

超高層建築物に取り付けるプレキャストプレストレストコンクリート庇の開発

(その1 建物概要およびプレキャストプレストレストコンクリート庇の設計概要)

正会員 ○今鉢 淳史\* 正会員 片岡 達也\*  
正会員 見上 知広\*\* 正会員 岡部 和正\*\*\*

超高層 プレストレス 上下振動 プレテンション プレキャスト 応力集中

1. はじめに

超高層建築物における外装材は、建物の「顔」であり、環境負荷低減等の役割も担う部分であると同時に、超高層建築物として要求される構造安全性と経済的・施工的な合理性を両立する必要が有る重要な部材である。

本論では、水平強調のファサードデザインコンセプトに基づき各階に庇を設けるにあたり、プレキャストプレストレストコンクリート庇（以下プレキャスト PC 庇）にプレテンション方式を適用し、底部の厚みを抑え軽量化することで上記の課題へ対応した設計・製品開発・施工例を報告する。

2. 建物概要

本建物は東京都港区内に立地する、地上 36 階・地下 3 階・最高高さ約 185mの鉄骨造（一部、鉄骨鉄筋コンクリート造・鉄筋コンクリート造）の超高層オフィスビルである。図 1 に立面図及び平面図を示す。2017 年 2 月から本体工事に着手し、2020 年 1 月に竣工済みである。

本建物は、6 階以下の低層階では平面形状の変化が大きく、下層になるにつれて庇先端位置が広がり、庇の跳ね出し長さが長くなるデザインとなっている。6 階以下の低層階においては、底部への比較的大きな緊張力の導入、立上部への緊張力の導入を行うため、定着金物を介して PC 鋼材のテンションをコンクリートに伝えるポストテンション方式を採用している。

一方で、跳ね出し長さが比較的短く、軽量化による施工性向上のメリットが大きい 7 階以上においては、底部のみにプレテンション方式を採用している。

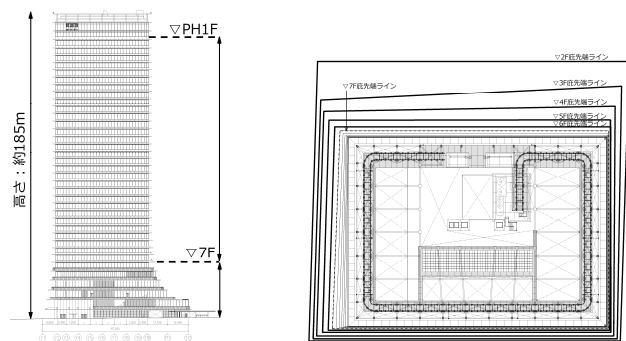


図 1 立面図及び平面図

3. プレキャスト PC 庇の設計クライテリア

プレキャスト PC 庇の設計クライテリアは、ひび割れが生じた場合に耐久性能に与える影響度を考慮し、表 1 に示す様に、部位ごとに異なる目標性能を設定している。風荷重に関しては風洞実験により、地震荷重に関しては主架構と一体で行った上下動応答解析により設定した。

表 1 PC 庇の設計クライテリア

	長期	風荷重時 (200年再現) W=3000N/m <sup>2</sup>	地震荷重時 (稀) 上下振動1.0G	地震荷重時 (極稀) 上下振動2.0G
底部	フルプレストレス	フルプレストレス	フルプレストレス	PC技術基準 PCIII <sub>t</sub>
立上部	曲げひび割れ強度	曲げひび割れ強度	曲げひび割れ強度	曲げひび割れ強度

4. PC 庇の構造概要

PC 庇は底部と立上部からなる L 型のプレキャストコンクリート版で、ひび割れを制御する目的から、底部にプレストレスを導入している。プレストレス導入は、PC 鋼より線によるプレテンション方式を適用しており、PC 鋼より線の定着長さを確保するため、底部を立上部から建物側に延長している。PC 庇形状を図 2 に、断面構成を表 2 に示す。

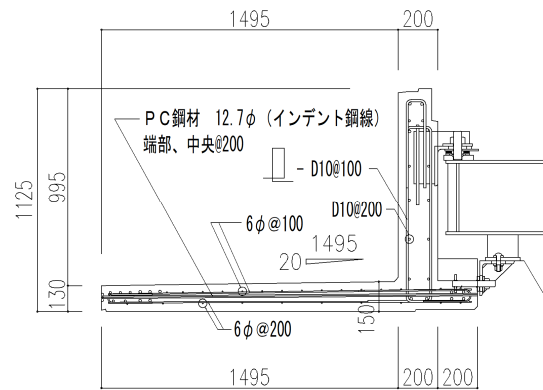


図 2 PC 庇形状

表 2 断面構成

部位		底部	立上部
材料	コンクリート	Fc60	Fc60
	鉄筋	ワイヤメッシュ (SR235)	SD295A
	PC鋼材	PC鋼より線 (インデント加工)	—
断面	版厚	140mm~150mm	200mm
	鉄筋	主筋 : 上6φ@100 下6φ@200	縦筋 : D10@100 (ダブル)
		配力筋 : 上6φ@100 下6φ@200	横筋 : D10@200 (ダブル)
	PC鋼材鋼材	SWPR7BL-12.7x7@200 板厚心より上方に12.5mm	—

