

# 第IV章 建物応答倍率の分析

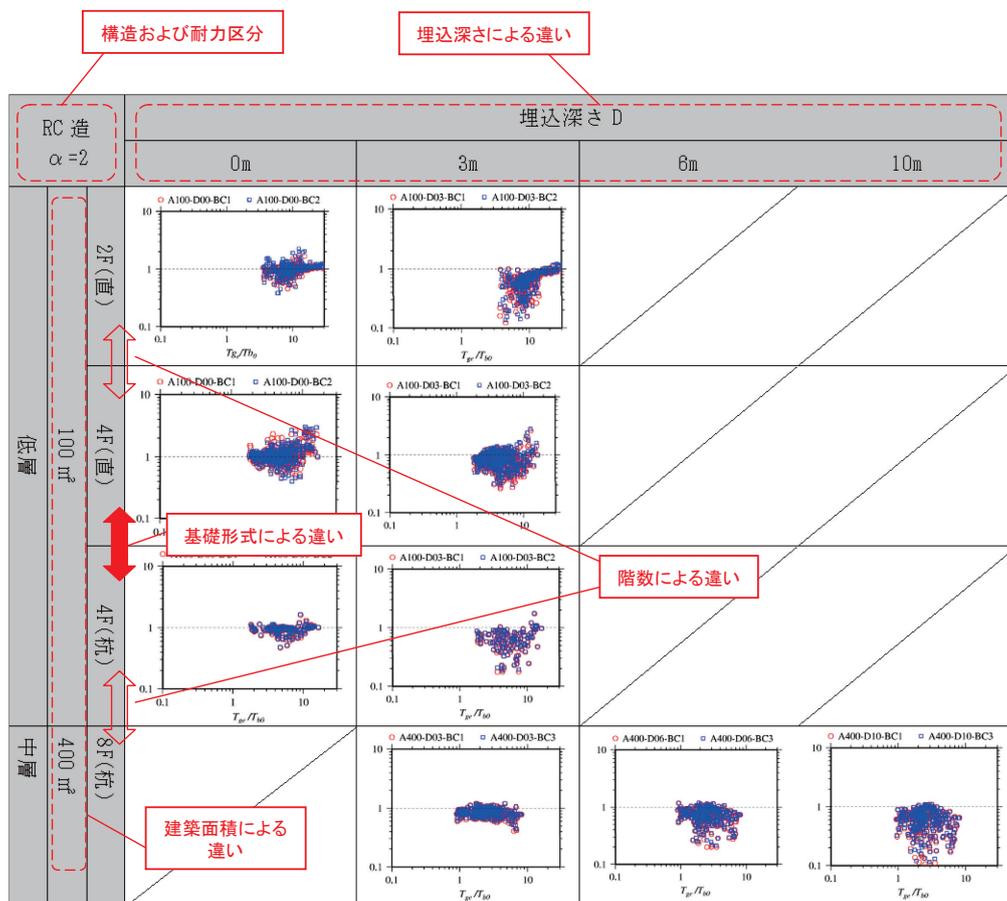
## 1. 建物応答倍率の定性的傾向

第III章で算出した建物応答倍率  $R_{Sr}/R_{fix}$  に対し、各解析パラメータが与える影響をまず定性的に把握するために、各解析ケースの建物応答倍率の値をプロットしてその分布状況を調べる。

解析結果の一覧を表IV-1-1(1)～(5)に示す。これらの表示方法は以下のとおりである。

### ○ レイアウト

表IV-1-1では、建物耐力  $C_y$  (建物耐力に関わる係数  $\alpha$ )、建築面積  $A$  およびアスペクト比  $BC$ 、埋込深さ  $D$ 、建物階数  $N$ 、構造種別、基礎形式の各条件を変化させたときの建物応答倍率の算定結果を示している。煩雑さを避けるため、すべての解析結果を掲載するのではなく、建物パラメータを順に変動させた代表的な結果を示し、比較できるようにグラフを配置している。表IV-1-1のレイアウトの例とその見方を図IV-1-1に示す。



図IV-1-1 表IV-1-1のレイアウトの例

○ グラフ

表IV-1-1の各グラフの見方を図IV-1-2に示す。

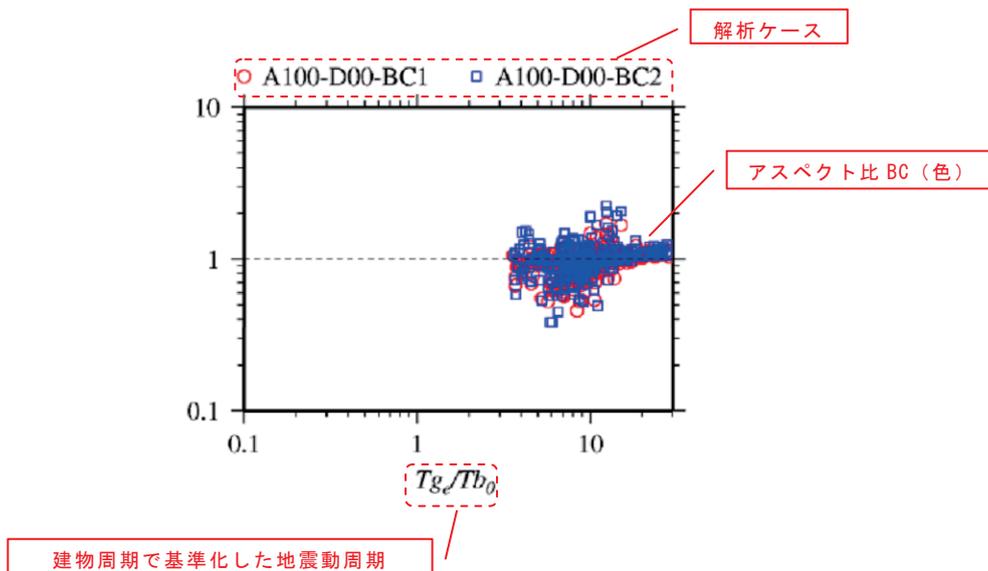
上部に示した記号は解析ケースを表す。建築面積 A、埋込深さ D、アスペクト比 BC の順番に、例えば A100-D00-BC1 の場合、建築面積 A=100m<sup>2</sup>、埋込深さ D=0m、アスペクト比 BC=1 の建物の解析結果を意味する。

相互作用効果は地震動と建物の周期特性の相互の関係により変化することが一般に指摘されていることから、横軸の地震動指標には、建物の弾性一次固有周期  $T_{b0}$  で基準化した地震動の周期特性  $T_{ge}/T_{b0}$  を定義して用いる。地震動の略算周期  $T_{ge}$  とは、地震動の最大加速度 PGA と最大速度 PGV の比 (A/V と表記する) から、次式で算出されるものである。

$$T_{ge} = 2\pi / (A/V) \quad (\text{式IV.1-1})$$

なお、基礎入力動は、同じ地盤条件であっても埋込深さによって変化するが、ここでは統一的な指標で分析を行うため、基礎固定の場合 (あるいは埋め込みがない場合) の基礎入力動、すなわち地表面上の地震動を基準としている。

$T_{ge}/T_{b0}$  が 1 を超える場合には、対象建物の固有周期よりも周期の長い地震動が入力しており、逆に、 $T_{ge}/T_{b0}$  が 1 未満の場合には、対象建物の固有周期よりも周期の短い地震動が入力している事を意味する。

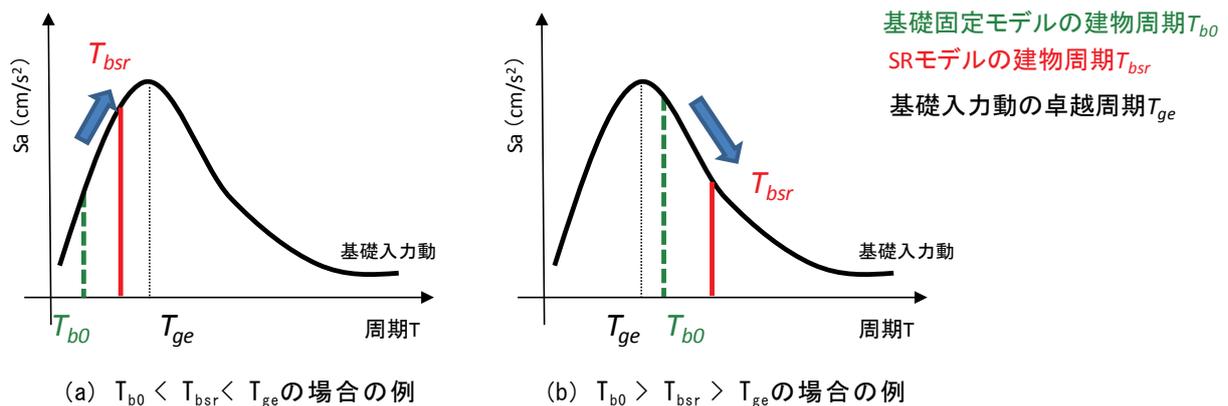


図IV-1-2 表IV-1-1のグラフ見方の例

$T_{ge}/T_{b0}$ を用いると、次のような分析が可能になると考えられる。

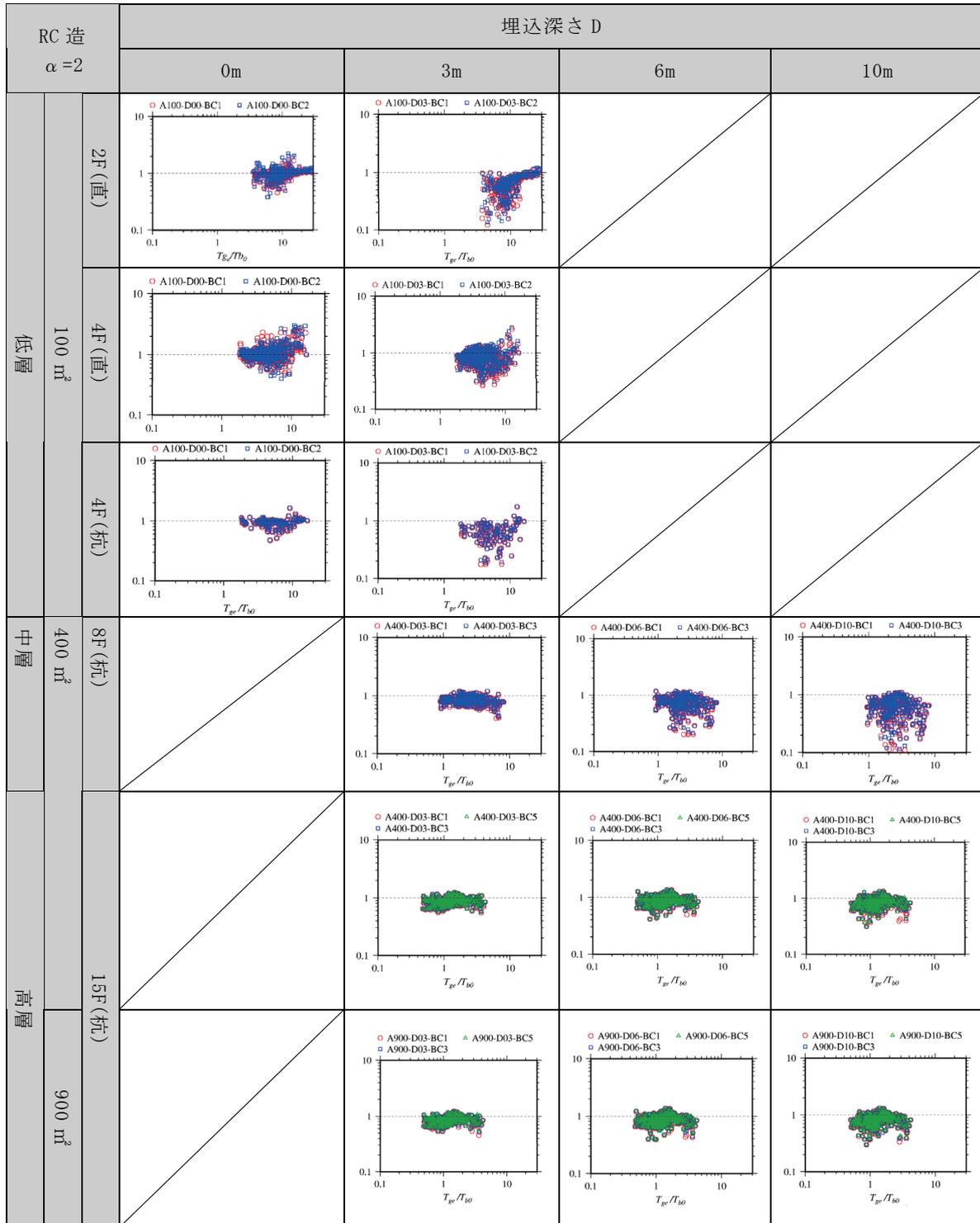
図IV-1-3は、基礎入力動を加速度応答スペクトル  $S_a$  で表し、基礎固定モデルの建物周期を  $T_{b0}$ 、SRモデルの建物周期を  $T_{bsr}$  と表した概念図である。相互作用効果を考慮した場合、SRモデルの建物周期は基礎固定時よりも伸びるため、建物応答に影響する基礎入力動の周期も変化する。たとえば、建物周期  $T_{b0}$  よりも周期が長く (a) のような形状の基礎入力動の場合、SRモデルの建物周期が  $T_{bsr}$  まで変化すれば、建物の固有周期と基礎入力動の卓越周期が合ってくるため、SRモデルでは最大層間変形角は増大し、建物応答倍率は大きくなる。一方、建物周期  $T_{b0}$  よりも周期が短く (b) のような形状の基礎入力動の場合、SRモデルの建物周期が  $T_{bsr}$  まで変化すれば、建物の固有周期と基礎入力動の卓越周期が合わなくなり、建物の最大層間変形角も小さくなるため建物応答倍率は小さくなると考えられる。

なお、表IV-1-1では、上記のような明瞭な傾向を見ることはできない。これは、 $T_{b0}$  はあくまで建物の弾性1次固有周期であり、地震動が作用した時の建物周期は  $T_{b0}$  よりも長くなること、応答スペクトルは実際には図IV-1-3のような単純な形をしていわけではなく2次ピーク等のスペクトル特性も結果に影響し得ること、地盤と建物の相互作用効果には、建物の周期の変化の他に基礎と地盤でのエネルギー消費も影響することなどが原因と考えられる。

