

制震ブレース補強工事前後の既存建物の常時微動測定結果

The Microtremor Measurements of Existing Buildings Before and After Retrofitted with Damping Brace

○林晴佳¹, 土田堯章¹, 波田雅也¹, 竹内健一¹, 上田英明¹, 北嶋圭二²*Haruka Hayashi¹, Takaaki Tsutida¹, Masaya Hada¹, Kenichi Takeuchi¹, Hideaki Ageta¹, Keiji Kitazima²

In this paper, we are carrying out response control retrofit by steel pipe brace with friction damper on existing buildings of RC buildings and SRC buildings, which are insufficient in earthquake resistance. When installing the damping brace in the building, the stiffness of the whole building increases and the natural period becomes short, we carried out microtremor measurements before and after installing the damping brace, and confirmed the transition of the natural period. As a result, in the all buildings, the retrofitted buildings was shorter in natural period than the basic building, so it was confirmed that the stiffness of the entire building is rising.

1. はじめに

筆者らは、耐震性が不足している RC 造や SRC 造の既存建物に対し、摩擦ダンパー付き鋼管ブレース(以下、制震ブレース)による制震補強工事を実施している¹⁾。制震ブレースの概要を photo 1 に示す。

本工法では、制震ブレースにより付加される耐力と剛性が極めて重要となるため、補強工事において確実に制震ブレースを取付ける必要がある。制震ブレースを取付けた場合、建物全体の剛性は増加し、1 次固有周期は短くなることから、制震ブレース取付前後に常時微動測定を実施し、1 次固有周期の推移を確認している。本報は、制震補強された建物 87 棟、全測定件数 98 件(学校: 36 件, 事務所: 8 件, 集合住宅: 54 件)に対する常時微動測定結果についてまとめたものである。



Photo 1 Outline of damping brace

2. 微動測定の概要

測定方法は、サーボ型速度計を建物 1 階と屋上階の図心付近に設置し、制震補強を施す方向について同時測定とした。

計測データは、AD 変換器を介してパソコンに収録している。本測定では、サンプリング周波数は 100Hz とし、約 10 分間の計測を 6 回程度行い、60 分間以上のデータを取得した。得られた速度波形から安定した

部分を 4000 個(40 秒)ずつ抽出し、それらのフーリエスペクトルを重ね合わせ、Hanning ウィンドウ(バンド幅: 0.029Hz)で平滑化を行い、伝達関数(スペクトル比: RF/1F)を求めた。なお、常時微動測定では、伝達関数に固有周期近傍でピークが 2 つ発生するところがあるが、最大ピーク点の周期を 1 次固有周期と推定した。

3. 測定結果

本報では、補強対象建物に耐震スリットや耐震壁の増設・新設などの施工を施し、制震ブレースの取付前の建物を「基本建物」とし、基本建物に制震ブレースの取付工事が完了した建物を「補強建物」と定義する。なお、工事工程の都合上、在来補強工事が完了する前に基本建物の測定を実施する場合もある。

建物概要および微動測定より得られた 1 次固有周期の一覧を Table 1 に示す。表中の網掛け部は、基本建物の固有値解析より求めた 1 次固有周期である。また、表中には、基本建物の測定周期に対する解析周期の比をあわせて示している。

基本建物測定周期と解析周期の関係を Fig.1 に、軒高と基本建物の周期の関係を Fig.2 に示す。Fig.1 より、解析周期は測定周期に比べて平均で 2 割程度長い傾向があるが、Fig.2 より、解析周期は建物高さより算出する固有周期の略算式と良い対応を示している。解析周期が測定周期よりも長いのは、補強設計時に雑壁など 2 次部材の剛性を考慮していないこと等が要因の一つとして考えられる。

基本建物と補強建物の測定結果の関係を Fig.3 に示す。補強建物の測定結果は、全ての建物で基本建物と比べ 1 次固有周期は短くなっており、平均で 1 割程度短くなっている。このことから、制震ブレースを取付けたことにより建物全体の剛性は上昇していることが確認できる。

