

PC 鋼材の緊張力に着目したアンボンド PCaPC 造壁の曲げ耐力に関する実験的研究

PCaPC 壁 アンボンド 曲げ耐力 正会員 ○植村 一貴*1 同 小原 拓*1
 PC 鋼棒緊張力 損傷低減 光ファイバ 同 河野 進*1 同 柴山 淳*2

1. はじめに

大地震後の建物の機能維持を可能にする手法の一つとして、圧着型アンボンドプレキャストプレストレストコンクリート（以下、アンボンド PCaPC）構造形式が挙げられる。アンボンド PCaPC 造壁を設計する上で曲げ終局耐力（以下、曲げ耐力）を精度良く予測できる評価式の構築は必要不可欠である。日本建築学会の「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¹⁾（以下、PC 性能評価指針）」では、梁および柱部材に関する曲げ最大耐力の評価式は存在するが、壁部材に関する評価式の記載は無い。そこで、本研究では PC 性能評価指針のアンボンド PCaPC 造柱部材の曲げ耐力式を用いて壁部材の曲げ耐力について検討することを目的とする。さらに、曲げ耐力時の PC 鋼材の緊張力についても検討する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

アンボンド PCaPC 造壁試験体諸元を Table 1 に、配筋詳細図、断面図を Fig. 1 に示す。壁厚 t_w は 120mm、壁せい l_w は 900mm、壁高さ H は 1800mm である。目地部の厚さは 20mm で目地部を含めた軸方向組立筋のかぶり厚さは 30mm である。PC 鋼棒は壁断面中央に 1 本配置し、 $\phi 19$ (C 種)を用いた。壁の配筋は縦筋を D10 とし、横筋を D6 とした。縦筋と横筋は、それぞれ千鳥配置となっている。軸力比は、外力分が 0.052、PC 緊張力分が 0.054 であり、合計軸力比は 0.11 である。

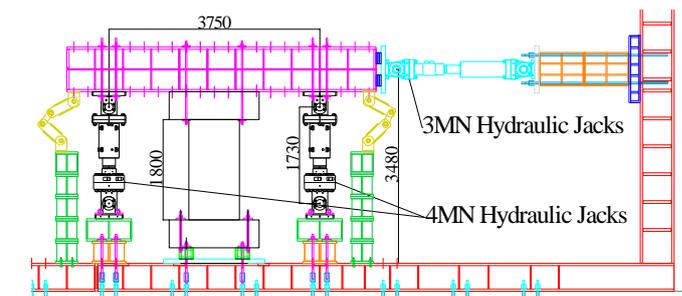
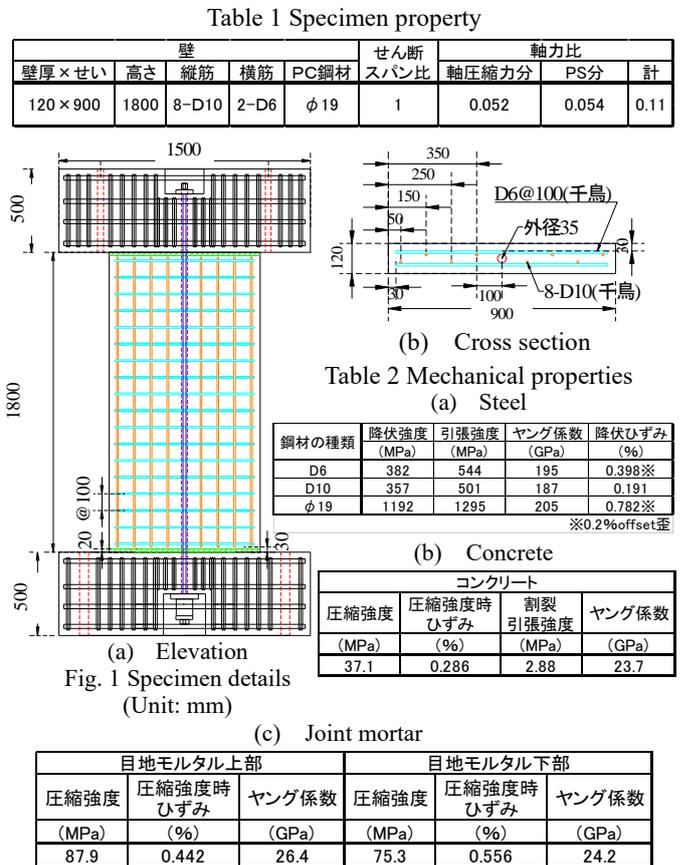
2.2 载荷概要

