

CFT 造超高層建築物の構造計画に関する研究

—その2 構造計画の分析—

日大生産工(院) ○内藤哲也

日大生産工 藤本利昭

1. はじめに

前報(その1)¹⁾では、超高層建築物に適用事例が増加しているCFT構造の設計資料を基にデータベース化し分析を行った。

本報では、最新の性能評価データを追加したCFT造超高層建築物の設計データを示すとともに、主に柱の構造形式に着目して分析した結果について報告する。

2. 対象建築物

作成したCFT造超高層建築物のデータベースは、日本建築センター発行の「ビルディングレター」、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。(その1)では、1968年から2011年までの建物148棟を対象としていたが、本報では2012年以降の11棟を追加した159棟を対象とした。なお、新たな建物を追加したことによる(その1)で示した傾向に差異は認められなかった。

3. 設計データ及び考察

3.1 設計棟数の推移

図1にCFT造超高層建築物の設計棟数の推移を示す。CFT造超高層建築物は、1988年以降に増加し、1990年から1995年までに、年間5棟前後の設計がなされている。その後、兵庫県南部地震や建築基準法改正により設計棟数は減少したが、2004年以降に増加傾向がみられ現在に至っている。

3.2 建物の主要用途

図2にCFT造超高層建築物の主要用途の割合を示す。事務所が58%と最も高く、他の用途との複合も含めた事務所関連の建物は全体の75%に上る。新都市ハウジング協会が実施した中低層建物も含むCFT造施工実績調査結果²⁾では、事務所が主要用途の建物は43.3%と示されていることから、超高層になると事務所の割合が高くなることが明らかになった。

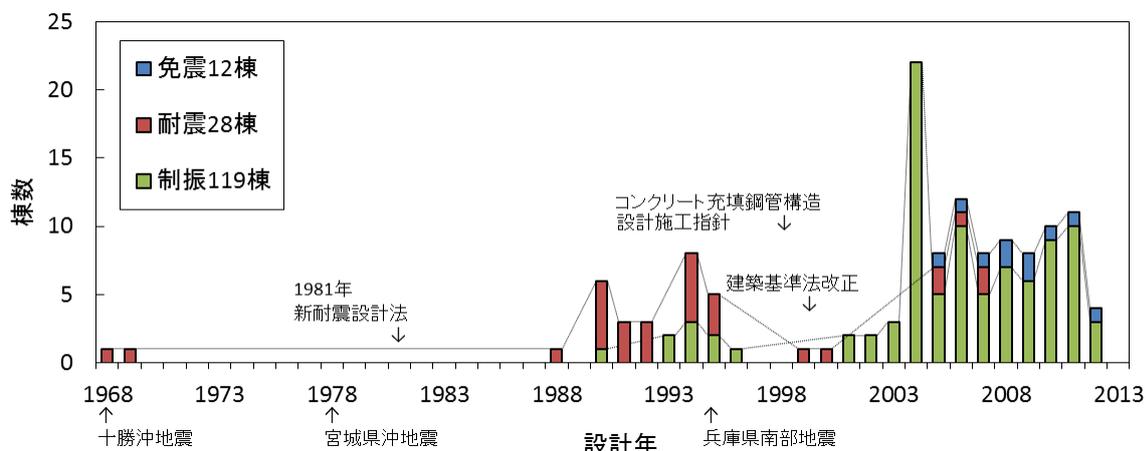


図1 CFT造超高層建築物の設計データ

Study on Structural Design of High Rise CFT Buildings
—Part.2 Analysis of Structural Design—

Tetsuya NAITO and Toshiaki FUJIMOTO

3.3 柱の構造計画

3.3.1 断面形状

各建物に採用されているCFT柱の断面形状の棟数の割合を図3に示す。角形断面を用いた建物が60%と最も多く、円形断面を用いた建物が14%、角形断面と円形断面を併用した建物が26%となっている。CFT柱の構造性能上は、角形断面に比べ円形断面を使用した方が優れていることは周知の事実ではあるが、見付け幅が同じ場合、角形と円形では、角形断面の性能が高くなることや、建物の納まりなどから角形断面が多く使用されているものと考えられる。また、角形断面を用いている建物の内、長方形断面柱を適用している建物が7棟あり、そのほとんどが内柱として採用されている。一方円形断面は、柱のスパンが広い部分、低層階の吹き抜け部分、平面形状が整形でなく架構が直交しない部分などに使用されている事例が多い。これは構造性能上、意匠上、施工上の要求から、適用されているものと考えられる。