1: 青木あすなろ建設株式会社 2: 日本理工・教員・海建

Table 1 Summary of the object building and microtremor measurement results

No.	建物概要					基本建物		補強建物		
	用途	地下	地上	塔屋	軒高	解析	測定 ※1	測定 ※2	測定 ※2	
1	学校		4	1	15.0	0.255	0.248 (1.03)	0.210	(0.85)	
2	住宅		5	1	14.3	0.434	0.256 (1.70)	0.223	(0.87)	
3	学校		4	1	14.8	0.313	0.315 (0.99)	0.284	(0.90)	
4	学校		3	1	11.9	0.235	0.211 (1.12)	0.195	(0.92)	
5	学校		3	1	11.9	0.269	0.218 (1.23)	0.183	(0.84)	
6	学校		4	1	15.7	0.280	0.213 (1.31)	0.186	(0.87)	
7	住宅		5	1	15.7	0.260	0.273 (0.95)	0.256	(0.94)	
8	学校		4	1	13.9	0.320	0.303 (1.06)	0.271	(0.89)	
9	学校		4	1	14.9	0.203	0.211 (0.96)	0.197	(0.93)	
10	事務所	1	4	1	15.0	0.274	0.213 (1.28)	0.183	(0.86)	
11	事務所		5	1	18.0	0.307	0.271 (1.13)	0.245	(0.90)	
12	学校		3	1	12.5	0.429	0.180 (2.38)	0.151	(0.84)	
13	学校		3	1	11.3	0.180	0.164 (1.10)	0.149	(0.91)	
14	学校		4	1	14.9	0.240	0.229 (1.05)	0.197	(0.86)	
15	学校		3	1	11.3	0.385	0.222	0.203	(0.81)	
16	学校		4	1	14.9	0.207	0.191 (1.08)	0.183	(0.96)	
17	学校		4	1	14.4	0.281	0.231 (1.22)	0.201	(0.87)	
18	学校	1	3	1	10.8	0.217	0.137 (1.58)	0.132	(0.96)	
19	学校		3	1	11.5	0.168	0.151 (1.11)	0.125	(0.83)	
20	学校		3	1	11.5	0.330	0.167 (1.98)	0.152	(0.91)	
21	学校		3	1	11.2	0.275	0.185 (1.49)	0.179	(0.97)	
22	学校		4	1	14.9	0.203	0.211 (0.96)	0.199	(0.94)	
23	学校		4	1	13.4	0.229	0.186 (1.23)	0.174	(0.94)	
24	学校		3	1	12.1	0.209	0.171 (1.22)	0.158	(0.92)	
25	住宅		4	1	14.2	0.215	0.123 (1.75)	0.102	(0.83)	
26	学校		4	1	16.2	0.262	0.253 (1.04)	0.228	(0.90)	
27	学校		5	1	17.2	0.441	0.288 (1.53)	0.241	(0.84)	
28-1	学校		4	1	14.4	0.236	0.228 (1.04)	0.210	(0.92)	
28-2	学校		4	1	14.4	0.211	0.190 (1.11)	0.165	(0.87)	
29	学校		4	1	13.4	0.408	0.234 (1.74)	0.185	(0.79)	
30	学校		4	1	13.4	0.285	0.233 (1.22)	0.211	(0.91)	
31	学校		4	1	15.4	0.319	0.271 (1.18)	0.254	(0.94)	
32	学校		3	1	11.3	0.296	0.187 (1.20)	0.144	(0.92)	
33	学校		3	1	12.1	0.198	0.179 (1.11)	0.159	(0.89)	
34	学校		4	1	14.7	0.283	0.235 (1.20)	0.204	(0.87)	
35	学校		4	1	13.9	0.280	0.228 (1.23)	0.190	(0.83)	
36	学校		4	1	15.2	0.249	0.213 (1.17)	0.194	(0.91)	
37	住宅		5	2	13.7	0.279	0.320 (0.87)	0.295	(0.92)	
38	事務所	1	4	1	15.6	0.254	0.205 (1.24)	0.174	(0.85)	
39	事務所	1	5	1	15.6	0.378	0.318 (1.19)	0.312	(0.98)	
40	学校		3	1	11.3	0.189	0.179 (1.06)	0.154	(0.86)	
41	学校		4	1	14.5	0.354	0.229 (1.55)	0.199	(0.87)	
42	学校		4	1	14.4	0.292	0.223 (1.31)	0.201	(0.90)	
43	学校		4	1	15.2	0.259	0.241 (1.07)	0.206	(0.85)	
44	住宅		9	1	27.3	0.663	0.386 (1.72)	0.350	(0.91)	
45	住宅		8	2	22.7	0.556	0.363 (1.53)	0.350	(0.96)	
46	住宅		8	2	22.7	0.525	0.414 (1.27)	0.390	(0.94)	
47	住宅		11	2	33.5	0.654	0.512 (1.28)	0.427	(0.83)	
48	住宅		11	2	33.5	0.751	0.476 (1.58)	0.445	(0.93)	
49	住宅		11	2	33.5	0.613	0.488 (1.26)	0.427	(0.88)	
50	住宅		11	2	33.5	0.721	0.445 (1.62)	0.414	(0.93)	
51	住宅		5	1	14.4	0.310	0.221 (1.40)	0.205	(0.93)	
52-1	事務所		4	1	17.2	0.388	0.329 (1.03)	0.254	(0.80)	
