAKEDA青 木 芳 夫***
Yoshio AOKI藤 林 博 明***
Hiroaki FUJIBAYASHI

About 450 preflexed composite girder bridges have been built since 1967. This type of composite girder bridge has some merits such as large flexural stiffness with smaller girder depth and low maintenance costs, and recently, it has been demanded to reduce both the constructional period in the site and also labor costs for the preflexion. Therefore, a new type of fabrication method for prestressed concrete encased steel beam was developed to replace the conventional fabrication method.

In this paper, firstly, the outline of new fabrication method of the beam using units of precast concrete is described. Some test results that used a prototype beam are also reported. Finally, the applicability are presented.

Keywords : Prefabricated-Beam, Pre-Beam, precast block, composite girder, creep coefficient

1. はじめに

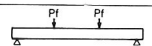
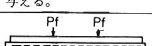
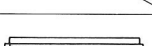
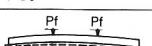
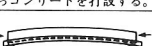
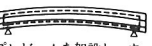
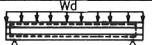
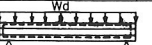
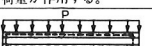
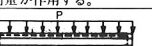
製作施工における一層の省力化は、工事量の増大とそれに伴う労働力不足の解消への有力な対策として、近年の建設工事に携わるものにとって切に要望されている事項である。

プレビームの製作施工においても、これまでブロック工法をはじめとして、いくつもの省力化対策が実行に移されているが、今回、表-1に示す従来のプレビームのプレフレクション・リリース作業を省略したプレファブビームを考案した。この新工法では、まず凹形のプレストレスされたプレキャストブロックを並べ、その上に鋼桁を置き、ついで鋼桁とプレキャストブロックを一体化するために後打ちコンクリートを打ち込む。そして、コンクリートが硬化した後、プレキャストブロック部分と後打ち部分にポストテンション方式によりプレストレス力を作らせ、下フランジコンクリートに圧縮応力を導入するものである。この結果、鋼とコンクリートが一体となった桁の下フランジコンクリートは、従来のプレビームと同等の性能を有するものと考えられる。

この新工法を実用化するにあたっては、本構造の力学的な特性を明らかにすることが必要である。しかしながら、この種の合成構造に関する有用なデータはほとんど

見当たらなかったことから、著者らは、模型桁を製作し各種の載荷試験を行うこととした。本文では、これら一連の試験結果を報告するとともに、本構造の特徴を明らかにして、実構造物への適用性について検討する。

表-1 従来の工法と新工法の比較

	従来の工法	新工法
(a)	 所定のソリを与えたI型断面の鋼桁。	
(b)	 PIなる荷重を載荷し設計モーメントを包含するような曲げモーメントを与える。	
(c)	 (b)の状態のまま下フランジコンクリートを打設する。	 下フランジコンクリートブロックの上にI形断面の鋼桁を置いた後、後打ちコンクリートを打設する。
(d)	 荷重PIを開放すると下フランジコンクリートに圧縮力が導入される。	 プレストレス力Pを下フランジコンクリートに与える。
(e)	 プレビームを架設し、ウェブ、横桁、床版コンクリートを打設する。	 プレビームを架設し、ウェブ、横桁、床版コンクリートを打設する。
(f)	 プレビームと床版コンクリートが合成され、後死荷重が作用する。	 プレビームと床版コンクリートが合成され、後死荷重が作用する。
(g)	 活荷重が載荷する。	 活荷重が載荷する。

2. 試験概要

プレビームの下フランジコンクリートを、プレキャストブロック化する場合のブロック自体とブロックおよび鋼桁との一体性を把握するために、3種類の供試体を製作し、以下の試験を行った。

(1) プレキャストブロック部のクリープ乾燥収縮量の把握

下フランジコンクリートへのプレストレスは、2段階に分けて導入される。

まず、あらかじめプレテンション方式により、ブロックごとにプレストレスされたプレキャストブロック（下フランジコンクリート）を鋼桁と合成させる。

次に、PCケーブルを配置し、ポストテンション方式で全長にわたりプレストレスを導入する。このため、プレキャストブロック部のクリープ乾燥収縮による応力の減少量を把握する必要がある。

しかしながら、プレキャストコンクリートのクリープ乾燥収縮量に関する研究は非常に少なく、その性状を正確に把握したデータは、ほとんど見当たらなかった。このため、このクリープ乾燥収縮の性状を把握するための試験を行った。

試験は、実物大のプレキャスト床版合成桁を用いて、乾燥収縮に伴うクリープ係数値を測定することとした。試験体のプレキャスト床版は、60日間放置した後に鋼桁と合成した。

