

非線形解析によるプレキャスト RC ラーメン高架橋の耐震性評価

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)部材は工場作業によって高い品質を均一に発揮でき, 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, 非線形解析を実施し, 構造全体で PCa 化を想定したフル PCa 鉄道高架橋の耐震性状の評価を行った.

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, 一体打ちモデルも並行して作成した. 以下の図-1 に PCa モデルを示す.

埋込み鉄筋のモデル化の際は, 概略挙動の再現のためにスラブの鉄筋を省略した. 本研究でモデル化した鉄筋を図-2 に示す.

2.2 構成モデル

解析に用いたコンクリートの線形材料特性は, 以

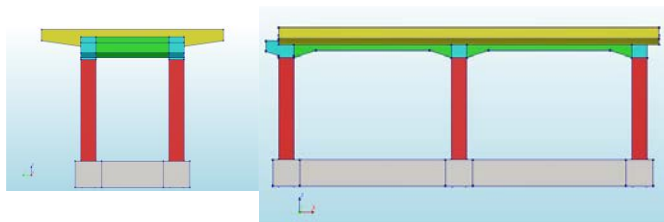


図-1 PCa モデル(正面図, 側面図)

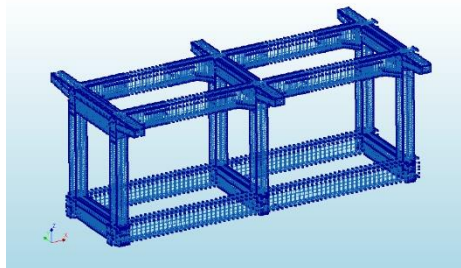


図-2 鉄筋モデル(鳥瞰図)

下の通りである. 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 $40(\text{kN}/\text{mm}^2)$ とし, 静弾性係数を $35000(\text{N}/\text{mm}^2)$ 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 $205000(\text{N}/\text{mm}^2)$ 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 $400(\text{N}/\text{mm}^2)$ 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¹⁾を参考に, せん断方向の剛性を $2(\text{N}/\text{mm}^3)$, 法線方向の剛性は $2000(\text{N}/\text{mm}^3)$ と仮定した. 接合部の種類は主に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と拡大図を図-3, 図-4 に示す.

2.4 荷重の条件

解析では, まず死荷重を作用させ, 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. また, 解析では, 単調載荷と繰返し載荷を行い, 繰返し載荷は $\pm 30(\text{mm})$, $\pm 60(\text{mm})$, $\pm 150(\text{mm})$ 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.

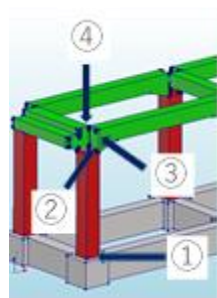


図-3 接合部配置

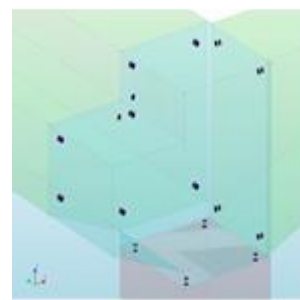


図-4 接合部拡大図

キーワード プレキャスト, 接合部, インターフェイス要素, 非線形解析, 繰返し載荷, 耐震性能

連絡先 〒657-8501 兵庫神戸市灘区六甲台町 1-1

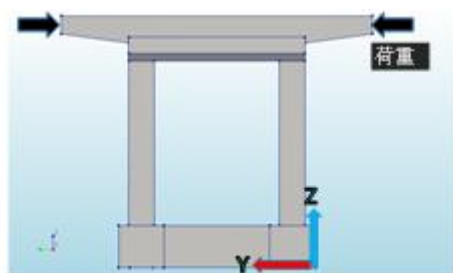


図-5 荷重位置

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係する①載荷部分の荷重－変位関係、②軸方向鉄筋の応力－ひずみ関係、③構造物のひび割れを比較した。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、荷重変位関係に関してはおおよそ同様の挙動をすることがわかる。

3.2 ひび割れひずみ

一体打ちと PCa モデルの大変形時における、代表的な接合部のひび割れひずみ分布図を以下の図-7に示す。図より、一体打ちのほうがやや損傷が進行しているが、大きく異なる点は見られなかった。

3.3 インターフェイス要素

柱－基部、柱－柱梁接合部のインターフェイス要素を取り出し、格段面における開口変位の分布を図-8に示す。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 0.015(mm)ほどであった。

4. まとめ

本研究では、フル PCaRC ラーメン高架橋のモデル化、ならびに非線形解析による PCa 構造の耐震性状の評価を行った。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。また、接合

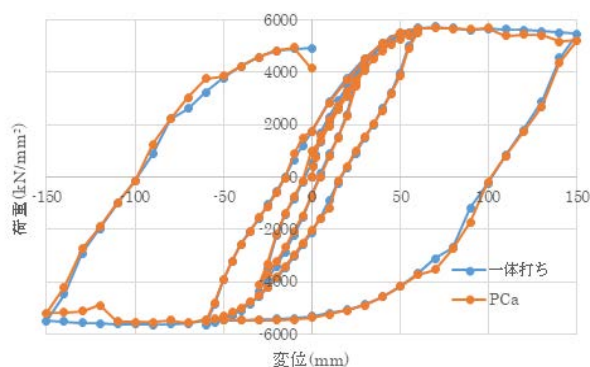


図-6 荷重－変位関係(一体打ち・PCa 比較)

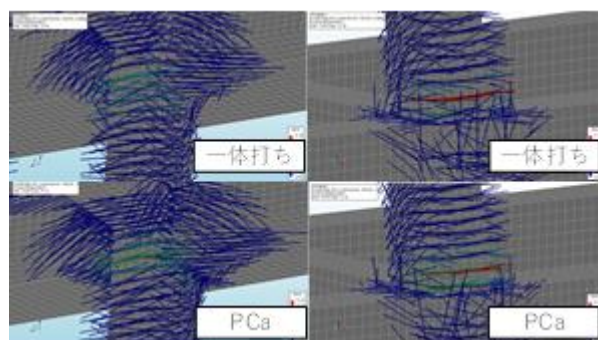


図-7 ひび割れひずみ分布

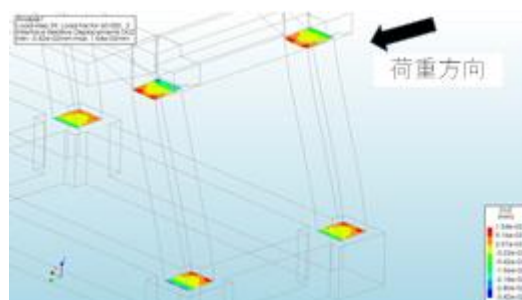


図-8 接合部の開き(柱上部・柱下部)

部に導入するインターフェイス要素に関して、せん断方向と法線方向の剛性や鉄筋の付着特性により、構造物の挙動が変わる可能性があるため、これらの値による影響を確認し、耐震性能に対応する制限値について検討をしていく必要があり、これらの点については今後の課題とする。

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