

鋼材係数を変数としたアンボンド PCaPC 圧着接合骨組の耐震性能評価  
(その4 各種限界状態の評価)

アンボンド PC 鋼材	PCaPC 圧着工法	鋼材係数	正会員	○苗 思雨*1
十字形柱梁骨組	各種限界状態		同	北山 和宏*2
			同	晉 沂雄*3

1. はじめに

本稿では(その3)に続き、アンボンド PCaPC 十字形部分骨組の静的載荷実験より、梁部材の各種限界状態の評価を示す。

2. 梁部材の各種限界状態

梁部材の各種限界状態を規定した文献<sup>3)</sup>に従い、使用限界、修復限界Ⅰ、修復限界Ⅱ及び安全限界を青、緑、橙及び赤で色分けし、表-1(a)に本研究における試験体の西梁部材の各種限界状態時の梁部材角とその決定要因をまとめた。また、鈴木らの既往研究<sup>4)</sup>による十字形骨組のアンボンド PCaPC 梁部材の各種限界状態を表-1(b)にまとめ、その試験体の主要諸元を表-2に示す。典型的な平面試験体 PCJ07 及び立体試験体 PCJ15 の梁せん断力と梁部材角関係の包絡線を図-1に示す。同図の実線は上端引張時を、一点鎖線は下端引張時を示し、縦実線および一点鎖線は表-1に記載した各種限界状

態の梁部材角とその決定要因を示す。PC 鋼材の損傷状況は文献<sup>3)</sup>による「付着が悪い」で検討し、梁組み立て筋の損傷状況は検討しない。立体試験体 PCJ15 のスラブ筋の損傷状況は考慮しない。PC 鋼材の「僅かな降伏」<sup>3)</sup>は降伏ひずみ到達時とした。柱面から 50mm、梁面から 40mm 位置の梁上下面に設置した二つの変位計を用い、計測された値を直線補間し、梁圧縮縁の縮み量を検長の 50mm で除した値をコンクリートのひずみとして(その3の図-3参照)、その値が材料試験による $0.9\sigma_b$  ( $\sigma_b$ :コンクリート圧縮強度)時のひずみを超えた時を使用限界と判断した。コンクリートに材軸方向の圧縮ひび割れが発生した時をかぶりコンクリートの軽い圧壊、かぶりコンクリートの剥落直前までをコアコンクリート部分であると判定し、コアコンクリート圧壊は梁全幅に渡りコンクリートが剥落し梁組み立て筋の表面が見えた時とした。文献<sup>3)</sup>

表-1 各種限界状態決定要因と各事象発生時の梁部材角 (%)  
(a) 試験体 PCJ13, 14, 15

各種限界状態決定要因	試験体PCJ13		試験体PCJ14		試験体PCJ15	
	上端引張時	下端引張時	上端引張時	下端引張時	上端引張時	下端引張時
使用限界	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.22%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.21%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.14%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.13%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.12%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.21%)
修復限界Ⅰ	PC鋼材弾性限界 (0.62%)	PC鋼材弾性限界 (0.70%)	かぶりコンクリート 軽い圧壊 (1.16%)	かぶりコンクリート 軽い圧壊 (1.19%)	かぶりコンクリート 軽い圧壊 (0.81%)	かぶりコンクリート 軽い圧壊 (1.22%)
修復限界Ⅱ	残留目 開き幅 (2.80%)	かぶりコンクリート 剥落 (3.04%)	かぶりコンクリート 剥落 (2.75%)	かぶりコンクリート 剥落 (2.75%)	残留目 開き幅 (1.81%)	かぶりコンクリート 剥落 (3.66%)
安全限界					耐力低下 (2.78%)	

(b) 試験体 PCJ07, 08, 10<sup>4)</sup>

各種限界状態決定要因	試験体PCJ07		試験体PCJ08		試験体PCJ10	
	上端引張時	下端引張時	上端引張時	下端引張時	上端引張時	下端引張時
使用限界	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.21%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.20%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.27%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.25%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.22%)	コンクリート強度 $0.9\sigma_b$ (0.37%)
修復限界Ⅰ	PC鋼材弾性限界 (1.17%)	PC鋼材弾性限界 (1.22%)	PC鋼材弾性限界 (1.21%)	PC鋼材弾性限界 (1.07%)	PC鋼材弾性限界 (1.22%)	PC鋼材弾性限界 (1.50%)
修復限界Ⅱ	かぶりコンクリート 剥落 (2.70%)	かぶりコンクリート 剥落 (3.25%)	かぶりコンクリート 剥落 (2.78%)	かぶりコンクリート 剥落 (2.62%)	かぶりコンクリート 剥落 (2.32%)	かぶりコンクリート 剥落 (3.43%)
安全限界						

