

超高強度コンクリートを用いたコンクリート構造物の弾塑性挙動解析

長崎大学大学院 工学研究科 学生員 ○ 平嶋 健太郎
長崎大学工学部 正会員 松田 浩
小沢コンクリート(株) 正会員 鶴田 健

1 はじめに

これまでポリマー含浸コンクリート(以後: PIC と略記)を埋設型枠としての利用に関する研究を行ってきた。PIC 版を RC 梁の曲げ引張側に設置することにより、PIC 版の目地部をひび割れ誘導目地として考慮することができる。PIC 版を曲げ引張側に設置した RC 梁の弾塑性挙動解析を行い、目地間隔を変化させた場合でも実験結果を終局状態まで解析的にシミュレートすることができた。本研究では PIC よりもさらに高強度である高靱性コンクリート版を想定して(実際に開発進行中)、下縁に設置した RC 梁の非線形挙動特性について解析を行った。また、材料強度の改善のみならず、コンクリートの高強度化に伴う構造的な改善策として、形態抵抗機構をもつタイドアーチ構造の実験結果¹⁾を 2 次元および 3 次元 FEM 解析した。

2 高靱性コンクリート版を設置した RC 梁

2.1 解析概要

解析対象は図-1 に示すような 300×450×4200mm(スパン 4000mm)の 2 点曲げ荷重を受ける RC 梁であり、曲げ引張側に PIC 版または高靱性コンクリート版を設置してある。図-2 にメッシュ分割図を示す。供試体が左右対称であることから 1/2 モデルを採用した。要素としては、コンクリート、PIC 版、目地材、高靱性コンクリート版を 8 節点平面ひずみ要素でモデル化(105×23)し、鉄筋を 8 節点平面ひずみリバー要素でモデル化(105×2)し、計 2625 の要素で解析を行った。ただし、鉄筋とコンクリートの付着は完全付着とし、変位制御型の荷重増分を与えた。

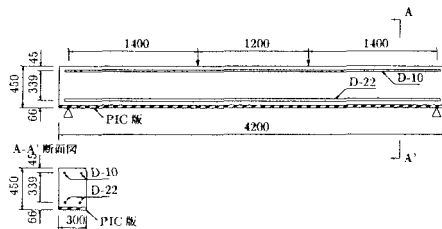


図-1 供試体図

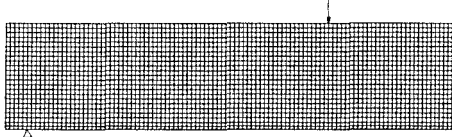


図-2 メッシュ分割図(1/2モデル)

本解析で用いた鉄筋およびコンクリートの引張域の構成則は、一軸鉄筋コンクリートの引張剛性の解析を行った篠原・島²⁾の研究論文を参考にして導き出した。鉄筋およびコンクリートの構成則を図-3、図-4 に示す。また、PIC および高靱性コンクリートの構成則を図-5、図-6 に示す。ここで、高靱性コンクリートの構成則は平板曲げ試験の逆解析より求めたものである。

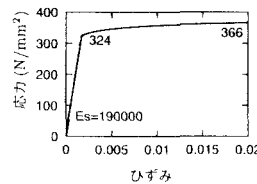


図-3 鉄筋

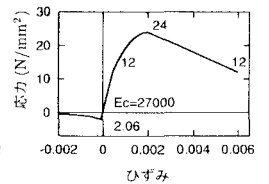


図-4 コンクリート

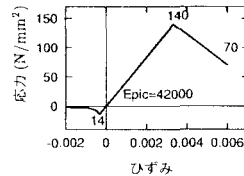


図-5 PIC

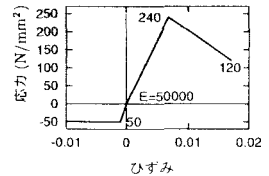


図-6 高靱性コンクリート

2.2 解析結果

図-7 に荷重とスパン中央点のたわみの関係を示す。PIC 版を曲げ引張側に設置した RC 梁に関して、解析結果は実験結果をよくシミュレートしている。本研究では、PIC 版を高靱性コンクリート版として解析を行ったところ、PIC 版を設置した場合よりも鉄筋の降伏荷重が大きくなり、鉄筋降伏後も大きな剛性を示している。これは、ひび割れ発生後も高靱性コンクリートが応力を負担しているからであると考えられる。また、解析は載荷点のコンクリートが圧壊して計算が終了している。

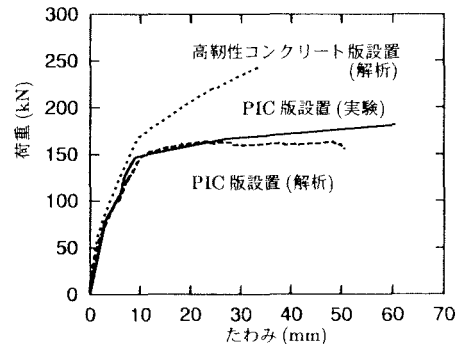


図-7 荷重とたわみの関係

3 PIC タイドアーチ

3.1 実験概要

図-8に実験供試体を示す。スパン 1200mm、ライズ高 2600mm、幅 300mm、中央部厚さ 30mm および端部厚さ 60mm の PIC 製の変断面放物線アーチ部材を製作した。水平推力を処理するために、PC 鋼棒、CFRP より線をタイ材として用いた自旋式のタイドアーチ構造とした。表-1に PIC 版および緊張材として用いた鋼棒、CFRP より線の材料定数を示す。緊張材の伸び剛性が大きい場合は、2 ヒンジアーチに近い挙動を示すことを考慮して、断面積が大きい PC 鋼棒を用いた。また、CFRP より線の定着には、鋼製スリーブ内に定着用膨張材を充填して、その膨張圧により定着する方法を用いた。

