

# 途中定着 PC 鋼材で圧着接合したアンボンド PCaPC 梁の構造性能評価

## (その2 実験結果及び考察)

アンボンド PCaPC 部材	途中定着 PC 鋼材	正会員	○上野彩菜*1	非会員	馬場龍太郎*2	非会員	井上大河*1
PC 鋼材長さ	集約配筋	非会員	関口珠央*3	正会員	晉 沂雄*1	正会員	北山和宏*4
マクロモデル	最大耐力評価	正会員	崔 琥*5				

### 1. はじめに

引き続き本報(その2)では、実験による荷重-変形関係及び破壊性状等について考察する。

### 2. 実験結果

#### 2.1 荷重-変形関係

図1に梁せん断力-梁部材角関係を示す。図中の△, ▽, ○はそれぞれ PC 鋼材弾性限界時, PC 鋼材降伏時, 最大耐力時を示す。ここで PC 鋼材のひずみは梁危険断面近傍に貼付したひずみゲージの出力値を判定基準とした。図1の最大耐力計算値については後述する。梁主筋, 肋筋及びスタブ筋の降伏は見られなかった。

PCX01ではR=0.1%載荷時に曲げひび割れ及び圧着面での目開きが発生し, R=1.0%近傍から PC 鋼材ひずみが弾性限界ひずみに到達した。R=2.0%ではかぶりコンクリートの圧壊とともに最大耐力を記録し, R=3.0%付近で PC 鋼材が僅かに降伏したが, 未だ原点指向形の履歴形状を示し残留変形もほぼゼロであった。一方, R=4.0%以後になると PC 鋼材の塑性化がより進展して残留変形が急増大し, スリップ形の履歴形状を示した。

PCX01に比べ PC 鋼材径を小さくした PCX02でもR=0.1%から曲げひび割れ及び目開きが生じた。R=1.0%付近で PC 鋼材が弾性限界ひずみとなり, R=2.0%ではかぶりコンクリートの圧壊が発生した。正載荷時の最大耐力発揮部材角は+2.0%であり, 負載荷時には-1.5%であったが, かぶりコンクリートが圧壊した R=-2.0%の梁せん断力(-51.0kN)とほぼ同値であつ

た。本試験体の PC 鋼材の総断面積は PCX01の0.66倍であつたため, その最大耐力も PCX01の0.66倍程度になったと考えられる。その後 PC 鋼材の降伏が見られ R=4.0%載荷以後は残留変形が急増し, スリップ形履歴を呈した。本試験体では PC 鋼材断面積を小さくしたため PCX01に比べ最大耐力は低下したが, コンクリートへの圧縮力負担分, 即ちコンクリートの損傷が減つたため最大耐力以後緩やかな耐力低下を示した。

PC鋼材の総断面積をPCX01とほぼ同等にしながPC鋼材を梁せい中央部に集約配筋したPCX03でも, PCX01とほぼ同時点で曲げひび割れ及び目開きが発生し, R=0.1%で確認した両試験体の初期剛性はほぼ等しかった。しかし, PC鋼材の塑性化が遅れR=2.0%付近でPC鋼材が弾性限界ひずみを越え, R=3.0%近傍でかぶりコンクリートの圧壊とほぼ同時に最大耐力を記録した。本試験体の最大耐力はPCX01のそれとほぼ等しいが, PC鋼材の塑性化が抑制されたため最大耐力発揮部材角が遅れる結果になったと考える。また, PC鋼材を集約配筋することによってPC鋼材は降伏せず, 大変形経過後においても概ね原点指向形の履歴形状を維持できることを確認した。

PCX04ではPC鋼材を全通しとしたためPCX03より同一変形時のPC鋼材ひずみが小さくなり, 最大耐力が若干低い結果となったが, PC鋼材の塑性化が更に抑制され, PC鋼材のひずみ増分が最も小さかった。

#### 2.2 破壊性状

図2に試験体の最終破壊状況, 正載荷時の目開き幅及びひび割れ幅の計測結果を示す。ここで目開き幅及びひび割れ幅はクラックスケールを用いて計測した。

PCX01ではR=0.1%から PC 部(PC 鋼材定着区間)に曲げひび割れ及び目開きが生じ, PC 部と RC 部(PC 鋼材非定着区間)の境界面にも曲げひび割れが観測された。R=1.5%まで PC 部及び RC 部に新たな曲げひび割れが生じ曲げせん断ひび割れへの進展も見られたが, それ以後新たなひび割れの発生は無かった。梁変形が集中する目開き幅を除き, PC 部の最大残留ひび割れは 0.02mm 程度とほぼ閉じ, RC 部の最大残留ひび割れ幅も 0.06mm 以下と僅かであった。文献1)の既往試験体(PCJ06)と比較すると, 有効プレストレスレベルの調整(0.8から0.5)によって特に RC 部のひび割れ本数が少ない結果となったと考えられる。