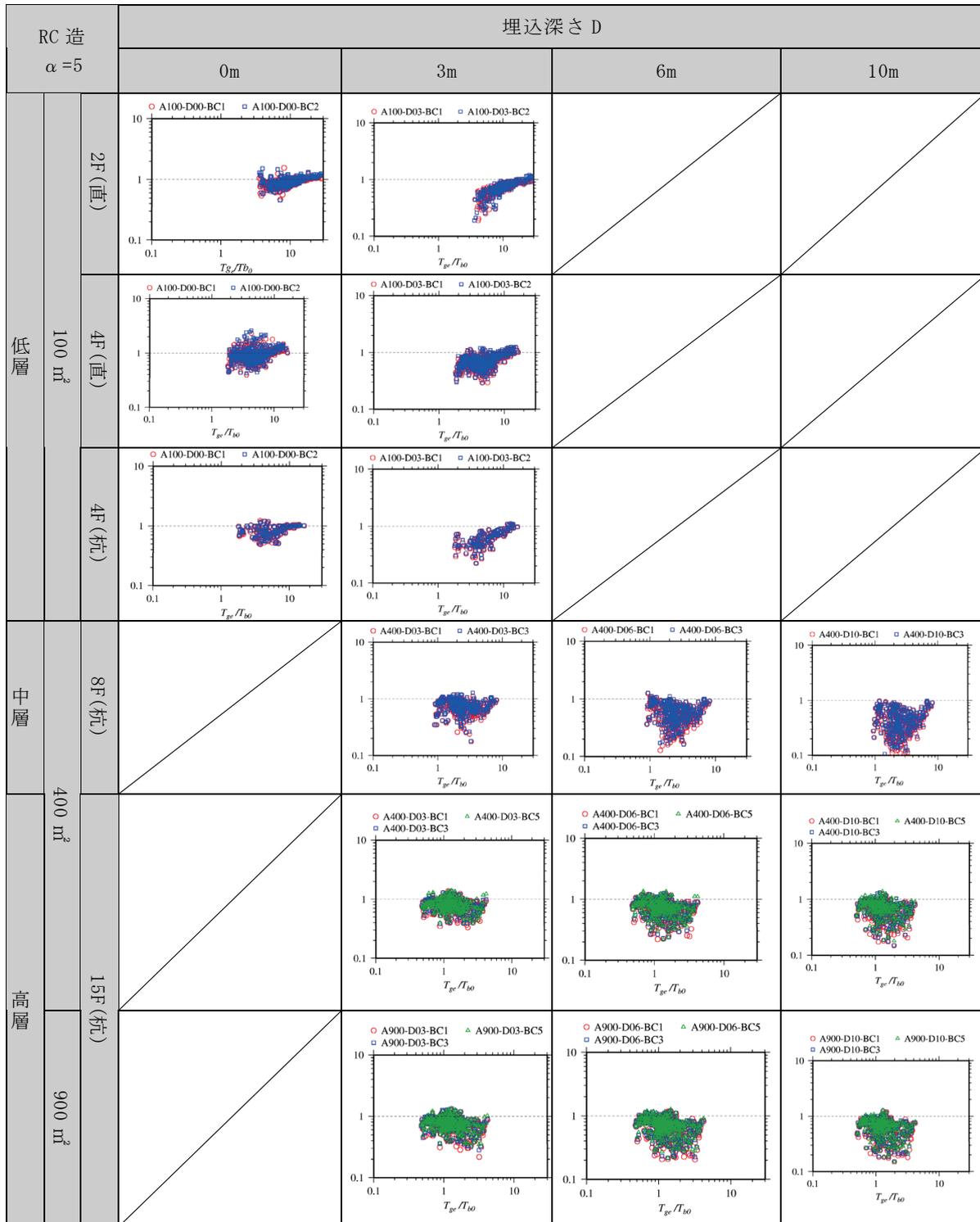


図IV-1-3 地震動の周期特性と建物応答倍率との関係のイメージ図

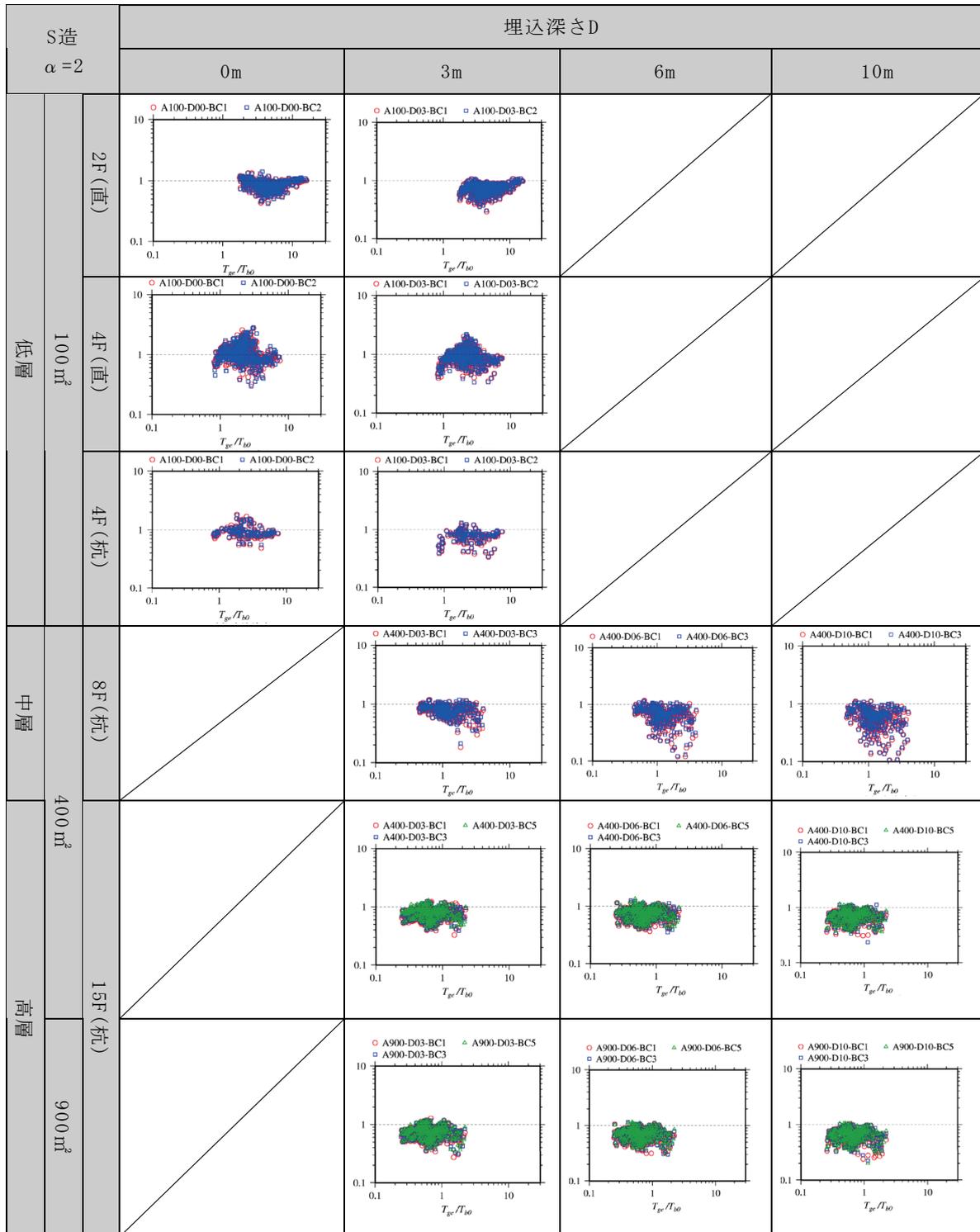
表IV-1-1(1) 建物応答倍率の建物パラメータによる違い



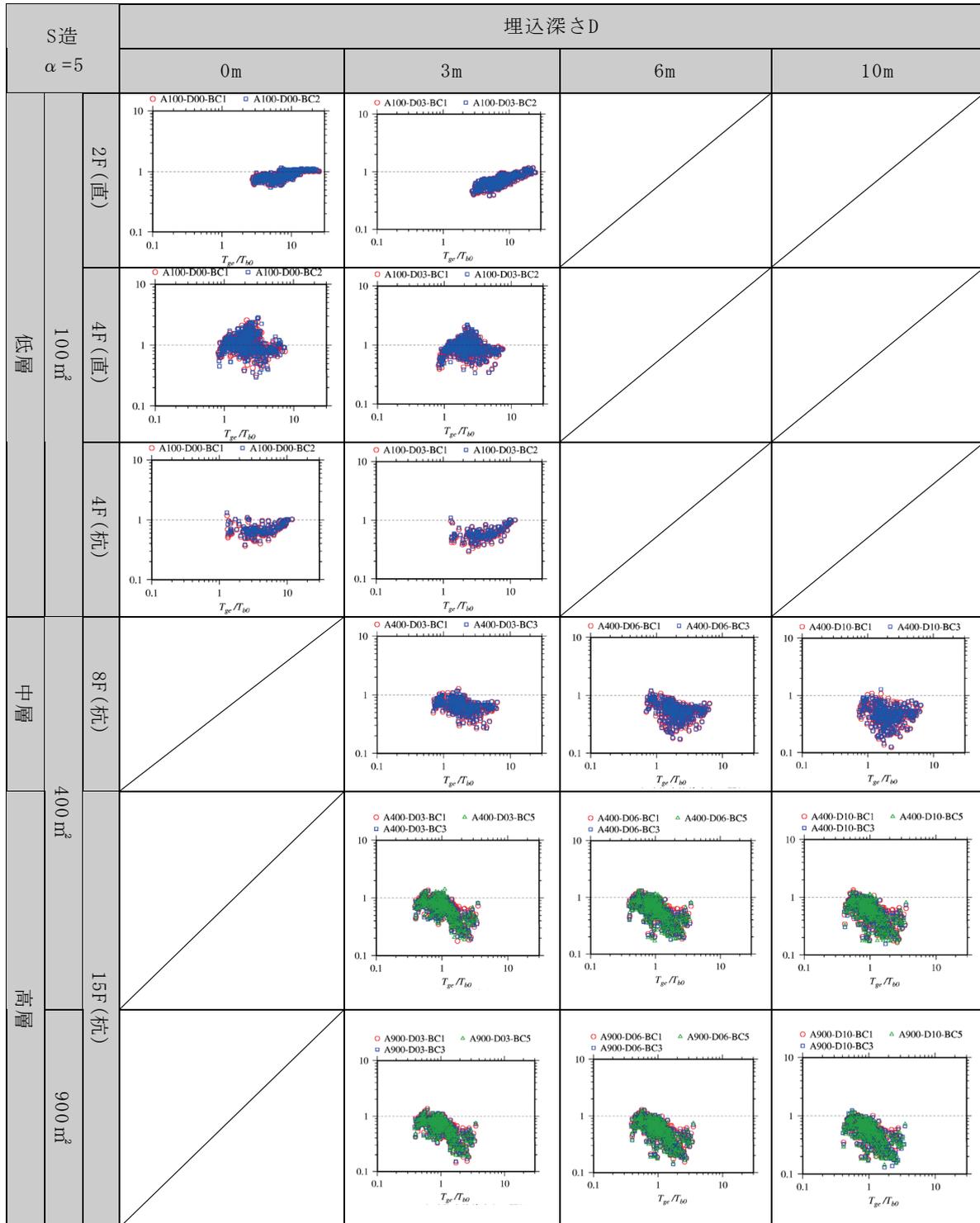
表IV-1-1(2) 建物応答倍率の建物パラメータによる違い



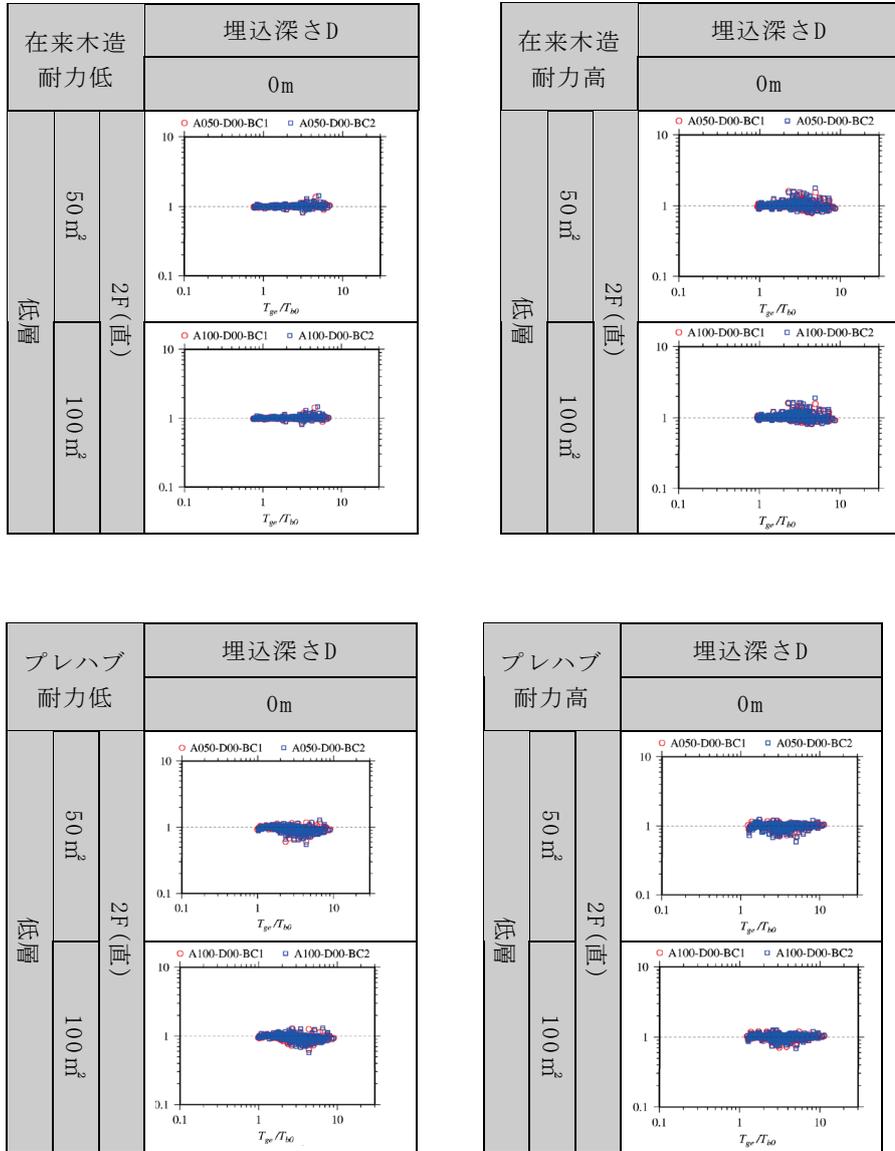
表IV-1-1(3) 建物応答倍率の建物パラメータによる違い



表IV-1-1(4) 建物応答倍率の建物パラメータによる違い



表IV-1-1(5) 建物応答倍率の建物パラメータによる違い



表IV-1-1 から、次のことがわかる。

- ・多くの場合、建物応答倍率は1以下となっている。
- ・RC造とS造の違いは小さい。
- ・木造建物の場合、構造種別、地震動の周期特性に関わらず、建物応答倍率は概ね1となっている。木造建物の剛性、耐力は、S造、RC造建物と比べて1/5程度と低くなっているため、慣性の相互作用効果がほとんど生じないこと、埋込を考慮していないことが影響していると考えられる。
- ・建物階数・建物耐力・構造によって $T_{b0}$ の範囲が異なるため、基準化した周期特性 $T_{ge}/T_{b0}$ の範囲も異なる。建物階数が低いほど $T_{b0}$ は小さく、高いほど $T_{b0}$ は大きくなる。従って、 $T_{ge}/T_{b0}$ の範囲は階数が小さいほど右側 ( $T_{ge}/T_{b0}$  大) に寄り、高い程左側 ( $T_{ge}/T_{b0}$  小) に寄る。また、同じ $T_{ge}/T_{b0}$ でも建物応答倍率の大きさが異なる。
- ・埋込深さが3mと比較的浅い場合でも、埋込みがあることにより建物応答倍率は大きく低下している。埋込深さの影響は基礎形式に関わらず、同様の傾向となっている。例えば、図IV-1-1(1) 2F(直)の埋込み深さ別の比較からその傾向がよくわかる。
- ・建物応答倍率は、4階建てRC造建物では、建物の基礎形式の違いによって大きな違いが見られている。杭基礎形式では、直接基礎形式に比べて建物応答倍率は1付近に近づく結果となっているが、これは、特に回転成分の地盤ばねが大きくなり、建物のロッキング挙動に対する拘束力が強まるためと考えられる。例えば、図IV-1-1(1) 4F(直)と4F(杭)の比較からその傾向がわかる。
- ・建物耐力が高くなるに従い建物応答倍率が小さくなっている。例えば、図IV-1-1(1)と図IV-1-1(2)、図IV-1-1(3)と図IV-1-1(4)の15F以上で顕著である。そのほかの階数では大きな違いは見られない。
- ・建築面積・アスペクト比の違い（プロットの色）によって、建物応答倍率はほとんど変化していない。

