

# PCT を用いた模型プレハブコンクリート アーチ橋の架設実験

(昭和49年5月18日 原稿受理)

開発土木工学教室	出	光	隆
大成建設 KK	内	海	章
新日本製鉄 KK	楠	本	操
開発土木工学教室(大学院)	山	崎	竹
九州大学水工土木教室(大学院)	松	尾	淳

## Constructing Method of Concrete Arch Bridge with PCT

by Takashi IDEMITSU  
Akiteru UTSUMI  
Misao KUSUMOTO  
Takehiro YAMASAKI  
Atsushi MATSUO

The authors have studied on PCT (Pretensioned Cable Truss) from about ten years ago. As a result, it has been made clear that wind resistance of PCT is excellent and its displacement with live load is very small.

Since such properties are good for the construction of bridge, they attempted to construct the concrete arch bridge by means of prefabricated members with PCT, and a better result was obtained in the experiment with this method than ordinary methods.

### 1. ま え が き

我国には狭い入海や、深い溪谷が多く、橋梁を架設する場合、地形的にコンクリートアーチ橋に適した所が各地にみられる。コンクリートアーチ橋は形が美しいこと、維持費を要しないことなど優れた特徴を有しているにもかかわらず、近年、実際に架設された例は少ない。この主な原因としてはアーチコンクリートの現場打ち作業がむずかしいこと、また、支保工となるアーチセントルの架設に多くの費用と時間を要することなどが考えられる。

筆者らは数年来、PCT について研究を重ねてきた。その結果、PCT はケーブルを用いた構造物であるにもかかわらず、荷重による変位が小さいこと、また、耐風性が優れていることなどの利点を有することが明らかになった<sup>1)</sup>。そこで、この PCT を用いればコンクリートアーチ橋を、適当な寸法のプレハブ部材に分割して架設することができないかと考え、実際に模型を作製して架設実験を行なってみた。以下、模型実験について報告し、

同時に問題点について検討を行なう。

### 2. 模型2ヒンジコンクリートアーチ橋の設計と製作

#### 1) 設計について

模型としては人道橋程度のものを考えた。設計条件はスパン 8 m、幅員 0.8 m、荷重は各脚柱に 300 kg の集中荷重が作用するものとした。以上の条件で設計したアーチ橋の形状・寸法を図-1に示す。アーチのタイプは架設時の変形を吸収できるように2ヒンジアーチとし、ライズは既設のアーチ橋<sup>2)</sup>を参考にして 1.2 m に定めた。また、アーチの形は左右対称とし、各節点が2次放物線上にあるように定め、節点間は軸線が直線となるようにしている。しかしながら、節点間隔が短いから設計計算は放物線形アーチとして行なった。

さて、アーチのブロック割りは、まず、幅 80 cm のアーチを橋軸方向に4本のアーチリングにたて割りし、さらに、それを図-1に示すように7個に分割した。各部材の重量は 30~50 kg となった。

本模型アーチ橋はスパンの割にライズが小さいため、

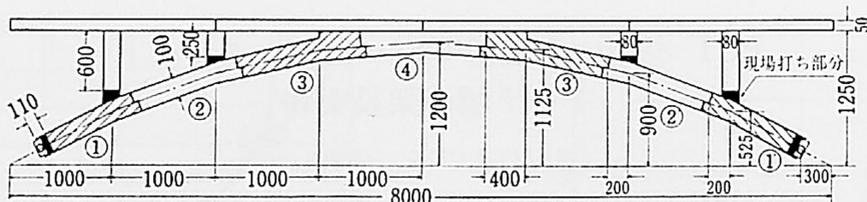


図-1 模型アーチ橋の形状・寸法

荷重の載荷状態によっては節点部のアーチ下面にわずかではあるが引張応力を生じる場合がある。しかしながら、部材の接合面は節点の位置から水平距離で20~40 cm 離して設けており、また、各部材は複鉄筋部材としてφ13 mm の異形丸鋼を上、下に2本配置しているから、破壊に対する安全は充分である。なお、本実験の場合は接合面に段を設けただけで、別に補強構造は設けなかったが、実橋の場合は鉄筋の重ね継手<sup>3)</sup>、接着剤塗布<sup>4)</sup>などの方法を用いて補強する。

