

プレストレストコンクリート造試験体の設計

E-Defense を用いたコンクリート系建物実験 2010 / その 4

正会員 ○大迫一徳^{*1}, 長江拓也^{*2}, 田原健一^{*3}, 福山國夫^{*4}, 松森泰造^{*5}
塩原等^{*6}, 壁谷澤寿海^{*7}, 河野進^{*8}, 西山峰広^{*9}, 西山功^{*10}

フレーム構造 耐震壁 振動台実験

1. 基本計画

試験体は、プレキャスト・PC 圧着工法により建設する。梁をハーフプレキャスト部材とし PC 合成床版を設置後、スラブ筋を配しトップコンクリートを打設して一体化する。X 方向は通常のフレーム構造を意図し、柱と梁をグラウトする。Y 方向の壁は柔軟なロッキングを意図し、アンボンドプレストレストコンクリート連層耐震壁とする。Figure 1 のように各階の壁部材を 4 層分一度に圧着する。そして、梁と連層耐震壁のシース管内はグラウトしない。プレキャストコンクリートの設計基準強度 F_c は 60 N/mm^2 とする。PC 合成床版のトップコンクリートの F_c は 30 N/mm^2 とする。部材端の目地モルタルの F_c は 60 N/mm^2 とする。シース管内をグラウト材の F_c は 30 N/mm^2 とする。

2. 構造詳細

Figure 2(a), (b)に X 方向の柱梁接合部と 1 階柱脚を示す。柱と梁には、圧着目地部でカットオフされる組み立て用の異形鉄筋 D19 を用い、そこに D10 のせん断補強筋を配した。梁の上端の異形鉄筋とせん断補強筋の上部は、トップコンクリート内に入るようにした。柱の PC 鋼棒は、カップラーを用いて圧着目地の上部で接続した。Figure 2(c), (d)に Y 方向の壁と境界梁の接合部、および 1 階壁脚を示す。境界梁の上端の異形鉄筋とせん断補強筋の上部は、トップコンクリート内に入るようにした。壁同士の圧着目地部は床スラブの上面位置とし、壁を縦方向に補強する異形鉄筋 D13 はそこでカットオフした。1 階壁には壁の高さに相当する長さの異形鉄筋 D22 を壁内に配筋し、基礎の上面位置から高さ 1500mm までの範囲にアンボンド加工を施した。アンボンド異形鉄筋は壁脚から下に所定の長さ出しておき、基礎に定着した D22 とモルタル充填式継ぎ手で接合した。

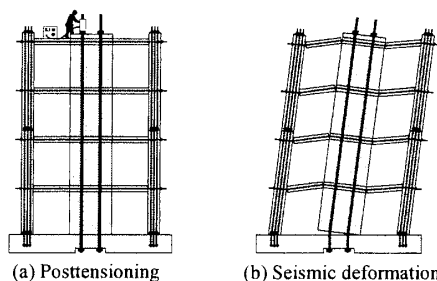


Figure 1 Unbonded posttensioned precast concrete wall

3. 設計概要

(1) X 方向 (柱と梁, グラウト): 通常の PC フレーム構造の設計手順を適用した。PC 鋼より線のプレストレスは規格降伏強度の 0.8 倍とした。「PC 造技術基準解説及び設計・計算例」を参照し、一次設計と二次設計を行った。一次設計では、規定の組み合わせ応力 ($G+P+X+1.5K$) が各部材の終局耐力を超えないことを確認した。二次設計では、静的漸増解析によって保有水平耐力が必要保有水平耐力を上まわることを確認した。部材種別および D_s の判定は、最大層間変形角が 0.02 rad に達した時点の骨組の応力に基づき行った。

(2) Y 方向 (壁と梁, アンボンド): 静的漸増解析によって得られる、最大層間変形角が 0.01 rad に達した時点の保有水平耐力が X 方向と同程度になることを目標とした。耐震壁の基本設計には、ACI により示されるアンボンドプレストレストコンクリート耐震壁に関する技術資料 ITG-

