

5 階建て鉄骨造建物の振動特性

その2.固有値解析と計測結果との比較

中層鉄骨造	固有値解析	構造モデル
固有振動数	減衰定数	固有モード

正会員	○皆川 隆之*1	同	田村 幸雄*2
	同	吉田 昭仁*3	同
	同	中田 信治*5	同
			内藤 俊一*4
			田邊 泰彦*5

1. はじめに

前報では5階建て鉄骨造建物を対象に常時微動計測を行い、動特性の推定を報告した。本報では、骨組み完了時および外壁設置後の2つの施工段階における構造モデルを設定し固有値解析を行う。その後、解析結果と計測結果との比較により主架構および非構造壁の剛性について考察する。

2. 解析モデル

解析モデルは図1の概念図に示すように、主架構のラーメンフレームに非構造壁を水平抵抗要素としてモデル化する。各質点は3自由度（並進：X、Y、回転： θ_z ）として、重心位置に質量、慣性モーメントおよび剛性を縮約せん断バネ（ K_x, K_y, K_θ ）として設定する。なお、対象建物の解析モデルの設定では以下のことを考慮している。1) 5階部のPHおよび小屋組み架構は4層への追加荷重とする。2) 床面はコンクリートデッキスラブであるが、梁との接合にはスタッド等を設けていないため、通常の構造計算では合成梁としては扱わない仕様である。ただし微振動評価であるため合成梁の効果があるものとする。3) 非構造壁の剛性は既往文献²⁾に示される低層建物で建設段階ごとの測定を行った実験結果より得られた値を用いる。4) 対象とする施工段階では、床荷重には積載荷重および仕上げは無く、また、非構造壁は外壁および界壁のみで、内装仕上げは行われてない。

3. 固有値解析および考察

表1～3には固有値解析を行った構造モデルを示した。

3-1. 骨組み完了時

表1に示した構造モデルでは、躯体剛性は合成梁の効果があるものとして調整を行った。表4に計測結果との比較結果を、図2に固有値解析結果のモード図を示した。その1で報告した計測結果では1～2次に振れは殆どないが、解析結果のモード図では、やや振れが確認できる。表4に示した計測結果と固有値解析結果の比較では、固有振動数は高次までよく一致している。同表には解析結果の刺激係数と有効質量比を示した。この値からも振れの状態を確認できる。また、計測の1次減衰定数を用いて複素固有値解析より高次の減衰定数を求めた。こちらも計測結果とよく一致している。

3-2. 外壁設置後(ケース1)

表2に示した構造モデルでは、骨組み完了時の躯体剛性に非構造壁の剛性を加えた剛性を用いる。この非構造

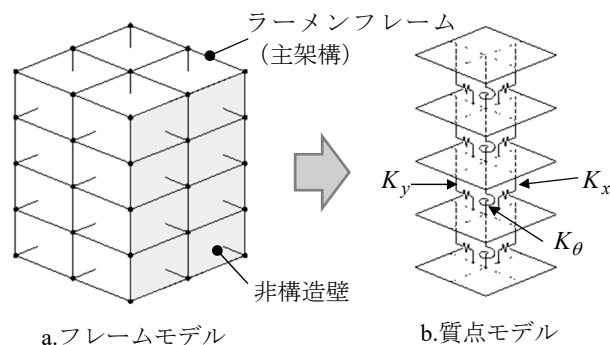


図1 解析モデル (概念図)

表1 構造モデル諸元1 (骨組み完了時)

層	質量 [t]	慣性モーメント $\times 10^3 [t \cdot m]$	剛性 $\times 10^2 [kN/m]$		振り剛性 $\times 10^2 [kN \cdot m^2]$
			X方向	Y方向	
4	62	148	521	510	208
3	48	115	642	682	203
2	49	118	613	658	213
1	50	120	840	926	300

表2 構造モデル諸元2 (外壁設置後: ケース1)