## 2. 建物応答倍率の定量的傾向

### 2-1. 建物の解析パラメータにより分類した建物応答倍率

建物の解析パラメータごとに分類した建物応答倍率の平均値および変動係数を示す。各図では、平均値を点で示し、平均値 $\pm 1\sigma$ を線で表している。各図の横軸のNo.は各表のNo.に対応しており、建物モデルの解析パラメータの違いにより分類している。なお、建物モデルの解析パラメータは、構造種別、建物階数、建物耐力、埋込深さ、基礎形式、建築面積、アスペクト比である。

以下では、解析ケースを記号で表し、構造種別（RC造建物：RC，S造建物：ST，在来木造：WH，木質プレハブ：WP）、建物階数、基礎形式（直接基礎：S，杭基礎：P）、建物耐力 $\alpha$ 、建築面積A、埋込深さD、アスペクト比BCの順番に記号で示すことがある。例えば、RC04-S- $\alpha$ 2-A100-D00-BC1の場合、4階建RC造直接基礎形式建物で建物耐力に係る係数 $\alpha=2$ 、建築面積A=100m<sup>2</sup>、埋込深さD=0m、アスペクト比BC=1の建物に対する解析結果を表す。

#### (1) 木造建物

木造建物の建物応答倍率の平均値と変動係数および平均値 $\pm 1\sigma$ を表IV-2-1および図IV-2-1に示す。木造建物の建物応答倍率の評価モデルの一例として、2階建て在来工法の場合の結果を示しているが、3階建ての場合、木質プレハブの場合も傾向は同様である。

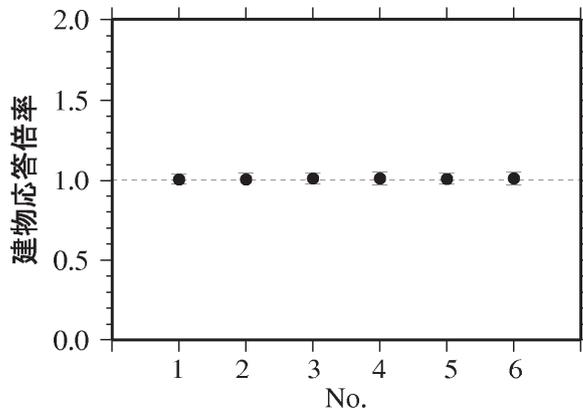
図表から、木造建物の建物応答倍率について次のことがわかる。

- ・木造建物の場合、建物応答倍率の平均値はいずれのケースにおいてもほぼ1で、変動係数も0.1以下と小さい。

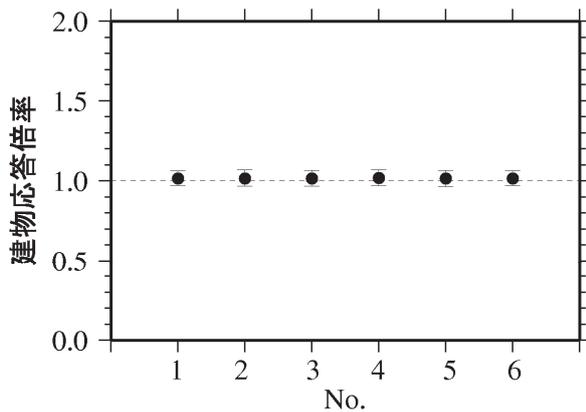
以上から、一般的に言われているとおり、地盤と建物の相互作用効果が建物応答に及ぼす影響は極めて小さく、無視できるレベルであると考えられる。

表IV-2-1 2階建て在来木造建物の建物応答倍率の平均値と変動係数

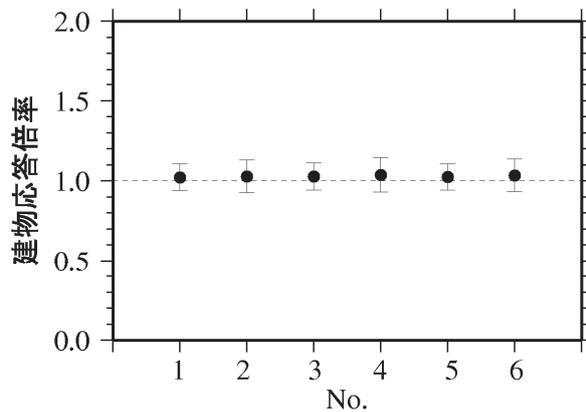
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力								
					(低)			(中)			(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	1.01	0.03	526	1.02	0.04	527	1.02	0.08	525
2			5.0	1.01	0.04	492	1.02	0.05	492	1.03	0.10	490	
3	100	0	1	7.1	1.01	0.03	527	1.02	0.05	527	1.03	0.08	525
4			5.0	1.01	0.04	527	1.02	0.05	528	1.04	0.10	526	
5	150	0	1	7.1	1.01	0.03	527	1.01	0.05	527	1.02	0.08	525
6			5.0	1.01	0.04	528	1.02	0.05	528	1.03	0.10	526	



(a) WH02-S- $\alpha$  2



(b) WH02-S- $\alpha$  3



(c) WH02-S- $\alpha$  5

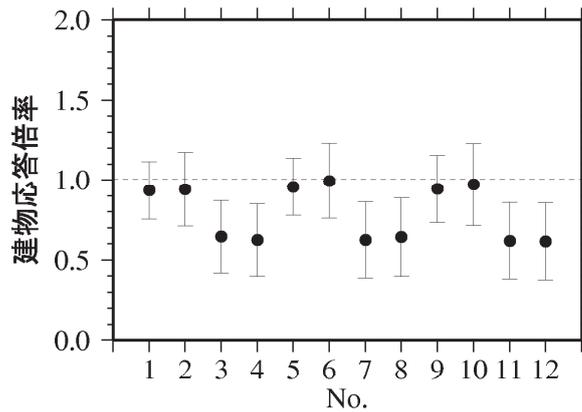
図IV-2-1 2階建て在来木造建物の建物応答倍率の平均値と平均 $\pm 1\sigma$

## (2) RC 造建物

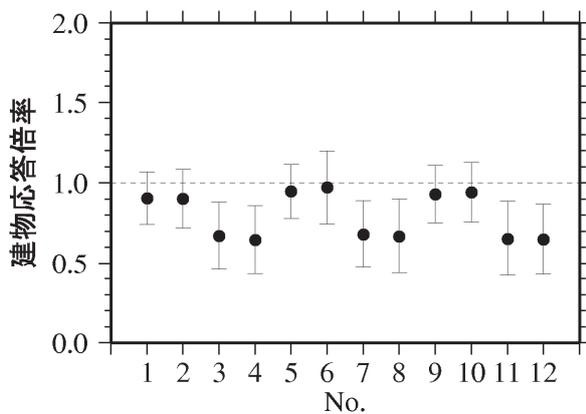
RC 造建物の建物応答倍率を、建物階数ごとにそれぞれ表IV-2-2～表IV-2-5 および図IV-2-2～図IV-2-5 に示す。

表IV-2-2 2階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

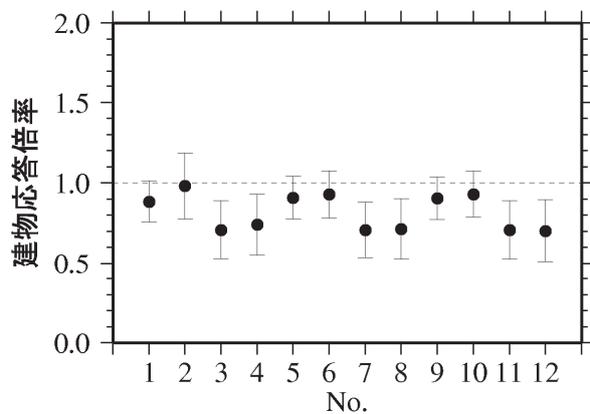
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	0.93	0.19	501	0.90	0.18	506	0.89	0.14	489
2			5.0	0.94	0.25	490	0.90	0.20	457	0.98	0.21	339	
3		3	1	7.1	0.64	0.35	373	0.67	0.32	376	0.71	0.25	384
4			2	5.0	0.62	0.36	484	0.65	0.33	488	0.74	0.26	326
5	100	0	1	10.0	0.96	0.19	298	0.95	0.18	302	0.91	0.15	311
6			2	7.1	0.99	0.24	315	0.97	0.23	318	0.93	0.16	326
7		3	1	10.0	0.62	0.38	262	0.68	0.31	266	0.71	0.24	273
8			2	7.1	0.64	0.38	262	0.67	0.34	265	0.71	0.26	277
9	150	0	1	12.2	0.94	0.22	257	0.93	0.19	248	0.91	0.15	257
10			2	8.7	0.97	0.26	260	0.94	0.20	270	0.93	0.15	268
11		3	1	12.2	0.62	0.39	249	0.65	0.35	254	0.71	0.26	250
12			2	8.7	0.61	0.39	238	0.65	0.34	252	0.70	0.27	267



(a) RC02-S- $\alpha$  2



(b) RC02-S- $\alpha$  3

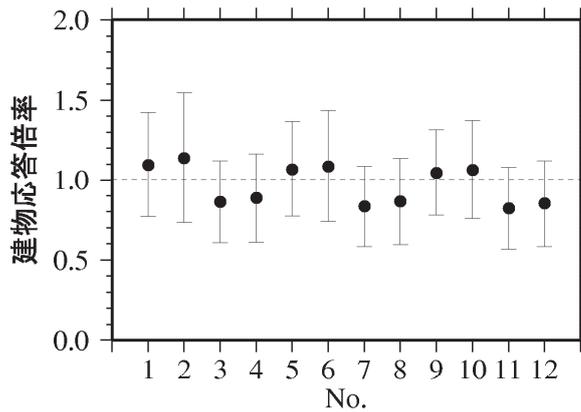


(c) RC02-S- $\alpha$  5

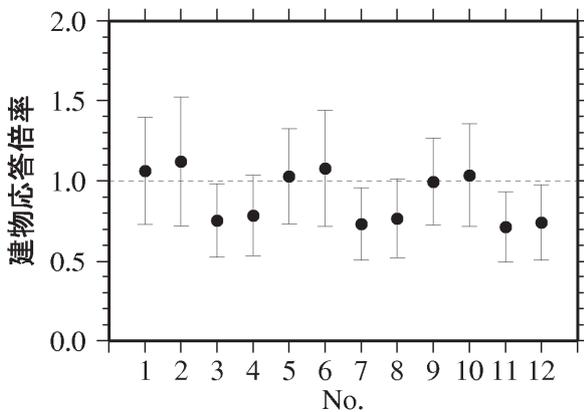
図IV-2-2 2階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-3(1) 4階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

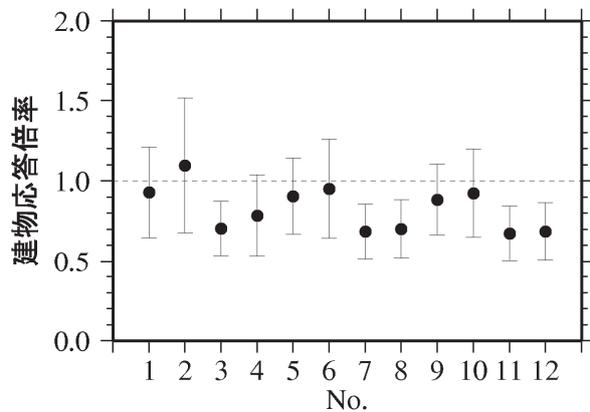
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	1.09	0.30	520	1.06	0.31	515	0.93	0.30	517
2			5.0	1.14	0.36	486	1.12	0.36	480	1.10	0.38	484	
3		3	1	7.1	0.86	0.30	522	0.75	0.30	516	0.71	0.24	520
4			2	5.0	0.88	0.31	517	0.78	0.32	511	0.79	0.32	519
5	100	0	1	10.0	1.07	0.28	521	1.03	0.29	516	0.91	0.26	518
6			2	7.1	1.08	0.32	521	1.08	0.33	516	0.95	0.32	520
7		3	1	10.0	0.83	0.30	520	0.73	0.31	516	0.69	0.25	520
8			2	7.1	0.86	0.31	522	0.77	0.32	515	0.70	0.26	520
9	150	0	1	12.2	1.04	0.26	521	0.99	0.27	516	0.88	0.25	519
10			2	8.7	1.06	0.29	522	1.04	0.31	516	0.92	0.30	519
11		3	1	12.2	0.82	0.31	521	0.72	0.31	516	0.67	0.25	520
12			2	8.7	0.85	0.32	521	0.74	0.31	516	0.69	0.26	520



(a) RC04-S- $\alpha$ 2



(b) RC04-S- $\alpha$ 3

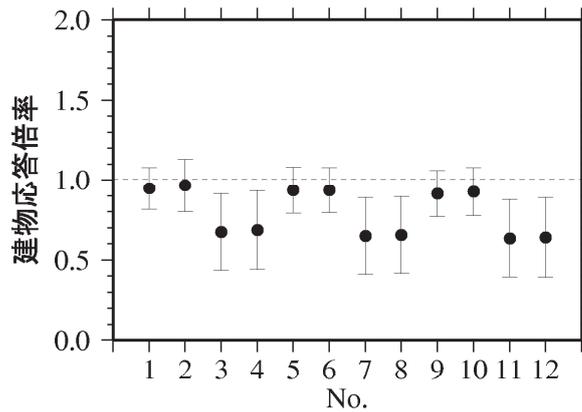


(c) RC04-S- $\alpha$ 5

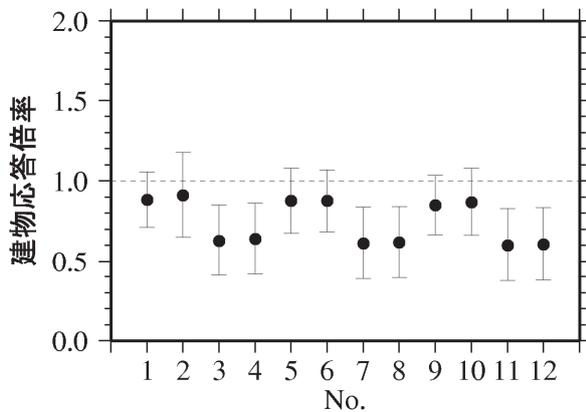
図IV-2-3(1) 4階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-3 (2) 4階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

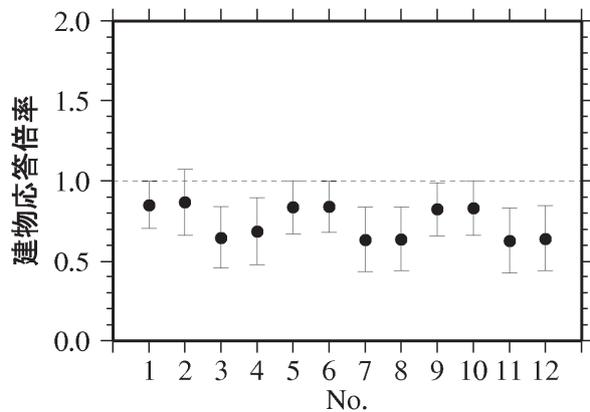
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	0.94	0.14	143	0.88	0.19	142	0.85	0.17	143
2			5.0	0.96	0.17	143	0.91	0.29	142	0.87	0.24	143	
3		3	1	7.1	0.67	0.36	139	0.63	0.35	138	0.65	0.30	139
4			2	5.0	0.68	0.36	139	0.64	0.35	138	0.69	0.31	139
5	100	0	1	10.0	0.93	0.15	143	0.88	0.23	142	0.84	0.20	143
6			2	7.1	0.93	0.15	143	0.88	0.22	142	0.84	0.19	143
7		3	1	10.0	0.65	0.37	139	0.61	0.37	138	0.63	0.32	139
8			2	7.1	0.65	0.37	139	0.62	0.36	138	0.64	0.31	139
9	150	0	1	12.2	0.91	0.16	143	0.85	0.22	142	0.82	0.20	143
10			2	8.7	0.92	0.16	143	0.87	0.24	142	0.83	0.20	143
11		3	1	12.2	0.63	0.38	139	0.60	0.37	138	0.63	0.33	139
12			2	8.7	0.64	0.39	131	0.61	0.38	130	0.64	0.32	131



