

PCaPC 建築物の構造特性について

技術本部 建築技術部

1. はじめに

最近、PCaPC 造による中高層或いは超高層建築物がよく計画されるようになった。PCaPC 建築を進める狙いは、施工の省力化、構造躯体の耐久性、および PC 特有の力学的特性である常時における優れた耐荷性能を活かすことを目的としている。しかしながら、建築構造における PC 特有の力学的特性には、幾つか力学上の改良点があることも事実である。それは、①復元力が極めて高く部材変形に伴う履歴エネルギーの消費が小さい、②部材の各変形域における挙動が弾性的で高次振動モードによる応答の影響を受けやすい、③架構の周期特性が鉄骨造並みに長い、および④地震動時における応答変形が幾らか大きくなる、等が挙げられる。これら幾つかの改良点を克服して計画された PCaPC 建築物を参考にその構造特性について報告する。

2. 地震動と建物の性能

PCaPC 建築物は、他構法(例えば、S, SRC および RC)に較べて、その耐震性能が決して劣る訳ではない。しかし、地震動時における PCaPC 架構の応答性状を改善する方法として、免・制震システム或いは高次モードの応答を効果的に抑制できる耐震システムが必要と考えられる。これは、令で定める極めて稀に発生する地震動に対して、超高層建築物で一般に設定される目標性能に左右されるためである。令で定める稀に発生する地震動に対する建物の性能は、建物の仕上げ、設備、および構造に使用上の損傷を受けないことが条件とされる。これは、建物の供用期間中に1度以上遭遇すると考えられ、極めて稀に発生する地震動の 1/5 の強さに規定されている。このため、全ての構法が満足できる性能基準である。一方、極めて稀に発生する地震動は、供用期間中、1度は遭遇する可能性が考えられる強さで、一般の建物は人命尊重を最優先に倒壊や崩壊に至らない性能が求められる。超高層建築物の場合、巨大資本の投下と共に社会資本としての重要性が増すことで国土交通大臣が定める技術基準に基づく対地震動の検証が義務づけられ、その妥当性は国土交通大臣認定により行われる。超高層建築物の大地震動に対する構造性能は、人命の尊重と倒壊や崩壊回避は勿論のこと、例え地震に遭遇しても僅かな補修で再使用可能な損傷レベルに目標設定される。この目標性能が中高層建築分野にまで拡大され、PCaPC 架構自体の損傷に問題はないが、使用上の目標性能確保は困難と云える。表-1 および図-1 に、令に基づく建告第 1461 号で規定される開放工学的基盤における極めて稀に発生する地震動とその加速度応答スペクトルを示す。

表-1 建告第 1461 号に規定する地震動

周期(sec)	加速度応答スペクトル(m/sec ²)
$T < 0.16$	$(3.2+30T)Z$
$0.16 \leq T < 0.64$	8Z
$0.64 \leq T$	$(5.12/T)Z$

※この表において、T 及び Z は、それぞれ建築物の周期(単位秒)及び令第 81 条第 1 項に規定する Z の数値を表す。

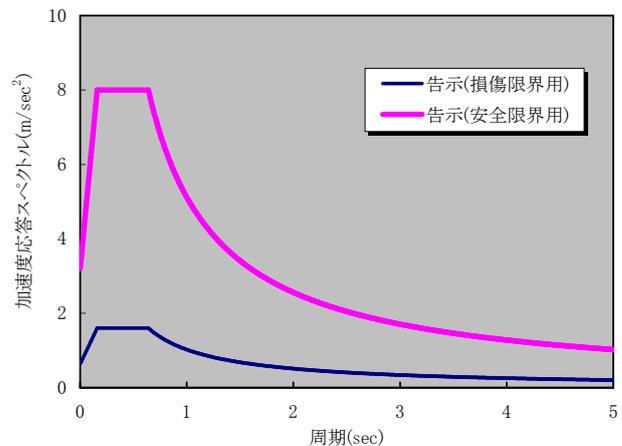


図-1 加速度応答スペクトル

3. PCaPC 架構

PCaPC 架構は、常時の優れた特性とは別に対地震動で改良したい特性を持つ構法である。このため、PCaPC 中高層或いは超高層では、PC 特有の特性から地震動対策が極めて重要課題となる。架構の地震応答制御の手段として、一般に免・制震システム或いは耐震システムが考えられる。PCaPC 架構に対する各地震応答対策について報告する。

