

(56) プレキャスト版型枠を用いた吊床版橋の施工システムと実施例
 — つくでカントリークラブNo.3ホール歩道橋 —

大成建設(株) 土木設計部 正会員 ○大熊 光
 大成建設(株) 土木設計部 正会員 田中茂義
 大成建設(株) 土木設計部 正会員 関 文夫
 小沢コンクリート工業(株) 技術研究所 白石雅広

1. はじめに

吊床版橋は、近年施工の容易性から注目され、ゴルフ場、公園などの歩道橋として、数多く建設されている。つくでカントリークラブNo.3ホール歩道橋は、“自然の揺らぎ”を設計コンセプトにした橋長72.6mの吊床版橋である(図-1)。

一般に、主桁の施工は、橋台間に張り渡されたPCケーブルを利用して、プレキャストブロックを引き出し架設し、ブロック間を場所打ち施工する工法を用いている。しかし、この工法では、ブロック間の間詰め施工が必要となるため、型枠工の煩雑さ等の課題を有していた。

そこで、プレキャストブロックの代りに、高強度プレキャスト版型枠(PICフォーム：ポリマー含浸コンクリート型枠)を用い、主桁を一度に場所打ち施工する工法を提案した。この工法により、間詰め工の省略、軽いプレキャスト版を用いることによるハンドリングの容易さ等の施工上のメリットに加えて、耐久性の向上、設計自由度の増大などが達成されるものと思われる。本稿では、実証に先立ち、施工システム確立のために行った数々の実験の結果を報告する。

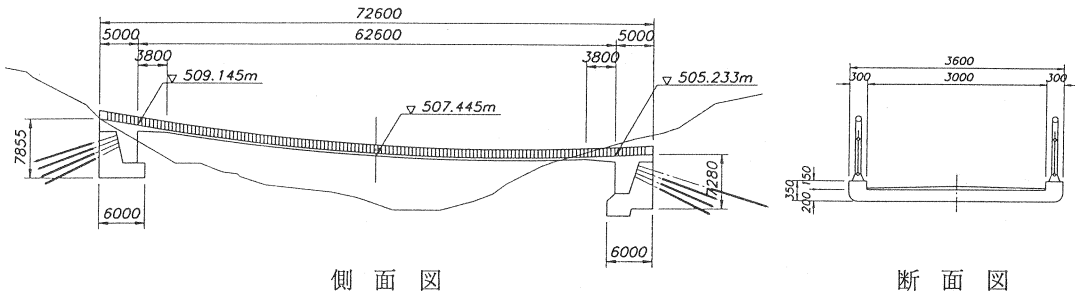


図-1 つくでカントリークラブNo.3ホール歩道橋一般図

2. PICフォームの適用性

PICフォーム(図-2)を用いることによる有用性は以下の通りである。

1) 施工性の向上

ブロック間の間詰め施工が不要となる。
 プレキャスト版の運搬、ハンドリング等が容易になる。

2) 耐久性の向上

PICフォームは微細な空隙までポリマーで含浸されているため、遮塩・遮水性、耐凍害性、耐摩耗性及び化学抵抗性が向上する(参考文献1)~4)。

3) 設計自由度の増大

PICフォームは着色、及び任意形状に加工することが可能である。
 従来工法では、幅員を広くするためにはプレキャストブロックの厚さと形状を大きくする必要があるのであるため、輸送性・施工性の問題が生じる。本工法では幅員方向にPICフォームのユニットを接合していくことが可能なため、広幅員化が容易である。

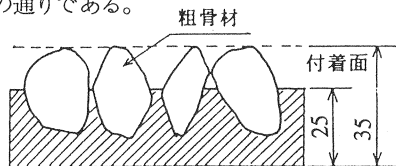


図-2 PICフォーム断面図

3. 施工方法

本橋は支間62.6mを、P I Cフォームによる場所打ち部55.0mと、吊り支保工による両端部の場所打ち部3.8m×2に分割施工した(図-1)。前者の施工区では、P I Cフォームのユニット(1.0m×1.8m)4枚を接合したものを1スパン(2.0m×3.6m)とし(図-3)、それを橋台間に張り渡したP Cケーブルを利用して順次引き出し架設し、コンクリートを一度に場所打ち施工した。図に示すように、プレストレス力導入用のP C鋼材には、アフターボンドP C鋼材(参考文献5)を採用し、プレストレスングを行った。そのため、本橋ではグラウト工が一切行われていない。