(2) プレキャストブロック部と鋼桁の一体化の確認

プレキャストブロックと鋼桁との一体化には、後打ちコンクリートを使用した。

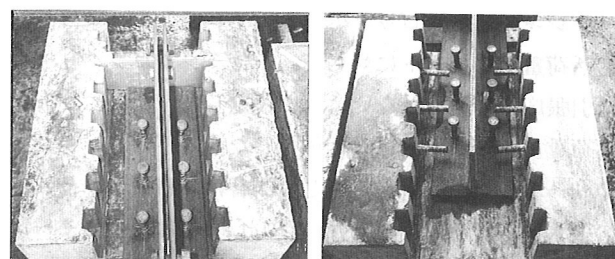
すなわち、プレキャストブロックと後打ちコンクリートとを合成させ、後打ちコンクリートと鋼桁とを合成させることにより、プレキャストブロックと鋼桁とを一体化することとした。各部材を確実に合成させるために、以下に示す方法を考えた。

① プレキャストブロックと後打ちコンクリートとの合成方法

- ・プレキャストブロックの橋軸方向に波形面のせん断キーを設ける。
- ・プレキャストブロックにジベル筋を設ける。

② 鋼桁と後打ちコンクリートとの合成方法

- ・鋼桁下フランジプレート上面にジベル筋を設ける。



TYPE-A（ジベル筋無し） TYPE-B（ジベル筋あり）

写真-1 接合断面形状

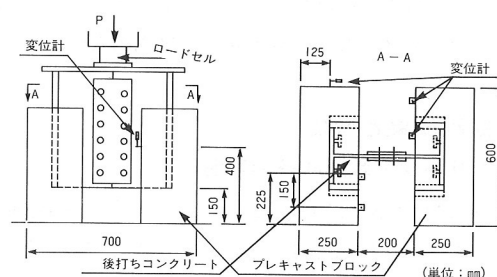


図-1 押し抜き試験体

これらに作用するせん断力の伝達メカニズムを把握し、合成に与える影響を確認するために、スタッドジベルの押し抜き試験に準じた押し抜き試験を行った。

試験体のプレキャストブロックは、写真-1に示すような2種類を製作した。ここに、TYPE-AとTYPE-Bの相違は、プレキャストブロック部の波形面（せん断キー）に突出しているジベル筋の有無のみである。

これらの試験体の形状を図-1に示す。

試験方法は載荷と除荷を繰り返す反復載荷法であり、徐々に荷重を上げて、破壊に至るまでのひずみと鋼桁およびプレキャストブロックとの後打ちコンクリート部のズレ量を測定するものとした。

(3) 全体系に着目した合成桁の挙動の確認

一体となった桁の挙動と破壊性状を把握するために、静的曲げ試験を実施した。

試験体として、図-2に示すような、長さ1.5mの凹形プレキャストブロックを4枚を使用した全長6m、支間長5.5mの模型桁を製作した。試験方法は反復載荷法であり、試験体が破壊に至るまで500tfの油圧ジャッキを使用して、荷重を徐々に付加していくものとした。ここに、載荷位置は、図-2に示すように支間中央から両側に50cm離れた位置とした。

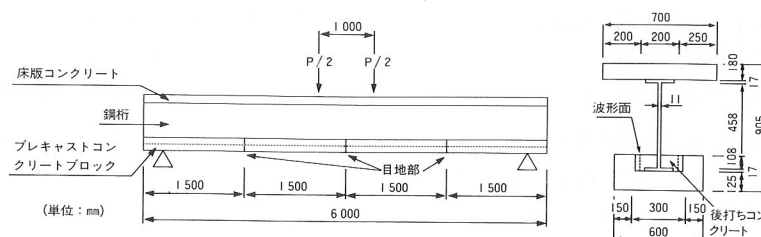


図-2 プレファブビームの側面および断面図

プレキャストブロックへの導入プレストレス量は、仮定活荷重モーメントに対して、下フランジコンクリートに引張応力が発生しないように決定した。ここに、仮定活荷重モーメントとは、一体化した桁の下フランジコンクリートの引張抵抗を無視した場合に、鋼桁下フランジの引張応力度が、許容応力 $1400\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度となるモーメントである。この結果、凹形プレキャストブロック単体へのプレテンション方式による応力導入量は、約 $30\text{kgf}/\text{cm}^2$ であり、一体化後に行われるポストテンション方式による下フランジへの応力導入量は約 $27\text{kgf}/\text{cm}^2$ となった。

3. 試験結果と考察

(1) クリープ・乾燥収縮の影響

試験体の材令28日におけるコンクリートの圧縮強度は $645\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。試験の結果、プレキャストブロックのクリープ係数は、 $\phi_s(\infty)=2.7$ が得られた。

この値は、道路橋示方書に示される合成桁の乾燥収縮に伴うクリープ係数値 $\phi_s(\infty)=4.0$ よりも小さいため、導入応力に与えるクリープ乾燥収縮の影響は、プレキャストブロックの方が現場打ちコンクリートと比べ小さいものと推定される。