## 5. PC 底元端のプレストレス

本建物 PC 底では、底元端（底設計断面）において十分なプレストレスが得られるように、立上部から建物側に 200mm 底部を延長しており、その結果、材端から底設計断面までの長さは 400mm となっている。一方、その 2 で述べる平板の試作時の PC 鋼より線のひずみ分布より得られた定着長さは、515mm であった。底設計断面までの長さが定着長さを下回っていることから、底設計断面における導入プレストレスを以下の手法で定めることとした。

底設計断面における導入プレストレスには、その 2 で述べる A および B 試験体から得られた材端部の応力勾配に基づき底設計断面位置に作用するプレストレスを求め、さらに同試験体から得られたばらつき 15% を考慮した値を採用する（低減係数 0.59）。この値にさらに有効係数 0.80 を乗じて、底設計断面における有効プレストレスとした。

なお、試作および実際の PC 底に使用する PC 鋼より線には、付着力に優れるインデント PC 鋼より線を使用している。

## 6 断面設計

各外力における部材の応力度が、クライテリアを満足することを確認する。

### 6.1 設計用断面力

底の元端及び立上部の断面力は、片持ち底元端の単位幅の曲げモーメントおよびせん断力で評価する。設計用断面力は、単位幅あたりの曲げモーメント（せん断力）を基本とし、スパン、形状、ファスナーの位置等を考慮して算出した応力集中倍率を乗じる。応力集中倍率を表 3 に示す。応力集中倍率算出は FEM 解析結果により行ったが、ここではその詳細については割愛する。

表 3 応力集中倍率

底部	1.05
立上部	1.40

各外力による設計用断面力を表 4 に示す。地震荷重時（稀）については、同じクライテリアの風荷重時の方が断面力が大きいと割愛する。

表 4 設計用断面力

		長期	風荷重時 (200年再現)	地震荷重時 (極稀)
底 部	曲げモーメント (kN・m)	4.99	7.81	12.87
	軸力 (kN)	9.28	9.28	27.85
立 上 部	曲げモーメント (kN・m)	6.50	10.11	16.60
	軸力 (kN)	9.28	9.28	27.85

### 6.2 断面検定

設計用縁応力度とクライテリアを表 5 に示す。ここで、表 5 の数字は、引張を正值、圧縮を負値で表しており、「(上側)」は、外力による縁応力が引張となる側を示している。また、「プレストレス (上側)」は底設計断面の上縁の設計用のプレストレスを示し、当該部の有効プレストレスに、繰返し曲げの影響による低減係数を 0.9 として乗じた値とする。底部、立上部とも、いずれの外力レベルにおいても、ひび割れに関するクライテリアを満足している。

表 5 設計用縁応力度とクライテリア (N/mm<sup>2</sup>)

		長期	風荷重時 (200年再現)	地震荷重時 (極稀)
底 部	外力による縁応力度(上側)	1.33	2.08	3.43
	プレストレス(上側)	-2.36	-2.36	-2.36
	設計用縁応力度(上側)	-1.03	-0.28	1.07
	縁応力度のクライテリア	0.00	0.00	3.27
立 上 部	設計用縁応力度(引張側)	1.02	1.56	2.63
	縁応力度のクライテリア	4.34	4.34	4.34

立上部の引張鉄筋に関する断面検定の結果を表 6 に示す。検定比の最大値は 0.75 で 1.0 以下となっており、構造安全性を確保出来ている。

表 6 立上部断面検定 (引張鉄筋)

	長期	風荷重時 (200年再現)	地震荷重時 (極稀)
必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	278	286	534
設計鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	710	710	710
検定比	0.39	0.40	0.75

## 7. まとめ

本論（その 1）では、超高層建築物における外装材に使用したプレテンション方式の PC 底に関して、耐震目標性能、構造概要および断面設計内容を報告した。とくに断面設計における以下の配慮について詳述した。

- ・支持方法が 4 点支持となるため、応力集中倍率を FEM 解析により算出し、応力分布を適切に考慮した断面検定を行った。
- ・底設計断面において定着長さを十分に確保できていないことから、低減したプレストレスを用いて、断面検定を行った。

プレストレスの低減係数を求める際に参照した PC 鋼より線の材端部の応力勾配導出のための PC 平板の試作については、その 2 で詳しく述べる。

\*株式会社 山下設計 構造設計部

\*\* 大林組構造設計部・博士 (工学)

\*\*\*森ビル株式会社 設計部

\* Yamashita Sekkei Inc. Structural Design Dept

\*\* Structural Eng. Dept., Obayashi Corporation, Dr. Eng.

\*\*\* Mori Building Co., LTD. Architectural Design Department