橋床部は市販されているPC板(5 cm×30 cm×200 cm)を敷き並べるだけの構造とし、これを脚柱で支えることにした。中央部の脚柱は極めて短くなるため図-1に示すようにアーチ部材と一体にしている。4本の脚柱はそれぞれ1ブロックの部材とし、その立上り部のコンクリートは現場打ちすることにした。また、アーチの両端部のコンクリートも現場打ちすることにした。これらの現場打ち部を設けた理由は、架設時の誤差をそこで補正するためである。

2) プレハブ部材の製作

各部材は人工軽量骨材コンクリートを用いて作製した。その配合を表-1に、また、諸強度および弾性係数

などを表-2に示す。

コンクリートの打設要領は、まず、図-1に斜線で示した部分のコンクリートを打ち、3日後残りの部分を打設した。その際、接合面は先に打設し硬化したコンクリート面に離型剤を塗布して型枠とした。この様にすれば接合面は緊密になり、架設時にくるいはほとんど生じなかった。写真-1はアーチリング2本分の型枠を組み、あらかじめ組立てておいた鉄筋をセットしたところである。写真-2に製作した各部材を示す。なお、養生は空中にて行なった。各部材の両端部には横締め用の穴をあけている。各節点には現場打ちコンクリートとの打継目補強用の鉄筋を、また、両端部の部材にはヒンジ部との連結用ボルトをうめこんでいる。ヒンジ部分の構造を図-2に示す。アーチに作用する軸力はチャンネルを介してヒンジに伝達される。

表-1 コンクリートの材料および配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )				
				W	C	S	G	ポリリス No.5LA <sub>2</sub>
7	5.0	53	41	159	300	736	636	0.75

セメント比重 3.14, 砂比重 2.58, FM 2.60, 粗骨材比重 1.54

表-2 コンクリートの性質

諸 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )		弾 性 係 数 (kg/cm <sup>2</sup> )	単 位 重 量 (t/m <sup>3</sup> )
圧 縮	引 張		
275	16	1.6×10 <sup>5</sup>	1.9



写真-1 アーチリング型

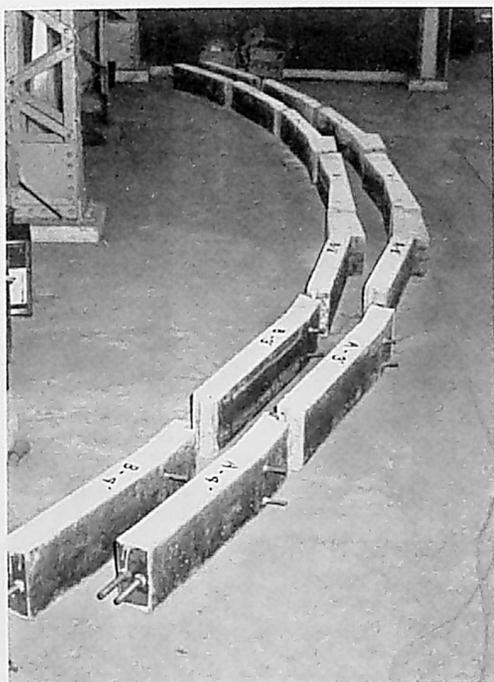


写真-2 プレハブ部材

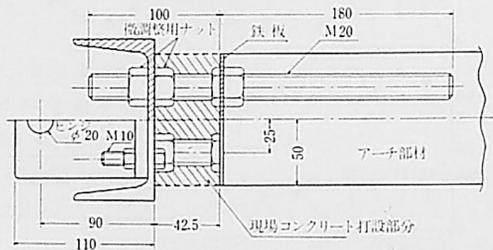


図-2 ヒンジ部分の構造

### 3. 架設方法の概要

架設工事の進行状況を順を追って説明する。

i) 架設用 PCT を設計・製作する。その際、注意すべきことは最適プレストレス量を求めること<sup>1)</sup>、横桁の位置を作業が行ない易いように定めることなどである。

ii) 両端ヒンジを設置する。

iii) アーチの架設を開始する。実橋架設の場合の概略図を図-3 に示す。まず、1本のアーチリングを架設する。これを基本アーチリングと名付ける。基本アーチリングの架設の良否は以後の作業に大きく影響してくるから、特に精度良く行なわなければならない。実橋では設計の際、基本アーチリングは自重だけでなく、その両側のリングの重量も負担できるように設計しておく。PCT は基本アーチリングの架設が完了すれば、最早、荷重を