Fig. 2 に载荷概要を示す。载荷は逆対称曲げせん断载荷（せん断スパン比 1）とし、軸圧縮力を一定に保ちながら、上下スタブが平行となるように制御した。载荷は壁の部材変形角 R で制御し、 R は上下スタブの相対水平変位を壁高さ H 1800mm で除した値とした。また、正負交番繰返し静的载荷とし、 $R=\pm 0.125\%, \pm 0.25\%, \pm 0.50\%, \pm 0.75\%, \pm 1.0\%, \pm 1.5\%, \pm 2.0\%, \pm 3.0\%$ を 2 回ずつ繰り返した。

3. 実験結果

3.1 せん断力 Q -部材変形角 R 関係

Fig. 3 に各試験体のせん断力 Q -部材変形角 R 関係を示す。同図中には、最大耐力点および PC 鋼棒降伏点をプロットした。また、PC 性能評価指針の柱部材の曲げ耐力式 (Eq.1) から算出した値を赤点線および緑点線で示す。赤点線 M_{Call} は、PC 鋼棒の有効引張力 P_1 に実験の最大耐力



時に生じた PC 鋼棒のひずみを用いて計算した PC 鋼棒緊張力の値を用いたケースであり、緑点線 M_{Cal2} は、PC 鋼棒の有効引張力 P_1 に初期緊張力を用いた場合である。部材角 $R=1.0\%$ 時まではアンボンド PCaPC 構造形式特有の原点指向性の高い履歴を示した。正負ともに $R=\pm 1.5\%$ 程度時に最大耐力を迎えた。その後、部材角 $R=3.0\%$ 時には、耐力および剛性が大きく劣化し、負荷側 2 周目の $R=-3.0\%$ に向かう途中で軸力を保持できなくなり、载荷を終了した。PC 鋼棒の降伏は、正载荷側で $R=2.60\%$ 、負荷側で $R=$

-2.00%時に発生し、いずれも最大耐力後に PC 鋼棒の降伏が生じていた。

$$M_u = \sum P_i d_{pi} + T_{sy} d_c - C_{sy} d_c - (\sum P_i + T_{sy} - C_{sy} + N) k_2 x_n + ND/2 \quad (1)$$

各記号は、文献 1) を参照されたい。

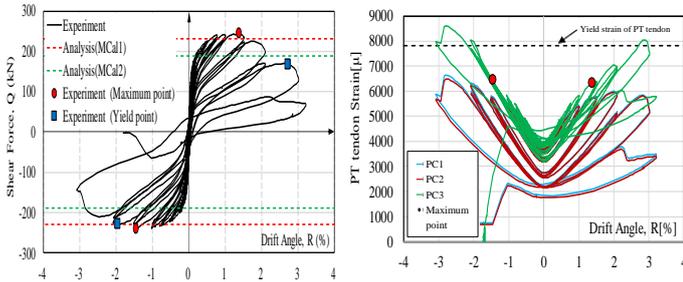


Fig. 3 Shear force (Q) - Drift angle (R) Relation

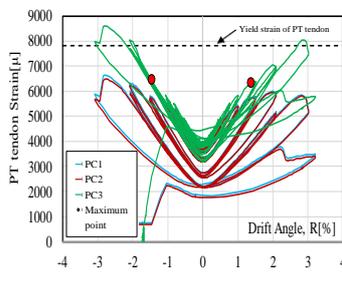


Fig. 4 PT tendon strain - Drift angle Relation

3.2 ひずみゲージおよび光ファイバにより計測した PC 鋼棒ひずみの推移

Fig. 4 に PC 鋼棒のひずみ-部材変形角関係を示す。PC 鋼棒のひずみは、壁高さ 0mm(PC1)、900mm(PC2)、1800mm(PC3)に相当する箇所に貼付したひずみゲージの値である (Fig. 5(a))。同図中の赤丸●は最大耐力時を示す。Fig. 5(b)に各部材変形角ピーク時の PC 鋼棒ひずみ増分値を示す。増分値は軸力導入後の初期ひずみからの増分値である。同図中、に材軸方向 3ヶ所に貼付したひずみゲージの値もプロットした。実線は光ファイバにより計測した PC 鋼棒のひずみであり、計測間隔を 5mm ピッチで連続的に計測した²⁾。

Fig. 4 においてひずみゲージにより計測した PC1 と PC2 のひずみは実験終了時まで降伏ひずみに至らなかった。しかし、壁頂部 PC3 のひずみは最大耐力発生後に降伏ひずみに到達した。Fig. 5 に示した光ファイバの結果では、ひずみゲージによる計測結果と同様に、PC3 位置のひずみが PC1 と PC2 位置のひずみより大きい結果となった。アンボンド PC 鋼棒では、軸ひずみが一様化すると予想されるが、水平変位が大きくなり PC 鋼棒がシース管に接触することで、ひずみが局所的に大きくなったことが要因と考えられる。

