

# 接合部の条件が異なる PCaPC 柱の耐震性能に関する解析的検討

市民工学専攻：服部 滉也

指導教員：三木 朋広

## 1. 序論

本研究では、正負交番荷重を受ける PCaPC 柱を対象として、解析モデルの再現を行った。再現後、柱基部における接合部のせん断挙動に関する解析検証に加えて、PC 鋼材の付着特性が交番荷重を受ける PCaPC 柱における PC 鋼材の応力に与える影響、さらに損傷を受けた柱部材の補修工法の検証に向けて、PC 鋼材の再緊張を可能にするアンボンド PC 鋼材を利用したモデルを作成し、その柱の耐震性能を評価することを試みた。

## 2. 解析概要

解析対象は既往研究<sup>1)</sup>における PCaPC 柱供試体とした。表-1 に解析対象の供試体条件を示す。解析モデルを図-1 に示す。コンクリートは 8 節点ソリッド要素を用い、鉄筋は埋め込み鉄筋要素、PC 鋼材はトラス要素を用いた。接合部を有する供試体では、柱の基部から 50mm 上方位置における接合面には面インターフェイス要素を用いた。ここで、面インターフェイス要素の非線形特性のパラメータは、既往研究の J-C4-S4 供試体を対象とした感度解析による設定した。実験結果とのフィッティングから、面インターフェイス要素の法線方向の剛性は  $2000\text{N/mm}^3$ 、せん断方向の剛性は  $2\text{N/mm}^3$ 。接合部の開きを再現するため面インターフェイス要素の剛性が低減を開始する相対開口変位を  $1.0 \times 10^{-5}\text{mm}$  とし、剛性低減係数は  $1.0 \times 10^{-10}\text{mm}$  とした。また、接合部における PC 鋼材のダボ効果を再現するために、面インターフェイス要素を貫通する PC 鋼材の軸剛性を法線方向の剛性は  $500\text{N/mm}^3$ 、せん断方向の剛性は  $250\text{N/mm}^3$  とした。以上の数値を本解析で用いた。また、PC 鋼材とコンクリート間の付着は島らの付着滑り関係に修正を加えたものを導入した。なお、鉄筋の付着特性については、PC ストランドの付着特性の影響を調べるため、埋込み鉄筋要素を用い、コンクリートと鉄筋の付着特性には弾性モデルを導入した。

また、UJ-C-S4 は J-C-S4 と同じ PC 鋼材、鉄筋の配置、接合部の位置とし、PC 鋼材全体とコンクリート

表-1 解析対象の供試体条件

供試体	柱基部接合の有無	PC 鋼材の付着
M-C4-S4 <sup>1)</sup>	無(一体打ち)	付着あり
J-C4-S4 <sup>1)</sup>	有	付着あり
U-J-C4-S4	有	アンボンド

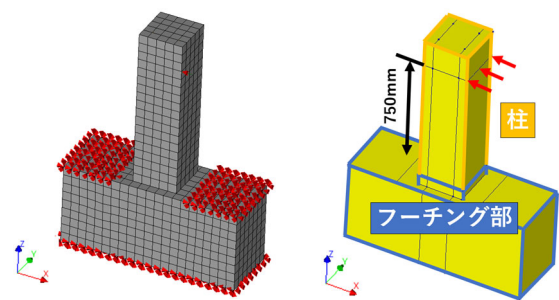


図-1 解析モデル

の間の付着がないモデルである。この U-J-C4-S4 供試体を用いて、アンボンド PCaPC 柱の耐震性状の評価を行う。

## 3. PCaPC 柱基部における接合部の挙動に関する解析手法の検証

### 3.1 荷重-変位関係

解析と実験の J-C4-S4 供試体<sup>1)</sup>を対象とした、荷重-変位関係を図-2 に示す。解析では、接合部のある J-C4-S4 は変位が 16mm で約 114kN を示した。一方、実験では J-C4-S4 供試体の変位 45 mm で最大荷重 112 kN を示した。また、正側負側ともに変位が 20 mm までは荷重が実験値よりも解析値の方が大きくなるという結果になった。変位が 45 mm 以上の大変形時において

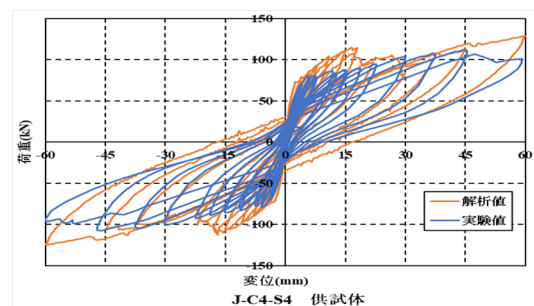


図-2 荷重-変位関係(J-C4-S4)

荷重が実験値よりも解析値の方が大きくなった。

また、残留変位は各部材角の1サイクル後に荷重を0 kNまで除荷した際の荷重点高さにおける水平変位した。残留変位一部材角関係を見ると部材角5%radまでは精度よく一致している。一方、5%rad以降は解析値の方が大きくなった。大変形時においてコンクリートの剥離、剥落は再現できていないため、変形が大きくなった際の耐震性状を再現することはできなかったが、接合部のモデル化、およびPC鋼材の付着特性、鉄筋のモデル化は概ね妥当であったと考える。3章で考案した解析モデルを用い4章でアンボンド供試体の耐震性能と損傷の評価を行った。