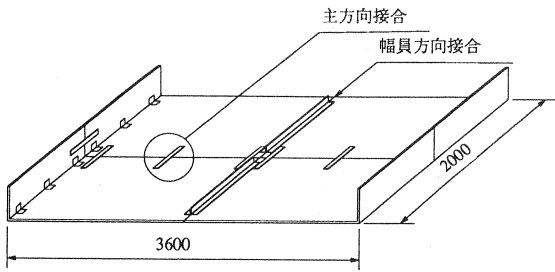


図-3 P I Cフォーム組立図

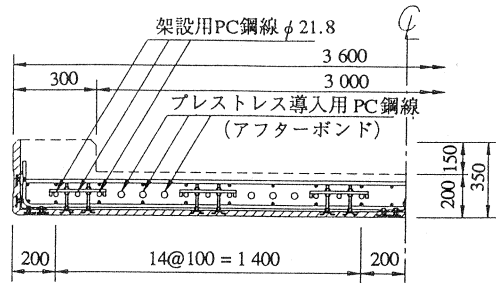


図-4 P I Cフォーム断面図(架設時)

P I Cフォームの接合方法については、主方向と幅員方向の2種類に分類し、前者を柔結合、後者を剛結合とした。P I Cフォームを架設する際に、P Cケーブルには大きなたわみが生じる。そのため主方向の接合はその変形に追従できる構造が必要とされる。また幅員方向に関しては、品質管理の上から変位が生じない構造が望ましい。

以上により、主方向は薄肉の平鋼(以下、主方向接合金具)にて接合し、版間の止水性を確保するためにシリコン系樹脂を接合面に塗布した。また幅員方向の接合は、エポキシ樹脂系接着剤により接着し、さらに山形鋼(以下、幅員方向接合金具)にて補強するものとした。

4. 実験概要

本実験の目的は、P I Cフォームを用いた本施工システムの実用化にあたり、その安全性、施工性、及び品質を確認することである。以下に具体的な実験項目とその目的を列挙する。

1) 施工性の確認(→5.1 実規模載荷試験)

実規模P I Cフォーム1スパン分(4枚)を、実際に組立てることで施工性を確認する。

2) 接合方法の確立(→5.1 実規模載荷試験)

P I Cフォーム1スパンの載荷試験を行い、主方向、幅員方向等の挙動を定量的に把握するとともに、P I Cフォーム、接合金具等の安全性を確認する。試験は主方向接合金具の厚さと設置数をパラメータとして行い、これにより本橋梁で採用する接合方法を確定する。

3) 幅員方向の耐力測定(→5.2 幅員方向載荷試験)

P I Cフォーム運搬時、及び架設時に対して幅員方向接合部(剛結部)の安全性を確認する。

4) 地覆部の耐力測定(→5.3 地覆部耐力試験)

高欄支柱を地覆部に取り付ける場合、及び作業時に地覆部版が水平力を受けた場合の地覆部版の安全性を確認する。

5) 埋込金具の耐力測定(→5.4 埋込金具耐力試験)

架設中はP I Cフォーム中の埋込金具によって全施工時荷重を支持するため、その耐力を測定し安全性を確認する。

5. 実験結果

5.1 実規模載荷試験

施工性の確認、及び接合方法の確立を目的として、本橋梁で用いられるP I Cフォームと同サイズのものを載荷試験を行った。

1) 実験方法

実規模P I Cフォーム1スパン(4枚)を組立て(写真-1)、その上に荷重を載荷し、各部のたわみ量、主方向接合金具の歪を測定した。実験は、主方向接合金具の厚さと設置数をパラメータとして、表-1に示す4タイプについて行った。

荷重は砂袋を用いて480kgfまで載荷し、その後除荷して残留歪を測定した。

境界条件としては、本橋のP I Cフォームが、張り渡されたP Cケーブルに架設されることを考慮し、支点にはゴムスポンジを設置し、弾性支持とした。

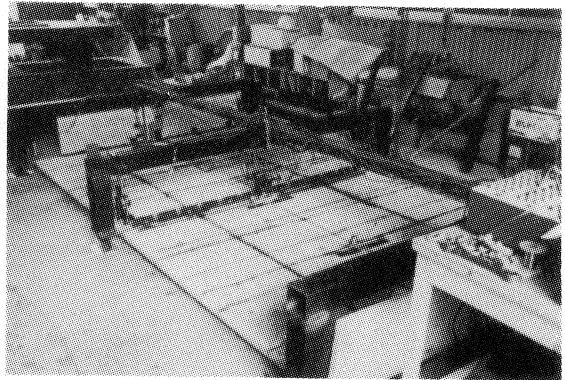


写真-1 実規模載荷試験装置

表-1 主方向接合金具種類

タイプ	A	B	C	B'
厚さ(mm)	2.3	3.2	4.5	3.2
設置数	6	6	6	8

2) 実験結果及び考察

図-5に全タイプの荷重-たわみ曲線を示す。図より金具の厚みが大きいものほどたわみ量は小さくなっており、最大たわみ量に関しては、A・Bタイプに比べてC・B'