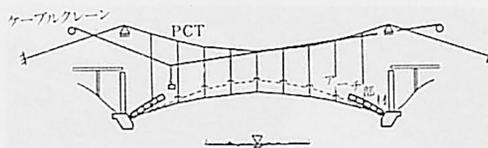


図-3 アーチ部材の架設

負担する必要はなくなり単なる足場となる。

iv) 基本アーチリングに横締めして、順次その両側のアーチリングを組立てて行き、アーチの架設を完了する。

v) 現場打ち部分のコンクリートを打設する。

vi) 脚柱を組立てる。

vii) 橋床部を施工し全架設工事を完了する。

viii) PCT を除去する。

### 4. 架設実験および結果考察

#### 1) 架設用 PCT<sup>6)</sup>

架設実験用 PCT を写真-3 に示す。スパン 8 m、上・下主ケーブル (6×7 HCφ 14 mm 使用) のサグはいずれも 0.8 m とした。また、吊ケーブル本数は 7 本とし、それぞれ 1 本当たり 200 kg のプレストレスを導入した。プレストレスの導入には両バックステイケーブル中、および吊ケーブル中に挿入したターンバックルを用いた。また、その大きさは吊ケーブル中に挿入した張力

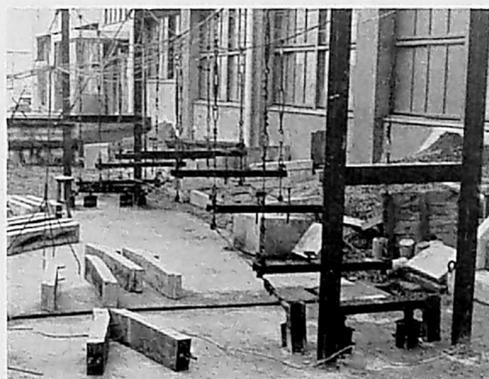


写真-3 架設実験用 PCT

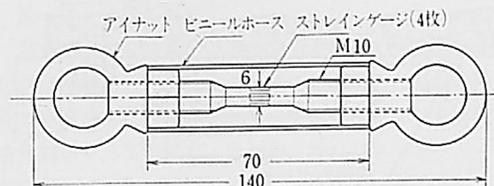


図-4 張力計

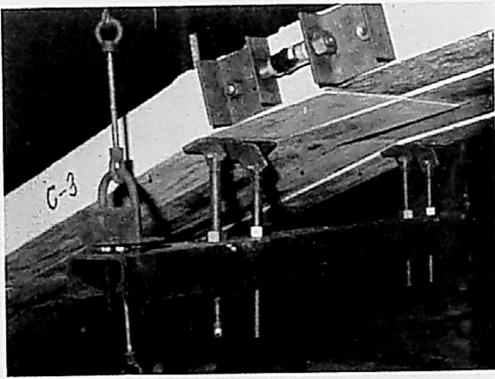


写真-4 アーチ部材受台



写真-5 基本アーチリングの架設実験

計を用いて測定した。この張力計は筆者らが考案し、製作したもので、比較的簡単に精度の良いしかも安価なものができる。図-4 にその概略図を示す。横桁位置はアーチ下面から 5~20 cm 下に定め、写真-4 に示すような部材受台を取付けた。

2) 基本アーチリングの架設実験および結果考察

本実験では接合部の補強は考えていないが、実橋の場合にはなるべく接合部を補強し各部材を一体のものにしてながら工事を進めて行くことが望ましい。したがって、基本アーチリングを架設する方法として次の3つの場合について実験を行なった。

- (A) 片側から接合部を補強しながら架設する場合
- (B) 両側から接合部を補強しながら架設する場合
- (C) 両側から接合部を補強せずに架設する場合

本実験では、(A)(B)の場合には臨時的補強構を設けた。すなわち図-5 に示すように、横締めボルトで両部材にアタッチメントを取付け、これをボルトで締めて、接合部にプレストレスを与えることによって補強した。実験中の状況((C)の場合)を写真-5 に示す。各架

