

CFT 造超高層建築物の構造計画に関する研究

－その 1 設計資料の調査－

日大生産工(院) ○内藤哲也

日大生産工 藤本利昭

1. はじめに

コンクリート充填鋼管(以下, CFT)構造は, 近年その優れた性能から, 超高層建築物を中心に実施例が増加している。しかしながら, その超高層建築物を設計する際に参考となる資料は, 鉄筋コンクリート(RC)構造, 鉄骨(S)構造, 鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)構造等に関しては, 文献 1)～3)において整理されているものの, 比較的歴史の浅い CFT 構造に関しては, まとまった資料が整っていないのが現状である。

そこで本研究では, 超高層建築物に適用事例が増加している CFT 構造の構造計画について設計資料を基にデータベース化し分析を行った。

いるが, 近年は, ほとんどの建物が制震構造で設計されており, 全体の約 7 割を占めている。また, 免震構造(超高層免震)の建物は, 2005 年頃から設計されるようになっている。

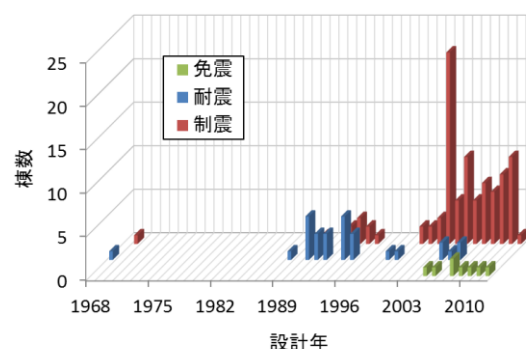


図-1 構造種別の推移

2. 分析方法

CFT 構造の超高層建築物のデータベースに収集したデータは, 日本建築センター発行の「ビルディングレター」に掲載されている性能評価シート, 日本総合試験所発行の「GBRC」に掲載されている性能評価シートを基にしたデータである。これらの文献を調査した結果, 本分析に使用した CFT 構造超高層建築物は, 1968 年から 2012 年までのシートに記載されている 148 棟である。

3. 構造計画の年代別推移

3.1 耐震設計における構造分類

図-1 に耐震設計に関する構造の分類(耐震, 制震, 免震)による設計棟数の推移を示す。1980 年代後半から 1990 年代には耐震構造が多くなって

3.2 地上階階数

地上階階数の推移を図-2 に示す。地上階階数は, 1968 年に設計された「静岡放送ビル」の 17 階建てに始まり, 1988 年には 30 階を超える建築物が設計されている。1995 年には調査した建物の中で最も階数の多い 54 階建ての「大川端リバーシティ 21」が設計されており, この約 27 年間でおよそ 3 倍程度の階数の建築物が設計されるようになったことがわかる。また, 各年の階数の平均値は, 20 階から 30 階程度となっている。構造別では, 耐震構造の平均の階数は 21 階, 制震構造は 26 階であり制震構造の方が高くなっているが, これは, 制震構造の建物の設計年が耐震構

造より新しいことが影響している。また、免震構造の平均は20階であった。

3.3 基準階階高

図-3 に基準階階高の推移を示す。1996 年以前の基準階の階高は、ほぼ4m以下であった。しかし、2002 年以降は階高が4mを超える建物が多く設計され、全体の約8割を占めている。各年の平均値は増加傾向にあり、特に制震構造では、設計年が新しいためであると考えられるが、4mを下回る建物が少なく、ほとんどの建物が4m以上で設計されており、平均値も4.2mと耐震構造の3.7mに比べ高くなっている。

3.4 塔状比

建築物の立体的な形状を表す値として塔状比に着目した。図-4 に塔状比の推移を示す。塔状比は、建物高さ（軒高）を基準階の短辺方向の建物幅で除した値とした。図-4 より、塔状比は、4を下回る建物が多い。これは、一般的に塔状比が4を超える場合、地震時の建物の転倒に対する検討が必要とされることが影響しているものと推察される。しかしながら、2000 年以降では4を超える建物も多くなっており、2006 年には最大値である5.8の建築物「西梅田プロジェクト ブリーゼタワー」が設計されている。また、塔状比が4を超える建物の約85%は制震構造であり、制震構造の塔状比は、耐震構造に比べて大きい傾向がみられ、制震構造の平均値は3.13で、耐震構造の平均値は2.84である。このことは、何かしらの制震装置を組み込むことによって、転倒モーメントを抑制する方法が取られているものと考えられる。