柱断面形状の設計年代別の推移を図4に示す。近年では角形断面と円形断面を併用した建物が多くなる傾向があり、1つの建物で平面的にも要求性能にあった断面を適材適所に採用する計画がなされているものと推察される。

3.3.2 使用鋼種及び材料強度

図5に使用鋼種の年代別推移を示す。使用鋼材は、新鋼材の開発や建築基準法の改正により変化している。円形断面では、当初STK材が用いられていたが、2002年以降STKN材に代わっている。角形断面では、当初はSM材を用いた溶接四面BOX柱が主に用いられていたが、1990年にはTMCP鋼が使われるようになり、1994年にはSN鋼の使用が増加している。2004年には強度の高いSA材も適用されるようになっているが、現在でもSM材は使用されている。また角形断面では、2004年以降、冷間成形角形鋼管（BCP、BCR等）が採用されるようになり、近年では溶接四面BOXと冷間成形角形鋼管の割合がほぼ同数になっている。

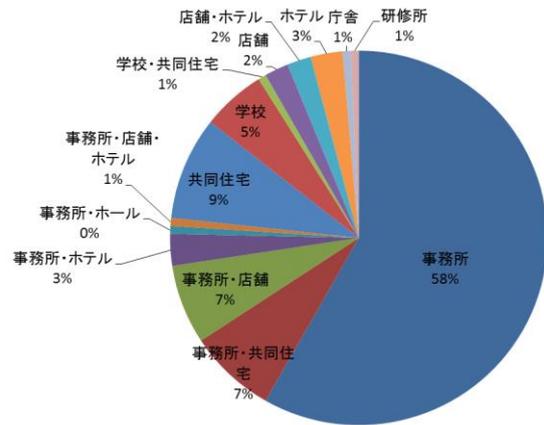


図2 建物の主要用途

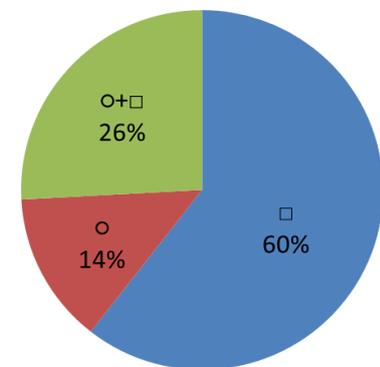


図3 柱断面形状

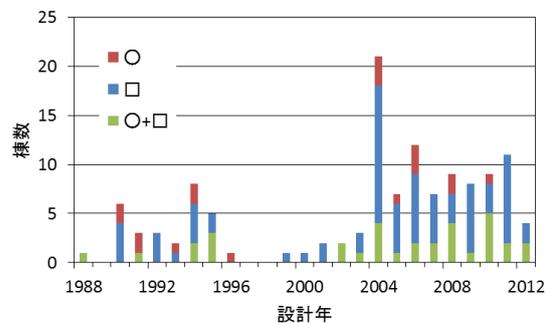


図4 柱断面形状の推移

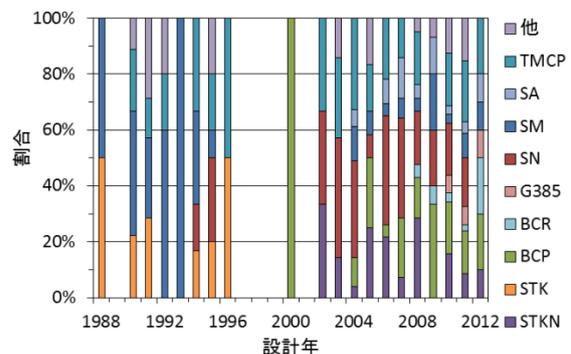


図5 使用鋼種の年代別推移

図6に鋼材の基準強度 F 値の経年変化を示す。2008 年頃までは、325N/mm² 級が半数以上を占めていたが、近年は 385N/mm² 級や 440N/mm² 級を使用する割合が増加しており、鋼管の高強度化が進んでいることがわかる。

3.3.3 柱の最大径（せい）と板厚の関係

図7にCFT柱の断面寸法と板厚の最大値の関係を示す。ほとんどの建物の柱の最大径が700～1200mmの範囲にあり、径が大きくなると板厚も厚くなる傾向が認められる。板厚の最大値は名古屋ミッドランドスクエアに使用された95mmである。また断面径の最大値は、2200mmであり、丸の内パークビルの吹き抜け部分に用いられている。

