

15階建てCFT柱オフィスビルの動特性の推定

その2 FEM解析モデルによる固有値解析

常時微動 FEM解析	固有振動数 CFT工法	モード解析	正会員 同 同 同	○三輪 田村 内藤 大築	正保 ^{*1} 幸雄 ^{*2} 俊一 ^{*3} 民雄 ^{*4}	同 同 同	中田 吉田 福島	信治 ^{*1} 昭仁 ^{*2} 豊 ^{*3}
---------------	----------------	-------	--------------------	-----------------------	--	-------------	----------------	---

1. はじめに

本論文では前報に引き続き CFT 構法により建設された 15 階建てのオフィスビルを鉄骨工事段階から完成時まで、4 つの建設段階において FEM 解析を行い、解析結果と測定結果^[1]を比較することにより主要構造躯体および外壁などの非構造壁の剛性に関する振動的評価を行った。

2. 解析時の建物の状況

建物の解析は、地上 11 層まで建設時の CFT へのコンクリート充填前と、充填後、地上 15 階までの躯体フレーム完成時、建物竣工時の 4 段階において測定を行った。測定時の建物の状況を図-1 に示す。測定の 1 回目、2 回目では地上 11 層までの CFT 柱へのコンクリート充填前後による振動特性の比較を行った。この時点ではまだ各階の床スラブコンクリートは打設されていない。4 回目の測定は建物の主要構造部が完成した時点で測定を行った。この時点では CFT 柱へのコンクリート充填および各階のスラブコンクリート打設は終了しており、主要構造での振動特性の確認を行った。1 回目～3 回目までの測定時には屋上にタワークレーンが設置されていた。4 回目の測定は建物の完成時に、外装材が建物に与える振動特性への影響を確認した。

3. 解析モデル

11 層時点と完成時の解析モデルを図-2 に示す。解析モデルの地上部分は CFT 柱および主要構造の鉄骨梁を部材断面に応じてモデル化した。CFT 柱へコンクリートを打設する前のモデルでは柱を鋼管とし、コンクリート打設後のモデルでは CFT 柱は鋼管部分と充填されたコンクリートを合成した柱とした。なお、11 層のモデルでは柱脚をピンとした場合と固定とした場合で比較を行った。建物が 15 階まで完成し、スラブコンクリート打設以降については、床の梁を鉄骨梁として解析したモデルと、合成梁としたモデルで比較を行った。合成梁の仮定は各種合成構造設計指針^[2]よりスパンの $1/10$ を見込んだ形とした。(図-3) 地下部分は CFT 柱および RC 壁としてモデル化した。RC 壁はシェル要素とした。また、完成時の解析モデルでは、主要構造部の剛性のみを考慮したモデルと、外壁の剛性を実測の一次モードに合わせて付加したモデルにおいて評価を行っている。外壁の非構造壁についてはバネ要素としてモデル