(a) RC04-P- $\alpha$  2



(b) RC04-P- $\alpha$  3

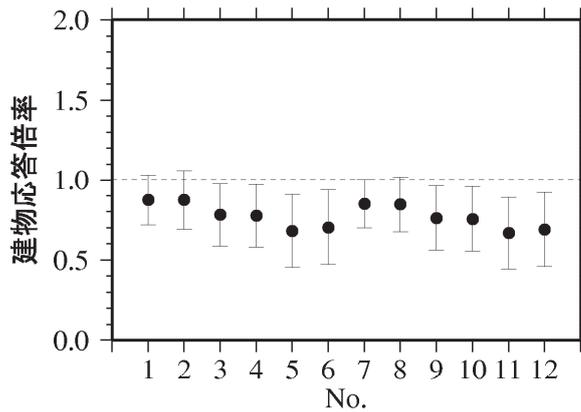


(c) RC04-P- $\alpha$  5

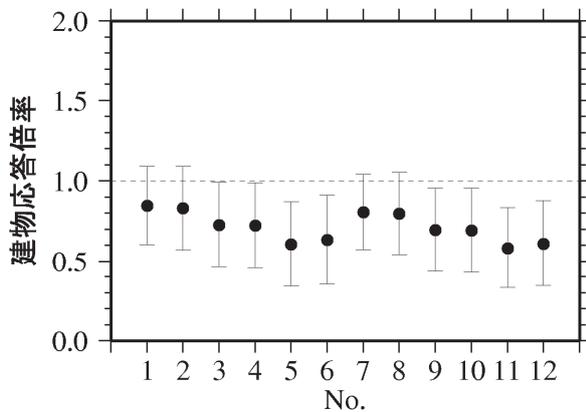
図IV-2-3 (2) 4階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-4(1) 8階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

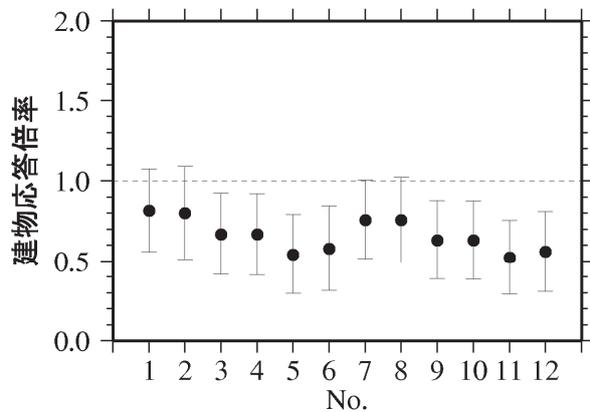
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	200	3	1	14.1	0.87	0.18	518	0.85	0.29	515	0.82	0.32	442
2			3	8.7	0.87	0.21	502	0.83	0.31	497	0.80	0.36	507
3		6	1	14.1	0.78	0.25	518	0.73	0.37	515	0.67	0.38	523
4			3	8.7	0.77	0.26	513	0.72	0.37	511	0.67	0.38	518
5		10	1	14.1	0.68	0.34	515	0.61	0.43	509	0.54	0.46	521
6			3	8.7	0.70	0.33	506	0.63	0.44	502	0.58	0.46	511
7	400	3	1	20.0	0.85	0.18	518	0.81	0.29	515	0.76	0.32	523
8			3	11.6	0.84	0.20	518	0.80	0.32	515	0.76	0.35	523
9		6	1	20.0	0.76	0.26	518	0.70	0.37	513	0.63	0.39	523
10			3	11.6	0.75	0.27	518	0.69	0.38	515	0.63	0.39	523
11		10	1	20.0	0.66	0.34	516	0.58	0.43	512	0.52	0.44	523
12			3	11.6	0.69	0.34	507	0.61	0.44	503	0.56	0.45	512



(a) RC08-S- $\alpha$ 2



(b) RC08-S- $\alpha$ 3

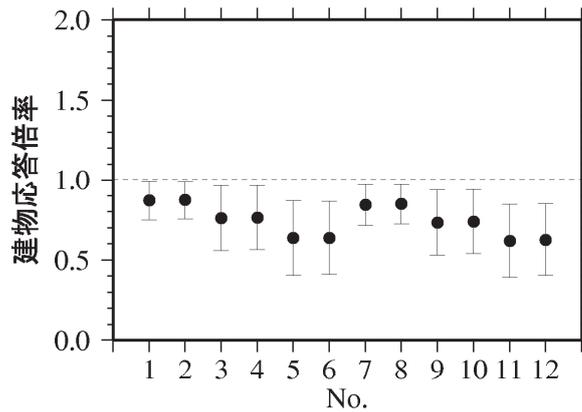


(c) RC08-S- $\alpha$ 5

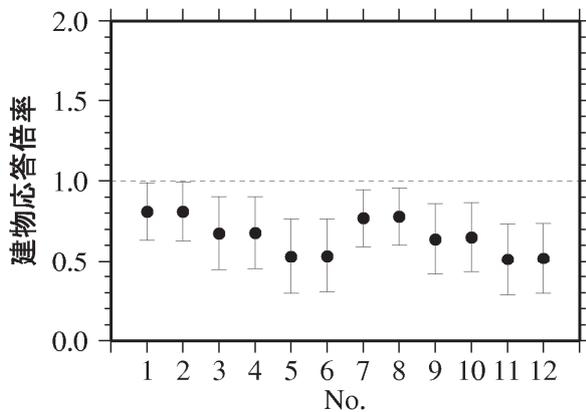
図IV-2-4(1) 8階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-4(2) 8階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

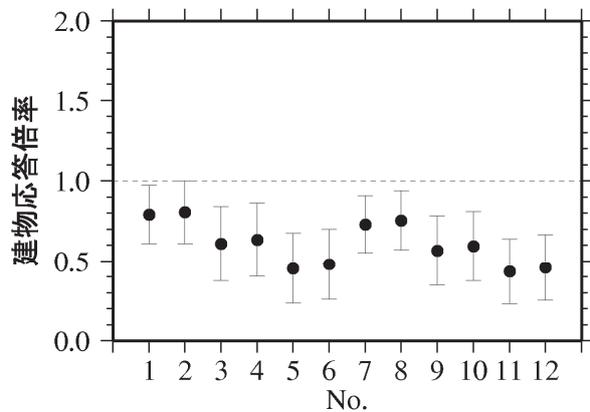
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	200	3	1	14.1	0.87	0.14	344	0.81	0.22	344	0.79	0.23	344
2			3	8.7	0.87	0.14	344	0.81	0.22	344	0.81	0.24	344
3		6	1	14.1	0.76	0.27	340	0.67	0.34	338	0.61	0.38	340
4			3	8.7	0.76	0.26	338	0.68	0.33	338	0.63	0.36	340
5		10	1	14.1	0.63	0.37	325	0.53	0.44	319	0.45	0.49	326
6			3	8.7	0.64	0.36	327	0.53	0.43	324	0.48	0.46	327
7	400	3	1	20.0	0.84	0.15	345	0.77	0.23	345	0.73	0.24	345
8			3	11.6	0.85	0.15	344	0.78	0.23	344	0.76	0.25	344
9		6	1	20.0	0.73	0.28	340	0.64	0.35	338	0.57	0.38	340
10			3	11.6	0.74	0.27	339	0.65	0.33	338	0.59	0.37	340
11		10	1	20.0	0.62	0.37	326	0.51	0.44	319	0.43	0.47	326
12			3	11.6	0.62	0.36	327	0.52	0.43	324	0.46	0.45	327



(a) RC08-P- $\alpha$  2



(b) RC08-P- $\alpha$  3

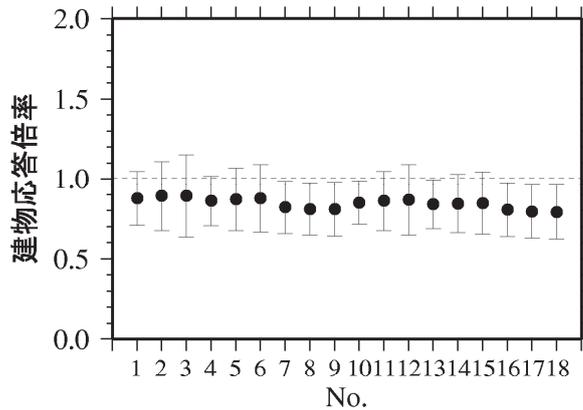


(c) RC08-P- $\alpha$  5

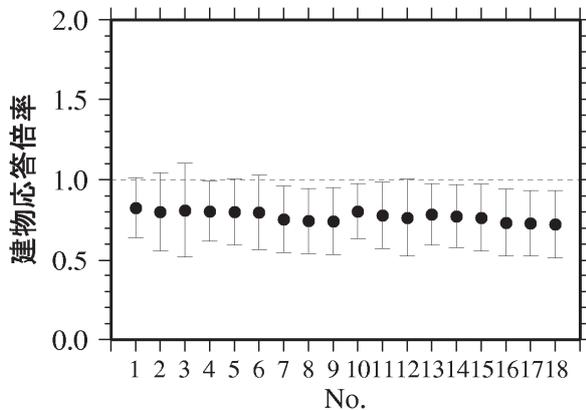
図IV-2-4(2) 8階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-5(1) 15階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

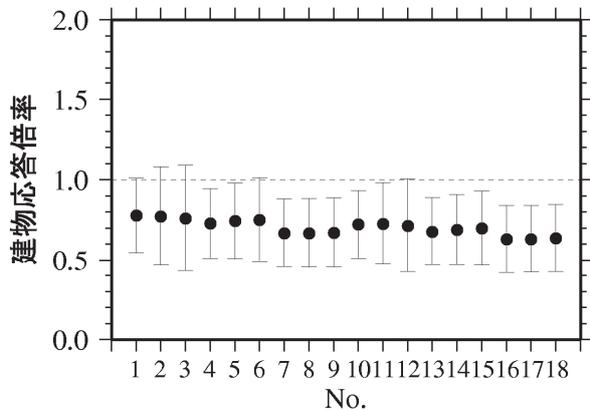
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペクト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	400	3	1	20.0	0.87	0.19	516	0.83	0.22	512	0.78	0.30	508
2			3	11.6	0.89	0.25	515	0.80	0.30	511	0.77	0.40	508
3			5	8.9	0.89	0.29	515	0.81	0.36	510	0.76	0.43	508
4		6	1	20.0	0.86	0.18	517	0.80	0.23	513	0.73	0.30	510
5			3	11.6	0.87	0.23	517	0.80	0.26	513	0.74	0.32	510
6			5	8.9	0.87	0.24	518	0.80	0.29	514	0.75	0.35	512
7		10	1	20.0	0.82	0.20	513	0.75	0.27	509	0.67	0.32	507
8			3	11.6	0.81	0.20	510	0.74	0.27	505	0.67	0.32	504
9			5	8.9	0.81	0.21	507	0.74	0.28	504	0.67	0.32	502
10	900	3	1	30.0	0.85	0.16	516	0.80	0.21	513	0.72	0.29	511
11			3	17.4	0.86	0.22	516	0.78	0.27	512	0.73	0.35	510
12			5	13.4	0.86	0.26	518	0.76	0.31	514	0.71	0.41	512
13		6	1	30.0	0.84	0.18	517	0.78	0.24	514	0.68	0.31	512
14			3	17.4	0.84	0.22	517	0.77	0.25	513	0.69	0.32	511
15			5	13.4	0.84	0.23	518	0.76	0.27	514	0.70	0.33	512
16		10	1	30.0	0.80	0.21	513	0.73	0.28	508	0.63	0.33	506
17			3	17.4	0.79	0.21	510	0.73	0.28	506	0.63	0.33	504
18			5	13.4	0.79	0.21	510	0.72	0.29	506	0.64	0.33	504



(a) RC15-S- $\alpha$ 2



(b) RC15-S- $\alpha$ 3

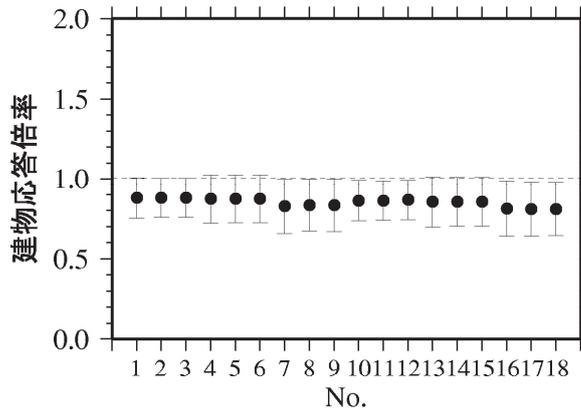


(c) RC15-S- $\alpha$ 5

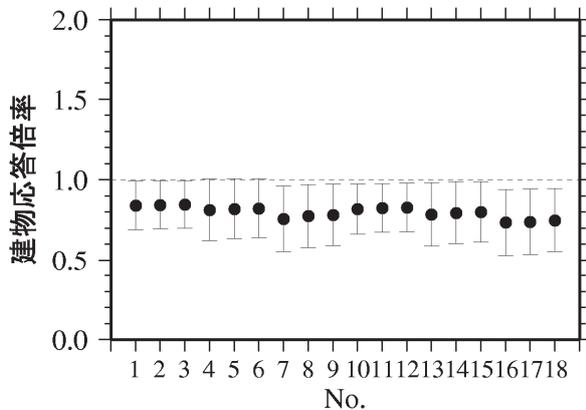
図IV-2-5 (1) 15階建てRC造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-5(2) 15階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

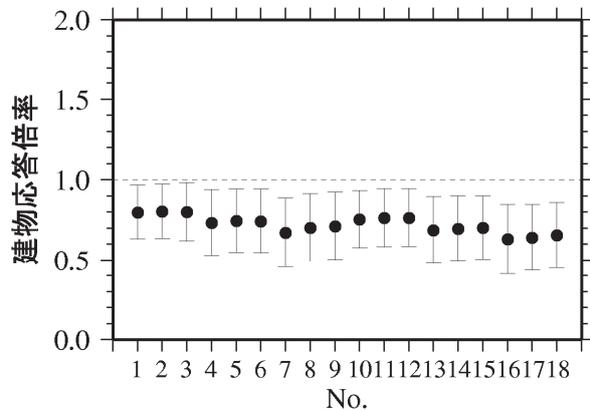
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペクト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	400	3	1	20.0	0.88	0.14	397	0.84	0.18	423	0.80	0.21	424
2			3	11.6	0.88	0.14	425	0.84	0.18	424	0.80	0.21	425
3			5	8.9	0.88	0.14	426	0.85	0.17	424	0.80	0.23	425
4		6	1	20.0	0.87	0.18	428	0.81	0.24	423	0.73	0.28	427
5			3	11.6	0.87	0.17	428	0.82	0.23	423	0.74	0.27	427
6			5	8.9	0.87	0.17	425	0.82	0.22	420	0.74	0.27	425
7		10	1	20.0	0.82	0.21	405	0.76	0.27	401	0.67	0.32	404
8			3	11.6	0.83	0.20	401	0.77	0.25	397	0.70	0.30	400
9			5	8.9	0.83	0.20	395	0.78	0.24	390	0.71	0.30	394
10	900	3	1	30.0	0.86	0.15	420	0.82	0.19	418	0.75	0.24	419
11			3	17.4	0.86	0.14	427	0.83	0.18	426	0.76	0.24	427
12			5	13.4	0.86	0.14	426	0.83	0.18	424	0.76	0.23	425
13		6	1	30.0	0.85	0.19	428	0.78	0.25	423	0.69	0.31	427
14			3	17.4	0.85	0.18	425	0.80	0.24	420	0.70	0.29	424
15			5	13.4	0.85	0.18	428	0.80	0.24	422	0.70	0.28	427
16		10	1	30.0	0.81	0.21	404	0.73	0.28	398	0.63	0.34	402
17			3	17.4	0.81	0.21	408	0.74	0.27	404	0.64	0.32	407
18			5	13.4	0.81	0.21	399	0.75	0.26	395	0.65	0.31	398