層	質量 [t]	慣性モーメント $\times 10^3 [t \cdot m]$	剛性 $\times 10^2 [kN/m]$		振り剛性 $\times 10^2 [kN \cdot m^2]$
			X方向	Y方向	
4	76	182	1666	3768	1452
3	62	149	1787	3940	1408
2	64	153	1076	1693	687
1	65	156	1522	3149	1042

表3 構造モデル諸元2 (外壁設置後: ケース2)

層	質量 [t]	慣性モーメント $\times 10^3 [t \cdot m]$	剛性 $\times 10^2 [kN/m]$		振り剛性 $\times 10^2 [kN \cdot m^2]$
			X方向	Y方向	
4	76	182	635	836	331
3	62	149	757	1008	321
2	64	153	660	761	260
1	65	156	909	1148	374

壁の剛性は低層鉄骨建物の計測結果より評価されているものを採用した。表5に計測結果との固有振動数を比較して示した。解析値の振動数が大きい結果となった。階高の違いや、外壁の設置方法等の違いが影響したと思われる。

3-3. 外壁設置後(ケース 2)

表 3 に示した構造モデルは、外壁設置後の 1~2 次の振動数を合わせるために非構造壁の剛性を調整した。なお、振れの影響などで 1 次と 2 次を完全に一致させることは出来なかったが比較的一致した状態を採用した。表 2 の剛性と比べて、付加剛性は小さいが結果となったが、中層鉄骨建物の微振動においても低層鉄骨建物と同様に非構造壁が影響していることが確認できた。表 6 に計測結果との比較結較、図 2 に固有値解析結果のモード図を示した。固有振動数の比較では各次数にて若干の誤差があるが傾向は同じようである。非構造壁の剛性の精度を上げることで対応が出来そうである。また、減衰定数の比較では高次モードで大きな差となった。

4. まとめ

5 階建て鉄骨造建物の常時微動計測をもとに、固有値解析により主架構および非構造壁の微振動解析モデルの評価を行った。骨組み完了時と外壁設置後の状態で、固有振動数およびモード形状が比較的良く一致した。対象建物では非構造壁の剛性は低層鉄骨建物用の値と比べて小さい結果となったが、低層鉄骨建物と同様に微振動の構造モデルとして非構造壁の考慮が必要である。減衰定数に関して、外壁設置後では大きな違いとなった。今後、計測および分析データを蓄積し、より精度良い構造モデルを構築し、事前の振動対策などに活用していきたい。参考文献: 1) 吉田昭仁、田村幸雄、他：超高鋼製煙突の動特性評価(その 1. 常時微動観測) (その 2.2 自由度 RD 法と FDD による動特性評価) 日本建築学会大会梗概集, B2, pp.885-888, 2002.8, 2) N. Fukuwa, R. Nishizaki, S. Yagi, K. Tanaka and Y. Tamura., Field measurement of damping over a wide ran, Journal of Wind Engineering and industrial Aerodynamics, Vol.59, pp.325-347, 1996

表 4 固有値解析結果と計測結果の比較 (骨組み完了時)

次数		1次	2次	3次	4次	5次	6次
計測	固有振動数[Hz]	1.88	2.03	2.35	5.17	5.97	6.45
	減衰定数[%]	0.90	0.80	1.10	2.70	3.20	1.50
解析	固有振動数[Hz]	1.88	2.03	2.41	5.21	5.60	7.03
	減衰定数[%]	0.80	0.86	1.02	2.22	2.38	2.99
	刺激係数X	1.08	-0.09	0.17	0.33	-0.10	0.04
	刺激係数Y	0.07	1.25	0.02	0.09	0.38	0.01
	有効質量比X	0.77	-0.06	0.13	0.10	-0.02	0.01
有効質量比Y	0.05	0.78	0.01	0.03	0.07	0.01	

表 5 固有値解析結果と計測結果の比較

(外壁設置後：ケース 1)

次数		1次	2次	3次	4次	5次	6次
計測	固有振動数[Hz]	1.78	2.12	2.39	5.25	6.56	7.08
解析	固有振動数[Hz]	2.39	3.36	4.16	7.49	10.66	11.55

