

不整形超高層建物の建設時観測に基づく柱歪・振動特性変化に関する研究

その1 柱歪モニタリングの概要

正会員 西澤 崇雄^{*1}同 大野 富男^{*2}同 飛田 潤^{*3}同 福和 伸夫^{*4}同 護 雅史^{*3}同 小島 宏章^{*5}

ヘルスモニタリング 光ファイバーセンシング 不整形超高層

1.はじめに

近年不整形な建物形状を有する超高層ビルが建設されるようになってきている。建物の応力解析は、一般的な長期応力解析では、施工が段階的に行われる状況が考慮出来ないことなどにより実建物とは異なる応力状態となると考えられる。柱が傾斜している不整形超高層建物では、傾斜する柱のため推力が発生し、整形な建物と比較して実建物と解析の違いが大きくなるものと予想され、筆者らは不整形超高層ビルの実建物に施工段階から計測装置を設置し、実建物と解析の差異を確認するための実測を計画し平成19年に計測を開始した。文献1)では計測の目的と計測開始直後の状況について報告している。本報告は、この報告の続報であり、計測中の結果の概要である。

2.計測対象建物の概要

計測対象とした建物の立面図を図-1に、13階床梁伏図をそれぞれ図-2に示す。

用途：専門学校・店舗

建築面積：2,310m² 延床面積：48,993m²

階数：地上36階、地下3階、塔屋2階 建物高さ：GL + 170.0m

構造：地上階 S造(柱CFT造), B1, B2階 S造(柱CFT造)

, B3階 SRC造, S造(柱CFT造), 地下外壁 RC造

地業：連続地中壁杭、場所打ちコンクリート杭

工期：2005年10月～2008年2月(2月末日竣工)

3.計測装置の概要

計測装置は光ファイバーによる構造物の変位計測システム SOFO Dynamic(以下変位計と略す)を用いゲージ長300mmの変位計を柱の部材軸方向に設置した。静的変位測定の他、0～1kHzの範囲の動的変位の計測が可能であり、分解能は静的変位の場合で2.00μm、動的変位の場合で0.01μmであり高い計測分解能を有している。計測柱位置を図-2に示す。C200番台の柱は楕円状に配置された12本の主要な垂直柱の内の13階柱の4本であり変位計を柱脚位置に設置している。C300番台の柱2本は最外周の斜め柱であり、12階柱の柱頭位置に変位計を設置している。計測対象柱はいずれもCFT柱であり、センサーは各柱位置共に鋼管の変位計測用(以後「外付」と表記)と充填コンクリートの変位計測用(以後「埋込」と表記)の2本を取り付けてある。さらに温度による変位の補正を行うために、それぞれのセンサーの至近(鋼管外側に貼付及び充填コンクリート内に設置)に熱電対を設置し鋼管及び充填コンクリートの温度を計測している。またC206柱付近にはセンサーの動的変位計測時に、比較のための地震計を設置した。