3.5 基準階面積

基準階床面積の推移を図-5 に示す。約620㎡に始まり最大約7000㎡の建築物も1990年に設計されている。基準階床面積が最大の建物は、「小倉駅前東地区第一種市街地再開発事業」である。

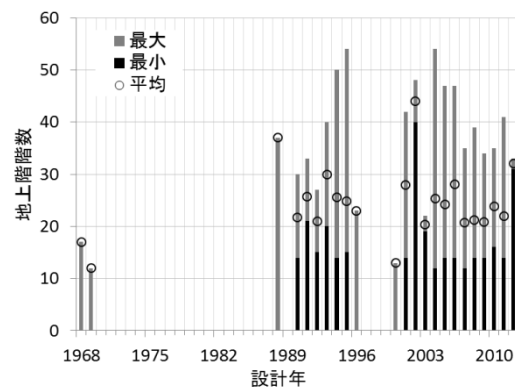


図-2 地上階階数の推移

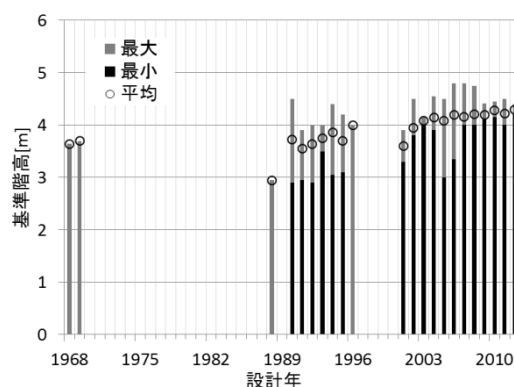


図-3 基準階階高の推移

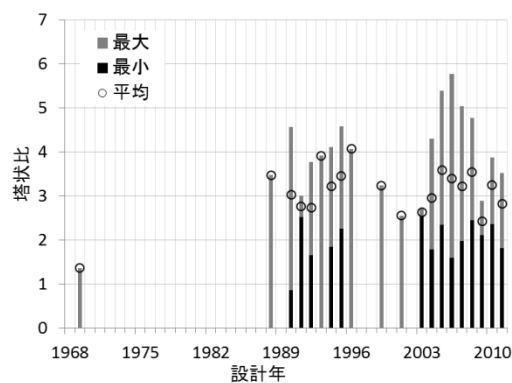


図-4 塔状比の推移

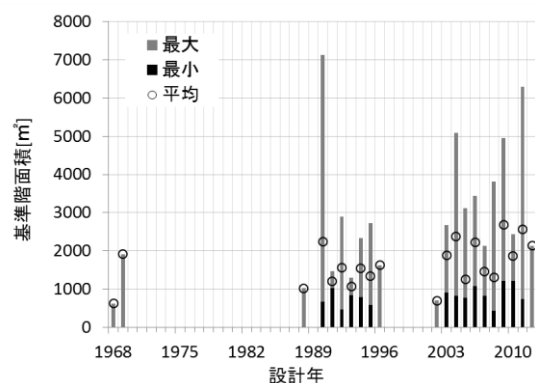


図-5 基準階面積の推移

基準階面積の平均値は約 2000 m²であり、設計年代による傾向はみられない。制震構造の平均値は他の構造よりも、500 m²程度大きい。

4. 考察

4.1 塔状比と地上階階数の関係

図-6 に塔状比と地上階階数の関係を示す。耐震構造、制震構造、免震構造とも階数が大きくなるにつれて、塔状比が大きくなる傾向がある。図-7 に基準階面積と地上階階数の関係を示すが、地上階階数が増加しても基準階の床面積にそれほど変化がみられないためであると推測できる。また、制震構造は耐震構造に比べて、塔状比の大きい建築物に採用されている。これは、制震構造が耐震構造より比較的高層で採用されていることや、制震装置の効果によるものと考えられる。なお、免震構造は、塔状比の大きい建物(スレンダーな建物)には適さないように考えられるが、塔状比が5を超える建物「代々木ゼミナール本部校代ゼミタワー」もあり、興味深い結果となった。