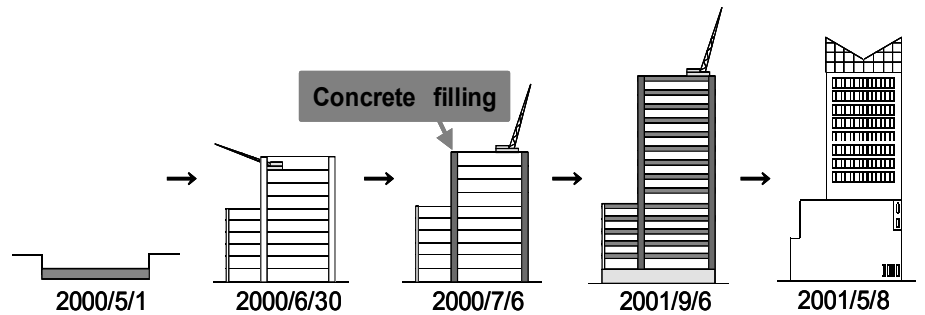


図-1：測定時の建物の状況

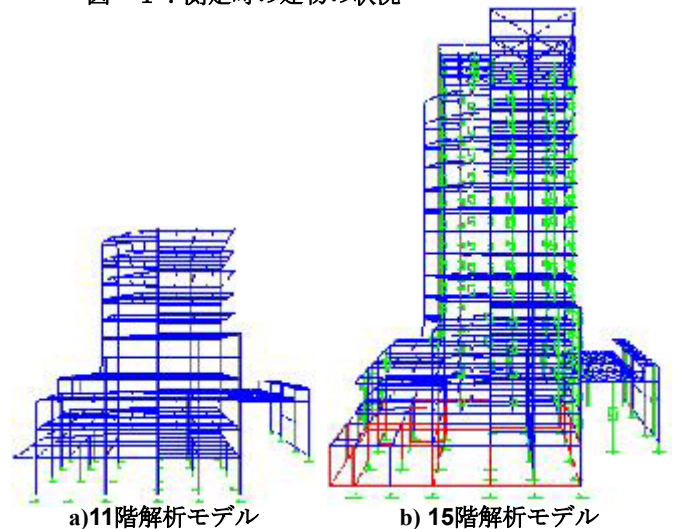


図-2：解析モデル

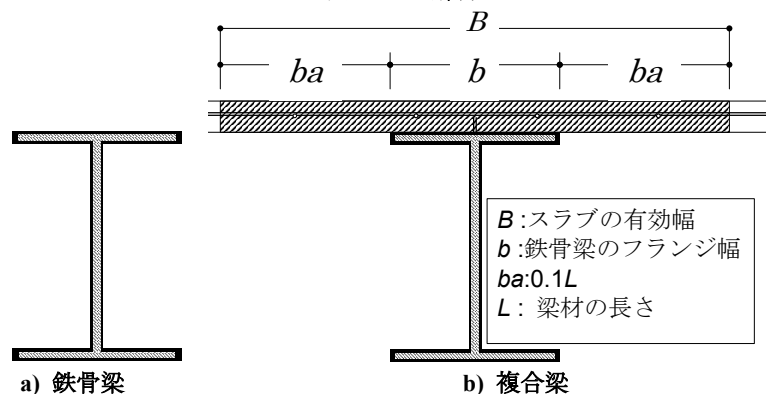


図-3：梁のモデル

化し、建物の 1 次モードの実測値と解析値が合うように調整を行うことで剛性を決めた。なお、解析ソフトには汎用構造解析プログラム SAP-2000 を用いた。

4. 解析結果

各解析結果と測定結果の一覧を表-1 に示す。測定値の周波

数分析は Frequency domain decomposition (FDD) 法^[3]を用いた。建物完成時の解析結果の各モード図を図－4に示す。11層鉄骨フレーム時のCFT柱へのコンクリート充填前後の解析では建物1階部の柱脚をピン支持とした場合と固定とした場合で解析を行った。その結果コンクリート充填前の実測値では柱脚ピンと柱脚固定の中間の値となった。これは建物の柱脚部がまだコンクリートに埋め込まれておらず、半固定状態の挙動を示していると考えられる。それに対して、コンクリート充填後では実測値は解析値で柱脚を固定した場合に近い値となった。これはコンクリートによる柱脚拘束効果によるものと考えられる。CFT柱へのコンクリート打設前後による建物の振動特性についてはコンクリート打設により固有振動数が若干下がっている。これはコンクリートによる剛性増加分より重量増加分の影響が大きいものと推測される。15層主要構造部完成時の測定についての解析では床梁を鉄骨梁として計算を行った場合、固有振動数が実測値に対して6割程度とかなり小さな値となった。この建物は鉄骨梁とコンクリートのスラブはスタッドにより固定されている。そこで床梁を図－3に示すような合成梁として解析を行った結果、3次のモードまで非常に良い相関が得られた。

建物完成時の測定についての解析では主要構造部材のみで解析を行った結果、実測値に対して若干剛性が小さく評価されている。そこで、建物の外壁の剛性を、建物の一次モードが実測値にほぼ等しくなるように調整して付加した結果、実測値と比べて6次のモードまで良くあった。この時の壁の剛性は9.8kN/cm/mであった。この値については外壁をALCとした低層建物で、各建設段階ごとの測定を行った実測結果^[4]より得られた