3.3.4 コンクリート強度と F 値の関係

図8に各建物のコンクリート設計基準強度の最大値と鋼材の基準強度 F 値との関係を示す。コンクリート強度が50N/mm²近傍では、F 値の範囲は幅広く適用されているが、コンクリートが高強度化すると F 値の高い鋼材が用いられる傾向がある。

3.4 建物高さ方向の構造計画

3.4.1 軒高の推移

軒高(建物高さ)の推移を図9に示す。軒高は、1968年に設計された「静岡放送ビル」の65.5mに始まり、1994年には150mを超える建物が設計されている。2012年には調査した建物の中で最も高い247mの「虎ノ門ヒルズ」が設計されており、年々増加傾向にある。

3.4.2 地下階の有無

調査したCFT造超高層建物うち、地下階の無い建物は、僅か6棟であり、全体の96%の建物が地下階を有していることがわかった。それら建物の地下階の構造はSRC造であり、地上階と地下階で構造形式の切り替えがなされていることがわかる。構造形式の切り替え部の設計は、文献3)などを参考に設計者によって様々な工夫がなされているものと考えられるが、詳細な資料は少ない。

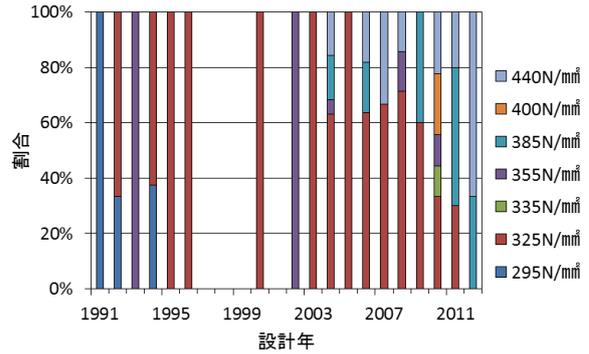


図6 F 値の年代別推移

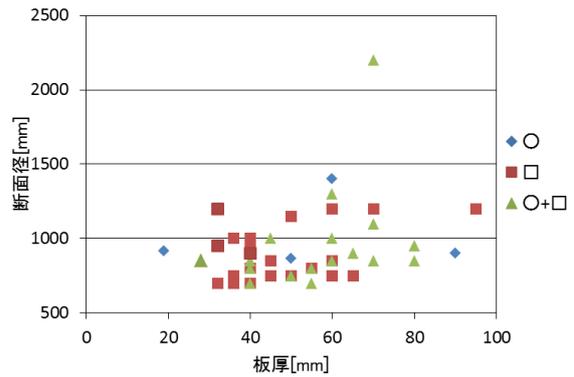


図7 板厚と断面径の関係

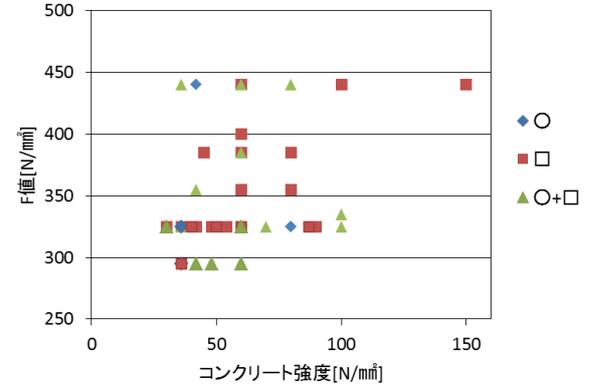


図8 コンクリート強度と F 値の関係

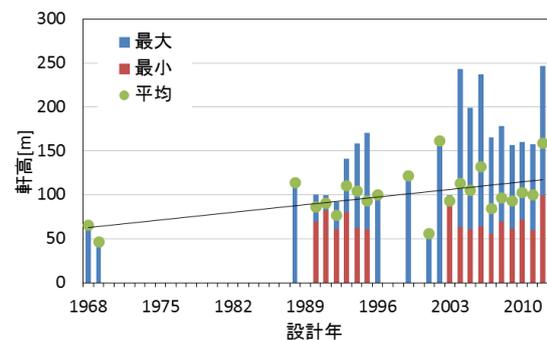


図9 軒高の年代別推移

3.4.3 CFT の階数

図10に建物の地上階階数と地上階の内CFT柱が使用されている階数との関係を示す。全体の72%の建物が地上階の柱が全てCFT柱であり、ほとんどの建物ではCFT柱の階数の比率が地上階階数の3/4以上となっている。