(a) RC15-P- $\alpha$  2



(b) RC15-P- $\alpha$  3



(c) RC15-P- $\alpha$  5

図IV-2-5(2) 15階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

図表から、RC造建物の建物応答倍率について次のことがわかる。

- いずれの階数においても、埋込深さが深くなるに従い、建物応答倍率の平均値は小さくなり、埋込深さが建物応答倍率に及ぼす影響は建物パラメータの中で最も大きくなっている。第Ⅲ章2-3(2)および第Ⅲ章3-3(4)で見たとおり、埋込み深さは基礎入力動に対しても地盤ばねに対しても他パラメータより強く効くため、建物応答倍率への影響も大きかったと考えられる。前者については、埋込みの分の表層地盤による増幅が小さくなる影響が大きいと考えられ、後者については基礎側面の拘束が生じることで水平成分、回転成分ともに剛性・減衰が増加する影響が働いている。
- 埋込み深さによる違いは、4階以下の低層建物で顕著であり、例えば図表IV-2-2では、埋め込みなしの場合と埋込み3mの場合で建物応答倍率が2倍近く異なるケースも見られている。また、埋込み深さが同程度でも、建物階数が高いほうが建物応答倍率は1に近づく傾向にある。たとえば、同じ直接基礎・埋め込み3mで比較すると、4階建てでは建物応答倍率は0.7程度に分布している(図表IV-2-3(1))のに対し、8階建てでは0.8程度(図表IV-2-4(1))に分布している。これは、第Ⅰ章に示したように、高層になると慣性の相互作用があまり効かなくなり、水平成分、回転成分共に影響が大きい低層のほうが慣性の相互作用効果が効きやすくなるためと考えられる。
- 建物応答倍率は、建築面積の違いによって微妙に変化しているが、その変化はいずれのケースにおいても非常に小さい。一般に、建築面積については、建築面積が大きい低層建物ほど相互作用効果により応答が下がりやすいことが指摘されているが、これは主に原子力建物などの大型建物を想定して言われることが多い。本研究の対象は、住宅建物としているため、低層建物の建築面積は、低層では150㎡にとどまっており、そこまで大きな建物を考慮していないことから建築面積の影響は小さかったものと考えられる(図表IV-2-2、IV-2-3)。一方、高層建物においては900㎡の大型の建物も想定しているが、第Ⅲ章3-3(2)で見たとおり基礎形式の地盤ばねへの影響は比較的小さいことと、高層建物では慣性の相互作用が効きづらくなることから、建築面積が大きくても、それにより応答倍率が下がるという結果にはなっていないと考えられる(図表IV-2-4、IV-2-5)。
- 建物応答倍率は、アスペクト比の違いによって微妙に変化しているが、その変化はい

ずれのケースにおいても他パラメータと比較すると非常に小さい。アスペクト比は、今回の解析では基礎入力動の評価には用いておらず、地盤ばねにのみ効く計算としてしている。第Ⅲ章 3-3 (3) で見たとおり、アスペクト比が大きくなる（つまり、建物が長くなる）と、地盤ばねの水平成分が強く、回転成分が弱くなる方向に働く。低層建物の高耐力のモデルの一部で、アスペクト比が大きくなると建物応答倍率が大きくなっている例が数例見受けられるが、住宅建物として設定したアスペクト比では、その影響が建物応答倍率に及ぼす影響は小さかったと考えられる。

- ・全体として、建物耐力が高くなるに従い、建物応答倍率は小さくなる傾向が見て取れる。建物耐力が高くなると、地盤と比べた建物の相対的な剛性が増すため、相互作用効果が効きやすくなるためと考えられる。ただし、その影響は計算ケースごとに異なっており、低層よりも高層建物で違いが明瞭に見られる。
- ・直接基礎よりも杭基礎のほうが建物応答倍率は1に近づく、すなわち相互作用効果が小さくなる。これは、第Ⅲ章 3-3 (1) で見たとおり、杭基礎のほうが直接基礎よりも地盤ばねが強く、特にロッキング動が拘束されるために建物応答が基礎固定の場合に近づくためであると考えられる。なお、基礎形式の違いは建物階数によって異なっており、埋込深さがない4階建ての場合には影響が大きい（図表Ⅳ-2-3(1)(2)の埋込0m）。一方、8階および15階建てでは、直接基礎形式と杭基礎形式では、そこまで大きな差は見られていない（図表Ⅳ-2-4(1)(2)、図表Ⅳ-2-5(1)(2)）。表層地盤のS波速度が小さい場合に杭基礎形式を用いることを想定しており、そのような場合には相互作用効果が大きくなる傾向にあるため、そのことも影響していると考えられる。

以上より、RC造建物の建物パラメータの建物応答倍率への影響は、埋め込み深さ、基礎形式、建物耐力の順に大きく、その傾向は階数ごとに異なることがわかった。また、建築面積、アスペクト比は今回想定した住宅建物については非常に影響が小さいことがわかった。

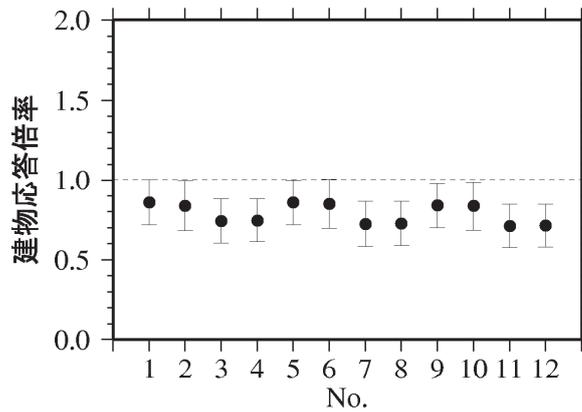
### (3) S造建物

S造建物の建物応答倍率を、建物階数ごとにそれぞれ表IV-2-6～表IV-2-9 および図IV-2-6～図IV-2-9 に示す。

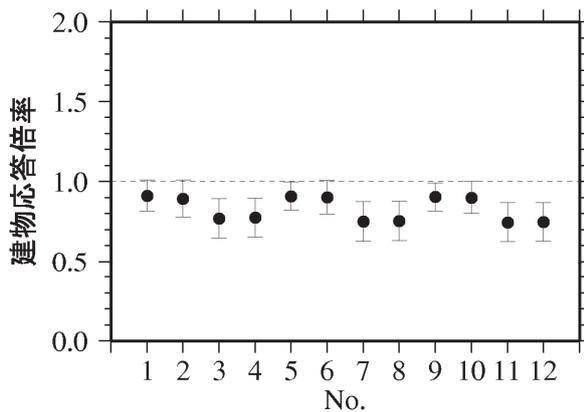
S造建物の建物応答倍率でも(2)に記載したRC造建物と同様の傾向が見られており、埋め込み深さ、基礎形式、建物耐力の順に影響が大きく、その傾向は階数ごとに異なる。また、建築面積、アスペクト比は今回想定した住宅建物については相対的に影響が小さくなっている。また、建物応答倍率の平均値をS造建物とRC造建物とで比較すると、建物階数や建物耐力によって建物応答倍率の大小関係は変化している。これはRC造建物とS造建物の周期が異なるためと考えられる。

表IV-2-6 2階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

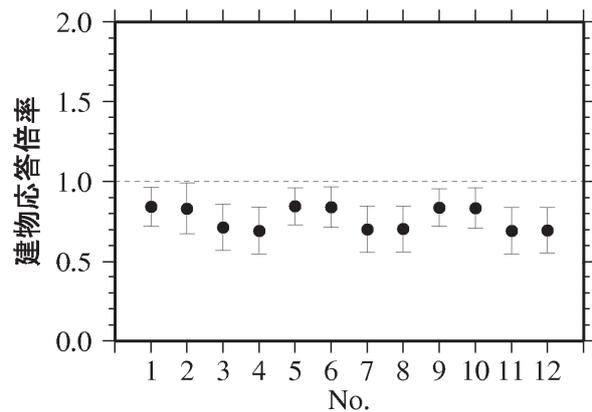
No.	建築面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	埋込 $D$ (m)	アスペクト比 $BC$	短辺長さ $B$ (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	0.86	0.17	527	0.91	0.11	527	0.84	0.14	526
2			5.0	0.84	0.19	491	0.89	0.13	490	0.83	0.19	491	
3		3	1	7.1	0.74	0.19	526	0.77	0.16	527	0.71	0.20	527
4			2	5.0	0.74	0.18	527	0.77	0.16	527	0.69	0.21	395
5	100	0	1	10.0	0.86	0.17	527	0.91	0.10	527	0.85	0.14	527
6			2	7.1	0.85	0.18	527	0.90	0.11	526	0.84	0.15	527
7		3	1	10.0	0.72	0.20	527	0.75	0.17	527	0.70	0.21	527
8			2	7.1	0.72	0.19	527	0.75	0.16	527	0.70	0.20	527
9	150	0	1	12.2	0.84	0.17	527	0.90	0.10	526	0.84	0.14	527
10			2	8.7	0.83	0.18	527	0.90	0.11	526	0.83	0.15	527
11		3	1	12.2	0.71	0.19	527	0.75	0.16	527	0.69	0.21	527
12			2	8.7	0.71	0.19	526	0.75	0.16	527	0.70	0.20	527



(a) ST02-S- $\alpha$ 2



(b) ST02-S- $\alpha$ 3

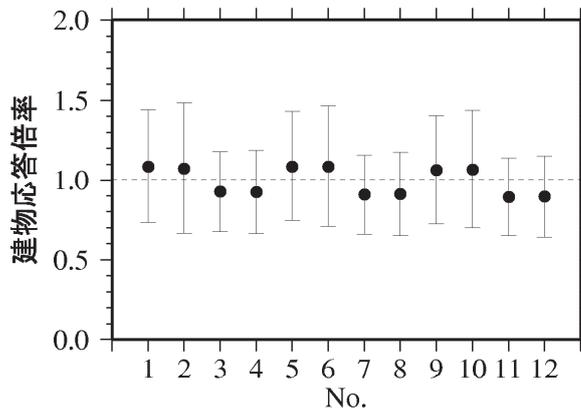


(c) ST02-S- $\alpha$ 5

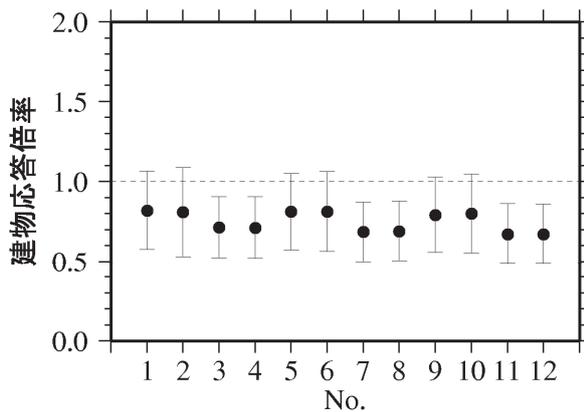
図IV-2-6 2階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-7(1) 4階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

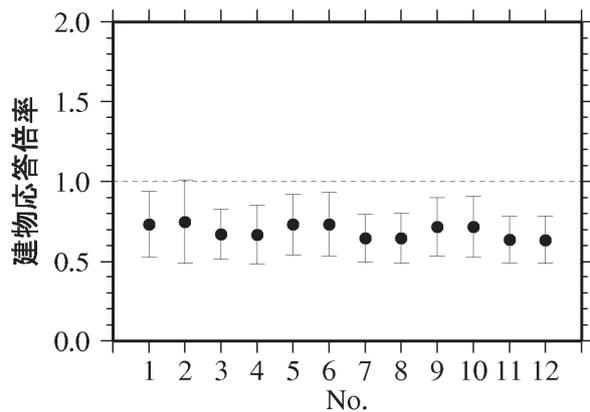
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペクト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	1.08	0.33	499	0.82	0.30	502	0.73	0.28	500
2			5.0	1.07	0.38	466	0.81	0.34	473	0.75	0.35	524	
3		3	1	7.1	0.92	0.27	514	0.71	0.27	518	0.67	0.23	519
4			2	5.0	0.92	0.29	494	0.71	0.27	502	0.67	0.28	525
5	100	0	1	10.0	1.09	0.32	521	0.81	0.29	524	0.73	0.26	526
6			2	7.1	1.08	0.35	521	0.81	0.31	524	0.73	0.27	525
7		3	1	10.0	0.90	0.28	514	0.69	0.27	523	0.65	0.23	524
8			2	7.1	0.91	0.29	520	0.69	0.27	524	0.65	0.24	526
9	150	0	1	12.2	1.06	0.32	522	0.79	0.30	523	0.72	0.25	526
10			2	8.7	1.07	0.35	522	0.80	0.31	524	0.72	0.27	526
11		3	1	12.2	0.89	0.27	522	0.67	0.28	524	0.64	0.23	526
12			2	8.7	0.89	0.29	518	0.67	0.28	524	0.63	0.24	526



(a) ST04-S- $\alpha$ 2



(b) ST04-S- $\alpha$ 3

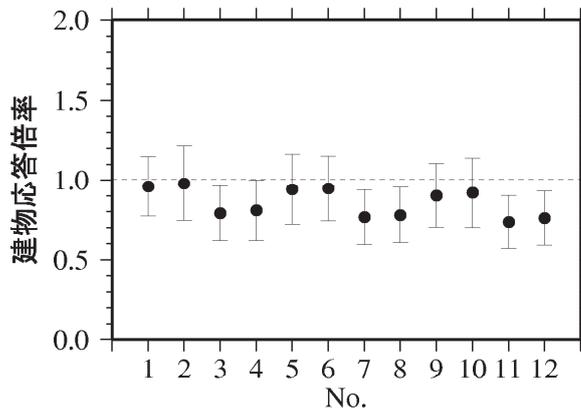


(c) ST04-S- $\alpha$ 5

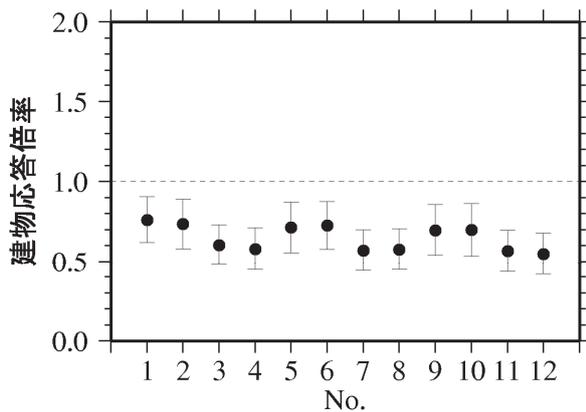
図IV-2-7(1) 4階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-7(2) 4階建てS造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