4.2 固有周期

固有周期は建築物の振動特性を考える上で重要な項目である。図-8 に一次固有周期(T1:sec)の長辺方向と軒高(H:m)の関係、図-9 に一次固有周期(T1:sec)の短辺方向と軒高(H:m)の関係を示す。T1 は建物設計時の固有値解析により得られた値とし、免震構造に関しては、基礎固定時の周期を示している。一般的に CFT 構造では、鉄骨造と同様に一次固有周期の略算値として $T1 = 0.03H$ が用いられているが⁵⁾、固有値解析による値では、これよりも短い周期の建物が多い。平均値は、長辺方向が $T1 = 0.0253H$ 、短辺方向が $T1 = 0.0265H$ であり、ほとんどの建物が $T1 = 0.02H \sim 0.03H$ の間に位置している。

図-10 に一次固有周期(T1:sec)と地上階階数の関係を示す。なお、T1 は建築物の長辺、短辺方向の一次固有周期の平均値としている。平均値は $T1 = 0.1099N$ でありほとんどの点が $T1 = 0.06N \sim$

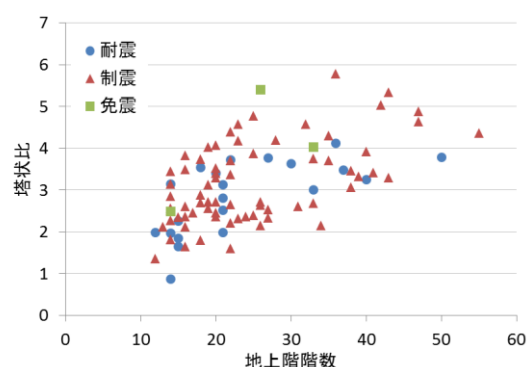


図-6 塔状比と地上階階数の関係

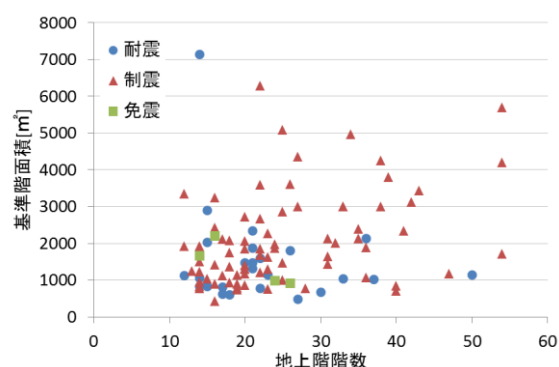


図-7 基準階面積と地上階階数の関係

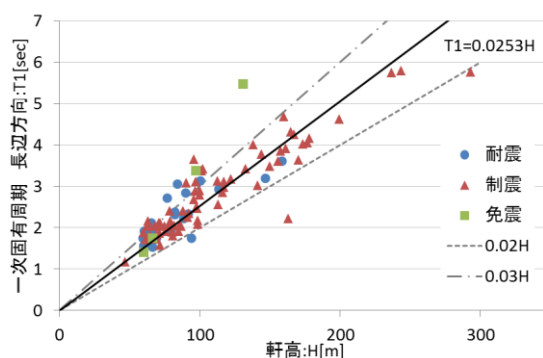


図-8 一次固有周期(長辺方向)と軒高の関係

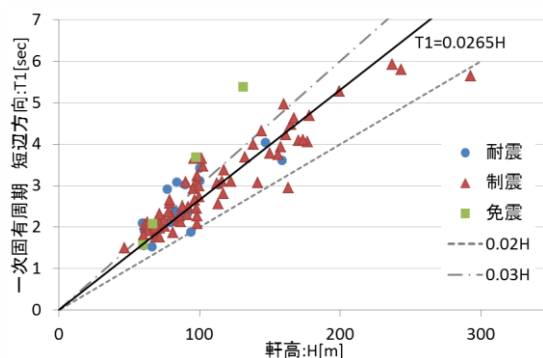


図-9 一次固有周期(短辺方向)と軒高の関係

0.15N の間にプロットされている。文献 4) の CFT 構造の平均値は $T1=0.116N$ であり本研究と同等の値であった。

4.3 設計用ベースシア係数

建物の損傷限界耐力を示す値として設計用ベースシア係数に着目する。図-11 に地震力算定時の地域係数 Z が 1.0 の建物を抽出して設計用ベースシア係数 (C_B) と一次固有周期 ($T1$:sec) の関係を示す。設計用ベースシア係数は、耐震設計における許容応力度設計に用いる静的地震力の値である。なお、 C_B と $T1$ は建築物の X, Y 方向の値の平均値を用いた。平均的に S 造は $C_B=0.30/T1$ で設計されていることが文献 5) で示されている。本研究では $C_B=0.268/T1$ となり、S 造に近い値となることが明らかになった。また、日本建築学会高層建築技術指針の下限式 $C_B=0.18/T1$ による値に比べて、大きい事例が多い。図-12 には、地震力算定時の地域係数 Z が 0.9, 0.8 の建物の設計用ベースシア係数 (C_B) と一次固有周期 ($T1$:sec) の関係を示す。地域係数 Z が 0.8, 0.9 の建物においても、固有周期とベースシア係数との関係は、 $Z=1$ の場合とほぼ同様であり、また耐震構造、制震構造による差異も認められなかった。