PCX02の破壊性状はPCX01とほぼ同様であったが, R=0.4%で PC 部と RC 部の境界面に僅かな曲げひび割れが生じ, この曲げひび割れが梁せい全体にわたり進

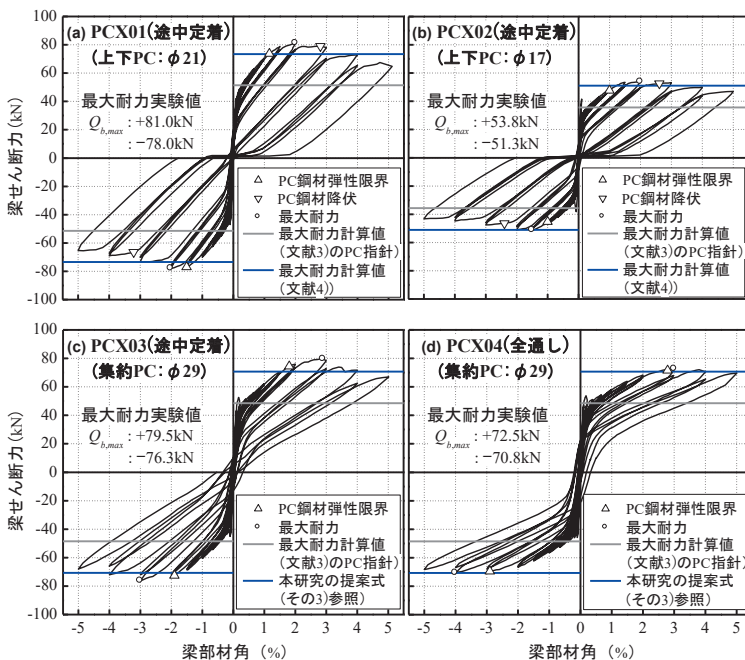


図1 梁せん断力-梁部材角関係

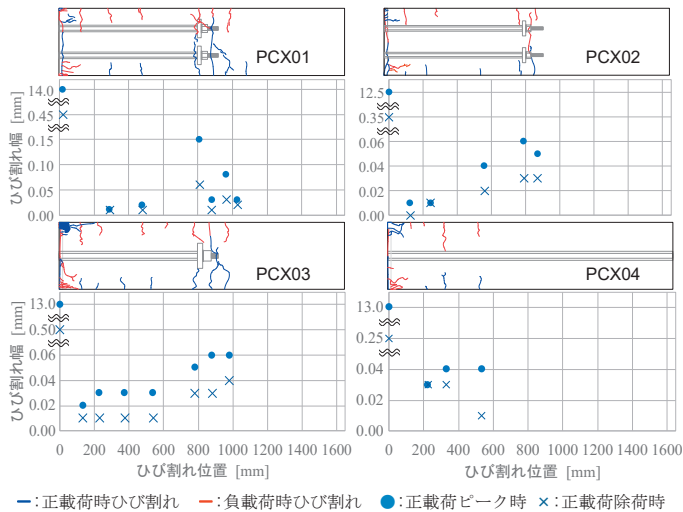


図2 目開き及びひび割れ発生状況(載荷終了時)

展したのは  $R=2.0\%$  であった。本試験体では PC 鋼材断面積を減らし梁耐力を下げたことによって、PC 部及び RC 部のひび割れ発生が他の途中定着試験体に比べ少なく、危険断面近傍のコンクリート損傷も軽減された。PCX01 と同様に目開き幅を除く PC 部の最大残留ひび割れ幅は約  $0.02\text{mm}$ 、RC 部の最大残留ひび割れ幅は約  $0.03\text{mm}$  となり、残留ひび割れがほぼ閉じた。

PC 鋼材を集約配筋した PCX03 の破壊性状も PCX01 とほぼ同様であり、 $R=2.0\%$  以後新たなひび割れの発生は無かった。目開き幅を除く PC 部のひび割れ幅はピーク時最大で  $0.03\text{mm}$  程度と殆ど拡幅せず、除荷時最大で  $0.01\text{mm}$  程度とほぼ閉じた。RC 部においてもピーク時最大で  $0.06\text{mm}$  と小さく、除荷時最大で  $0.04\text{mm}$  程度と残留ひび割れ幅は極めて小さかった。PC 鋼材を集約配筋した PCX04 では PC 鋼材を全通しとしたため、全試験体の中でひび割れの発生が最も少ない結果となった。

### 3. 既往研究による最大耐力評価

途中定着試験体と全通し試験体、即ち PCX03 と PCX04 での最大耐力の差が  $10\%$  程度と比較的小さかったこと、かつ途中定着アンボンド PCaPC 梁の最大耐力算定式は無いことから、全通し PC 鋼材を対象とした既往研究 3) と 4) に基づき最大耐力を評価し、その評価精度を検討する。なお、全通しを含め PC 鋼材を集約配筋した場合の耐力算定式も殆ど見当たらないので、PCX04 については次報 (その 3) にて新たな耐力算定式を提案する。そして、その計算値を準用し PCX03 についても最大耐力評価を試みる。