(2) プレキャストブロックと鋼桁の関係

a) プレキャストブロックと後打ちコンクリートの関係
押し抜き試験の主目的は、プレキャストブロック部と後打ちコンクリート部の波形面におけるズレ性状を明らかにすることであった。

図-3は、TYPE-Aのプレキャストブロック部と後打ちコンクリート部とのズレ量の関係を表している。この図より、接合部では、破壊直前まで波形面でのズレはほとんど見られないため、プレキャストブロックと後打ちコンクリートは一体化されていることが確認された。また、TYPE-Bも同様の結果であった。

b) 後打ちコンクリート部と鋼桁の関係

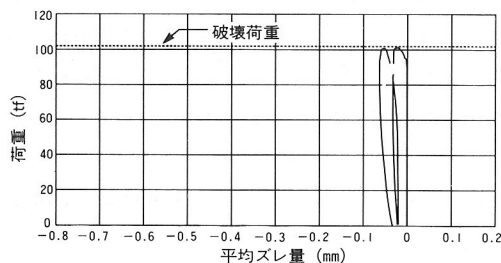


図-3 プレキャストブロック部と後打ちコンクリート部のズレ量

TYPE-Aの荷重－ズレ量の関係を図-4に示す。図に示されている限界荷重とは、残留ズレ量が 0.075mm に達したときの荷重である。この図より、載荷荷重の大きさに比べ残留ズレ量が小さいことから、本構造形式に用いるスタッドの限界荷重は、通常のものに比べて格段に大き

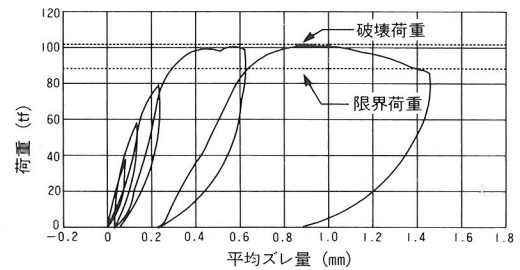


図-4 後打ちコンクリート部と鋼桁のズレ量

いと推測される。この理由は、後打ちコンクリート部の変位が、プレキャストブロック部により拘束を受けているためと考えられる。またTYPE-Bも同様の結果であった。

以上のことより、今後、本構造ではスタッドの使用本数を減少させることが可能であると考えられる。

c) 破壊荷重および破壊状況

破壊荷重の一覧を表-2、ひび割れ状況図を図-5に示す。TYPE-AとTYPE-Bを比較すると、TYPE-Bの方が限界および破壊荷重とも若干上回る程度であり、ジベル筋の効果はわずかしき認められなかった。この理由は、せん断力のほとんどがプレキャストブロックの波形面に伝達されたためと考えられる。

ひび割れ状況については、図-5より明らかなように後打ちコンクリート部の方で多く発生しており、一部波形面にも最終的にひび割れが発生していることがわかる。

また、破壊の原因は、主として鋼桁と後打ちコンクリート部のズレにより発生したひび割れに起因するものであった。

以上より、せん断力は、鋼桁から後打ちコンクリート

表-2 押し抜き試験結果

試験体のTYPE と番号	限界荷重 (tf)	破壊荷重 (tf)
TYPE-A No.1 ジベル	88	100.8
TYPE-A No.2 筋無し	98	103.1
平均	93	102.0
TYPE-B No.1 ジベル	110	118.1
TYPE-B No.2 筋有り	88	103.0
平均	99	110.6

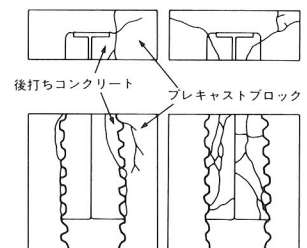


図-5 TYPE-Aのひび割れ状況図

部へ、そしてプレキャストブロック部へと確実に伝達されており、鋼桁とプレキャストブロック部は、一体化していることが確認できたものといえよう。

(3) 模型桁の静的破壊試験

a) 荷重－ひずみ関係

スパン中央における荷重－ひずみの関係を、図-6に示す。図-6において、載荷荷重が 20tf で下フランジコンクリート下面におけるひずみ量が減少していることから、ひび割れが発生したと推定される。そして、 150tf の荷重で鋼桁の下フランジ域で降伏が始まっており、鋼桁ウェブが降伏に至った 190tf を破壊荷重と定めた。

