

## 第V部門 プレキャスト RC ラーメン高架橋の耐震性能に関する解析的検討

神戸大学 学生会員 ○小林 悠  
 神戸大学 正会員 三木 朋広

## 1. はじめに

プレキャストコンクリート(以下、PCa)部材は工場等における製作によって高い品質を安定して確保でき、現場での工期・労力の短縮が可能となる工法である。しかし、PCa 構造物における耐震性状、特に接合部における地震時挙動に関する研究は少ないのが現状である。本研究では、構造全体で PCa 化を想定したフル PCa 鉄道高架橋を想定し、その耐震性能について解析的に検討した。

## 2. 解析方法

## 2.1 解析モデル

解析には DIANAver.10.6 を使用した。解析対象は、既存の RC ラーメン鉄道高架橋とした。コンクリートモデルはプレキャスト接合部を考慮し、PCa モデルと挙動を比較するため、一体打ちモデルも同様して作製した。以下の図-1 に PCa モデルを示す。本研究でモデル化した鉄筋を図-2 に示す。鉄筋のモデル化の際は、概略挙動の再現のためにスラブにおける鉄筋を省略した。

## 2.2 構成モデル

コンクリートの圧縮構成則はコンクリート標準示方書準拠モデルを採用し、圧縮強度を  $40 \text{ N/mm}^2$  とし、静弾性係数を  $35000 \text{ N/mm}^2$  と設定した。引張構成則は Hordijk モデルを採用

した。また、鉄筋のヤング率を  $205000 \text{ N/mm}^2$  とし、PCa モデルにおいてはインターフェイスを貫通する埋込み鉄筋要素とした。降伏基準には Von Mises モデルを採用し、すべての鉄筋降伏応力を  $400 \text{ N/mm}^2$  と仮定した。鉄筋とコンクリートとの付着は完全付着を仮定した。

## 2.3 PCa 接合部モデル

PCa モデルの接合部では、4+4 節点界面インターフェイス要素を用いた。インターフェイス要素の節点間には法線方向とせん断方向のばね要素が配置されており、これらの剛性は、既往研究<sup>1)</sup>を参考に、せん断方向の剛性を  $2 \text{ N/mm}^3$ 、法線方向の剛性は  $2000 \text{ N/mm}^3$  と仮定した。接合部の種類は①基礎-柱、②柱-柱梁接合部、③縦梁-柱梁接合部、④横梁-柱梁接合部の4箇所ある。インターフェイス要素を導入した接合部の一例を図-3 に示す。ばね節点を持つ次元は力と変位であり、鉄筋の接合部では、ひずみの計算の際に必要な“長さ”の次元を追加するため DIANA では自由長さというパラメータを用いる。本研究ではこの長さを  $2000 \text{ mm}$  と仮定したが、自由長さが解析結果に与える影響の大きさと、用いる値の妥当性については、別途検討する必要がある。

## 2.4 荷重条件

荷重条件として、本研究では単調荷重と繰返し荷重を行い、繰返し荷重は図-4 のように  $\pm 30(\text{mm})$ 、 $\pm(60\text{mm})$ 、 $\pm 150(\text{mm})$  というように段階的に水平変位が大きくなるようにステップを設定した。死荷重は解析開始時に作用させ、続いて強制変位として図-5 のように床版の両端から水平変位を作用させた。

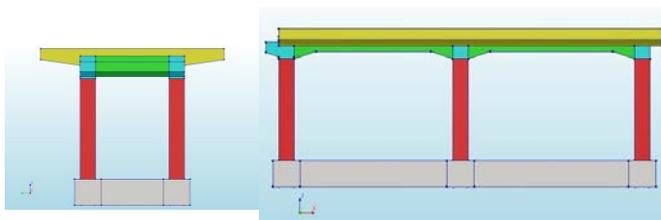


図-1 PCa モデル(正面図, 側面図)

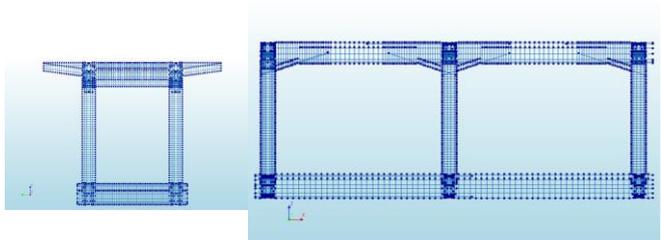


図-2 鉄筋モデル(正面図, 側面図)

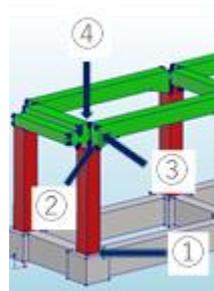


図-3 接合部配置

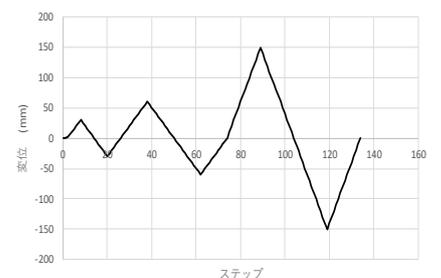


図-4 荷重ステップ

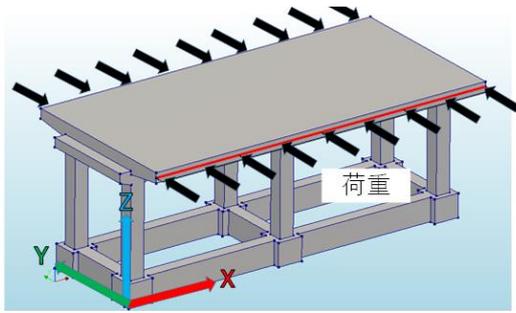


図-5 荷重位置

### 3. 解析結果と考察

解析結果は一体打ちと PCa モデルの耐震性能に関する①載荷部分の荷重-変位関係、②柱軸方向鉄筋の応力-ひずみ関係、③インターフェイス要素の挙動を比較した。以降の節で解析結果について考察する。