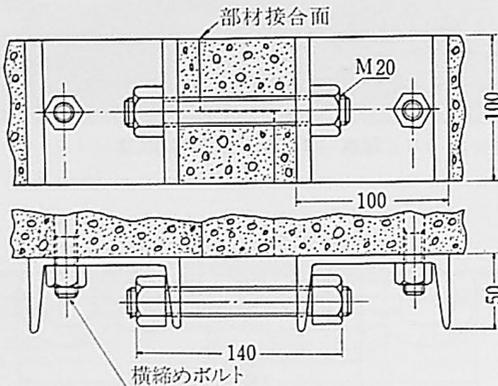


図-5 接合部の補強

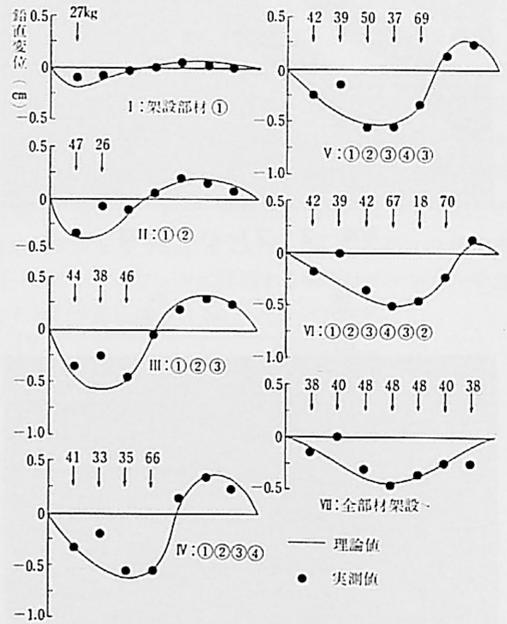
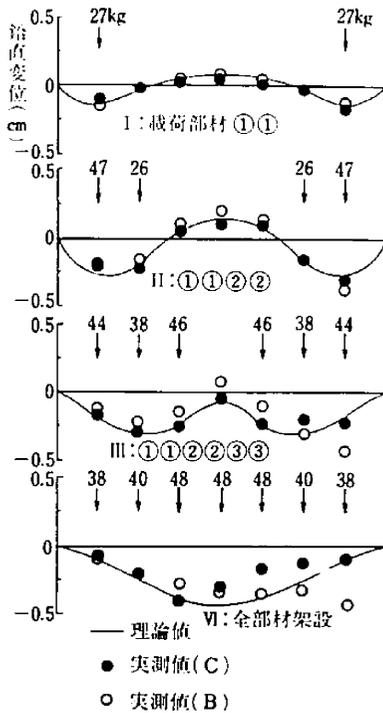


図-6 受台の鉛直変位(A)の場合  
(I, II, …; 架設状態番号)

設段階で受台の鉛直変位と上主ケーブルの水平張力変化を測定した。

各場合について受台の鉛直変位の実測結果をそれぞれ図-6, 7 に示した。同図に実線で示した値は非線型有限変形法<sup>5)6)</sup>によって計算した理論値である。なお、部材架設の進行とともに受台に作用する荷重は変わってくるからその値もそれぞれ示した。

受台の最大鉛直変位を両側から架設する(B), (C)の場合と、片側から架設する(A)の場合について比較すれば、後者の方が前者の2倍弱となり、それだけ架設中のアーチにくるいが生じ易いことになる。また、実際

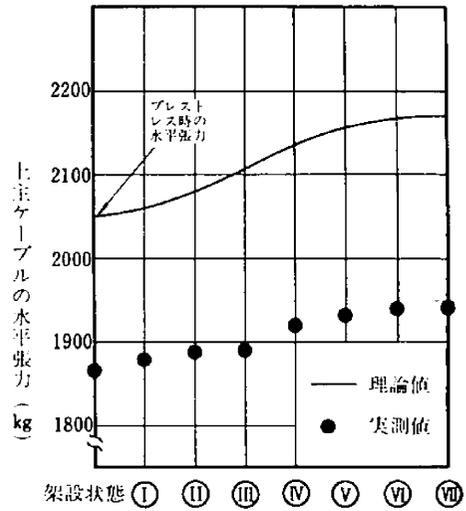


図一七 受台の鉛直変位 (B), (C) の場合 (I, II, …: 架設状態番号)

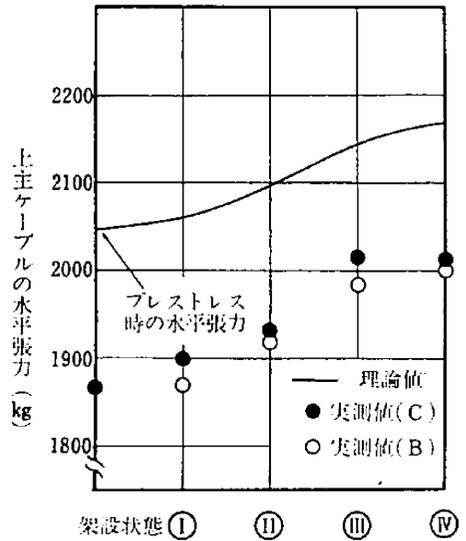
に、架設作業も前者にくらべかなり面倒であった。したがって、なるべく両側から架設して行く方が好ましいと考えられる。