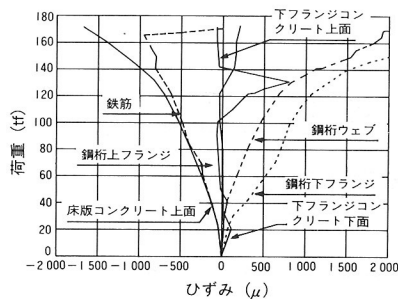


図-6 支間中央断面における荷重-ひずみ関係

b) ひび割れ幅

支間中央の目地部での荷重-ひび割れ幅関係を図-7に示す。この図より、載荷荷重20tfでひび割れが発生しており、また約35tfでひび割れ幅が使用限界の0.2mmに達する結果が得られた。

以上の結果より、写真-2 プレファブビーム桁は、鋼桁

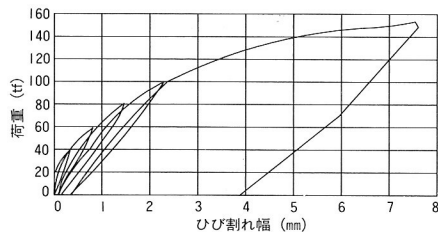


図-7 支間中央の目地部における荷重-ひび割れ幅

が終局状態に至るまで、プレキャストブロックと鋼桁とは完全に一体化されていることが確認された。なお、20tfという小さな荷重でブロックの目地部にひび割れが発生したのは、今回プレキャストブロック同士の一体化のために導入したポストテンション方式によるプレストレス量が、PC鋼棒の影響を無視するために極めて少なかったことに起因するものと考えられる。

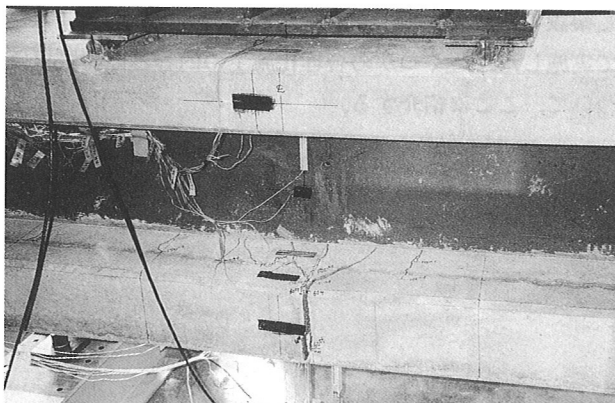


写真-2 破壊状況

4. 実用化に向けた課題

実構造物への適用は、鋼桁とプレキャストブロックとの結合が終局状態まで保たれることより、十分可能と考えられる。しかしながら、プレビームと同一レベルでの

実用化にあたっては、以下の課題が残されており、今後検討し改良することとしたい。

(1) プレキャストブロック同士の接合部分の構造

プレキャストブロック同士の接合部に作用するプレストレス力は、ポストテンション方式によるプレストレス力だけとなり、そのため小さな荷重で目地部にひび割れが生じる。解決策としては、ポストテンション方式のプレストレス量を増大する方法がある。

(2) 下フランジに導入できる最大プレストレス量

ポストテンション方式によるプレストレスの導入には、桁端部にPC鋼棒を定着する必要がある。しかし、下フランジコンクリートの断面は比較的小さく、定着できる大きさが制限されているため、小さな断面に大きなプレストレスを導入する方法が求められている。

5. 本形式の特徴および実構造物への適用性

現段階においても比較的支間が短く、ひび割れの影響が生じにくい屋内に使用する建築梁等への適用は十分可能であり、プレビームと同等の適用性があるものと考えられる。なお、先述の課題を解決すれば、プレビーム桁と比較して以下の点がメリットとして挙げられる。

(1) 施工上

- ① コンクリート打設作業の省力化。
- ② 応力導入作業の短縮。
- ③ 応力導入架台、回転棒等の省略。

(2) 構造上

- ① 鋼桁のプレフレクション作業が無くなるため、鋼桁上フランジ断面積を小さくすることが可能である。
- ② コンクリートの乾燥収縮による応力の減少が少なくなるため、導入プレストレス量を少なくできる。

これらのメリットを有する本工法実現のため、今後も研究を進めていく考えである。

最後に、本形式の開発にあたって多大なご指導を賜った大阪大学・松井繁之教授、大阪工業大学・栗田章光助教授、ならびに試験にあたりご協力を頂いた学生の方々に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 松井・栗田・渡辺・青木・角山：プレファブビームの開発および押し抜き試験，平成5年度関西支部年次学術講演会講演概要集・I-85，平成5年5月。
- 2) 中井・栗田・渡辺・瀬野・牛島：プレキャスト床版合成桁の乾燥収縮に伴うクリープ係数に関する実物大屋内実験，土木学会第48回年次学術講演会，平成5年9月。
- 3) 松井・栗田・渡辺・青木・角山：プレファブビームの開発と静的曲げ試験結果について，土木学会第48回年次学術講演会，平成5年9月。