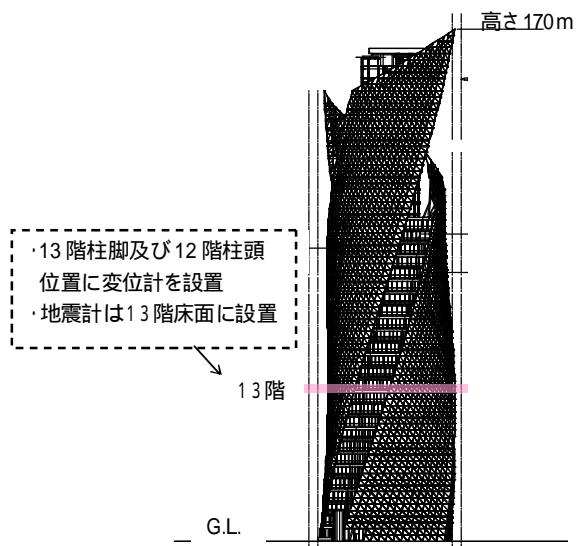


図-1 建物立面図と計測柱位置

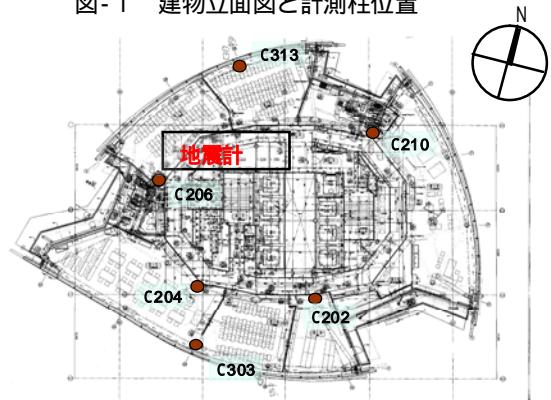


図-2 13階床梁伏図と計測柱

4.計測結果

図-3は設置当初からの温度変化及び温度変化による歪を補正し、施工の進行に伴う建物重量増加による歪成分の変化を算出し整理した結果である。温度変化は最大27度程度、歪変化は最大0.06%程度変化している。ここで鉄骨の線膨張係数を 12×10^{-6} とし温度変化を30度とした場合の鉄骨歪を計算すると0.036%となる。このことは歪の変化に対する温度変化の割合が大きく温度の影響を慎重に分析する必要があることを示している。実際に図の歪は温度補正の影響が大きく、今後さらに分析を行い数値の精度を向上させる予定である。

C200番台の柱は7年2月17日に設置を開始し、最終の計測となる7年9月28日までの約7.5ヶ月間、C300番台の柱は7年4月20日から7年9月28日までの約5.5ヶ月間の結果であ

る。7年9月28日では建物は内外装とも最上階まで取り付けほぼ完成に近い状態にある。温度変化図に着目すると、充填コンクリート内と鉄骨の温度の違いはほとんどないことが分かる。歪変化の図では施工の進行に伴う重量変化により柱歪が変化する様子が確認できる。C200番台の柱は各柱ともに類似した傾向を示しており、施工の進行に伴い鉄骨の歪と充填コンクリートの歪の違いが当初拡大するがその後違いは一定に近づくような傾向がある。但し前述の温度補正の影響を受けている可能性もあり今後さらに分析する予定である。C300番台の柱C303は上記と類似の傾向を示しているが、C313柱はやや異なる推移を示している。歪変位計から柱部材に生じている軸方向力を算定した結果を、設計で想定した柱軸力と比較して表-1に示す。経時変化に伴う充填コンクリートのヤング係数変化は実験等を参考に仮定していること、変位計が温度に敏感に反応しこれに関する十分な分析が出来ていないことから数値は参考としてみるべきであるが算定した軸力は設計値のオーダーをはずしておらず、またC313柱は設計値との比率が他の柱と大きく異なっている。

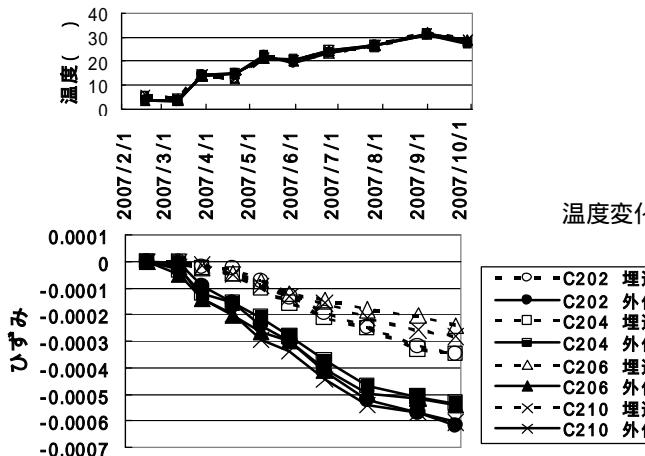


表-1 建物の施工状況(9月28日時点)

	C200番台(13F)			C300番台(12F)		
柱部材	C202	C204	C206	C303	C313	
鉄骨	P800×25			P500×28		
鉄骨断面積(mm ²)	60868			41519		
鉄骨	205000			205000		
ヤング係数E(N/mm ²)						
鉄骨歪(070928)	0.000617	0.000530	0.000538	0.000602	0.000353	0.000162
応力(kN)	7699	6613	6713	7512	3005	1379
コンクリート断面積			441786			154830
コンクリート			38525			38525
ヤング係数E(N/mm ²)						
コンクリート歪(070928)	0.000349	0.000347	0.000238	0.000280	0.000211	0.000145
応力(kN)	5940	5906	4051	4766	1259	865
部材計測軸力合計	13639	12519	10764	12277	4263	2244
設計想定軸力(完成時)	8792	7719	6226	7892	3625	2646
計測/設計(参考値)	(1.55)	(1.62)	(1.73)	(1.56)	(1.18)	(0.85)