#### 3.1 荷重-変位関係

繰返し載荷における、荷重-変位関係を以下の図-6 に示す。図より、本解析における一体打ちと PCa モデルでは、荷重変位関係にはおおよそ同様の挙動をすることがわかる。

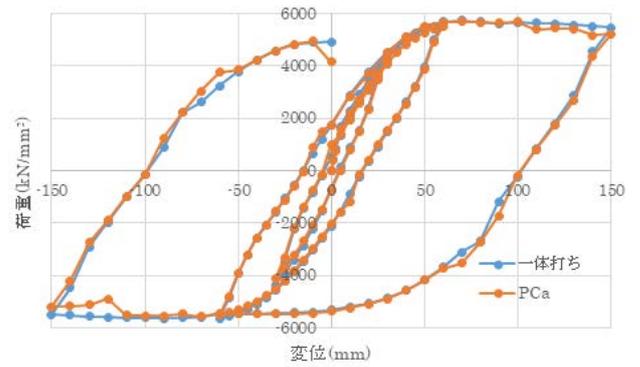


図-6 荷重-変位関係 (一体打ち・PCa 比較)

#### 3.2 柱軸方向鉄筋の応力-ひずみ関係

繰返し載荷時の柱軸方向鉄筋の応力-ひずみ関係を図-7 に示す。図より、PCa モデルの大変形時におけるひずみが一体打ちに比べて3割ほど大きくなっている。PCa 接合部での開きが鉄筋の引張ひずみに大きく影響していることが解析結果から確認できる。

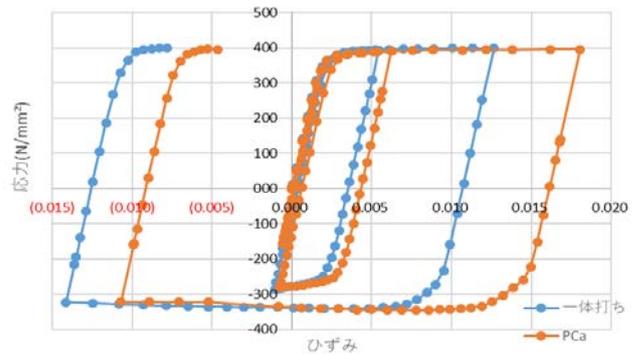


図-7 軸方向鉄筋 応力-ひずみ関係

#### 3.3 インターフェイス要素

柱-基部のインターフェイス要素を取り出し、断面における開口変位の分布を図-8 に示す。変位 150 mm 時、接合部面内において、荷重に対して開いているのが赤色の部分、圧縮を受けているのが青色の部分である。おおよそ引張・圧縮の分布は再現できており、開きの値が最大で 0.014 mm ほどであった。

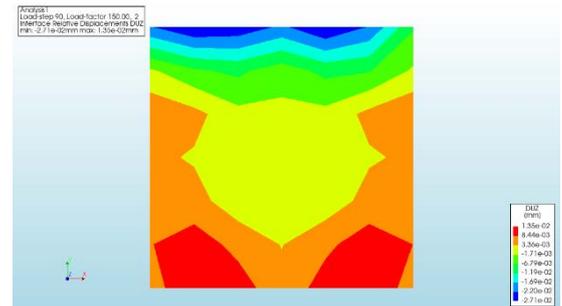


図-8 接合部の開き (柱下部)

### 4. まとめと今後の課題

本研究では、フル PCaRC ラーメン高架橋のモデル化、ならびに耐震性能について解析的に検討した。モデル化では、ハンチ・スラブ鉄筋以外はほぼ同じ構造まで行い、解析により本解析で対象とした構造のフルプレキャスト化が耐震性能に与える影響が小さいことが確認できた。また、プレキャスト構造物の損傷が接合部に集中するという特性も解析で再現することができた。

今後は、本研究で用いた鉄筋やコンクリートの構成モデルを実構造物に近くすることで、大変形時や鉄筋の降伏後の挙動をより正確に調べることができると考える。さらに、載荷

方法を地震応答解析のような加速度をもつものにするすることで、より実挙動に近い解析結果とその耐震性能を評価できると考えられる。また、鉄筋に導入する自由長さに関しては、その長さによって解析の結果に影響を及ぼす可能性がある。特に図-7や図-8のような鉄筋、接合部面内などの挙動が影響を受けると考えられる。そのため、これらの挙動を主軸に、他の実験の再現や感度解析を用いて、自由長さがどのくらいの値であれば実構造物の挙動にできる限り近い解析を行うことができると判断できるか検討していくことを今後の課題とする。

#### 参考文献

- 1) 服部滉也, 三木朋広, 生田麻実: PC 鋼材の付着特性を考慮したプレキャストプレストレストコンクリート柱の耐震性状に関する解析的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.2, pp.637-642, 2022.7