接合部を補強する (B) の場合と、補強しない (C) の場合とでは後者の方が理論値とよく合っている。(B) の場合、理論値と実測値の間に差が生じた理由は、接合部を補強したから、各部材が一体となって、1本の曲りばりとしての剛性をもって来るためと考えられる。架設中の部材がはりとしての働きをすることは、軸力が卓越するものとして設計されたアーチ部材に曲げが卓越してくるになり好ましくない。したがって、(C) の場合のように架設中は部材に無理な応力が生じないように、接合部を補強しないでおくか、または、補強する場合でもヒンジ構造にしておき、全部材が架設されてから完全に補強して基本アーチリングを完成させるのが良いと考えられる。なお、図一六、七両図において、全部材を架設した場合はアーチ作用によっていく分自重を負担するから、理論値と実測値に差が生じている。

次に、各場合の上主ケーブルの水平張力変化を図一八、九にそれぞれ示した。PCT の特徴の一つとして、下主ケーブルが荷重を負担するから上主ケーブルの張力増加は小さい。計算値と実測値との間にわずか差があるが、



図一八 上主ケーブルの水平張力変化 (A) の場合



図一九 上主ケーブルの水平張力変化 (B), (C) の場合

いずれの場合も架設の進行とともに漸増し、同じ様な増加傾向を示した。

3) アーチ橋の組立て

基本アーチリングの架設が完了すれば、その両側のリングは横締めして、基本アーチリングにもたせながら組立てを行なった。架設したアーチおよびヒンジ部の状況を写真一六、七に示す。この後、現場打ちコンクリートを打設して、脚柱部材を組立て、さらに、その上に床板をわたしてアーチ橋の架設を完了した。完成した模型ブ