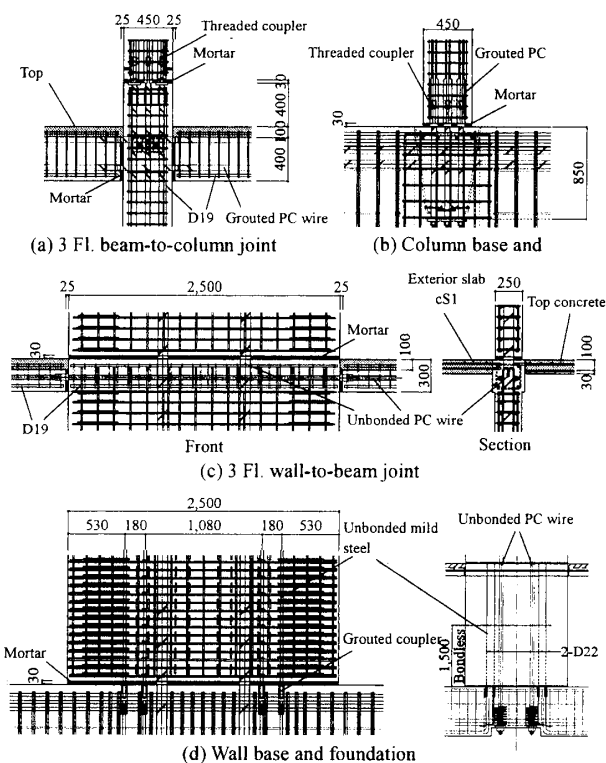


Figure 2 Detail configuration (Unit: mm)

Design of prestressed concrete specimen

The 2010 E-Defense test on concrete buildings / Part. 4

Kazunori OSAKO, Takuya NAGAE, Kenichi TAHARA, Kunio FUKUYAMA, Taizo MATSUMORI
Hitoshi SHIOHARA, Toshimi KABEYASAWA, Susumu KONO, Minehiro NISHIYAMA, Isao NISHIYAMA

5.2-09¹⁾を参照した。1 階壁脚には、アンボンド区間をもうけた異形鉄筋を配した（曲げ耐力の約 25 %を負担する）。壁の両端には柱領域を設け、壁脚回転を想定する 1 階では密な横拘束筋を配した。各階壁脚の水平抵抗は摩擦力に期待した。壁にとりつく境界梁は、耐震壁へ床慣性力を伝達しつつ回転に追従することを意図し、PC 鋼より線を梁の中央高さ位置に配して壁を挟む両側の外柱で定着した。これらの PC 鋼より線のプレストレスは、規格降伏強度の 0.6 倍とした。

4. 強度特性

以下では、設計に用いた材料強度に基づいて試験体の強度特性を示す。静的漸増解析では、柱梁接合部を剛域とし、柱、梁は部材両端に回転バネを有する梁要素でモデル化した。壁も梁要素としたが、床上面の圧着目地部を回転バネとした。Figure 3 に解析用モデルを示す。柱および X 方向の梁の回転バネは、「PC 造技術基準」に示される式を適用してトリリニアで定義した。Y 方向の境界梁と壁については、アンボンド部材に提案される式²⁾を参考にして定義した。すなわち、ストレスブロックを仮定して、特異的なモーメントと、それに対応する回転角を定義した。境界梁は、初期のプレストレス、および PC 鋼より線の降伏時の α を与えて、それぞれ M_{II} と M_{III} を求めた。 θ_{II} は対応する弾性変形とし、 θ_{III} は PC 鋼より線の抜け出しを反映した。壁について 2 階以上は同様の観点から M_{II} と M_{III} を求めた。1 階の壁脚については異形鉄筋の降伏強度を加えた M_{II}^+ と M_{III}^+ を求め、 M_{II}^+ に対応する θ_{II}^+ を求めた。外力分布を A_1 分布から与えた解析によって得られた層せん断力と層間変形角の関係を Figure 4 に示す。最大層間変形角が 0.01 rad に達した時点の 1 階の層せん断力は X 方向で 1790 kN、Y 方向で 1930 kN となった。それぞれベースシヤ係数にして 0.52、0.56 に相当する。Y 方向は、各層の壁のせん断力負担割合が 0.65-0.9 となった。