ALC外壁の剛性とほぼ同程度の実測値が得られている。

6. まとめ
建物の建設段階ごとに振動測定およびFEM解析を行った結果、以下の知見が得られた。

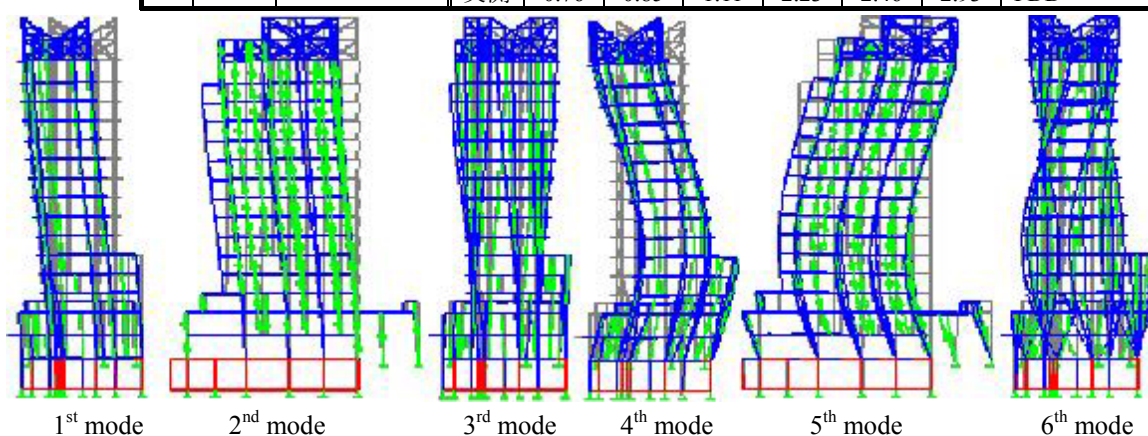
- CFT柱のコンクリート充填前では柱脚はピン支持に近い挙動を示し、コンクリート打設後では柱脚は固定支持の挙動を示す。
- 鉄骨梁上のコンクリートスラブはスタッドにより梁と固定されるため合成梁としてモデル化した。その時、各種合成構造設計指針に従いスパンの1/10を見込んだ形とした結果、実測値と良い一致を見た。
- 建物完成時の微動による周波数解析では内外壁などの非構造壁の剛性を考慮することでより正確な評価が可能となる。

[参考文献]

- [1] 15階建てCFT柱オフィスビルの動特性の推定 その1 常時微動とFDD法による動特性の同定, 日本建築学会梗概集, 2002.8
- [2] 日本建築学会 各種合成構造設計指針・同解説, 1985
- [3] Brincker, R., Zhang, L.-M. and Anderson, P., Modal Identification from Ambient Response using Frequency Domain Decomposition, Proc. Of the 18th IMAC, San Antonio, TX, USA, Feb. 7-10, 2000
- [4] Fukuwa, N., R. Nishizaki, S. Yagi, K. Tanaka and Y. Tamura., Field measurement of damping and natural frequency of an actual steel-framed building over a wide ran, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.59, pp.325-347, 1996.

表－1：実測および解析の結果

	日時	工程	固有振動数 (Hz)							解析モデル
			モード	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	
1	6/30	11 階鉄骨 フレーム 完成	解析	1.72	1.77	1.99	2.74	3.21	3.65	柱脚：固定
				1.41	1.43	1.71	2.46	2.73	3.32	柱脚：ピン
			実測	1.48	1.51	1.90				FDD
2	7/6	11 階 CFT コンクリート 圧入	解析	1.38	1.43	1.61	2.14	2.82	3.18	柱脚：固定
				1.15	1.17	1.40	1.95	2.62	2.76	柱脚：ピン
			実測	1.40	1.48	1.86				FDD
3	9/3	構造躯体 完成	解析	0.62	0.68	0.81	1.68	1.79	2.13	鉄骨梁モデル
				0.85	0.88	1.16	2.17	2.23	2.45	複合梁モデル
			実測	0.86	0.95	1.16	2.38	2.60	2.90	FDD
4	5/8	工事完了	解析	0.74	0.82	1.02	1.92	2.18	2.45	外壁剛性無し
				0.77	0.86	1.07	2.04	2.26	2.62	外壁剛性考慮
			実測	0.76	0.85	1.11	2.23	2.46	2.93	FDD



図－4：完成時の振動モード解析結果

*1 旭化成

*2 東京工芸大学 工学部 建築学科

*3 琢建築構造設計

*4 清水建設

*1 Asahikasei Corporation

*2 Tokyo Institute of Polytechnics

*3 Taku Architectural Structural Design Co. Ltd.

*4 Shimizu Corporation