(1) PCaPC 免震架構

PC 免震架構は、対地震動で改良を加えたい特性を補い、非線形弾性挙動を利用した構法と云える。即ち、建物への地震入力エネルギーを長周期化した免震システムで消費させ、対地震安全性を図ったものである。このため、免震建物が大地震に遭遇しても使用上の損傷を受けることは考えにくく、その耐久性は構成する材料の耐久性に直接依存すると考えられる。一方、効率よく免震を適用できる建物は、構造の周期が短いものに限られ、弾性 1 次周期が現状のシステムを利用する限り最大 2.5 秒程度の建物が可能となる。また、周期特性とは別に搭状比も 5 程度が限度になる。最近、実施された PCaPC 超高層免震建物の概要を図-2 に示す。

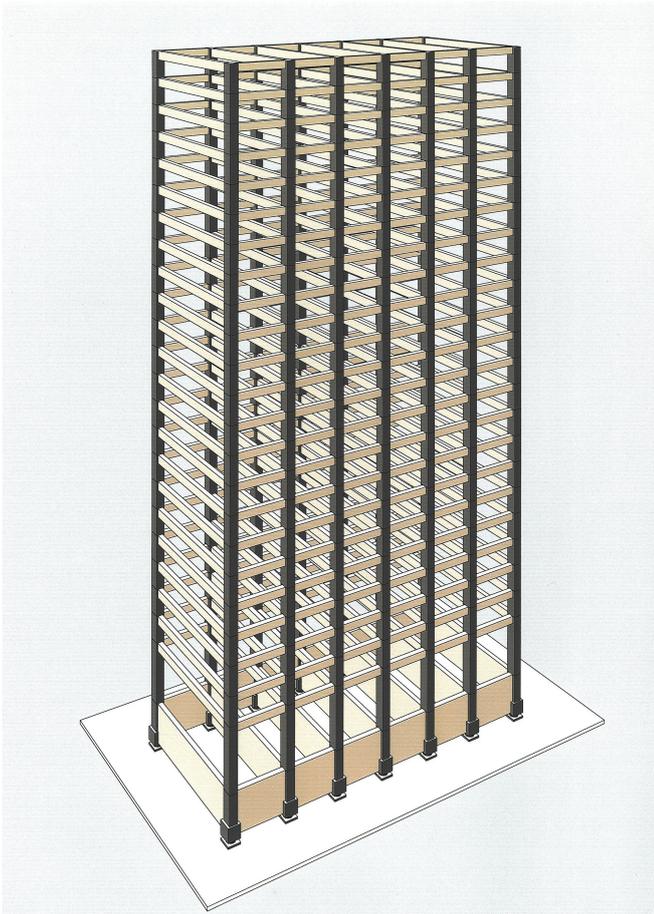


図-2 構造概要(海老名 C 街区)

(2) PCaPC 制震架構

PCaPC 制震架構は改良を加えたい PC の特性を制震ダンパにより補うもので、その特性は耐震構造の延長線にある。制震架構の対地震応答はダンパが消費する履歴エネルギー量に依存し、システムは一般にパッシブ型を指す。制震ダンパを大別すると、履歴型、粘性型および粘弾性型に分けられる。履歴型は鉛棒や低降伏点鋼材を架構に取り入れ、架構より先に降伏させて履歴エネルギーの消費させるシステムである。粘性型は、オイルダンパに代表され、減衰は架構の変形速度に依存する。粘弾性型は、幾らか付加剛性を伴う速度依存型のシステムを云える。履歴型ダンパを用いた PCaPC 制震架構を図-3 に示す。