表-1 材料定数

PIC	圧縮強度	曲げ強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)
	150MPa	24	3.5×10^4
緊張材		断面積 (mm ²)	弾性係数 (MPa)
PC 鋼棒		415.5	2.02×10^5
CFRP		76.0	1.41×10^5

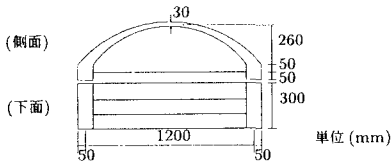


図-8 実験供試体

3.2 解析概要

本研究では、2 次元および 3 次元解析を行った。2 次元解析ではアーチリブをシェル要素、緊張材をトラス要素でモデル化した。3 次元解析ではアーチリブをソリッド要素、緊張材をトラス要素でモデル化した。载荷は変位制御型の荷重増分を与え、緊張材は降伏しないものとして解析を行った。

3.3 解析結果

図-9にアーチの変形状況を示す。载荷された PIC タイドアーチのひび割れ状況を解析上で見たところ、まずアーチリブ中央下縁にひび割れが発生し、ひび割れ位置が塑性ヒンジとなり、アーチリブ 1/4 地点付近左右いずれかの上縁にひび割れが発生し破壊に至った。

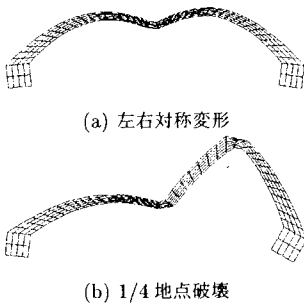


図-9 変形状況

図-10、図-11に緊張材に PC 鋼材と CFRP より線をを用いた場合の荷重とアーチリブ中央のたわみの関係を 2 次

元・3 次元ごとにそれぞれ示す。同図によると、2 次元・3 次元の解析結果に実験結果との差異が確認できる。2 次元解析においては、実験時に使用した緊張材の本数分の断面積を与えるためにトラス要素の断面積を 2 倍して解析を行ったため、図-10のような差異が生じたと考えられる。2 次元解析での結果を参考にして、緊張材の定着位置に着目して 3 次元解析を行った。図-11に示すように 2 次元解析に比べ実験結果に近似した。しかし、ひび割れ発生荷重はほぼ一致するものの、荷重とたわみの関係に差異が確認できる。解析では緊張材とアーチリブを一体として取り扱っており、実験時の緊張力よりも強い緊張力が導入されたため、挙動に差異が生じたものと考えられる。

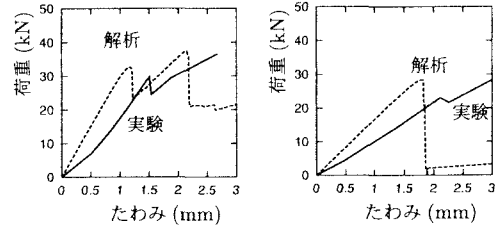


図-10 荷重とたわみの関係 (2 次元解析)

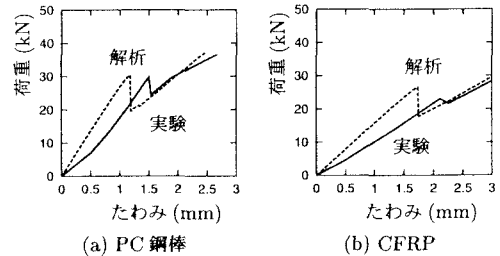


図-11 荷重とたわみの関係 (3 次元解析)

4 まとめ

本論文では、コンクリート合成構造物の弾塑性挙動を解析的に追跡可能であることを確認した。PIC 版を設置した RC 梁の非線形挙動をシミュレートした上で、PIC 版よりも高強度である高靱性コンクリート版を設置した RC 梁の挙動を解析的にシミュレートした。平板曲げ試験から逆解析を行うことにより構成則を求めたわけだが、本解析で用いた構成則では十分でなく、また非線形挙動の取り扱い方など課題がある。また、アーチ形状にすることにより合成構造物の断面を薄肉化できる PIC タイドアーチの 2 次元および 3 次元解析を行ったが、供試体やアーチリブと緊張材の定着のモデル化など課題がある。

参考文献

- [1] 松田ほか: 偏平タイドアーチ構造の鋼 2 主桁橋梁床版への適用について、鋼橋床版シンポジウム講演論文集、2000。
- [2] 玉井ほか: 一軸引張部材における鉄筋の降伏以後の平均応力-平均ひずみ関係、土木学会論文集、第 378 号。