- : データ無し, 不明あるいは該当無し

●・○, ▲・△, ▼・▽, ■・□ : 上端引張時・下端引張時における使用限界, 修復限界Ⅰ, 修復限界Ⅱ, 安全限界の決定要因 (図-1 参照)

表-2 試験体の諸元<sup>4)</sup>

試験体名		PCJ07	PCJ08	PCJ10
形状		平面十字形		立体十字形
柱 350×350mm	コンクリート強度	42.8MPa	43.3MPa	44.7MPa
	主筋	8-D22 (SD390)	10-D13(SD295A)	
梁 250×400mm	コンクリート強度	79.2 MPa	78.2 MPa	81.3 MPa
	PC 鋼材	上下共 1-φ23 (B 種 1 号)		
	プレストレス率 $\lambda$	1.0		0.87
スラブ	コンクリート強度			44.7MPa
	幅×せい(mm)			1530×70
圧縮軸力(kN)		800( $\eta=0.15$ )		
鋼材係数	上端引張時	0.11	0.11	0.06
	下端引張時			0.05
柱梁曲げ耐力比		2.11	1.32	1.19

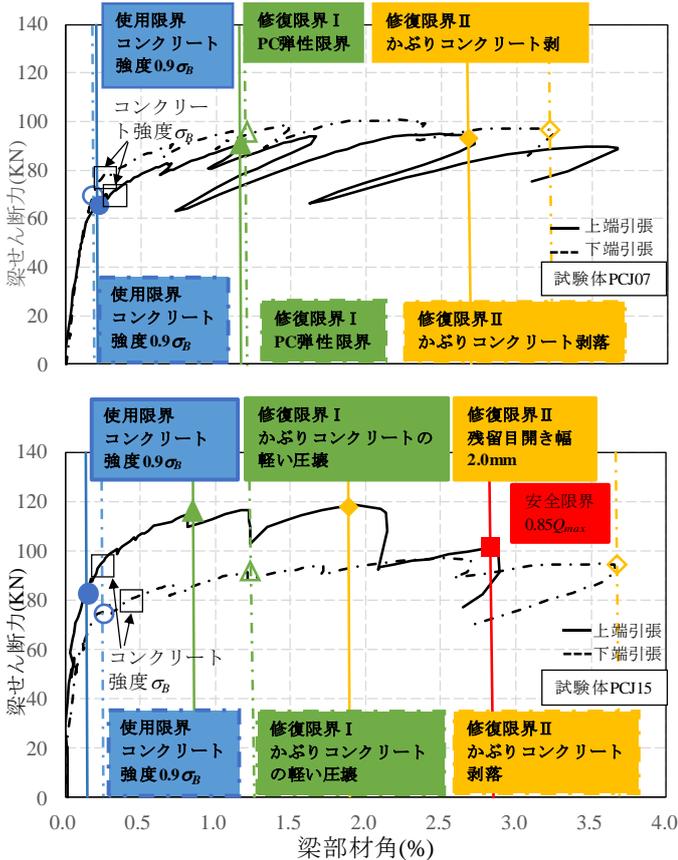


図-1 荷重—変形角関係の包絡線と各種限界状態

を参考に最大強度の 85%に耐力が低下した時を安全限界と判断した。表-1 に示すように、使用限界は全てコンクリート応力度  $0.9\sigma_B$  で決定した。鋼材係数の大きい平面試験体 PCJ14 は、コンクリートの損傷が激しく、梁部材角  $R_b=0.13\%$  で使用限界に達しており、その他の平面試験体と比べると  $R_b$  が小さくなった。また、立体試験体 PCJ10 および PCJ15 では、下端引張時の使用限界  $R_b$  は、PCJ10 で  $0.37\%$ 、PCJ15 で  $0.21\%$  となり、梁上端のスラブの存在でコンクリートへの圧縮力が分散され、上端引張時の使用限界  $R_b$  (PCJ10 :  $0.22\%$ 、PCJ15 :  $0.12\%$ ) よりは大きくなった。図-1 に示す、「コンクリート応力度  $0.9\sigma_B$ 」により決まる使用限界点及びコンクリート応力度  $\sigma_B$  点 (□の印) は梁の剛性低下点と概ね対応した。使用限

