

接合部をモデル化した PCaPC ラーメン高架橋の時刻歴応答解析による地震損傷評価に関する研究

市民工学専攻：小林 悠

指導教員：三木 朋広

1. はじめに

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 PCa 工法にプレストレスを導入した PCaPC 構造は、施工性と原点指向性を併せ持つ構造であると言われている。しかし、この構造を大型構造物に用いた際の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、PCaPC 構造を、PCaRC 構造にプレストレスを導入することで、地震時の構造全体の挙動や接合部の開口変位に与える影響について解析的に評価した。

2. 接合部のモデル化

2.1 解析モデル

PCa 接合部をモデル化するため、生田らが行った接合部を有するせん断試験をモデル化し、解析結果と実験結果を比較した。ここで用いたモデルを図-1に示す。

2.2 構成モデル

解析で用いた各種構成則は以下の通りである。圧縮を受けるコンクリートの応力ひずみ曲線は、図-2に示すマルチリニア曲線とした。また、プレストレス等による横拘束効果を考慮し、Selby and Vecchio モデ

ルを採用した。引張構成則は Hordijk モデルを採用し、破壊エネルギーを考慮するものとした。鉄筋と PC 鋼材には破壊基準として Von Mises 塑性モデルを採用し、PC 鋼材は完全付着かつ供試体断面にコンクリート応力として 4MPa のプレストレスを導入した。

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ース要素を用いた。インターフェー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 N/mm³、法線方向の剛性は 2000 N/mm³と仮定した。また、せん断方向の非線形モデルには図-3に示すせん断相対変位-せん断摩擦曲線を用いて付着切れ後の挙動を再現した。

2.4 解析結果

これらのモデルから、解析を行った結果と実験を比較したものを図-4に示す。図中の赤線が解析結果となっており、初期剛性から荷重ピーク後の挙動まで概ね再現できている結果となった。この結果から、接合部インターフェースのせん断モデルを以後のラーメン高架橋に採用し、解析を行った。

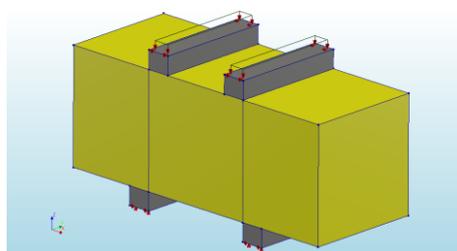


図-1 せん断試験モデル

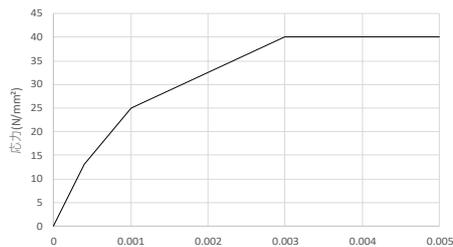


図-2 コンクリートの圧縮構成則

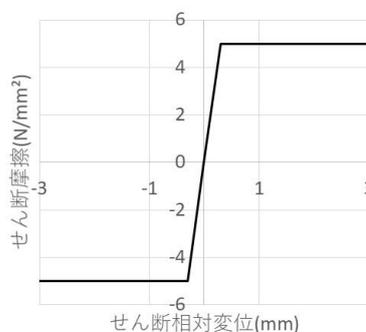


図-3 摩擦-相対変位曲線

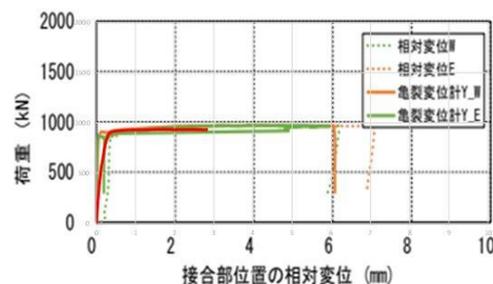


図-4 比較図

キーワード プレキャスト、接合部、インターフェース要素、非線形解析、時刻歴応答解析

3. PCaPC 橋脚を対象として静的正負交番解析と時刻歴応答解析

3.1 解析モデル

本研究で用いたモデルを図-5に示す。PC 鋼材は図-6のように柱軸方向に導入し、PCaPC 構造とした。解析では、PC 鋼材-コンクリート間に島らの付着すべりインターフェースを導入し、剛性を変化させることにより、ボンドとアンボンド状態を再現した。また、PCa 接合部とプレストレスによる影響を比較するため、供試体条件を表-1のように分け、強制変位による荷重と時刻歴応答解析を行った。