#### 3.1 試験体 PCX01 と PCX02

前述の通り、PCX01 と PCX02 の最大耐力を 2 つの方法で評価した。1 つ目は文献 3) (以下、PC 指針) による方法で、圧縮側 PC 鋼材の引張力は有効プレストレス力 (初期緊張力) とし、引張側 PC 鋼材の応力度を有効プレストレス応力と PC 鋼材の応力増分 (式(1)の  $\Delta\sigma_p$ ) の和と仮定し、梁圧着面での力のつり合いを用いたものである。2 つ目は筆者らの提案した文献 4) の評価式、即ちト形架構に取り付け、全通し

かつ断面上下に PC 鋼材を有するアンボンド PCaPC 梁の曲げ終局時の耐力評価式を用いたもので、算定式の詳細は同文献を参照されたい。両方法による最大耐力計算値を図 1 にあわせて示した。PC 指針 3) による計算値は実験値の  $63\sim 70\%$  程度に留まり、実験結果をかなり過少評価した。同文献の式(1)では引張側 PC 鋼材の  $\Delta\sigma_p$  の上限値を  $98\text{MPa}$  近くまでとしているが、両試験体の実験結果では最大耐力時の  $\Delta\sigma_p$  が  $400\text{MPa}$  以上となったことから、PC 鋼材の有効プレストレスレベルが比較的低い場合は、 $\Delta\sigma_p$  が過少評価される可能性が高い。一方、文献 4) による計算値は PCX01 と PCX02 の最大耐力実験値の約  $0.91\sim 0.99$  倍となり良好な対応を示した。

$$\Delta\sigma_p = 98 - \frac{4.9 \times 10^5}{\sigma_c} P_p \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\sigma_p$ : 最大耐力時の PC 鋼材の応力増分、 $\sigma_c$ : コンクリート圧縮強度、 $P_p$ : PC 鋼材比 (引張側 PC 鋼材断面積の和 / (部材幅 × コンクリート圧縮縁から引張側 PC 鋼材重心位置までの距離))、である。

#### 3.2 試験体 PCX03 及び PCX04

本報では PC 指針 3) を準用した場合の評価精度のみを示す。同文献の評価式において圧縮側 PC 鋼材の引張力をゼロとし引張側 PC 鋼材のみで最大耐力を算出した。その結果、計算値は最大耐力実験値の  $61\sim 69\%$  程度と低く、PCX01 と PCX02 と同様最大耐力実験値をかなり過少評価した。

### 4. まとめ

本報のまとめを以下に示す。

- (1) 有効プレストレス率が等しい場合、PC 鋼材の総断面積に比例して最大耐力が変動する傾向が見られた。また、PC 鋼材径 (断面積) が小さくなると部材耐力は減少するが、コンクリートの損傷が軽減され最大耐力以後緩やかな耐力低下を示した。
- (2) PC 鋼材の総断面積を梁せい中央部に集約配筋することで同等の部材耐力が発揮でき、途中定着した場合も、PC 鋼材の塑性化が抑制され大変形経験後においてもほぼ原点指向形の履歴形状が維持できた。
- (3) 本実験で用いた試験体で有効プレストレスレベルを  $0.5$ 、PC 鋼材長さを梁せいの  $2.0$  倍と設定した結果、PC 部の残留ひび割れ幅は極めて小さくほぼ閉じた。PC 部と RC 部の境界面にもひび割れ発生が見られたが、その最大残留ひび割れ幅は大変形経験後にも  $0.03\sim 0.06\text{mm}$  程度以下となり、僅かな残留に留まった。
- (4) 既往の研究 (PC 指針) に基づき途中定着及び全通し試験体の最大耐力評価を試みたところ、PC 鋼材の応力増分を過少評価するため、計算値は最大耐力実験値の  $63\sim 70\%$  程度と小さい結果となった。よって PC 鋼材の有効プレストレスレベルが比較的低い場合は、部材耐力を過少評価する可能性が高いと予想される。

謝辞及び参考文献はその 1 に示す。

\*1 明治大学大学院 理工学研究科建築・都市学専攻  
 \*2 積水ハウス (株) (元明治大学)  
 \*3 (株) 長谷工コーポレーション (元明治大学)  
 \*4 東京都立大学 都市環境科学研究科建築学域 教授 工博  
 \*5 静岡理工科大学 理工学部建築学科 准教授 博士 (工学)

\*1 Meiji University  
 \*2 Sekisui House Corporation  
 \*3 Haseko Corporation  
 \*4 Professor, Tokyo Metropolitan University  
 \*5 Associate Professor, Shizuoka Institute of Science and Technology