柱と梁の曲げ強度比は、最大層間変形角が 0.02 rad 時に中柱の 2 Fl-4 Fl. で 1.16-1.77 となり、外柱で 2 となった。柱梁接合部について、梁の曲げ強度に達したときの接合部せん断力に対する「PC 造技術基準」に基づいて求めた接合部せん断強度の比は、中柱の十字形接合部で 1.04 以上、外柱の T 字形接合部で約 2 となった。

解析における最大層間変形角 0.02 rad 時の部材負担せん断力に対するせん断強度の余裕度を「PC 造技術基準」に示されるトラスアーチ式に基づいて求めると、柱と梁の

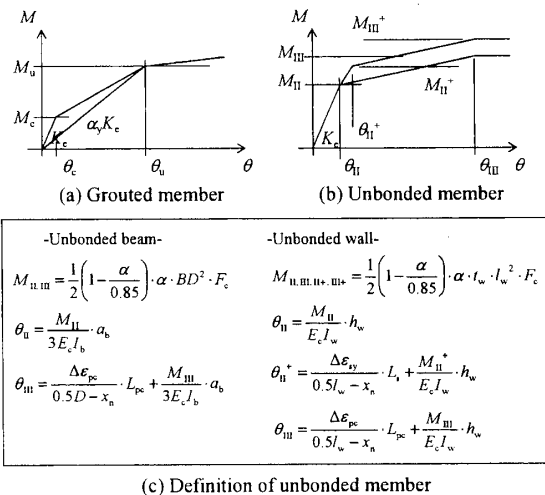


Figure 3 Skeleton of rotation spring of pushover

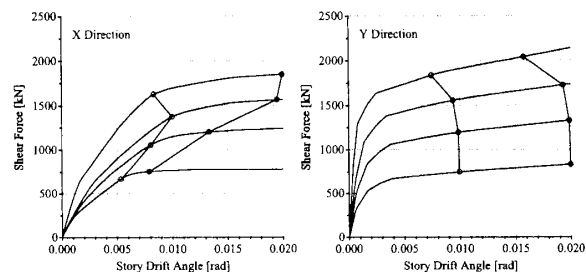


Figure 4 Result of pushover analysis

せん断余裕度は 1.3 倍以上となった。壁の 1 階における余裕度は 1.4 となった。なお、丸鋼を使っている柱、およびアンボンド部材である Y 方向の梁と壁は、アーチによる評価とした（材端のモーメントとせん断力の関係からせん断スパン比を決めた）。初期プレストレスから求めた壁脚のすべり耐力（摩擦係数を 0.5）は、最大層間変形角 0.02 rad 時における 1 階壁脚せん断力の約 3 倍であった。

実験前の材料試験において、プレキャストコンクリートとトップコンクリートの強度は、設計基準強度の約 1.4 倍となった。部材端の目地モルタル、および PC 鋼材用のシース管内のグラウト材の強度は、設計基準強度の約 2 倍となった。鋼材の強度は公称値の約 1.1 倍となった。

参考文献

- 1) ACI, "Requirements for Design of a Special Unbonded Post-Tensioned Precast Shear Wall Satisfying ACI ITG-5.1 (ACI ITG-5.2-09) and Commentary"
- 2) 杉本訓洋, 西山峰広, 永井寛, 高津比呂人: 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 8 アンボンドプレストレストコンクリート部材の復元力特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp665-666, 2008

- *1 ピーエス三菱技術本部
- *2 独立行政法人防災科学技術研究所 主任研究員・博士 (工学)
- *3 独立行政法人防災科学技術研究所 研究員・博士 (工学)
- *4 独立行政法人防災科学技術研究所 客員研究員
- *5 独立行政法人防災科学技術研究所 主任研究員・博士 (工学)
- *6 東京大学大学院工学系研究科 准教授・工博
- *7 東京大学地震研究所 教授・工博
- *8 京都大学大学院工学研究科 准教授・Ph.D.
- *9 京都大学大学院工学研究科 教授・工博
- *10 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部長・工博

- Building Research & Engineering Dept., P. S. Mitsubishi Construction
Senior Researcher, NIED, Dr. Eng.
Researcher, NIED, Dr. Eng.
Visiting Researcher, NIED
Senior Researcher, NIED, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, University of Tokyo, Dr. Eng.
Prof., ERI, University of Tokyo, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Ph.D.
Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.
Director of Building Department, NI LIM, Dr. Eng.