

I-A240 ファイバーモデルによるPC箱桁の弾塑性有限変位解析

大和設計^{ヤマト}〇正会員 野中 哲也 日本総合研究所 正会員 吉野 広一
九州大学 フェロー会員 大塚 久哲 九州大学 正会員 矢聳 亘

1. はじめに

PCラーメン橋等の耐震性を検討する上で、PC上部構造の非線形特性を精度よく求めることは、重要である。通常、耐震解析を行う場合、部材レベルのM-φ非線形特性を求めて、フレームの動的解析を行っている。しかし、正確なM-φ非線形特性を求めるのは簡単ではなく、ラーメンのように軸力が変動する場合は、さらに困難になってくる。その解決策のひとつとして、現在、事前にM-φ非線形特性を求める必要がないファイバーモデルによる解析法が注目されている。本研究では、このファイバーモデルを用いてPC箱桁を忠実にモデル化し、静的繰返し載荷実験との比較を行うことにより、PC箱桁解析に対するファイバーモデルの適用性について検討を行った。

2. 解析対象および荷重条件

PC箱桁の交番載荷実験で用いた供試体¹⁾を解析対象とする。この供試体は、図-1に示すような1室箱桁断面形状で、一般的な実橋梁の1/8.5の外形寸法で設計されたものである。また、荷重として長さ4mの桁の中央部に2点載荷の繰返し強制変位を与える。

3. 解析条件

(1) 解析モデル

対象PC箱桁全体を図-2に示すようにモデル化する。断面方向については、同図(a)に示すように部材断面を2次元的(2方向)に微小要素(セルと呼ぶ)に分割する(3次元ファイバーモデル)。繰返し載荷方向を考えれば、断面を水平方向にスライス状(1次元的)にセル分割すれば十分であるが、ここでは今後予定している水平方向繰返し載荷実験のことも考えこのように断面を分割した。PC鋼線および鉄筋については、供試体断面の対応する位置に面積に比例した円形断面のセルを追加定義した。この内PC鋼線のセルに対して、プレストレスを与えた。部材軸方向については、同図(b)に示すように桁全体を10要素とし、曲げモーメントの変化が急な荷重載荷近辺は細かく要素分割した。

(2) 材料構成則

コンクリート、PC鋼線および鉄筋の応力-ひずみ関係を図-3に示す。これらの応力-ひずみ関係は、道路橋示方書Ⅲ編²⁾で規定されているものを基本にして決定した。

- ・コンクリート：圧縮側のみ剛性があり、除荷および再載荷の勾配は初期勾配とする。
- ・PC鋼線：3直線近似の移動硬化則とする。
- ・鉄筋：完全弾塑性型のバイリニアモデルとする。

(3) 幾何学的非線形性

移動座標系による剛体変位除去の手法を用いる。

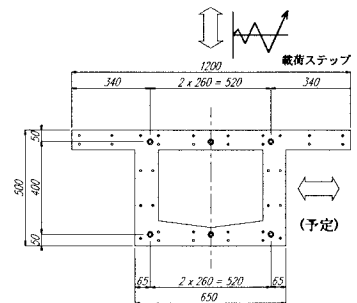
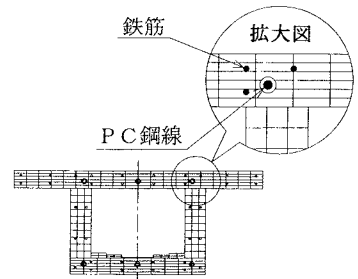
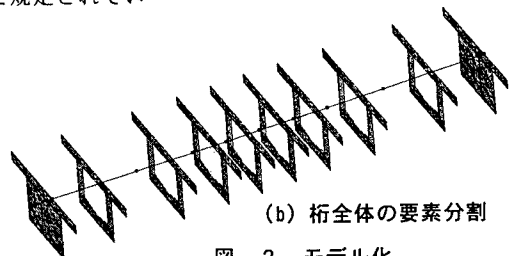


