

アンボンドPC・PCa 圧着工法を用いた新しい柱梁接合部の開発に関する実験的研究 その1. プロトタイプ接合部の実験結果

横浜国立大学大学院 学生会員 修士課程 ○近藤 千香子
Do Tien Thinh
楠 浩一

1. はじめに

近年、RC 部材の耐久性の向上、施工精度の改善、ひび割れの抑制等を目的とし、部材を工場で作成するプレキャスト部材(以下 PCa 部材)や、大スパン化を目的にあらかじめ部材に引張力を導入するプレストレス構造(以下 PC 構造)の使用に関する研究が盛んに行なわれている。さらに、これらを柱梁接合部に用い、柱と梁を PCa 部材とし、両者をプレストレス力によって接合する PC・PCa 構造による圧着工法を用いる場合がある。本研究では、アンボンド PC 緊張材を使用した PC・PCa 圧着工法において、せん断力を機械的に伝達する機構を有する新しい柱梁接合部の開発を目的として静的加力実験を行なった。

2. 実験概要

2. 1 アンボンド PC・PCa 圧着工法

本工法は図-1に示すようにプレキャスト部材を引張力によって圧着させる工法である。この場合、梁と柱が一体打ちではないため接合面での応力の伝達が問題となる。例えば高層建物の上層では、曲げモーメントに比べて長期せん断力が支配的となる。このせん断力を圧着面の摩擦力によって伝達しようとする、PC 鋼棒の断面が大きくなってしまい不経済な場合がある。この問題を解消するために図-2のように柱仕口に長期せん断力を伝達するためのブラケットを設け、PC 鋼棒は水平荷重時に発生するモーメントのみを負担させ、PC 鋼棒を必要最小限の断面サイズとするものである。ブラケットとブラケット受けの U 型プレートの写真を図-3に示す。



図-1 PC・PCa 圧着工法

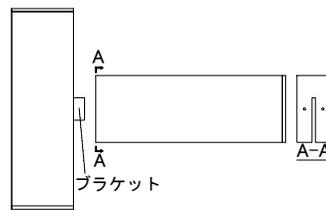


図-2 ブラケット



図-3 ブラケット及びU型プレート

2. 2 ブラケットの設計

ブラケットは以下の式を用いて設計した。ブラケットを設けた柱を図-4に示す。

(1) せん断力の伝達

ブラケットのせん断強度 Q_s は次式 (1) で表される。

$$Q_s = 0.9 \frac{F_y}{1.5\sqrt{3}} a_w \geq_{\text{長}} Q_L \quad (1)$$

F_y : 鋼材の基準強度(N/mm²)
 a_w : ブラケットの面積(mm²)= $t \times B$ (mm)
 Q_L : 長期せん断力(kN)

(2) ブラケットの長さ

ブラケット上部の柱仕口面からの出の長さ l_s は次式 (2) で表される。

$$l_s = R \times 0.4D + b_m + L_t \quad (2)$$

R : 曲げ曲率=1/20
 D : 梁せい(mm)
 b_m : グラウト厚(mm)=20mm
 L_t : 許容誤差:(mm)=20mm

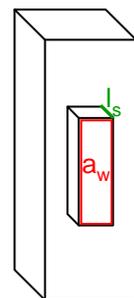


図-4
ブラケットを設けた柱

2. 3 試験体概要

試験体のモデル建物は12階建て事務所ビルの10階の外柱梁接合部である。階高は4m、スパン長さは18m、柱断面は800×800mm、梁断面は600×1000mmである。試験体の縮尺はモデル建物の1/2である。試験体一覧を表-1に、試験体配筋図を図-5に示す。

試験体は4体で、パラメータはブラケットの有無、長期せん断力 Q_L の違い、スラブの有無である。

SP1 試験体は想定した建物の長期せん断力 Q_L をブラケットにより支持させる事を目的とした試験体で、本実験の基準試験体である。

SP2 試験体はブラケットなしの試験体で、長期せん断力をPC鋼棒の圧着力による梁端と柱フェイスでの摩擦力で伝達する為PC棒の断面を基準試験体より大きくした。

SP3 試験体は基準試験体に対し、更にロングスパン化を考慮して1.5倍の長期せん断力をかけ、それに応じてブラケットのサイズも大きくした試験体である。

SP4 試験体はSP1 試験体にスラブをつけた試験体である。

表-1 試験体一覧

試験体 (変動要因)	F_c (N/mm ²)	PC鋼棒	導入力 N (kN)	長期せん断力 Q_L (kN)	ブラケット $t \times B$ (mm)
SP1 (基準試験体)	60	2- $\phi 15$	267	255	19×120
SP2 (ブラケットなし)		2- $\phi 26$	584	255	ブラケットなし
SP3 (長期せん断力大-1.5 Q_L)		2- $\phi 15$	267	382.5	32×140
SP4 (ブラケット- Q_L +スラブ)		2- $\phi 15$	267	255	19×120

