

PIC 製埋設型枠を用いたタイドアーチ構造の道路橋床版への応用

長崎大学大学院 学生員 ○林山豊  
 長崎大学工学部 正会員 松田浩, 崎山毅, 森田千尋  
 九州工業大学 正会員 出光隆, 小沢コンクリート工業(株) 正会員 鶴田健

1 はじめに

筆者らは、ここ数年来、アーチリブにポリマー含浸コンクリート(以後、PICと略)製の薄板を使用したタイドアーチを製作し、実験および解析的な研究を行ってきた[1][2]。また、松井[3][4]、町田[5]により、カナダで使用実績のあるストラップ付きRC床版(鉄筋なしコンクリート床版)が紹介されているとともに、松井らはストラップ付きRC床版はアーチ効果が期待でき疲労特性が格段に向上する実験結果[6]を報告している。本研究では、扁平タイドアーチ構造部材を永久型枠として使用することを目的として、PICアーチのひび割れ発生から崩壊に至るまでに変化する構造系のモデル化と定量化のための2次元FEM解析および3次元FEM解析を行うとともに、扁平タイドアーチ構造の鋼2主桁橋梁などの長支間床版への適用性について検討したものである。

2 PIC タイドアーチ実験, FEM 解析の概要

【実験および解析概要】

図1に示すように、スパン1200mm, ライズ高260mm, 幅300mm, 中央部厚30mm, 端部厚60mmのPIC製の変断面放物線アーチリブとPC鋼棒をタイ材としたタイドアーチを製作した。表1に、PIC版およびPC鋼棒の材料定数を示す。荷重方法は、中央点集中荷重とした。実験に際しては、供試体のたわみ、タイ材の水平反力、水平変位などを計測した。

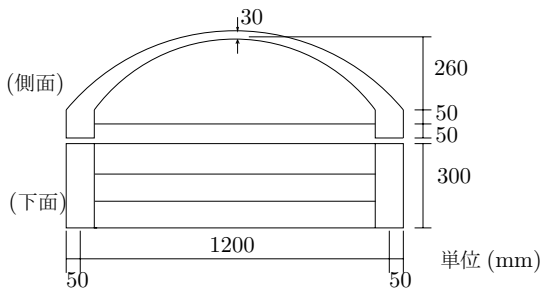
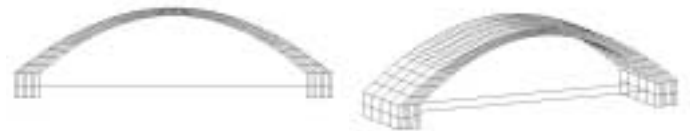


図1 実験供試体  
表1 材料定数

PIC	圧縮強度	150 MPa
	曲げ強度	24 MPa
	弾性係数	$3.5 \times 10^4$ MPa
PC 鋼棒	断面積	415.5 mm <sup>2</sup>
	弾性係数	$2.02 \times 10^5$ MPa

図2, 3に示すような2次元, 3次元モデルを作成し、FEM解析を行った。2次元モデルにおいては、アーチリブをシェル要素, タイ材をトラス要素とし、3次元モデルにおいては、アーチリブを立体要素, タイ材をトラス要素とした。非線形解析は荷重制御型の弧長増分法を用いた。解析に用いたPIC版の構成則を図4に示す。構成則において、引張軟化域を直線軟化とし、引張軟化係数を  $E/2=17500\text{MPa}$  とした。

また、2次元モデルによる解析では、アーチのライズスパン比を変化させてパラメトリックな解析を行った。なお、3次元モデルによる解析は、合成桁道路橋へ使用する場合の主桁・床版作用による影響を調べるために、3次元解析の妥当性を検討するためである。



(a) 2次元モデル (b) 3次元モデル  
図2 FEMモデル

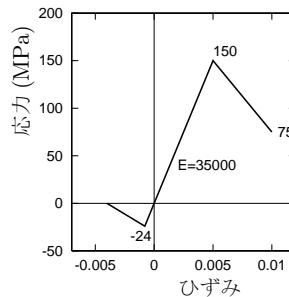


図3 PIC版の構成則

表2 ライズ・スパン比

供試体名	ライズ・スパン比
case1	0.2
case2	0.15
case3	0.1
case4	0.05

【実験結果および解析結果】

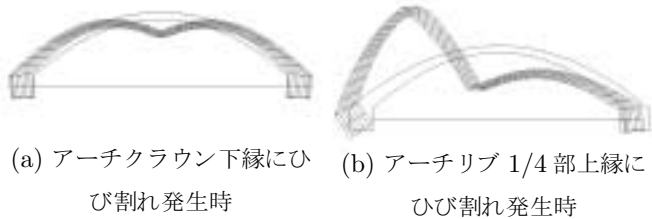
実験では、荷重後まずアーチクラウン部下縁にひび割れが発生し、続いてアーチリブ1/4付近左右いずれかに上縁ひび割れが発生し、破壊に至った。解析によって得られたタイドアーチの変形状況を図3に示す。(a)図はアーチクラウン下縁にひび割れが発生したとき、(b)図はアーチリブ1/4部の上面にひび割れが発生したときの変形図である。ただし、タイドアーチの変形図は実際の変位の40倍の倍率にて表している。荷重-変位関係を図4に示す。アーチクラウン下縁のひび割れ発生荷重は図4の25kN付近の折点に相当する。解析結果と実験結