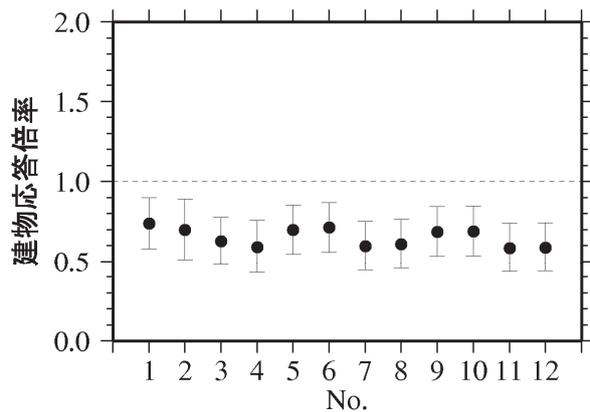
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペクト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	50	0	1	7.1	0.96	0.20	143	0.76	0.19	143	0.74	0.22	143
2			5.0	0.98	0.24	143	0.74	0.21	143	0.70	0.27	143	
3		3	1	7.1	0.79	0.22	138	0.60	0.21	139	0.63	0.24	139
4			2	5.0	0.81	0.24	139	0.58	0.23	139	0.59	0.28	139
5	100	0	1	10.0	0.94	0.24	143	0.71	0.22	143	0.70	0.22	143
6			2	7.1	0.94	0.22	143	0.73	0.20	142	0.71	0.22	143
7		3	1	10.0	0.76	0.22	139	0.57	0.23	139	0.60	0.26	139
8			2	7.1	0.78	0.22	139	0.58	0.22	139	0.61	0.25	139
9	150	0	1	12.2	0.90	0.22	143	0.70	0.23	143	0.69	0.23	143
10			2	8.7	0.92	0.24	143	0.70	0.24	143	0.69	0.23	143
11		3	1	12.2	0.73	0.23	139	0.57	0.23	139	0.59	0.26	139
12			2	8.7	0.76	0.22	131	0.55	0.24	131	0.59	0.26	131



(a) ST04-P- $\alpha$  2



(b) ST04-P- $\alpha$  3

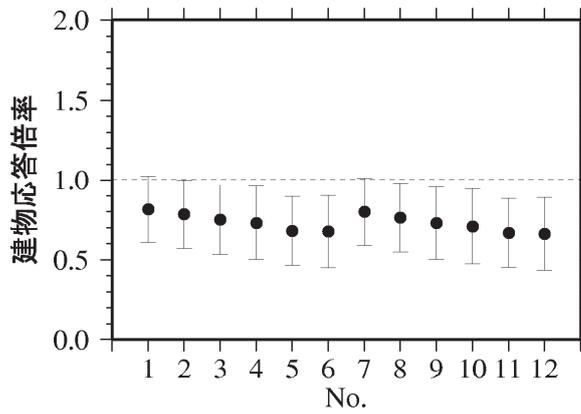


(c) ST04-P- $\alpha$  5

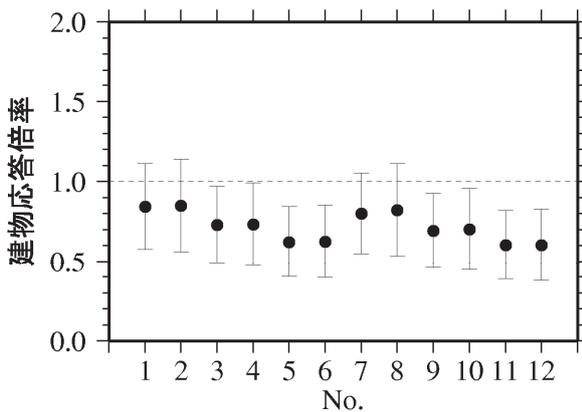
図IV-2-7(2) 4階建てS造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-8(1) 8階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

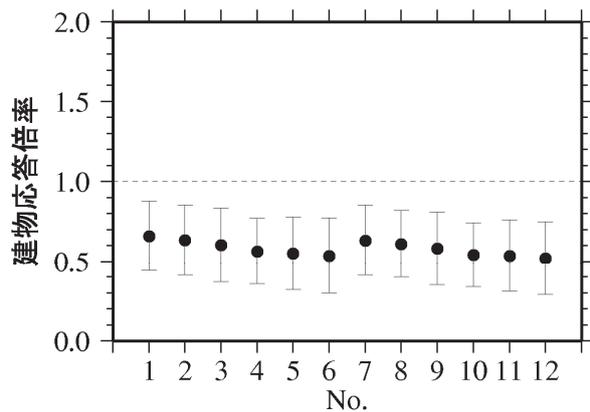
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペクト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	200	3	1	14.1	0.81	0.26	525	0.84	0.32	525	0.66	0.33	524
2			3	8.7	0.78	0.28	526	0.85	0.34	526	0.63	0.35	525
3		6	1	14.1	0.75	0.29	526	0.73	0.32	527	0.60	0.38	525
4			3	8.7	0.73	0.32	526	0.73	0.35	524	0.56	0.37	525
5		10	1	14.1	0.68	0.32	512	0.62	0.35	511	0.55	0.42	512
6			3	8.7	0.67	0.34	516	0.62	0.37	517	0.54	0.44	515
7	400	3	1	20.0	0.80	0.26	525	0.80	0.32	526	0.63	0.35	524
8			3	11.6	0.76	0.28	525	0.82	0.35	525	0.61	0.34	525
9		6	1	20.0	0.73	0.31	526	0.69	0.34	527	0.58	0.40	525
10			3	11.6	0.71	0.33	525	0.70	0.36	527	0.54	0.37	525
11		10	1	20.0	0.66	0.33	512	0.60	0.36	511	0.54	0.42	512
12			3	11.6	0.66	0.35	514	0.60	0.37	516	0.52	0.44	513



(a) ST08-S- $\alpha$ 2



(b) ST08-S- $\alpha$ 3

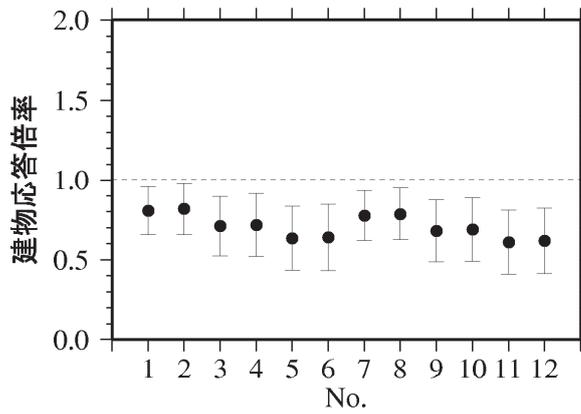


(c) ST08-S- $\alpha$ 5

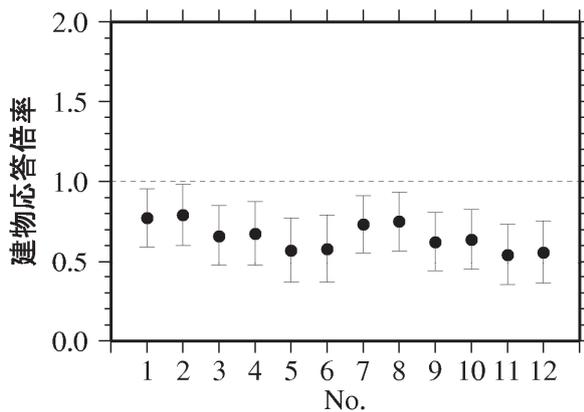
図IV-2-8(1) 8階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-8(2) 8階建てS造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

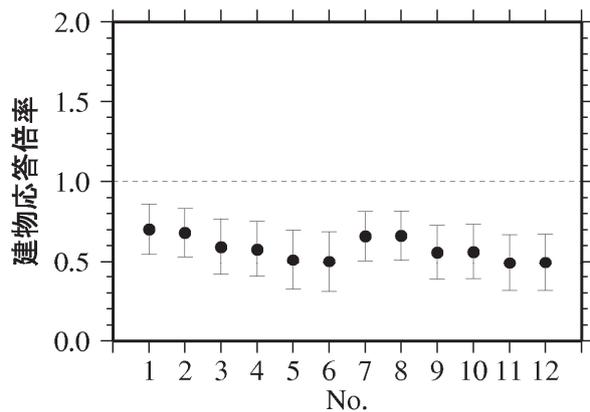
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペクト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	200	3	1	14.1	0.80	0.19	351	0.77	0.23	353	0.70	0.22	353
2			3	8.7	0.82	0.20	351	0.79	0.24	352	0.68	0.22	353
3		6	1	14.1	0.71	0.26	344	0.66	0.29	348	0.59	0.30	348
4			3	8.7	0.72	0.28	343	0.67	0.30	348	0.58	0.30	348
5		10	1	14.1	0.63	0.32	333	0.57	0.36	336	0.51	0.37	336
6			3	8.7	0.64	0.33	332	0.58	0.37	336	0.50	0.38	336
7	400	3	1	20.0	0.77	0.20	354	0.73	0.24	353	0.66	0.23	354
8			3	11.6	0.78	0.21	353	0.75	0.24	353	0.66	0.23	353
9		6	1	20.0	0.68	0.29	348	0.62	0.30	348	0.56	0.31	347
10			3	11.6	0.69	0.29	348	0.64	0.30	348	0.56	0.31	348
11		10	1	20.0	0.61	0.33	336	0.54	0.35	336	0.49	0.36	336
12			3	11.6	0.62	0.33	336	0.56	0.35	336	0.49	0.36	336



(a) ST08-P- $\alpha$  2



(b) ST08-P- $\alpha$  3

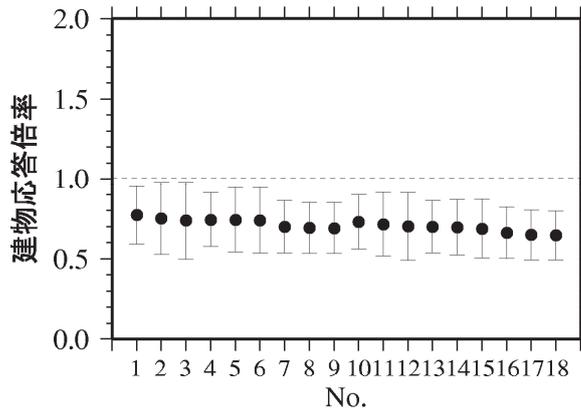


(c) ST08-P- $\alpha$  5

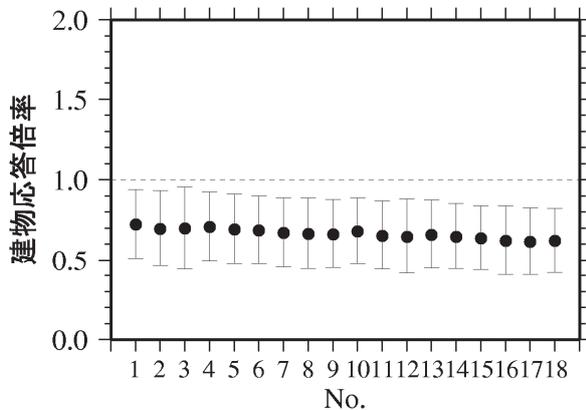
図IV-2-8(2) 8階建てS造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-9(1) 15階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

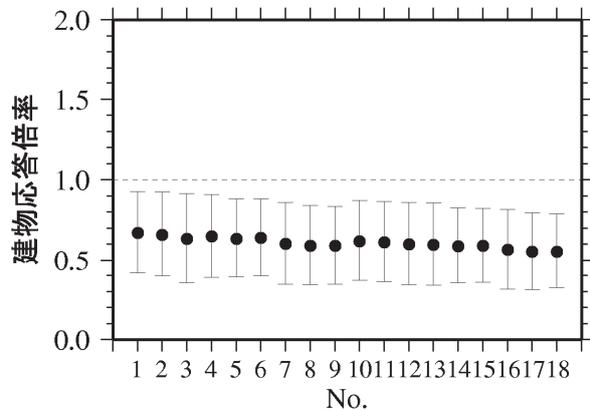
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペ クト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	400	3	1	20.0	0.77	0.23	510	0.72	0.30	520	0.67	0.38	514
2			3	11.6	0.75	0.30	512	0.70	0.34	521	0.66	0.40	515
3			5	8.9	0.73	0.33	510	0.70	0.37	521	0.64	0.44	515
4		6	1	20.0	0.74	0.23	511	0.71	0.30	521	0.65	0.40	515
5			3	11.6	0.74	0.27	512	0.69	0.31	521	0.64	0.39	514
6			5	8.9	0.74	0.28	512	0.69	0.31	520	0.64	0.38	515
7		10	1	20.0	0.70	0.23	500	0.67	0.32	507	0.60	0.43	501
8			3	11.6	0.69	0.23	509	0.67	0.33	513	0.59	0.42	509
9			5	8.9	0.69	0.23	509	0.66	0.32	512	0.59	0.41	509
10	900	3	1	30.0	0.73	0.23	511	0.68	0.30	520	0.62	0.41	513
11			3	17.4	0.71	0.28	511	0.65	0.33	521	0.61	0.41	515
12			5	13.4	0.70	0.30	512	0.65	0.36	519	0.60	0.43	515
13		6	1	30.0	0.70	0.23	512	0.66	0.33	520	0.60	0.43	515
14			3	17.4	0.69	0.25	512	0.65	0.32	520	0.59	0.40	515
15			5	13.4	0.68	0.27	512	0.64	0.31	521	0.59	0.39	513
16		10	1	30.0	0.66	0.24	500	0.62	0.34	508	0.57	0.44	502
17			3	17.4	0.65	0.24	509	0.62	0.34	513	0.55	0.44	509
18			5	13.4	0.64	0.24	508	0.62	0.33	513	0.56	0.42	509



(a) ST15-S- $\alpha$ 2



(b) ST15-S- $\alpha$ 3

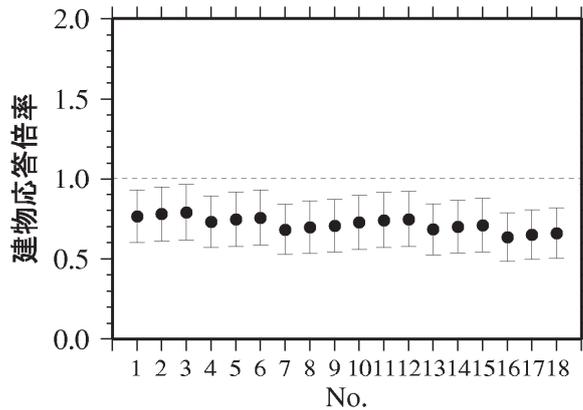


(c) ST15-S- $\alpha$ 5

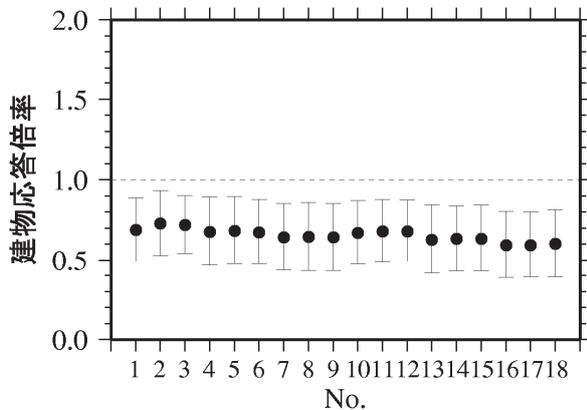
図IV-2-9(1) 15階建てS造建物(直接基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