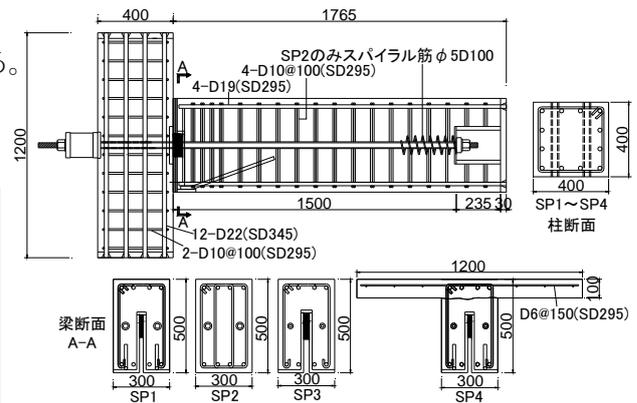


図-5 試験体配筋図

2. 4 加力・計測方法

加力装置を図-6に示す。柱の反曲点位置の上端を1000kN ジャッキでローラー支持し、下端をピン支持し、試験体を単純支持の状態にし、梁端の反曲点位置を1000kN ジャッキで加力した。加力は、まず梁端部鉛直ジャッキが $0.1Q_y$, $0.5Q_y$ (Q_y :梁降伏時梁端部鉛直力(kN))となるように1サイクルずつ加力制御し、以降層間変形角 $R = \pm 0.25\%$, $\pm 0.5\%$, $\pm 0.75\%$, $\pm 1\%$, $\pm 1.5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 3\%$, $\pm 4\%$ まで各2サイクルずつ正負交番漸増繰り返し載荷を行なった。

測定項目は、梁端、柱端荷重、層間変位、各変形成分(梁変形成分 δ_B 、柱変形成分 δ_C 、接合部のせん断変形成分 δ_p)、梁の曲げ回転、梁(PC鋼棒、スターラップ)、柱主筋、接合部せん断補強筋、仕口部分プレート、定着用アンカー筋、SP4 試験体のみスラブ筋のひずみとした。

本実験では、想定する建物に作用する長期せん断力(解析より255kN、SP3のみ1.5倍の382.5kN)を集中荷重で柱仕口より215mmの位置にピン支持で図-7に示す長期せん断力加力装置図で作用させた。しかし、想定する建物は柱芯から反曲点までの距離が4.5mであるが、加力装置の都合上実験では2.415mとした。この影響をなくす為に、実験では梁端部に発生するモーメントおよびせん断力が想定する建物と同じになるよう、図-8及び次式(3)によって求める長期せん断力 Q_L を用い、変動させ制御した。

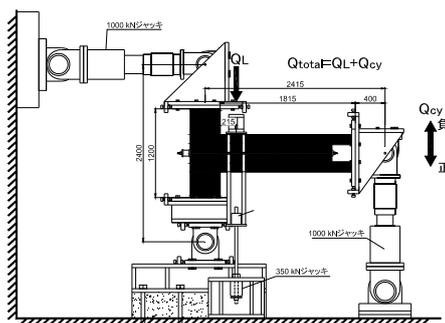


図-6 加力装置図



図-7 長期せん断力加力装置図

$$Q_L = Q_{L1} + \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 - L'} \right) Q_{cy} \quad (3)$$