CFT柱の割合が最も少ない建物は、東京の恵比寿駅ビルであり、下層2階部分のみをCFT柱としている。これは、建物の性格上線路を2階部分に抱き込む形となっているため階高が高いことから、剛性確保の目的で適用されているものと考えられる。

3.4.4 固有周期

図11に一次固有周期(T_1 :sec)と軒高(H)の関係を示す。なお、 T_1 は建物の長辺、短辺方向の一次固有周期の平均値としている。地上階の柱が全てCFT柱の建物、一部の柱がCFT柱の建物ともに、文献4)の $T_1=0.0256H$ とほぼ同等の値となり、差異は認められなかった。

図12にCFT造超高層建築物の固有周期比を示す。一次固有周期 T_1 に対する二次固有周期 T_2 の比(固有周期比)は、構造形式による差異はなく0.39となった。連続体の振動において、せん断棒は $T_2/T_1=1/3$ 、曲げ棒は $T_2/T_1=1/9$ であることから⁵⁾、CFT造超高層建築物は、せん断型の振動系モデルとして評価されていることが分かった。

4. まとめ

超高層CFT造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。

- ・ 新材料の開発に伴い、使用鋼材は変化し、高強度化している。
- ・ 一次固有周期と軒高の関係の値は、地上階のCFT柱の比率に関わらず、ほとんど等しい値となる。
- ・ CFT造超高層建築物は、せん断型の振動系モデルとして評価されている。

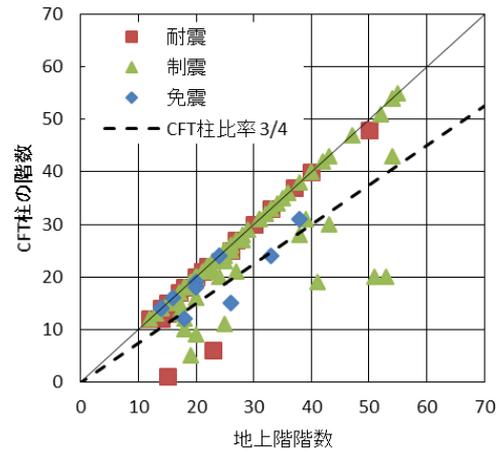


図10 CFT柱の階数の比率

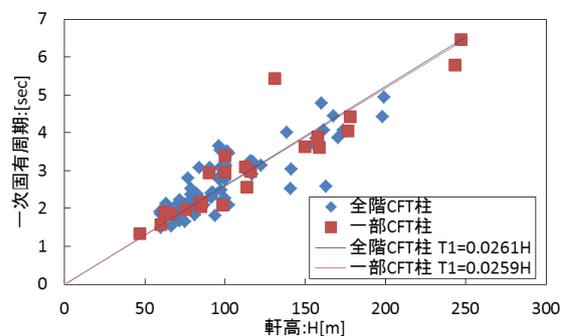


図11 一次固有周期と軒高の関係

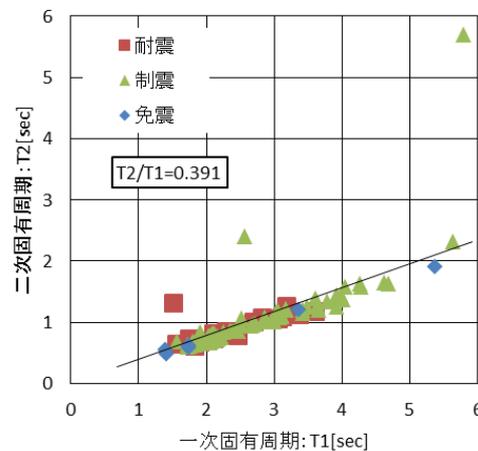


図12 固有周期比

<参考文献>

- 1) 内藤哲也, 藤本利昭: CFT造超高層建築物の構造計画に関する研究, 日本大学生産工学部第46回学術講演会講演概要, 2013.12
- 2) 新都市ハウジング協会: CFT造施工実績調査結果, 2014.5
- 3) 日本建築学会: コンクリート充填鋼管構造設計施工指針, 2008
- 4) 内藤哲也, 藤本利昭: 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, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, C-1分冊, p.1579-1580, 2013.9
- 5) 木村麗, 市村将太, 福島東陽, 寺本隆幸: 超高層建築物の力学的特性の調査, 日本建築学会大会学術講演便集(東北) 22433, 2000.9