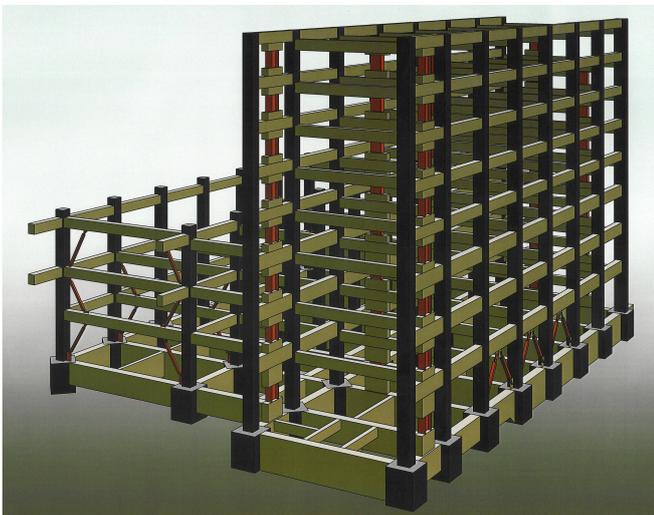


図-3 PCaPC 制震架構(立教大学新座 campus)

(3) PCaPC 耐震架構

従来より実施されてきた PCaPC 架構の殆どが耐震架構である。多くが低層建物で、一定水平耐力の付与で対地震動に備えているが、応答制御は特に行っていない。振動特性が地震応答に影響を及ぼす中高層或いは超高層建物においては、耐震システムの併用が避けられない。ただし、中高層架構については、高次モードの応答を考慮した水平耐力と剛性を付与することで地震応答変形を改善できる。超高層架構は、制震ダンパ以外で、制震壁、連層耐力壁および連層コア壁、等の配置が有効な手段となる。最近計画された連層コア壁付き超高層 PCaPC 架構を図-4 に示す。

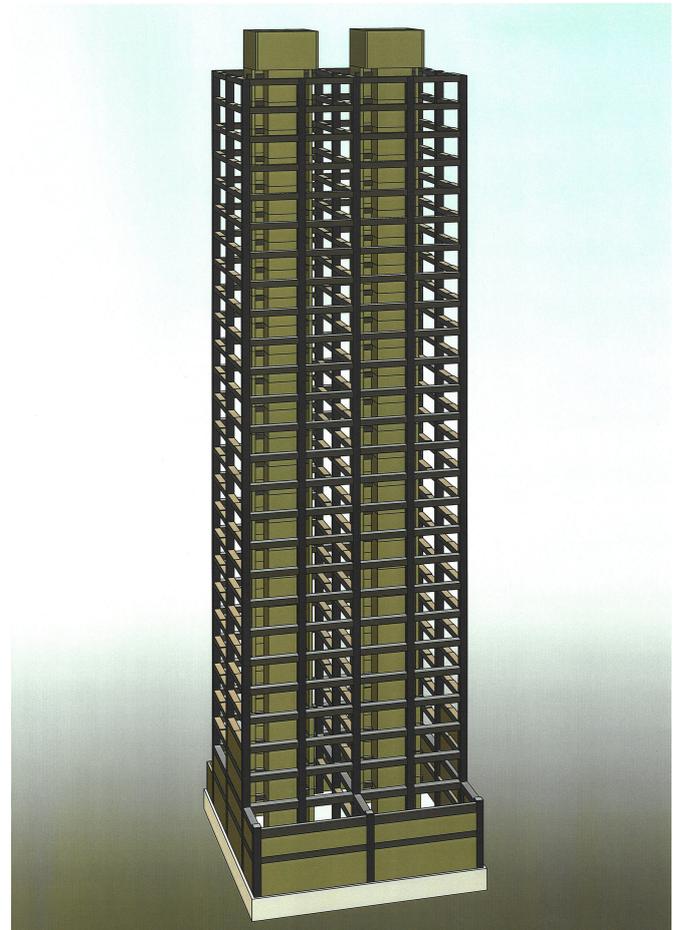


図-4 PCaPC コア壁付き架構

4. おわりに

PCaPC 建築構造分野で長年に亘る開発研究或いは技術開発に取り組み、各開発より得た知見を基に種々の建築構造に挑戦を試みてきた。その結果、数は少ないが幾つかを実現することができた。建築構造の将来を視たとき、各構法とも生き残りを賭けた開発研究が進められるであろう。PCaPC は、今、極く普通の建築構造として他構法と競争できる環境が十分整ってきたと感じられる。本報告が、PC に携わる技術者各位の一助になれば幸いである。

Key words : 履歴エネルギー, 復元力, 振動モード, 応答変形