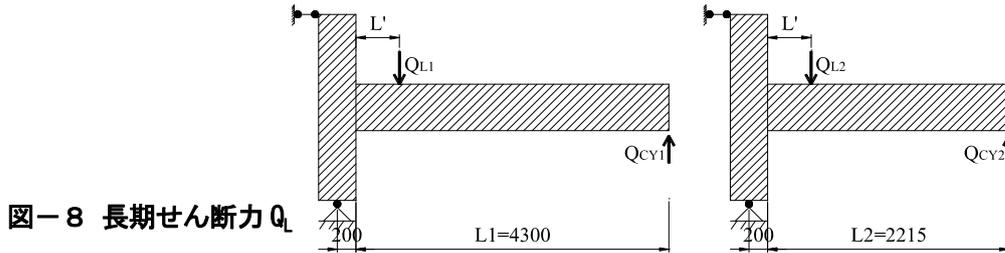


図-8 長期せん断力 Q_L

3. 実験結果

3. 1 破壊状況

各試験体の最終破壊状況を図-9に示す。

全ての試験体において、ひび割れは柱梁仕口部上端に集中し、他部分のひび割れは軽微なままであった。長期せん断力加力点から仕口面にかけての集中的なひび割れはSP1, 2及び3試験体において特に顕著に見られ、スラブ付のSP4試験体では、他試験体と比べて少ないものであった。スラブは梁及び直交梁と一体で打設されており、スラブと直交梁の境界で大きく損傷が生じていた。また、ブラケットを設けた試験体において、ブラケット及びU型プレートの変形や、図-3 (b) に示す様なブラケット上部のコンクリートの押抜き破壊が発生した。SP3試験体は、载荷中にU型プレートに大きな変形が生じた為、+4%で加力を終了した。

3. 2 M-R 関係

各試験体のモーメント-部材角関係を図-10に示す。

全ての試験体のモーメント-部材角関係において、正側の第一折れ曲げ点のモーメントの値が負側よりも大きくなっている。これは長期せん断力の影響により梁上端コンクリートに局所的なひび割れが発生していた為と考えられる。また、SP4試験体は他試験体と比べると大きい、残留変形の少ない挙動であった。

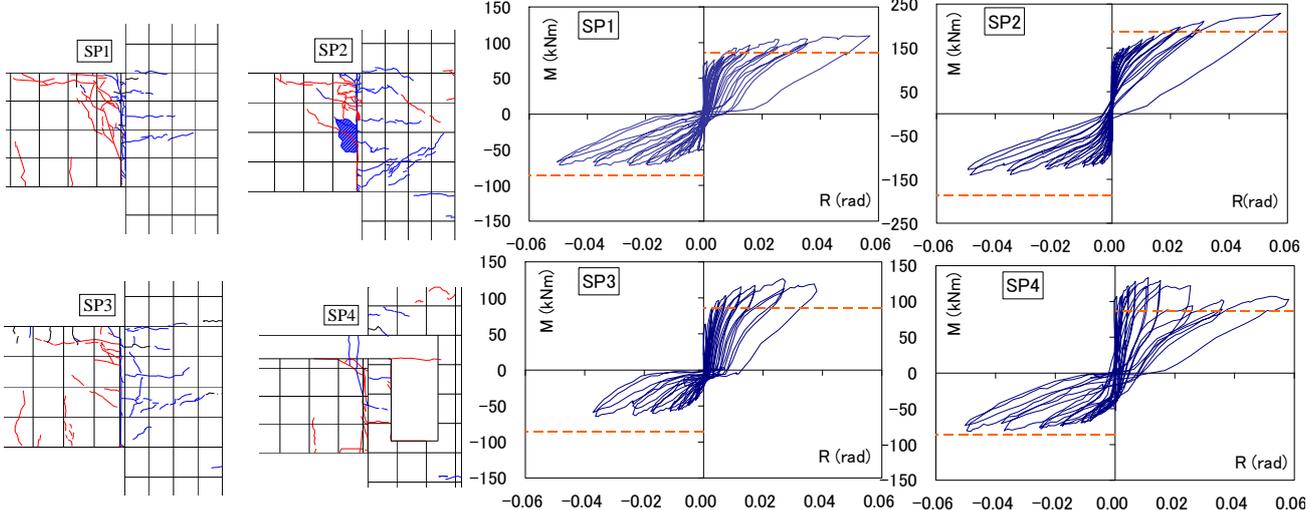


図-9 試験体最終破壊状況

図-10 モーメント-部材角関係

3. 3 摩擦係数 μ

ブラケットのないSP2試験体において、柱梁仕口部鉛直すべり量-摩擦係数(μ)関係包絡線を図-11に示す。摩擦係数 μ は、次式(4)により求めた。

$$\mu = Q_{total} / P_{pc} \quad (4)$$

ここで $Q_{total} = Q_L + Q_{cy}$

P_{pc} : 左右のPC鋼棒に発生している力(ロードセルの読み値)の和

図の◆の位置で μ が一定となった為、この点をすべり開始点とした。この時の μ は0.46であった。

3. 4 すべり量の検討

図-12に Q_{cy} 載荷前の長期せん断力 Q_L —すべり量関係を、図-13に Q_{cy} —すべり量関係を示す。図中の○印が各試験体における最大梁鉛直すべり量を表す。