表IV-2-9(2) 15階建てS造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と変動係数

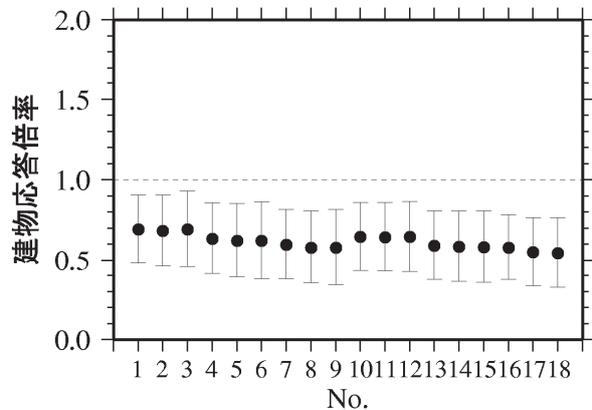
No.	建築面積 A (m <sup>2</sup> )	埋込 D (m)	アスペ クト比 BC	短辺長さ B (m)	建物耐力 $\alpha$								
					2(低)			3(中)			5(高)		
					平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数	平均値	変動係数	個数
1	400	3	1	20.0	0.76	0.21	431	0.69	0.29	331	0.69	0.31	430
2			3	11.6	0.77	0.22	431	0.73	0.28	431	0.68	0.33	431
3			5	8.9	0.79	0.22	431	0.72	0.25	431	0.69	0.34	431
4		6	1	20.0	0.73	0.22	431	0.68	0.31	434	0.63	0.35	434
5			3	11.6	0.74	0.23	431	0.69	0.31	434	0.62	0.37	434
6			5	8.9	0.75	0.23	431	0.68	0.30	434	0.62	0.39	433
7		10	1	20.0	0.68	0.23	408	0.64	0.33	411	0.60	0.37	411
8			3	11.6	0.69	0.23	404	0.65	0.33	407	0.58	0.39	407
9			5	8.9	0.70	0.23	399	0.64	0.33	402	0.58	0.41	402
10	900	3	1	30.0	0.72	0.23	425	0.67	0.30	425	0.65	0.33	423
11			3	17.4	0.74	0.23	435	0.68	0.29	435	0.64	0.33	435
12			5	13.4	0.74	0.23	430	0.68	0.28	430	0.65	0.34	431
13		6	1	30.0	0.68	0.23	431	0.63	0.34	434	0.59	0.36	433
14			3	17.4	0.70	0.23	431	0.63	0.33	433	0.59	0.38	434
15			5	13.4	0.71	0.23	430	0.64	0.33	434	0.58	0.39	434
16		10	1	30.0	0.63	0.24	407	0.59	0.35	409	0.58	0.35	321
17			3	17.4	0.65	0.24	411	0.60	0.35	413	0.55	0.39	414
18			5	13.4	0.66	0.24	402	0.60	0.35	405	0.55	0.40	405



(a) ST15-P- $\alpha$  2



(b) ST15-P- $\alpha$  3



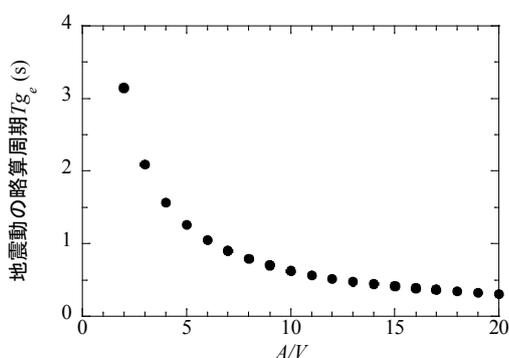
(c) ST15-P- $\alpha$  5

図IV-2-9(2) 15階建てS造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均値 $\pm 1\sigma$

## 2-2. 地震動の周期特性で分類した建物応答倍率

前項の分析結果によると、建物応答倍率に及ぼす影響が大きい建物の解析パラメータは、建物階数、埋込深さ、基礎形式、建物耐力、構造種別であったため、以後、建物応答倍率はこれらのパラメータで分析し、建築面積、アスペクト比による分類は行わない。また、木造建物では、地盤と建物の相互作用効果による建物応答の変化はほとんど確認されない事から対象外とする。

基礎入力動の周期特性の影響を考察することを考え、地震動の周期特性  $A/V$  を用いて建物応答倍率を区分する。地震動の周期特性  $A/V$  は式IV.1-1に示したとおり、地震動の略算周期  $T_{ge}$  と 1:1 に対応する（図IV-2-10）。

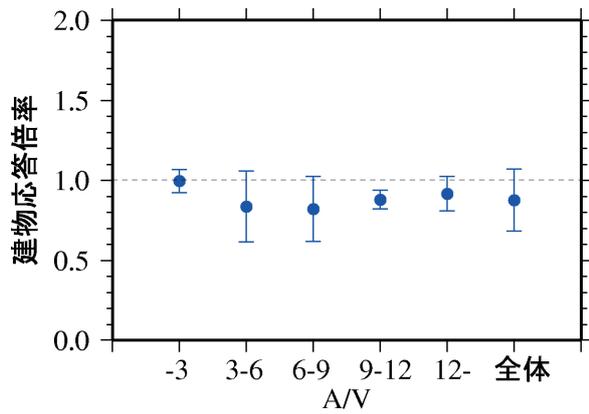


図IV-2-10 地震動の略算周期  $T_{ge}$  と地震動の周期特性  $A/V$  との関係

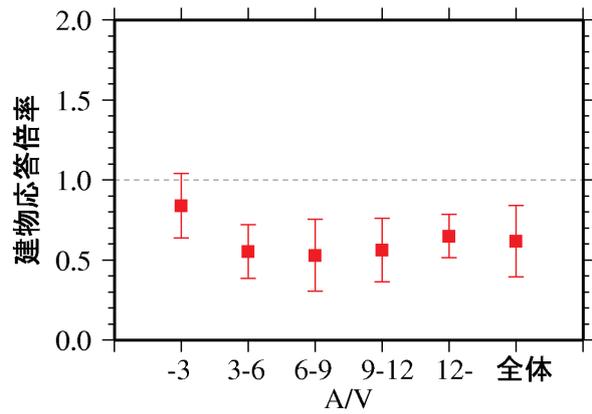
地震動の周期特性  $A/V$  は、 $A/V=6$  の場合、概ね周期 1s に対応する事から、それを基準として 0.5s 刻み ( $A/V$  で 3 刻み) で区分し、 $A/V < 3$ 、 $3 \leq A/V < 6$ 、 $6 \leq A/V < 9$ 、 $9 \leq A/V < 12$ 、 $12 \leq A/V$  の 5 種類で区分することとした。一例として、4 階建てと 8 階建て RC 造建物（杭基礎形式）の結果を図IV-2-11～図IV-2-12に示す。建物耐力に関わる係数  $\alpha=3$  の結果を示している。各図では、平均値を点で示し、平均値  $\pm 1\sigma$  を線で表している。

- ・ 4 階建て RC 造建物では、地震動の周期特性  $A/V$  が 3 未満の区分で建物応答倍率は最も 1 に近く、 $A/V$  が 6 以上 9 未満の区分では最も 1 から離れ、それから  $A/V$  が大きくなるに従い徐々に 1 に近づいている。
- ・ 一方、8 階建て RC 造建物では、地震動の周期特性  $A/V$  が 3 未満の区分で最も小さく、それから  $A/V$  が大きくなるに従い徐々に 1 に近づいている。

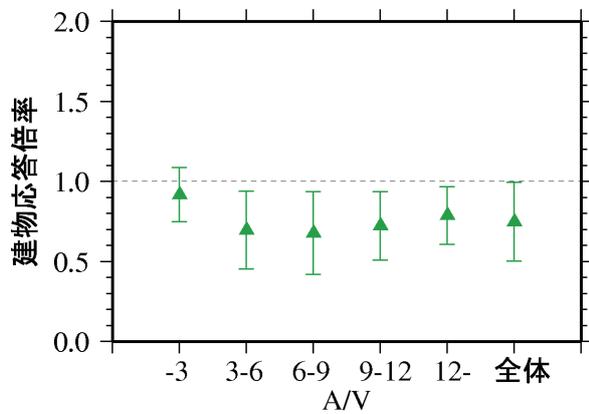
建物応答倍率は建物モデルの解析パラメータの他に、地震動の周期特性  $A/V$  によっても大きく変化する。なお、分類した建物応答倍率の全体については付録にすべて掲載した。



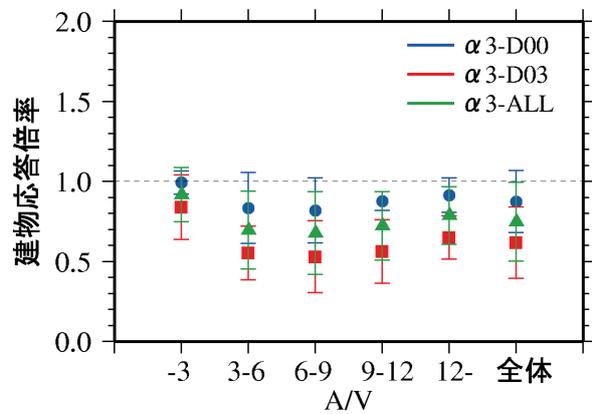
(a) RC04-P- $\alpha$ 3-D00



(b) RC04-P- $\alpha$ 3-D03

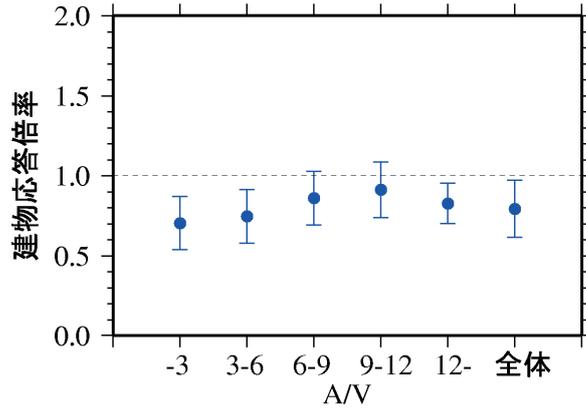


(c) RC04-P- $\alpha$ 3-ALL

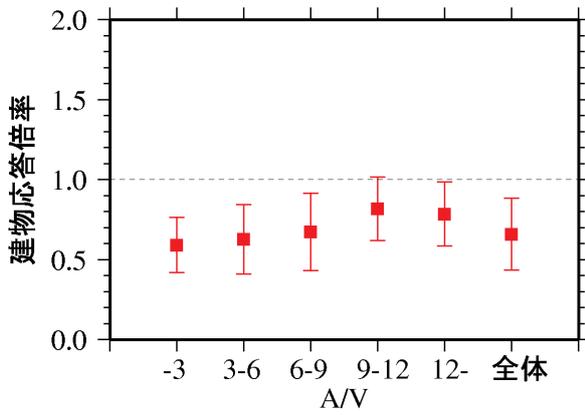


(d) 比較

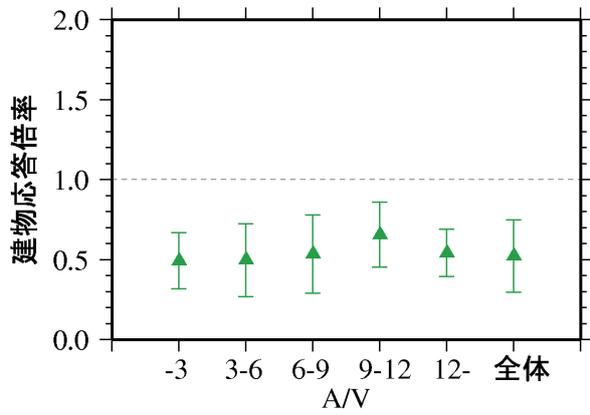
図IV-2-11 4階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均 $\pm 1\sigma$



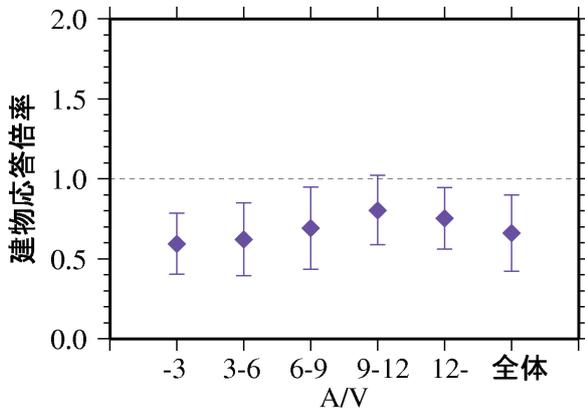
(a) RC08-P- $\alpha$ 3-D03



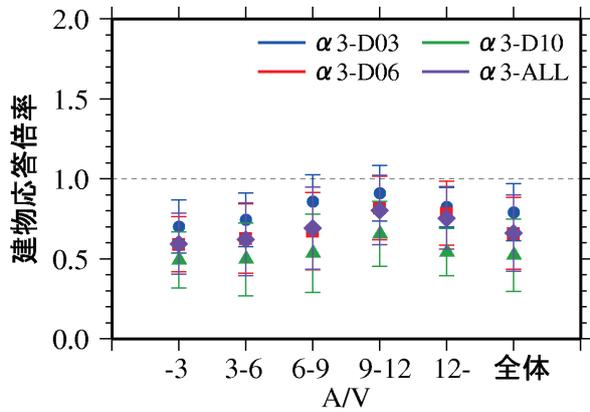
(b) RC08-P- $\alpha$ 3-D06



(c) RC08-P- $\alpha$ 3-D10



(d) RC08-P- $\alpha$ 3-ALL



(e) 比較

図IV-2-12 8階建てRC造建物(杭基礎形式)の建物応答倍率の平均値と平均 $\pm 1\sigma$

### 3. 建物応答倍率の定量的傾向のまとめ

#### (1) 分析結果のまとめ

第IV章では、第III章で算定した建物応答倍率 $R_{Sr}/R_{fix}$ に対し、各解析パラメータが与える影響を分析した。その分析結果をまとめると表IV-3-1のとおりとなる。

表IV-3-1 解析パラメータが建物応答倍率へ及ぼす影響のまとめ

解析パラメータ		RC造・S造	木造
建物パラメータ	建物階数	②建物階数によって建物応答倍率に影響する地震動の周期特性が変化する。	①パラメータによらず建物応答倍率は常にほぼ1となる。
	埋込深さ	③埋込深さが深くなるほど、建物応答倍率は小さくなる。	
	基礎形式	④杭基礎形式のほうが直接基礎形式よりも建物応答倍率は1に近づく。	
	建物耐力	⑤建物耐力が大きくなるほど建物応答倍率は小さくなる。	
	構造種別	⑥建物構造種別によって建物応答倍率に影響する地震動の周期特性が変化する。	
	建築面積	⑦建物応答倍率へほとんど影響しない。	
	アスペクト比		
地震動パラメータ	地震動の周期特性 A/V	⑧建物階数や構造種別等により、建物応答倍率へ与える影響が変化する。	