4. 最大曲げ耐力計算値との比較

Table 3 に Eq.(1)の計算結果 (Case1~4) と実験値の比較を示す。Case1 は、PC 鋼棒有効引張力に初期緊張力を用いた場合である。Case2 は、PC 鋼棒有効引張力に初期緊張力と文献³⁾の PC 鋼棒応力増分値を考慮した場合である。Case3 は、実験で得られた最大耐力時の PC 鋼棒ひずみ (ひずみゲージ (PC3)) に相当する PC 緊張力を有効引張力とした場合である (PC 鋼棒ひずみに相当する PC 鋼棒応力度を材料試験結果から求め、公称断面積を乗ずることで PC 緊張力を算出した。)

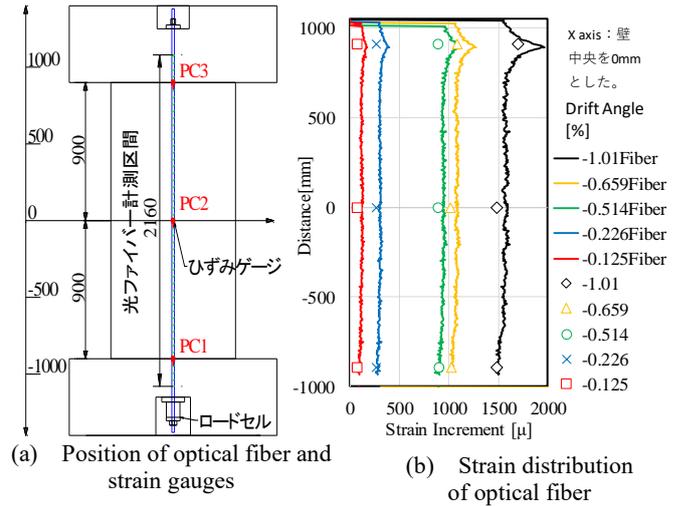


Fig. 5 PT tendon strain along the wall height
Table 3 Comparison of maximum capacity in the test with computation

	実験値 [kN]	計算値 [kN]			実験値/計算値		
		Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3
正載荷時	244	186	189	230	1.31	1.29	1.06
負載荷時	242	186	189	230	1.30	1.28	1.05

PC 鋼棒の引張力を初期緊張力とすれば、曲げ耐力を安全側に評価できる。しかし、実験値/計算値が 1.30 程度と過小評価する結果となった。Case2 では、計算上の PC 鋼棒応力増分は僅かであったため、Case1 とほぼ同様の結果となった。Case3 では、実験値/計算値が 1.05 と精度良く曲げ耐力を評価できており、PC 鋼棒の応力増分を適切に評価できれば本試験体の曲げ耐力を精度良く評価できることがわかった。

5. 結論

本研究では、圧着型アンボンド PCaPC 造壁の曲げ最大耐力に着目し、PC 鋼棒応力が曲げ最大耐力に与える影響を実験から検証した。以下に、結論を示す。

- PC 性能評価指針の柱部材の曲げ最大耐力算定式 (式 (1)) を用いれば、壁部材の曲げ最大耐力を安全側に評価できた。
- 式(1)の PC 鋼棒有効引張力に実験で得られた最大耐力時の PC 鋼棒の緊張力を使用した場合、曲げ耐力を精度良く追跡できた。つまり、PC 鋼棒の応力増分を適切に評価可能な式を用いれば壁の曲げ耐力を適切に評価できる。

謝辞

本研究は、科学研究費基盤助成事業 (基盤研究 (A)) (代表: 河野進) 及び (基盤研究 (B)) (課題番号: 19H02282)、東京工業大学フロンティア材料研究所全国共同利用の助成を受けた研究の一環である。また、本実験の実施にあたり、(株)セレスの市川英治氏にご協力頂いた。ここに示して謝意を表す。

参考文献

- 1) 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, pp.310, 2015 年
- 2) 柴山淳: 分布型光ファイバセンサを用いた RC 部材の準連続的な歪計測法, 日本建築学会技術報告集, 第 26 巻 第 63 号, 543-548, 2020 年 6 月
- 3) 竹本靖: アンボンド PRC 部材の曲げ終局時テンソン応力について, 大林久美技術研究所報告, No.28 pp.49-54, 1984 年

*1 東京工業大学

*2 一般財団法人 電力中央研究所

* Tokyo Institute of Technology

*Central Research Institute of Electric Power Industry