図-1 実験の供試体断面図



(a) 断面のセル分割



(b) 桁全体の要素分割

図-2 モデル化

キーワード：ファイバーモデル、弾塑性有限要素解析、PC箱桁

〒889-1403 宮崎県児湯郡新富町大字上富田 3191-1 大和設計 企画開発部 TEL0983-33-5581 FAX 0983-33-5584

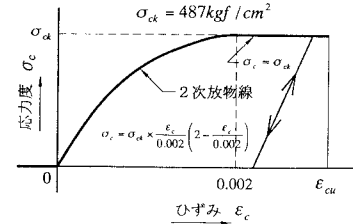
4. 解析結果および考察

図-4の荷重-変位曲線から、履歴ループの形については実験と概ね一致しているのがわかる。解析結果の履歴ループ中に棚のような部分があるが、これはP C鋼線の移動硬化則の影響である。これを移動硬化則でない完全弾塑性型バイリニアモデルに変更すると、このような現象が現れないことは確認している。これらの材料構成則をさらに現実的なものにすれば、実験結果に近づくと考えられる。この履歴ループの形を実験と合わせておくことは、動的解析の履歴減衰を正しく評価する上で重要である。最大荷重については、解析値が実験より多少低くなっている。この原因のひとつは、P C鋼線と鉄筋に対してひずみ硬化を考慮していないためと考えられる。

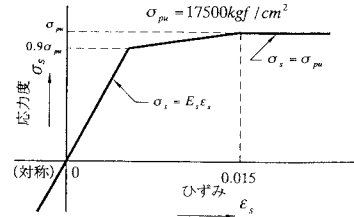
図-5の応力-ひずみ関係から、コンクリート、P C鋼線および鉄筋の全てが非線形領域に入っているのがわかる。圧縮側のコンクリート(材料試験結果の $\sigma_{ck}=487\text{kgf/cm}^2$ を使用)と比較して、P C鋼線と鉄筋が終局状態の応力値に達し、ひずみ値も大きくなっている。ただし、これらの応力およびひずみ値は要素長に依存する(要素内は一定ひずみと仮定)。そのため、終局状態の判定にこのひずみ値を直接使用するのは問題があり、何らかの評価方法(たとえば、ある長さの平均ひずみで判定するなど)を検討しなければならない。

5. まとめ

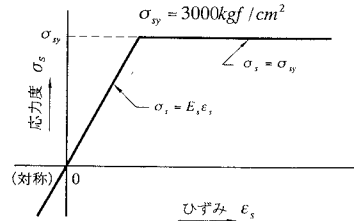
P C箱桁載荷実験の一つの供試体に対して、ファイバーモデルを用いた繰返し載荷解析の結果、実験と概ね一致させることができた。しかし、履歴ループの形が原点指向的な実験結果とは異なっており、今後の検討課題としたい。



(a) コンクリート

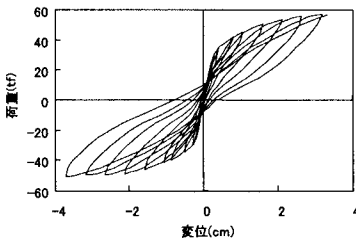


(b) P C 鋼線

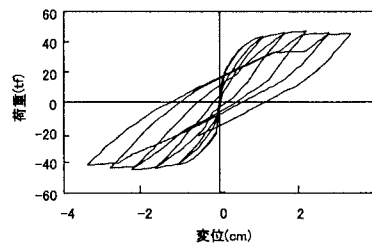


(c) 鉄筋

図-3 応力-ひずみ関係(解析条件)

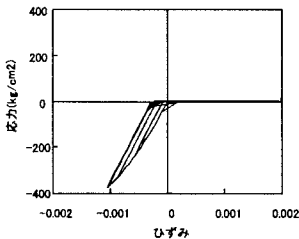


(a) 実験

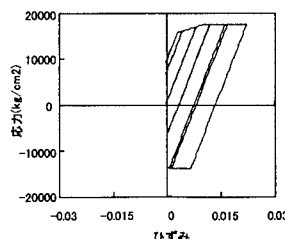


(b) 解析

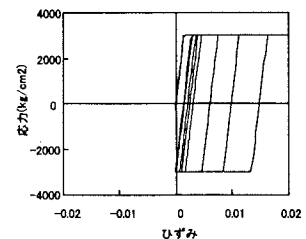
図-4 荷重-変位曲線



(a) コンクリート



(b) P C 鋼棒



(c) 鉄筋

図-5 応力-ひずみ関係(解析結果)

- <参考文献> 1) 大塚, 矢賀, 他: 交番載荷実験によるP C箱桁の履歴復元力特性, 土木学会第54回年次学術講演会概要集 1999. 9
2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編, 1996. 12