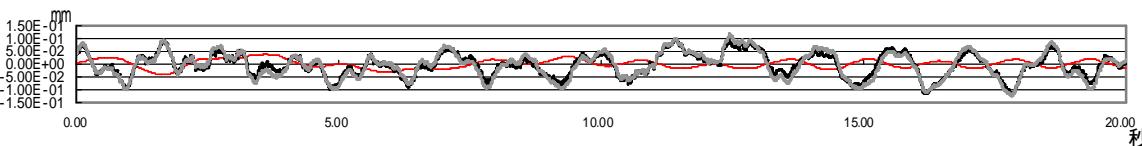


図-5 変位計と地震計の時刻歴波形

*1 日建設計 構造設計室 主管 工修
*2 日建設計 構造設計室 室長 工修
*3 名古屋大学大学院環境学研究科 教授 工博
*4 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 工博
*5 名古屋大学大学院環境学研究科 助教 工博

*1 Structural Engineering Department, NIKKEN SEKKEI, M.Eng.
*2 Structural Engineering Department, NIKKEN SEKKEI, M.Eng.
*3 Prof. Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
*4 Assoc. Prof. Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
*5 Assist. Prof. Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

変位計の動的計測の状況を確認するため、施工中の動的歪を計測し、同時計測した地震計の波形と比較した。図-5は柱C206に設置した変位計の部材軸方向変位と柱近傍に設置した地震計(加速度計)の上下方向変位時刻歴波形を示している。鉄骨と充填コンクリートの変位はほぼ同じ挙動であることが分かる。また加速度計の上下波形は変位計と逆位相で挙動している。図-4に変位計と地震計のフーリエスペクトルを示す。変位計と地震計のピークの振動数は良い一致を示していることがわかる。

5.まとめ

不整形超高層ビルの施工中の柱歪モニタリングを行った。結果CFT柱の鋼管部分と充填コンクリート部分とも施工の進行に伴う重量増により歪が増加することが確認され、算定された歪からある程度柱軸力が評価可能なことが分かった。但し歪は温度変化の影響を受けるためその補正に十分な分析が必要であり、今後の課題である。また動的な計測でも変位計が適切に挙動している状況が確認出来た。参考文献：1) 西澤崇雄ほか：不整形超高層ビルの柱歪モニタリング報告書計測の目的と概要 日本建築学会大会講演梗概集 PP83-PP84, 2007.8

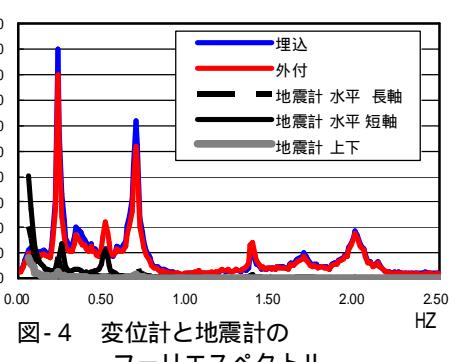
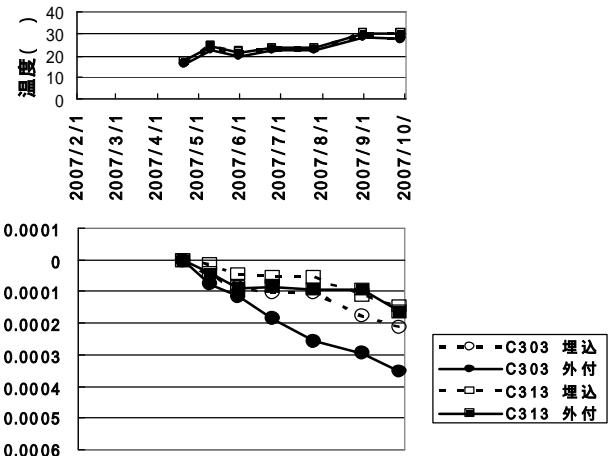


図-4 変位計と地震計のフーリエスペクトル