3.2 解析結果

強制変位による荷重のうち、荷重-変位関係は図-7に示す結果となり、アンボンドとボンドの挙動を確認した。また、図-8に示す接合部の開口変位ではアンボンドの方が横梁接合部の開きが小さいことがわかった。時刻歴応答解析では、図-9から、PCaPC 構造はPCaRC 構造よりも剛であり応答加速度が大きくなることを確認した。

4. まとめ

本研究では、PCaPC ラーメン高架橋の地震時挙動を解析的に評価した。研究の結果以下の知見を得た。
 (1)せん断方向のインターフェース剛性に非線形曲線を導入し、概ね実験と一致する結果を得られ、これにより接合部インターフェースのモデル化ができた。
 (2)強制変位による荷重では、PCa 構造の原点指向性が高いことを再現した。また、開口変位の比較では、PCaPC 構造の中でもボンドよりアンボンドの方が柱基部接合部に対して横梁接合部の開きが小さい傾向があることがわかった。また、エネルギー吸収性能の

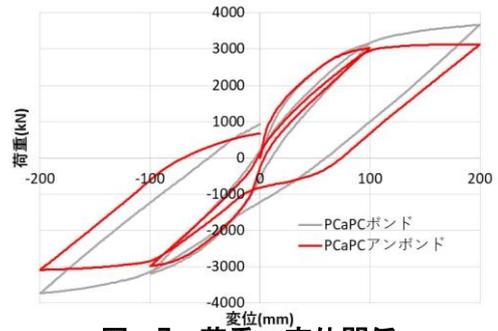


図-7 荷重-変位関係

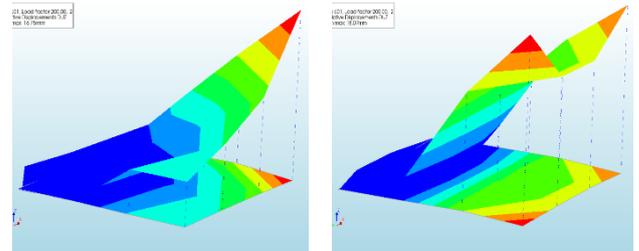


図-8 開口変位(柱-基部)

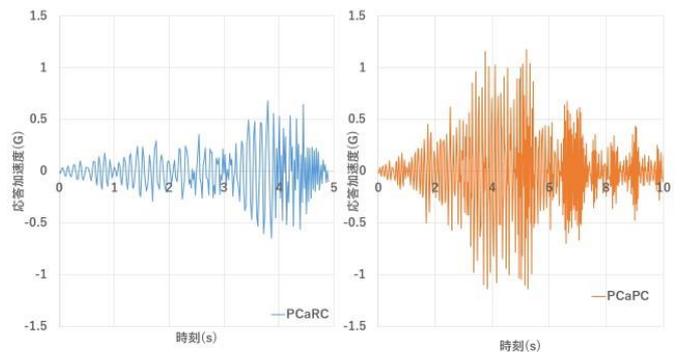


図-9 時刻歴-応答加速度関係

観点で、アンボンドにおいてもボンドと同様のエネルギー吸収能力を有することがわかった。

(3)時刻歴応答解析では、横梁接合部が、プレストレスを導入した場合開きにくくなるという結果を得た。また、PCaPC 構造はPCaRC 構造に比べ、変形に対する抵抗力が高く、地震波によっては応答加速度が大きくなるという結果を得た。

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

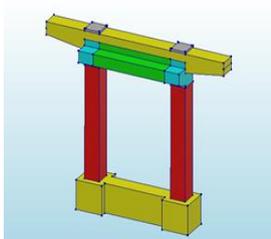


図-5 モデル俯瞰図

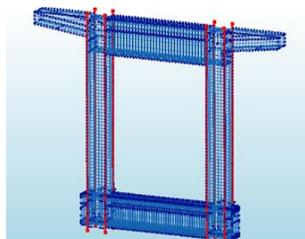


図-6 配筋図

表-1 供試体条件

	一体打ち	PCaPC ①	PCaPC ②	PCaPC ③	PCaPC ④
PCa 接合部	無	有	有	有	有
プレストレス力	有/無	無	無	有	有
付着特性	ボンド/アンボンド	ボンド	アンボンド	ボンド	アンボンド