キーワード：FEM 非線形解析・ポリマー含浸コンクリート(PIC)・タイドアーチ・道路橋床版

〒852-8521 長崎市文教町1-14 TEL:095-847-1111(2701) FAX:095-843-7204

果を比較すると、ひび割れ発生までの剛性に差異がみられるが、ひび割れ発生荷重はほぼ一致した。

また、パラメトリック解析結果を図5にそれぞれ示す。パラメトリック解析結果において、ライズスパン比0.05から0.1とすると大幅な耐力の増大が認められたが、それ以上のライズスパン比では耐力の増大は小さくなった。



(a) アーチクラウン下縁にひび割れ発生時 (b) アーチリブ1/4部上縁にひび割れ発生時

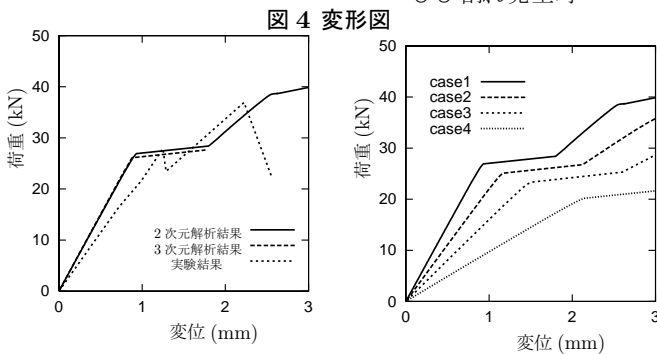


図5 荷重-変位関係 図6 パラメトリック解析

### 3 床版への応用

鉄筋無し床版は、ある条件を満足すれば床版はタイドアーチとして挙動し、押抜きせん断によって耐力を失なうことを考慮したもので、工夫次第では鉄筋無し床版を主桁間隔が10mを超えるような2主桁橋にも適用可能性があり経済性が図れるといわれている[5]。さらに、橋軸直角方向のアーチ効果を得るために隣接する鋼主桁上フランジをストラップと呼ばれるタイ材で連結する橋梁床版に対して、移動輪荷重疲労試験が実施した結果、通常のRC床版より疲労耐久性が向上すると報告されている[6]。

現場打ち床版では主桁上でハンチを付けるのが一般的であるので、本研究では、ハンチ高に相当するライズスパン比を有し、端部で厚くなる変断面タイドアーチ式床版の2主桁橋への適用について検討する。

解析モデルは、主桁間隔6000mm、床版の最小全厚は道路橋示方書の最小全厚の規定(単純梁)から350mm、PIC版の最小厚さを100mmとしたタイドアーチ式床版と、従来の断面形状を持ったRC床版の2つを作成し、2次元FEM解析を行った。解析モデルを図7に示す。タイドアーチ式床版においては、ライズスパン比は0.1とした。タイ材は前節まで使用したPC鋼材(断面積2000mm<sup>2</sup>)を使用した。また、通常のRC床版において

は、コンクリートの物性値として弾性係数 $3.0 \times 10^4$ MPa、圧縮強度30MPa、曲げ引張強度6MPaを用いた。また鉄筋はタイドアーチ式床版と同量を使用した。これらのモデルの中央部にT活荷重(B活荷重)を載荷し2次元FEM解析を行った。

#### 【解析結果】

解析によって得られた変形状況を実際の変形の30倍の倍率にて、図8に示す。解析結果から、タイドアーチ式床版は、最大変位2.99mm、下縁引張応力6.9MPaであるのに対し、RC床版は、最大変位6.80mm、下縁引張応力9.0MPaという解析結果を得た。前節までの解析結果から、アーチのライズ・スパン比を大きくすれば、より大きなアーチ効果を得られることが明らかとなったが、ライズ・スパン比を大きくすれば、かえって不経済になる恐れがある。

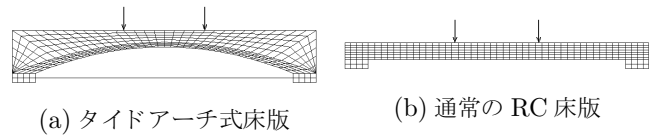


図7 解析モデル

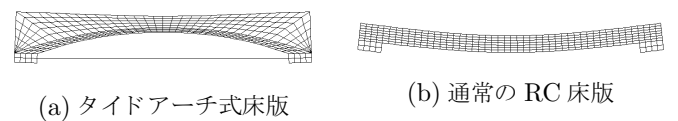


図8 変形図

### 4 今後の予定

PICタイドアーチの実験結果をFEM解析によってシミュレートすることにより、3次元解析の妥当性を確認した。また、床版への応用において、タイドアーチ式床版は、通常の床版に比べ、変位、下縁引張ひずみ、下縁引張応力が、抑制できることが2次元FEM解析にて確認できた。今後は、床版への応用に関する非線形解析を3次元FEM解析にて行い、道路橋のコンクリート床版の主桁、床版作用についての追及を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 松田浩ほか：高耐久性PIC版を用いたアーチの構造特性に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.39A，pp.97-104，1993
- [2] 松田浩ほか：プレストレスを導入したPICタイドアーチの力学特性，コンクリート工学年次論文報告集，第17巻，第2号，pp.47-52，1995
- [3] 松井繁之：床版の技術開発－耐久性の向上，施工合理化－，橋梁と基礎，97-8，pp.84-94 1997
- [4] 松井繁之・西川和廣・大田孝二：鋼橋の床版，鋼橋床版の各国での取組みとこれからの床版，橋梁と基礎，99-3，pp.37-44，1999
- [5] 町田篤彦：鉄筋コンクリート床版，橋梁と基礎，99-11，p.1 1999
- [6] 東山・松井ほか：PPFRC床版の疲労耐久性に関する実験的研究，土木学会第53回年次学術講演会，CS，pp.34-35 1998