表 6 固有値解析結果と計測結果の比較

(外壁設置後：ケース 2)

次数		1次	2次	3次	4次	5次	6次
計測	固有振動数[Hz]	1.78	2.12	2.39	5.25	6.56	7.08
	減衰定数[%]	1.10	2.60	1.60	1.20	3.20	0.10
解析	固有振動数[Hz]	1.78	2.05	2.43	5.06	6.00	7.42
	減衰定数[%]	1.00	1.50	1.73	3.10	5.20	5.99
	刺激係数X	1.15	-0.05	0.09	0.36	-0.03	0.03
	刺激係数Y	0.04	1.23	0.02	0.02	0.36	0.01
	有効質量比X	0.82	-0.04	0.08	0.09	-0.01	0.01
有効質量比Y	0.03	0.82	0.01	0.00	0.08	0.00	

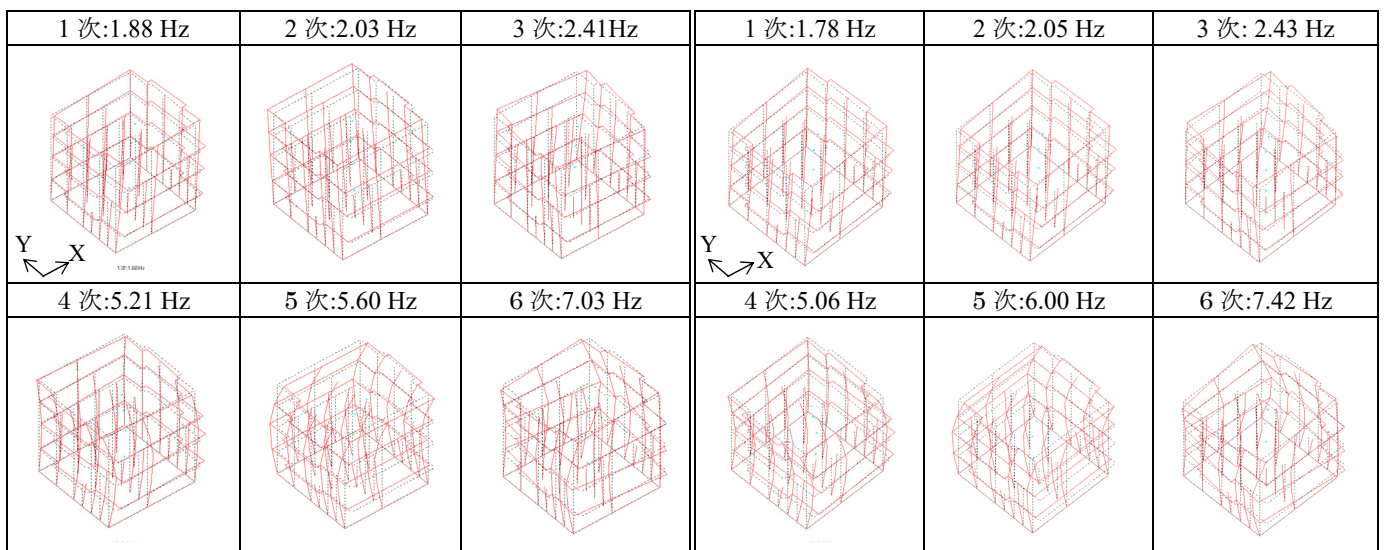


図 2 固有値解析結果モード図 (骨組み完了時)

図 3 固有値解析結果モード図 (外壁設置後：ケース 2)

*1 えびす建築研究所
 *2 北京交通大学建設工学
 *3 東京工芸大学工学部建築学科
 *4 琢建築構造設計
 *5 旭化成ホームズ

*1 Ebisu Building Laboratory Co.
 *2 Beijing Jiaotong University
 *3 Tokyo Polytechnic University
 *4 Taku Architectural Structure Design Co., Ltd
 *5 Asahi Kasei Homes Corporation