5. 結論

CFT造超高層建築物の適用事例を基に、構造計画について分析を行った結果、以下の知見を得た。

- ・約 7 割が制震構造による建築物である。
- ・地上階階数・建物高さ・基準階階高ともに年々増加傾向にあり高層化している。
- ・塔状比は、4 以下の建築物が多い。
- ・一次固有周期 ($T1$) と軒高 (H) の関係の値は、ほとんどの建物が $T1=0.02H\sim0.03H$ の間に位置している。
- ・設計用ベースシア係数 (C_B) と一次固有周期 ($T1$) の関係は、 $C_B=0.268/T1$ となり鉄骨造の値と近くなった。

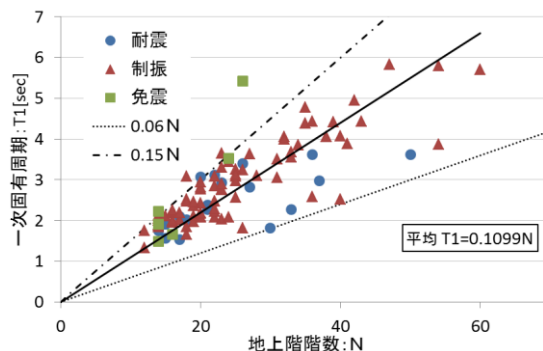


図-10 一次固有周期と地上階階数の関係

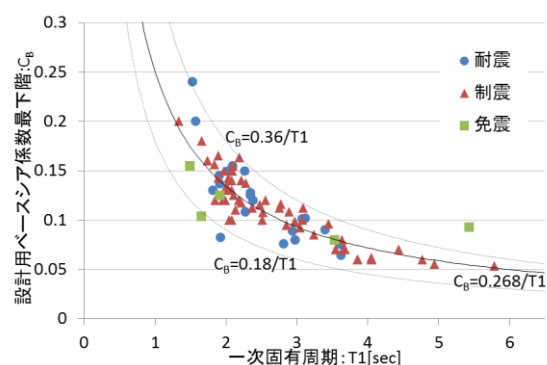


図-11 設計用ベースシア係数と一次固有周期の関係 ($Z=1.0$)

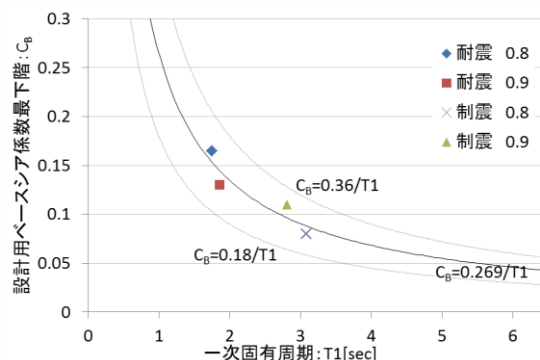


図-12 設計用ベースシア係数と一次固有周期の関係 ($Z=0.9, 0.8$)

参考文献

- 1) 江田拓也, 五百井壮, 栗本耕太郎, 秋田知芳, 和泉信之: 既存超高層RC造建築物の構造特性に関する研究 (その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), 2010.9
- 2) 助村浩太郎, 佐藤大樹, 大下優作, 北村春幸, 長江拓也, 佐野剛志: 性能評価シートによる既存超高層鋼構造建物の耐震性能評価 (その1) 年代・地区に着目した既存建物の耐震性能分析, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2010
- 3) 野路利幸, 山中久幸, 山岸邦彰, 有松重雄, 小田稔: 超高層住宅の構造設計情報の調査・分析, 日本建築学会北陸支部研究報告集 第50号, 2007.7
- 4) コンクリート充填鋼管構造設計ガイドブック, 2012
- 5) 日本建築センター: 高層建築物の構造設計実務, 2002