タイプのたわみ量が約半分の値となっている。残留たわみ量についても同様の結果が得られた。図中に示すCタイプでの計算値は、主方向接合金具の部材を考慮した平面骨組モデルでの解析結果であるが、測定値と非常に合致していることから、モデル化の有用性が確認された。

図-6には、P I Cフォーム接合面に対する主方向接合金具の断面係数比と、最大荷重時の応力度の関係を示す(Z_s :接合金具の断面係数、 Z_c :P I Cフォームの断面係数)。図に示すように、測定値にばらつきはあるが、金具の厚みが大きいものほど応力度は小さくなり、CタイプとB'タイプについては、全ての金具の応力度が許容応力度以内であった。(許容応力度は道路橋示方書II鋼橋編に準拠し、許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_c = 1400 \text{ kgf/cm}^2$ とした。)

以上の試験結果より、CタイプとB'タイプの主方向接合金具の安全性が確認されたが、施工性を考慮して、設置数の少ないCタイプを採用した。

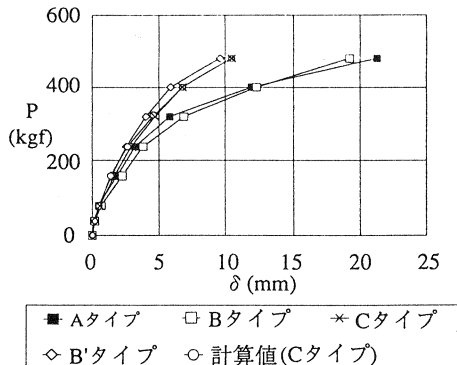


図-5 P- δ 曲線

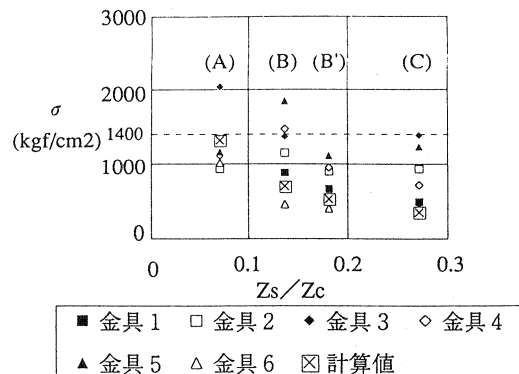


図-6 $\sigma_{\max} - Z_s/Z_c$

5.2 幅員方向載荷試験

PICフォーム運搬時、及び架設時に対して幅員方向の健全性・安全性を確認することを目的として、載荷試験を行った。

1) 実験方法

図-7に示すように幅員方向を接合したPICフォームを、スパン1.6mとして曲げ載荷試験を行った(写真-2)。接着剤にはエポキシ系樹脂を用いたが、接着剤強度の経時変化を考慮するために、養生期間が1日のもの(Aタイプ)と4日のもの(Bタイプ)についてそれぞれ2回の実験を行った。

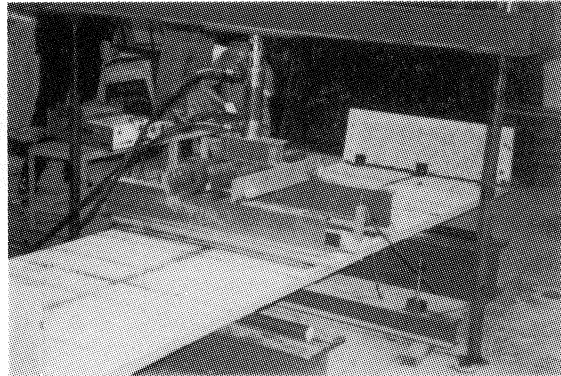


写真-2 幅員方向載荷試験装置

2) 実験結果と考察

荷重-たわみ曲線を図-8に示す。図中に示した計算値は、全部材をPICフォーム(接合による影響を無視)として計算した値であり、破線で示した144kgfは、コンクリート打設時に載荷される最大荷重である。図より、試験体は設計値(144kgf)の範囲内においては弾性域に入っており、その挙動も計算により十分予測可能である。実験により得られた幅員方向の耐力は以下の通りである。