図-12より SP1 及び SP2 試験体はほぼ同じ経過を辿り、ブラケットの有無による大きな差異は見られなかった。また SP4 試験体は他試験体に比べ0.01mm程度ではあるがすべり量が少なく、スラブによってすべり量を抑制する事ができるという結果が得られた。

図-13より、SP1 試験体と SP2 試験体を比較すると、SP1 試験体の方が先にすべり出したが最大梁鉛直すべり量は SP2 試験体の方が多くすべっている。これはブラケットの変形により SP1 試験体は先にすべり出したが、すべり出し後は SP1 試験体はブラケットの影響ですべりを抑制されている一方、ブラケットのない SP2 試験体はすべり続けてしまったと考えられる。

SP3 試験体は一時すべりが止まったがその後はすべり続け SP1 試験体よりも多くすべっている。これはブラケット上部のコンクリートの押抜き破壊後のせん断補強筋のダボ作用で一時すべりが止まったが、その後はブラケット上部のプレートが壊れたこともありすべり続けたと考えられる。

SP4 試験体はすべり出すのは一番遅いが、SP1 試験体より多くすべっている。これはスラブの影響ですべり出しは遅くなったが、スラブの耐力低下に伴いスラブの重さですべり続けたと考えられる。スラブに発生した損傷も含め、スラブは柱及び梁と同様にプレキャストにする必要があると考えられる。

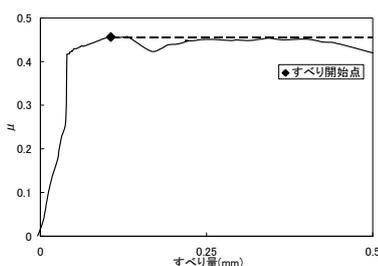


図-11 すべり量— μ 関係

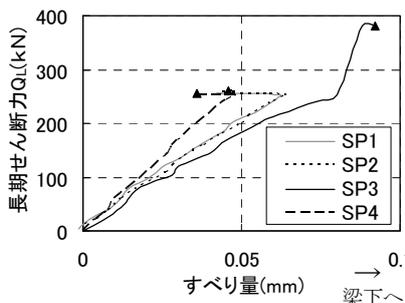


図-12 Q_L —すべり量関係

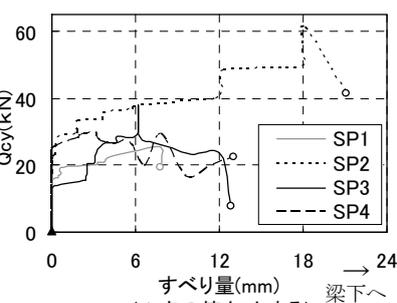


図-13 Q_{cy} —すべり量関係

4. 結論

- 1) 柱仕口面にブラケットを設けるといふ本工法は、試験体の最大すべり量を抑制する効果があり、せん断力を柱に伝達するという性能を確認できた。
- 2) ブラケットのない SP2 試験体では、梁が大きくすべる現象が見られた。また摩擦係数 μ は0.46であった。
- 3) スラブを設けた SP4 試験体では、最大すべり量に対しての影響は見られなかった事や大きく損傷が生じていた事からスラブは梁や柱と完全に分離し、プレキャストとする必要がある。
- 4) ブラケットを有する試験体において、ブラケット及びU型プレートの変形や、ブラケット上部のコンクリートに押抜き破壊が生じた。
- 5) 全ての試験体において、長期せん断力の影響により梁上端コンクリートに局所的なひび割れが発生した。

参考文献

- 1) 近藤千香子, Do Tien Thinh, 楠浩一, 大迫一徳, 松浦恒久, 高森直樹, 田才晃: 構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築に関する研究 その4 大スパン構面の柱梁接合部分架構の実験
- 2) Do Tien Thinh, 近藤千香子, 楠浩一, 大迫一徳, 松浦恒久, 高森直樹, 田才晃: 構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築に関する研究 その5 大スパン構面の柱梁接合部分架構の実験結果の検討

〔謝辞〕 まとめてその2で示す。