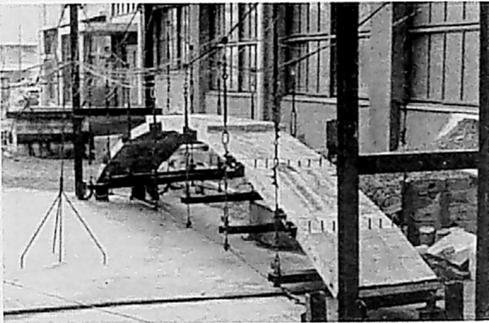


写真-6 アーチの架設完了

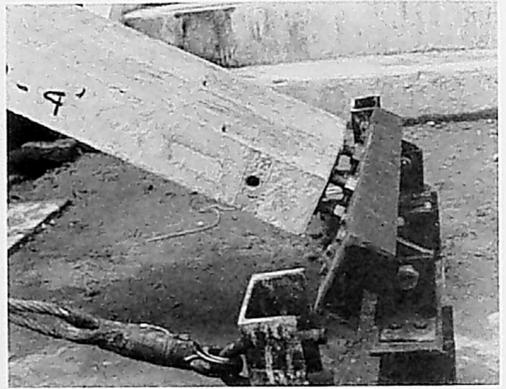


写真-7 ヒンジ部の構造

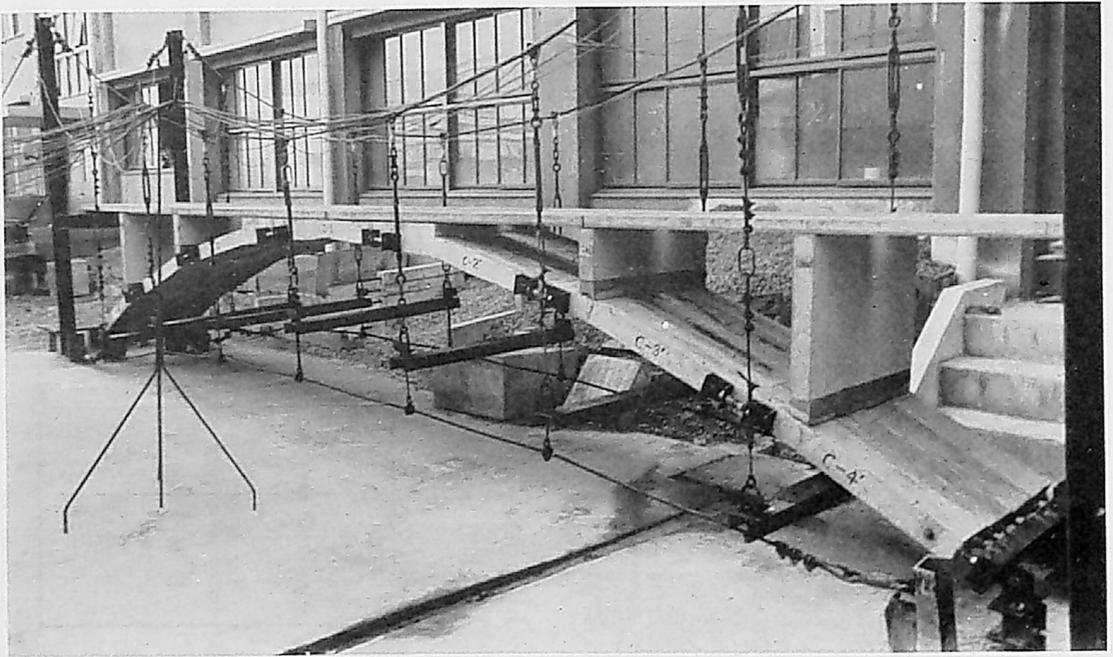


写真-8 模型プレハブコンクリートアーチ橋

レハブコンクリートアーチ橋を写真-8に示す。前述したようにコンクリートアーチ橋は非常に美しい線形を示している。

##### 5. 模型橋の載荷試験

模型橋の完成後、載荷試験を行なった。荷重は大きさ65 kgとし節点の真上に載荷した。種々の載荷状態について、各節点直下のたわみを測定した。

実測値および理論たわみ曲線の例を図-10に示す。アーチに引張応力の生じない(a)の場合は実測値と理

論値が良く合っているが、生じる(b)の場合はかなり違っている。この原因は、接合部にあそびがあったためと考えられる。しかしながら、実橋では接合部を補強するから、期待通りの剛性を充分もたせることができるものと考えられる。また、現場打ち部をアーチのクラウンにもってきて、ジャッキを挿入して圧力を加え、あらかじめ接合部のあそびをなくしてコンクリートを打設すれば、より一層、補強効果をあげることができる。

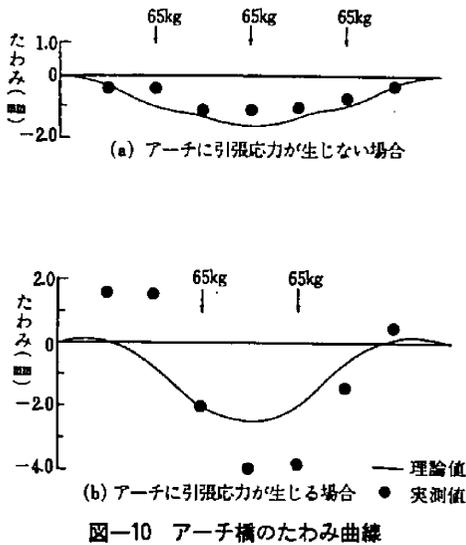


図-10 アーチ橋のたわみ曲線

## 6. あとがき

模型実験を行なってみた結果、コンクリートアーチ橋の架設に本工法を用いれば、支保工となるアーチセントルの必要はなく、また、コンクリートの現場打ち作業もなくなるから、従来の方法にくらべ少ない労力で、迅速かつ安全に工事を行なうことができるものと考えられる。

しかしながら、実橋に用いる前に検討を要する点はまだ多く残っている。その主なものを示せば

- i) 運搬、架設が容易にできるブロック割りの方法
- ii) アーチ部材の架設時応力
- iii) 接合部の補強方法

などである。それらについては、現在、研究を続行している。終りに、終始、適切なる御指導を戴いた渡辺明教授に深く感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) 渡辺, 出光, 大神, 成田: “プレテンションドケーブルトラス構成による橋梁架設新工法に関する研究” 土木学会論文集, 第153号, 昭43, 6.
- 2) 黒田, 安原, 吉田: “想影橋について” 橋梁, 1968, 6.
- 3) 丸安, 小林, 伊藤: “鉄筋コンクリートばりの重ね継手に関する研究” コンクリートライブラリー第14号.
- 4) 宮内: “プレキャストブロック工法” 土木学会誌 51, 11.
- 5) 後藤, 大西, 大槻, 新村: “非線型有限変形法によるトラスの大変形解析とその応用プログラム” 土木学会論文集, 第194号, 昭46, 10.
- 6) 出光, 内海: “PCTの非線型有限変形法による解析” 九州工業大学研究報告, 第27号, 昭48, 6.