### 3.2 PC鋼材のひずみの比較

J-C-S4 供試体を対象にPC鋼材とコンクリートが完全付着のモデル、付着を考慮したモデルと既往研究<sup>1)</sup>の実験結果のPC鋼材ひずみの比較を図-3に示す。J-C-S4 供試体では完全付着のモデルは部材角が約5%radで、付着を考慮したモデルは部材角が約7%radで、実験では約7%rad降伏した。この結果から、実験結果のPC鋼材が降伏に至るときの部材角をおおよそ再現することができた。また、この結果からPC鋼材の付着特性を適切に考慮することにより、PC鋼材の降伏変位に影響することが確認できた。

## 4. アンボンド供試体(U-J-C4-S4)の耐震性能と損傷

### 4.1 耐震性能評価

図-4にU-J-C4-S4 供試体とJ-C4-S4 供試体の荷重-変位関係の比較を示す。J-C4-S4 供試体の方がU-J-C4-S4 供試体より全体的に荷重が大きくなっていることがわかる。変位が30mm以降、荷重低下が起こることなく各部材角の最大荷重は変位が大きくなるにつれて、荷重が増加し続けた。また、残留変位に関して、部材角2.5%radまではおおよそ一致し、それ以降J-C-S4 供試体の方が大きくなり、U-J-C-S4 供試体の方が原点指向性に優れていることが確認できた。

### 4.2 ひび割れひずみ分布

図-5にU-J-C4-S4, J-C4-S4 供試体の最大部材角8%radでの各正方向荷重最大部材角時(引張側)のひび割れひずみ分布をそれぞれ示す。UJ-C-S4 供試体はJ-C4-S4 供試体よりも小さい領域で損傷していることが分かる。U-J-C4-S4は柱の基部から250mmまでの損傷にとどまったのに対し、J-C4-S4 供試体は柱の基部から400mmまで損傷が達した。また、最大ひび割れひず

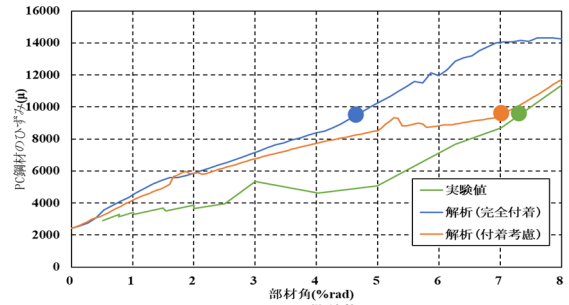


図-3 PC鋼材のひずみ(J-C4-S4)

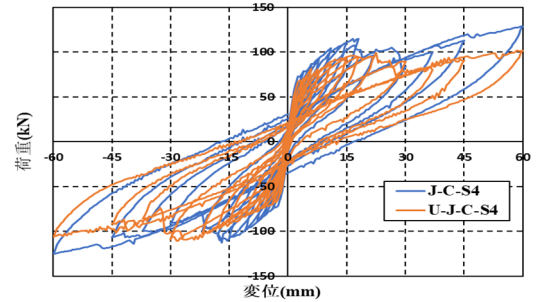


図-4 荷重-変位関係(J-C4-S4, U-J-C4-S4)

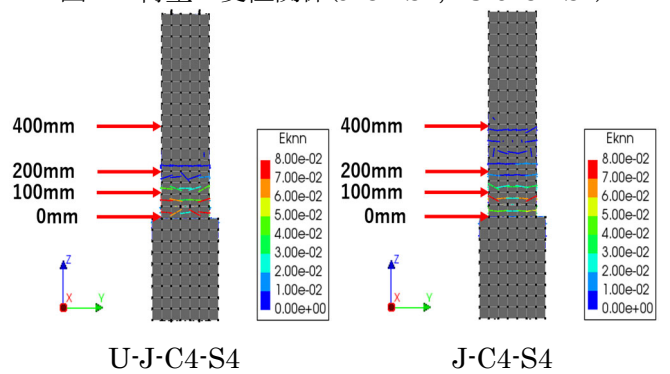


図-5 ひび割れひずみ分布(J-C4-S4, U-J-C4-S4)

みはU-J-C4-S4 供試体が0.08, J-C4-S4 供試体が0.12とJ-C4-S4 供試体の方が大きくなった。これより、アンボンド化による損傷領域と最大ひび割れひずみの低減を確認することができた。また、ひび割れひずみが0.02以上のひずみは柱の基部から150mmより下側で確認できた。これはプレキャスト化したことにより、ひび割れひずみが接合部付近に集中することも確認できた。

## 5. まとめ

・アンボンドPC鋼材をモデル化したU-J-C4-S4 供試体とJ-C4-S4 供試体の比較の結果、J-C4-S4 供試体の方がU-J-C4-S4 供試体の荷重よりも大きくなること、また、残留変位に関してもJ-C4-S4 供試体の方がU-J-C4-S4 供試体よりも大きくなることがわかった。

## 参考文献

・生田麻実, 三木朋広: 正負交番荷重を受けるプレキャストプレストレストコンクリート柱の接合部条件が耐震性状に与える影響に関する基礎研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.2, pp.433-438, 2020