界時の梁部材角は  $0.12\sim 0.37\%$  とかなり小さかったが、これは梁コンクリート圧縮ひずみの測定法に大きく依存する。コンクリートの圧縮変形を測定する変位計の検長がひずみ値に影響するため、その検長と梁付け根の圧壊領域幅との関係を精査する必要がある。これは今後の課題とする。

鋼材係数が小さい平面試験体 PCJ07 ( $0.11$ )、PCJ08 ( $0.11$ )、PCJ13 ( $0.09$ ) では、梁コンクリートの圧壊前の早い段階で PC 鋼材が弾性限界を超えたため、修復限界 I は全て「PC 鋼材の弾性限界」で決定した。修復限界 II の殆どでコンクリートの損傷状況が決定要因となった。立体試験体 PCJ15 の上端引張時のみ、スラブ筋の破断及び下端梁付け根コンクリートの損傷で安全限界に到達した。また、立体試験体 PCJ15 と平面試験体 PCJ13 の上端引張時を除き、残留変形角や残留目開き幅を要因とした限界状態の決定が無いことで、アンボンド PCaPC 骨組の高復元性が確認できた。修復限界 I は梁部材角  $R_b=0.62\sim 1.50\%$  で「PC 鋼材の弾性限界」および「かぶりコンクリートの軽い圧壊」によって、修復限界 II は  $R_b=1.81\sim 3.66\%$  で「かぶりコンクリート剥落」および「残留目開き幅 2mm」によって、安全限界は  $R_b=2.78\%$  で「最大耐力 85%低下」によって各々決定した。

### 3. まとめ

鋼材係数及びスラブ・直交梁の有無を実験変数とした十字形アンボンド PCaPC 骨組の静的荷重実験を行った結果、梁が曲げ破壊した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 鋼材係数の大小と試験体形状に関係なく、全ての梁の使用限界は「コンクリート応力度  $0.9\sigma_B$  に到達」で決まり、その点の梁部材角は  $0.12\sim 0.37\%$  と小さかったが、梁の復元力特性上の剛性低下点と概ね対応した。
- (2) 鋼材係数の小さい平面試験体では PC 鋼材が早期に弾性限界を超え、修復限界 I の決定要因は「PC 鋼材の弾性限界」であった。一方、鋼材係数の大きい試験体の各種限界状態は、全てコンクリートの損傷状況より決定した。T 形梁では上端引張時にはスラブ筋の破断及び梁下端付け根コンクリートの損傷の発生・進展により、安全限界が決定された。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費・基盤研究 C により行った。

### 参考文献

- 1) 苗 思雨, 今村俊介, 晋 沂雄, 北山和宏: 鋼材係数を変数としたアンボンド PCaPC 圧着接合骨組の耐震性能評価 (その 1 及びその 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 IV, 2016 年 8 月, pp.763-766.
- 2) 宋 性勲, 晋 沂雄, 北山和宏: アンボンド PCaPC 十字形架構の梁部材における曲げ終局時の耐力および変形評価用マクロモデル, 日本建築学会構造系論文集, 2016 年 7 月, 第 81 巻, 第 725 号, pp.1121-1131.
- 3) 日本建築学会: プレストレストコンクリート造建築物の性能評価型設計施工指針 (案)・同解説, 2015
- 4) 鈴木大貴, 宋 性勲, 晋 沂雄, 北山和宏: アンボンド PC 鋼材で圧着接合したプレストレストコンクリート十字形部分架構の力学特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, 2016 年 7 月, pp.511-516

\*1 首都大学東京大学院 博士前期課程

\*2 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科建築学域 教授 工博

\*3 東北大学 工学研究科都市・建築学専攻 助教・博(工学)

\*1 Graduate Student, Tokyo Metropolitan Univ.

\*2 Professor, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

\*3 Assistant Professor, Tohoku Univ., Dr. Eng.