実験値(Aタイプ): 218kgf

安全率 = $218/144 = 1.52$

実験値(Bタイプ): 382kgf

安全率 = $382/144 = 2.66$

以上より、幅員方向に関して本接合方法は安全性が確認された。幅員方向の耐力はエポキシ系接着剤の養生時間に大きく作用されるため、急速な施工に関しては接着剤の十分な養生管理が必要である。

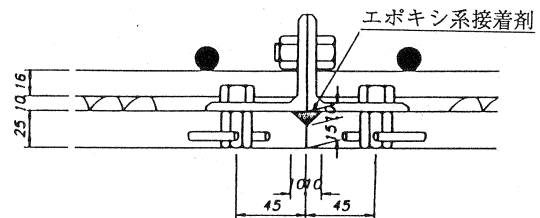


図-7 幅員方向接合部

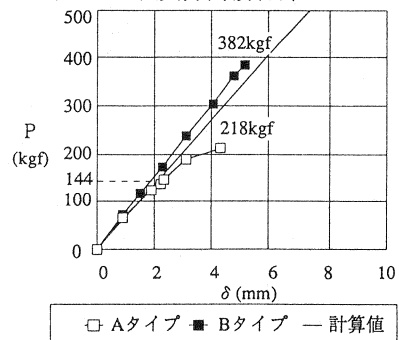


図-8 P-δ曲線

5.3 地覆部耐力試験

地覆部型枠は底版部にエポキシ系接着剤で接合し、山形鋼(以下、地覆部接合金具)で補強する。本実験はこの地覆部と底版部との接合強度を確認するために行う。

1) 実験方法

実験は、図-9の寸法にてPICフォームが破壊するまで載荷を行った。

2) 実験結果と考察

図-10に荷重-たわみ曲線を示す。図より、試験体は荷重が70kgf程度以下においては弾性域にあり、試験体を全断面有効の弾性体とした場合の計算値とも良く一致した。

その後、荷重が280kgfにおいて地覆部接合金具

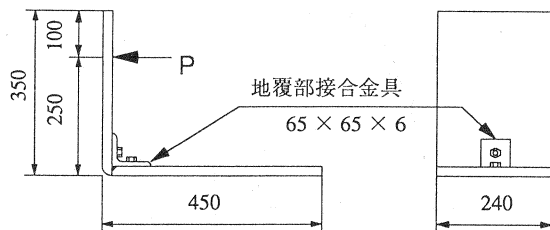


図-9 地覆部耐力試験方法

を取り付けているボルトの高さで、P I Cフォームの曲げ破壊を生じた。主方向単位長さ当りに換算すると、地覆部版の耐力は1.17tf/mであった。

実験より、破壊位置での曲げ応力度は $\sigma = 230.7 \text{ kgf/cm}^2$ であり、これはP I Cフォームの曲げ引張強度規格値 200 kgf/cm^2 を 30 kgf/cm^2 以上も上回り、P I Cフォームの信頼性を裏付ける結果となった。

以上より、本橋の地覆部接合金具に関しては安全性が確認された。

5. 4 埋込金具耐力試験

P I Cフォームの埋込金具は施工中の全荷重を支持する。本実験では埋込金具の引抜き試験を行い、施工時の安全性を確認した。

1) 実験方法

本橋では図-11に示す通り、架設ケーブル取付け用金具(Aタイプ)と、接合金具取付け用金具(Bタイプ)の2種類の埋込金具を用いた。Aタイプは金具が表面に出ない形状とし、Bタイプについては金具がP I Cフォームを突き抜ける形状とした。

また両タイプともに、耐力を増加させるための突起(図中の斜線部)を取り付けた。本実験では、以上の2種類の埋込金具についてそれぞれ直接引抜き試験を行った。

2) 実験結果と考察

引抜き試験状況を写真-3、4に示す。埋込金具の耐力は、表-2の試験結果よりAタイプよりもBタイプの方が大きくなったが、その要因として、Bタイプの埋込金具の突起の埋込長がAタイプのそれよりも大きかったためと思われる。

表より、安全率 $= 1350 / 136 = 9.9$
(ただし、136kgfは施工時に埋込金具Aタイプ1個が受ける最大荷重)