52-2	事務所		4	1	17.2	0.388	0.301 (0.91)	0.308	(0.93)	
53	住宅		10	2	28.7	0.462	0.372 (1.24)	0.353	(0.95)	
54	住宅		11	2	31.4	0.535	0.390 (1.45)	0.350	(0.90)	
55	住宅		7	2	20.2	0.378	0.415 (0.91)	0.288	(0.96)	
56	住宅		7	2	20.2	0.324	0.299 (1.25)	0.281	(0.94)	
57	事務所	1	9	2	31.7	0.651	0.759 (0.86)	0.719	(0.95)	
58	住宅		9	2	26.2	0.419	0.533 (1.16)	0.436	(0.95)	
59	事務所		3	1	11.5	0.108	0.175 (0.90)	0.191	(0.98)	
60	住宅		7	1	19.5	0.281	0.360 (0.84)	0.362	(0.84)	
61	住宅		11	2	37.7	0.646	0.514 (1.34)	0.379	(0.99)	
62	住宅		11	2	37.7	0.646	0.514 (1.30)	0.386	(0.98)	
63	住宅		11	2	37.7	0.646	0.512 (1.29)	0.390	(0.98)	
64	住宅		11	2	30.9	0.638	0.706 (0.90)	0.569	(0.81)	
65	住宅		7	2	19.7	0.407	0.391 (1.15)	0.333	(0.98)	
66	住宅		6	1	17.0	0.255	0.304 (1.47)	0.199	(0.97)	
67	住宅		6	1	19.7	0.231	0.332 (1.50)	0.213	(0.96)	
68	住宅		11	2	31.0	0.402	0.471 (1.10)	0.409	(0.87)	
69	住宅		12	2	35.7	0.496	0.630 (1.49)	0.577	(0.92)	
70-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.482 (1.00)	0.431	(0.89)	
70-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.427 (0.88)	0.445	(0.91)	
71-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.425 (0.86)	0.460	(0.93)	
71-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.484 (0.98)	0.445	(0.90)	
72-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.424 (0.87)	0.455	(0.93)	
72-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.484 (0.88)	0.445	(0.92)	
73-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.485 (1.04)	0.422	(0.91)	
73-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.425 (0.88)	0.445	(0.92)	
74	住宅		11	2	30.2	0.231	0.418 (0.87)	0.445	(0.92)	
75	住宅	1	9	2	27.2	0.529	0.577 (1.31)	0.390	(0.89)	
76	住宅		10	2	28.1	0.435	0.456 (1.26)	0.341	(0.94)	
77-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.496 (1.07)	0.427	(0.92)	
77-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.437 (0.92)	0.440	(0.92)	
78-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.492 (1.04)	0.436	(0.93)	
78-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.467 (0.94)	0.440	(0.95)	
79-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.509 (1.08)	0.422	(0.90)	
79-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.445 (0.96)	0.427	(0.92)	
80-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.500 (1.18)	0.394	(0.93)	
80-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.440 (0.99)	0.406	(0.91)	
81-1	住宅		11	2	30.2	0.231	0.496 (1.13)	0.402	(0.91)	
81-2	住宅		11	2	30.2	0.231	0.439 (1.01)	0.418	(0.96)	
82	住宅		13	2	43.1	1.0520	0.902 (1.67)	0.493	(0.92)	
83	住宅		12	2	42.5	0.899	0.863 (1.68)	0.476	(0.93)	
84	住宅		12	2	34.0	0.594	0.569 (1.00)	0.482	(0.85)	
85	住宅		12	2	34.0	0.6176	0.581 (1.09)	0.476	(0.89)	
86	住宅		6	2	16.8	0.249	0.303 (0.77)	0.244	(0.81)	
87	住宅		11	2	30.3	0.2819	0.476 (1.07)	0.402	(0.90)	
								周期比平均	(1.20)	(0.91)

※ 建物 No. の枝番は同一建物で水平 2 成分に制震補強を実施
 ※1 ◇内の値：基本建物解析周期/基本建物測定周期 ※2 ()内の値：補強建物測定周期/基本建物測定周期

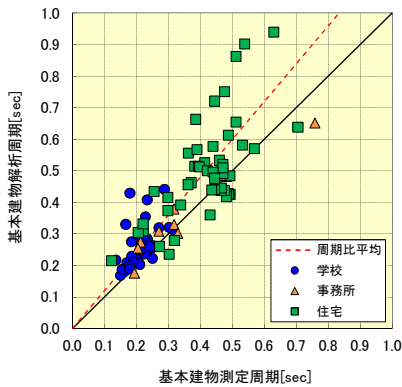


Fig.1 Measurement results of basic buildings and analysis periods

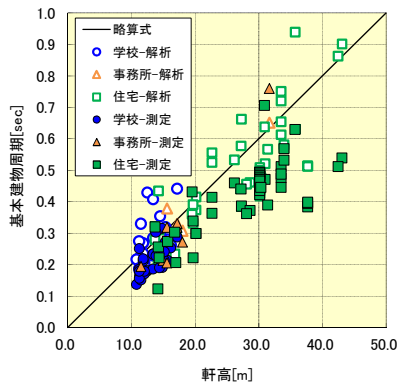


Fig.2 Natural periods of basic buildings and the heights

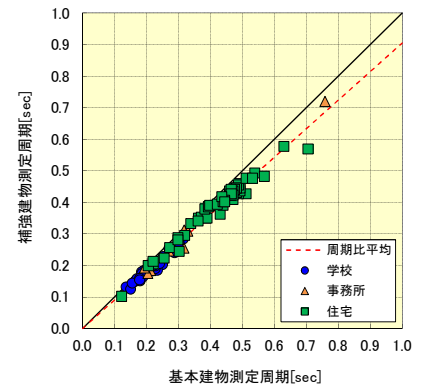


Fig.3 Measurement results of basic buildings and retrofitted buildings

4. まとめ

本報では、制震ブレース取付前後の常時微動測定より得られた 1 次固有周期の推移を確認した。すべての建物で、基本建物よりも補強建物の方が固有周期は短くなっており、建物全体の剛性が上昇していることから、制震ブレースによる剛性付加効果が確認できた。

【参考文献】

- [1] 北嶋ほか: 振動測定による制震補強された建物の補強効果の確認, JAEE 大会梗概集, pp.745-746, 2003.11
- [2] 北嶋ほか: 制震補強建物の補強前後における固有周期の推移に関する検討, JAEE 大会梗概集, pp.202-203, 2004.11