以上より、本橋における埋込金具の安全性が確認された。

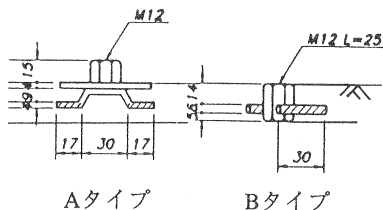


図-11 埋込金具

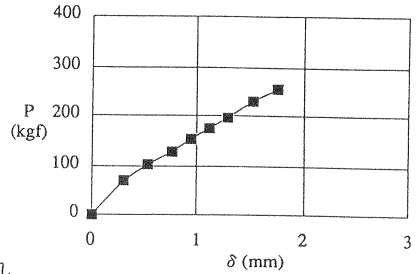


図-10 P- δ 曲線

表-2

金具種類	NO.1	NO.2	平均値
Aタイプ	1300	1400	1350
Bタイプ	1700	1880	1790

(単位: kgf)

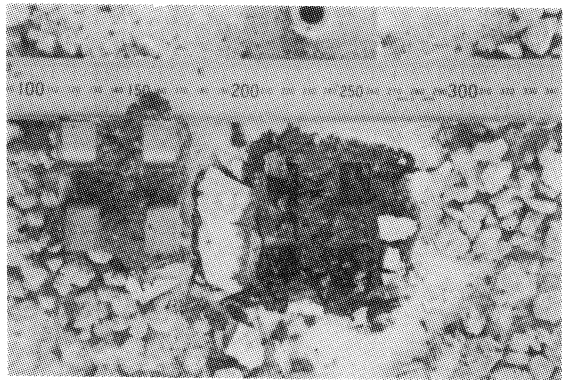


写真-3 Aタイプ埋込金具

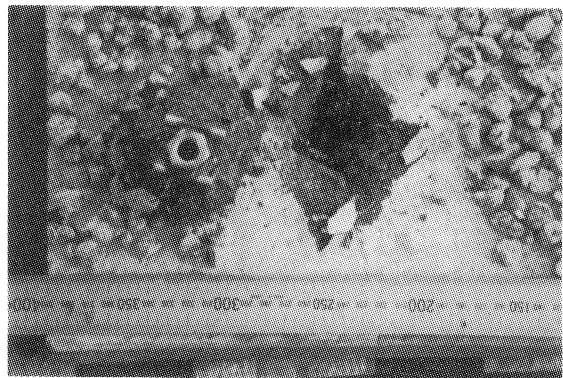


写真-4 Bタイプ埋込金具

6. 結論

P I Cフォームを用いた吊床版橋の施工システム確立のために、施工性、及び安全性の確認実験を行った。本実験により得られた成果は以下の通りである。

- 1) 接合金具によって組み立てられたP I Cフォーム各部の挙動を測定し、本橋梁で用いる最適な接合金具と配置の決定を行った。接合金具の適切な選定によって、より広幅員の吊床版橋の設計も可能である。
- 2) 幅員方向接合部、地覆部、埋込金具の各耐力から、安全性を確認できた。
- 3) プキャストブロックと比較して重量が軽いため、現場での操作性が向上したことを確認した。

吊床版橋は、今後さらに長スパン、広幅員が見込まれている。P I Cフォームを用いた吊床版橋の施工方法によれば、P I Cフォーム間を接合する接着剤・接合金具を適当に選定することで、幅員の制限をなくすことができ、また任意の主桁側面形状に対応できる。

7. おわりに

近年、時代の趨勢から省力化施工が望まれ、プレキャストブロック工法が注目されている。しかし、プレキャストブロック間の処理方法が施工性を低下させた例も少なくない。本稿では、施工の省力化という観点から高強度プレキャスト版型枠を使用した吊床版橋の施工システムを提案した。本提案が省力化施工の向上に役立てば幸である。

つくでカントリークラブNo.3ホール橋梁は、P I Cフォームを用いた本稿の施工システムにより現在施工中である。

<参考文献>

- 1) 新藤竹文・内藤隆史・松岡康訓：P I Cフォーム複合部材の耐久性に関する研究、プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム、1990年
- 2) 民間開発建設技術の技術審査・証明事業認定規程に基づく「土木系材料技術・技術審査証明報告書(技審証第0107号)：ポリマー含浸コンクリートによる高耐久性埋設型枠材P I Cフォーム」、財団法人土木研究センター、1990年
- 3) 内藤隆史・松岡康訓・新藤竹文：ポリマー含浸コンクリートによる高耐久性埋設型枠、土木学会誌、1990年
- 4) Tanaka, S. -Tsukagoshi, T. -Saitou, K. -Matsuo, M. -Seki, F. :THE APPLICATION OF SUPER WORKABLE CONCRETE AND POLYMER IMPREGNATED CONCRETE FORM TO PC CABLE-STAYED BRIDGES. Proceedings of the FIP Symposium '92
- 5) 材寄勉・南敏和・小林剛：アフターボンドPC鋼材の諸特性について、プレストレストコンクリート、1990