- ① 木造建物の場合、地盤と建物の相互作用効果は殆ど表れない結果となった。RC造建物やS造建物と比べて剛性、耐力が低いことが理由であると考えられる。これは、一般に相互作用の影響が非木造建物について指摘されていることと整合している。
- ② 建物階数が増えると、建物の揺れの周期が変化することから、建物応答倍率に影響を及ぼす地震動の周期が変化することが確認された。
- ③ 埋込深さが深くなると、埋込深さによる表層地盤増幅低減の影響および基礎底面からの反射波の影響により基礎入力動が低減される。その傾向は特に低層建物で顕著であった。
- ④ 基礎形式の違いでは、杭基礎形式の場合に地盤ばねが大きくなることから、表層地盤による拘束効果が強まる事で、建物応答倍率は直接基礎の場合よりも1に近くなる（ただし、埋込みがある場合は入力損失効果が働くため建物応答倍率は1自体に近づくわけではない）傾向が確認できた。
- ⑤ 建物耐力が大きくなると、建物の地盤に対して相対的に剛性が高くなるため、相互作用効果により建物応答が下がりやすくなることが確認できた。この傾向は、高橋・林（2004）による研究成果と整合している。
- ⑥ 構造種別が異なると建物周期が変化するため、地震動の周期との関係で建物応答倍率の大小関係が変化することが確認できた。
- ⑦ 一般には建築面積が大きい建物ほど建物応答が下がりやすいことが指摘されているが、住宅建物（今回想定した建築面積の範囲）の建物応答倍率を考える上では、パラメータの影響は非常に小さいことがわかった。
- ⑧ 地震動の周期特性が与える影響は大きく、地震動と建物の揺れの周期の関係により建物応答倍率に影響を及ぼす周期が変化することが確認された。

これらの結果を踏まえ、建物階数、埋込み深さ、基礎形式、耐力、構造種別、地震動の周期特性A/V別に分類した建物応答倍率の平均値を表IV-3-2～表IV-3-7に一覧として示す。変動係数を含めた図表についてはすべて付録2に示している。

表IV-3-2 建物応答倍率の平均値(直接基礎形式,  $\alpha=2$  の場合)

(a)  $A/V < 3$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.99	0.86	-	-	1.09	1.28	-	-
埋込3m	0.87	0.77	0.61	0.83	0.98	0.95	0.78	0.88
埋込6m	-	-	0.56	0.77	-	-	0.66	0.86
埋込10m	-	-	0.51	0.62	-	-	0.53	0.79

(b)  $3 \leq A/V < 6$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.79	1.09	-	-	0.97	1.02	-	-
埋込3m	0.71	0.96	0.74	0.67	0.67	0.81	0.87	0.88
埋込6m	-	-	0.67	0.68	-	-	0.77	0.87
埋込10m	-	-	0.62	0.67	-	-	0.69	0.84

(c)  $6 \leq A/V < 9$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.81	1.06	-	-	0.88	1.04	-	-
埋込3m	0.70	0.92	0.86	0.77	0.51	0.87	0.88	0.83
埋込6m	-	-	0.77	0.73	-	-	0.76	0.81
埋込10m	-	-	0.71	0.69	-	-	0.69	0.75

(d)  $9 \leq A/V < 12$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.97	1.07	-	-	0.93	0.97	-	-
埋込3m	0.77	0.87	0.89	0.77	0.51	0.85	0.85	0.85
埋込6m	-	-	0.88	0.74	-	-	0.86	0.83
埋込10m	-	-	0.80	0.66	-	-	0.77	0.78

(e)  $12 \leq A/V$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.97	0.80	-	-	0.93	1.05	-	-
埋込3m	0.67	0.61	0.83	0.78	0.51	0.77	0.75	0.87
埋込6m	-	-	0.85	0.77	-	-	0.76	0.86
埋込10m	-	-	0.78	0.63	-	-	0.66	0.77

表IV-3-3 建物応答倍率の平均値(基礎形式,  $\alpha=2$  の場合)

(a)  $A/V < 3$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.86	-	-	-	1.03	-	-
埋込3m	-	0.76	0.75	0.70	-	0.81	0.77	0.85
埋込6m	-	-	0.65	0.66	-	-	0.65	0.82
埋込10m	-	-	0.57	0.61	-	-	0.51	0.77

(b)  $3 \leq A/V < 6$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.97	-	-	-	0.87	-	-
埋込3m	-	0.79	0.76	0.74	-	0.58	0.87	0.91
埋込6m	-	-	0.66	0.71	-	-	0.77	0.91
埋込10m	-	-	0.59	0.67	-	-	0.67	0.88

(c)  $6 \leq A/V < 9$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.97	-	-	-	0.96	-	-
埋込3m	-	0.82	0.81	0.81	-	0.62	0.87	0.83
埋込6m	-	-	0.70	0.76	-	-	0.71	0.82
埋込10m	-	-	0.65	0.71	-	-	0.60	0.77

(d)  $9 \leq A/V < 12$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	1.01	-	-	-	0.94	-	-
埋込3m	-	0.85	0.89	0.73	-	0.70	0.87	0.82
埋込6m	-	-	0.85	0.70	-	-	0.82	0.81
埋込10m	-	-	0.78	0.64	-	-	0.67	0.77

(e)  $12 \leq A/V$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.85	-	-	-	0.96	-	-
埋込3m	-	0.55	0.89	0.70	-	0.69	0.83	0.85
埋込6m	-	-	0.84	0.74	-	-	0.82	0.86
埋込10m	-	-	0.71	0.61	-	-	0.58	0.72

表IV-3-4 建物応答倍率の平均値(直接基礎形式,  $\alpha=3$  の場合)

(a)  $A/V < 3$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	1.05	0.80	-	-	1.09	1.22	-	-
埋込3m	0.96	0.67	0.54	0.67	0.98	0.96	0.66	0.86
埋込6m	-	-	0.49	0.58	-	-	0.54	0.78
埋込10m	-	-	0.46	0.44	-	-	0.43	0.64

(b)  $3 \leq A/V < 6$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.91	0.71	-	-	0.94	1.00	-	-
埋込3m	0.79	0.60	0.78	0.67	0.74	0.70	0.77	0.81
埋込6m	-	-	0.64	0.66	-	-	0.64	0.80
埋込10m	-	-	0.54	0.62	-	-	0.55	0.78

(c)  $6 \leq A/V < 9$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.86	0.88	-	-	0.85	0.98	-	-
埋込3m	0.72	0.76	0.93	0.67	0.56	0.76	0.90	0.74
埋込6m	-	-	0.78	0.68	-	-	0.76	0.74
埋込10m	-	-	0.67	0.66	-	-	0.66	0.68

(d)  $9 \leq A/V < 12$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.90	0.96	-	-	0.92	1.04	-	-
埋込3m	0.68	0.86	0.96	0.77	0.44	0.77	0.93	0.83
埋込6m	-	-	0.93	0.78	-	-	0.93	0.85
埋込10m	-	-	0.81	0.80	-	-	0.79	0.80

(e)  $12 \leq A/V$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.87	0.72	-	-	0.98	1.14	-	-
埋込3m	0.52	0.65	0.83	0.65	0.33	0.69	0.73	0.74
埋込6m	-	-	0.83	0.66	-	-	0.73	0.76
埋込10m	-	-	0.69	0.67	-	-	0.61	0.68

表IV-3-5 建物応答倍率の平均値(杭基礎形式,  $\alpha=3$ の場合)

(a)  $A/V < 3$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.74	-	-	-	0.99	-	-
埋込3m	-	0.65	0.63	0.44	-	0.84	0.70	0.71
埋込6m	-	-	0.56	0.41	-	-	0.59	0.67
埋込10m	-	-	0.52	0.38	-	-	0.49	0.62

(b)  $3 \leq A/V < 6$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.65	-	-	-	0.84	-	-
埋込3m	-	0.53	0.72	0.69	-	0.55	0.74	0.88
埋込6m	-	-	0.59	0.64	-	-	0.63	0.85
埋込10m	-	-	0.51	0.60	-	-	0.50	0.81

(c)  $6 \leq A/V < 9$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.77	-	-	-	0.82	-	-
埋込3m	-	0.55	0.87	0.72	-	0.53	0.86	0.80
埋込6m	-	-	0.70	0.69	-	-	0.67	0.76
埋込10m	-	-	0.61	0.67	-	-	0.53	0.70

(d)  $9 \leq A/V < 12$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.90	-	-	-	0.88	-	-
埋込3m	-	0.72	0.87	0.85	-	0.56	0.91	0.86
埋込6m	-	-	0.83	0.84	-	-	0.82	0.86
埋込10m	-	-	0.76	0.79	-	-	0.66	0.80

(e)  $12 \leq A/V$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.82	-	-	-	0.91	-	-
埋込3m	-	0.61	0.75	0.72	-	0.65	0.82	0.80
埋込6m	-	-	0.79	0.75	-	-	0.78	0.80
埋込10m	-	-	0.58	0.61	-	-	0.54	0.71

表IV-3-6 建物応答倍率の平均値(直接基礎形式,  $\alpha=5$ の場合)

(a)  $A/V < 3$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	1.05	0.97	-	-	1.12	1.18	-	-
埋込3m	0.96	0.82	0.54	0.45	0.99	1.00	0.73	0.80
埋込6m	-	-	0.50	0.38	-	-	0.62	0.68
埋込10m	-	-	0.45	0.28	-	-	0.54	0.51

(b)  $3 \leq A/V < 6$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.87	0.68	-	-	0.95	0.92	-	-
埋込3m	0.75	0.62	0.57	0.61	0.79	0.69	0.71	0.74
埋込6m	-	-	0.49	0.57	-	-	0.57	0.69
埋込10m	-	-	0.46	0.51	-	-	0.48	0.63

(c)  $6 \leq A/V < 9$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.76	0.72	-	-	0.85	0.90	-	-
埋込3m	0.63	0.64	0.70	0.65	0.64	0.67	0.87	0.69
埋込6m	-	-	0.60	0.66	-	-	0.66	0.69
埋込10m	-	-	0.56	0.64	-	-	0.56	0.64

(d)  $9 \leq A/V < 12$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.79	0.79	-	-	0.83	0.93	-	-
埋込3m	0.62	0.70	0.75	0.81	0.51	0.69	0.88	0.84
埋込6m	-	-	0.79	0.82	-	-	0.89	0.85
埋込10m	-	-	0.76	0.81	-	-	0.78	0.79

(e)  $12 \leq A/V$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	0.75	0.60	-	-	0.90	0.71	-	-
埋込3m	0.50	0.56	0.60	0.66	0.39	0.52	0.67	0.75
埋込6m	-	-	0.66	0.68	-	-	0.71	0.76
埋込10m	-	-	0.64	0.67	-	-	0.58	0.71

表IV-3-7 建物応答倍率の平均値(杭基礎形式,  $\alpha=5$ の場合)

(a)  $A/V < 3$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.85	-	-	-	1.01	-	-
埋込3m	-	0.78	0.59	0.37	-	0.91	0.78	0.67
埋込6m	-	-	0.54	0.36	-	-	0.66	0.61
埋込10m	-	-	0.51	0.35	-	-	0.58	0.57

(b)  $3 \leq A/V < 6$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.65	-	-	-	0.80	-	-
埋込3m	-	0.56	0.64	0.62	-	0.64	0.73	0.78
埋込6m	-	-	0.52	0.54	-	-	0.54	0.70
埋込10m	-	-	0.45	0.51	-	-	0.40	0.66

(c)  $6 \leq A/V < 9$

構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.65	-	-	-	0.78	-	-
埋込3m	-	0.52	0.72	0.74	-	0.49	0.83	0.79
埋込6m	-	-	0.59	0.68	-	-	0.60	0.72
埋込10m	-	-	0.51	0.64	-	-	0.44	0.67

(d)  $9 \leq A/V < 12$

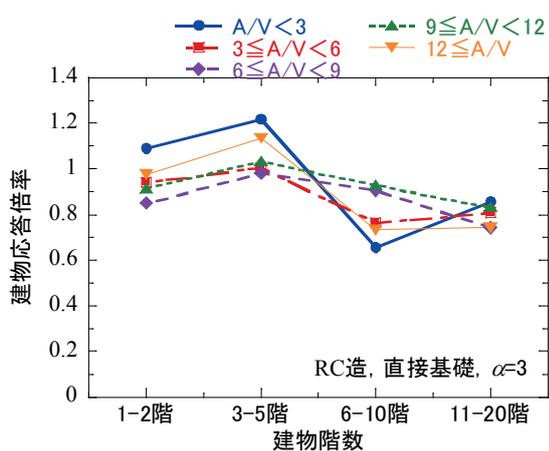
構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.78	-	-	-	0.87	-	-
埋込3m	-	0.50	0.79	0.88	-	0.47	0.82	0.84
埋込6m	-	-	0.75	0.87	-	-	0.74	0.84
埋込10m	-	-	0.67	0.81	-	-	0.61	0.79

(e)  $12 \leq A/V$

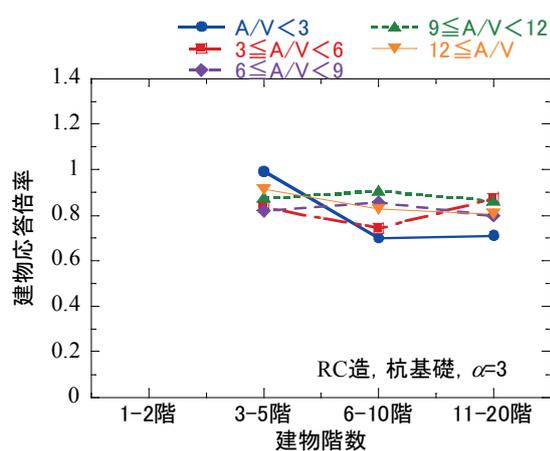
構造	S造				RC造			
	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階	1-2階	3-5階	6-10階	11-20階
埋込0m	-	0.73	-	-	-	0.78	-	-
埋込3m	-	0.58	0.73	0.73	-	0.50	0.72	0.76
埋込6m	-	-	0.80	0.75	-	-	0.81	0.80
埋込10m	-	-	0.58	0.60	-	-	0.48	0.66

## (2) 建物・地盤条件の違いによる建物応答倍率の変化

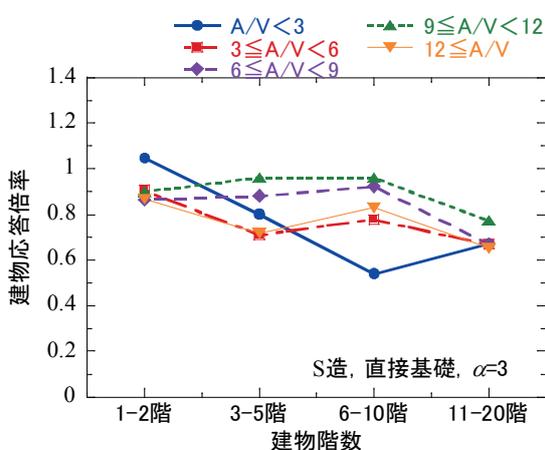
建物階数および構造種別、地震動の周期特性 $A/V$ による建物応答倍率の変化を取り出して図IV-3-1に示す。建物耐力に関わる係数 $\alpha=3$ とし、埋込深さは建物階数ごとに代表的な値(1-2階、3-5階では埋込深さ0m、6-10階、11-20階では埋込深さ3m)とした場合の結果を基礎形式ごとに比較して示している。



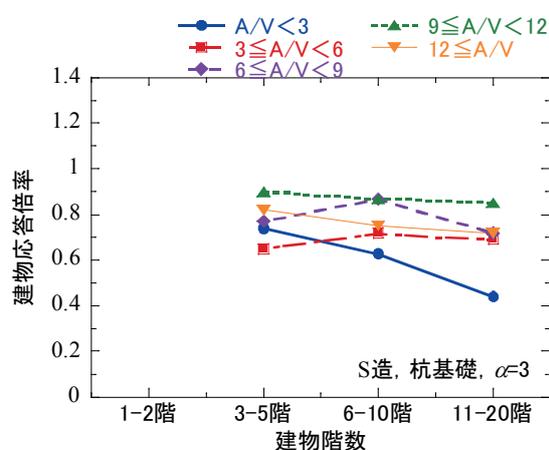
(a) RC造建物、直接基礎、 $\alpha=3$



(b) RC造建物、杭基礎、 $\alpha=3$



(c) S造建物、直接基礎、 $\alpha=3$



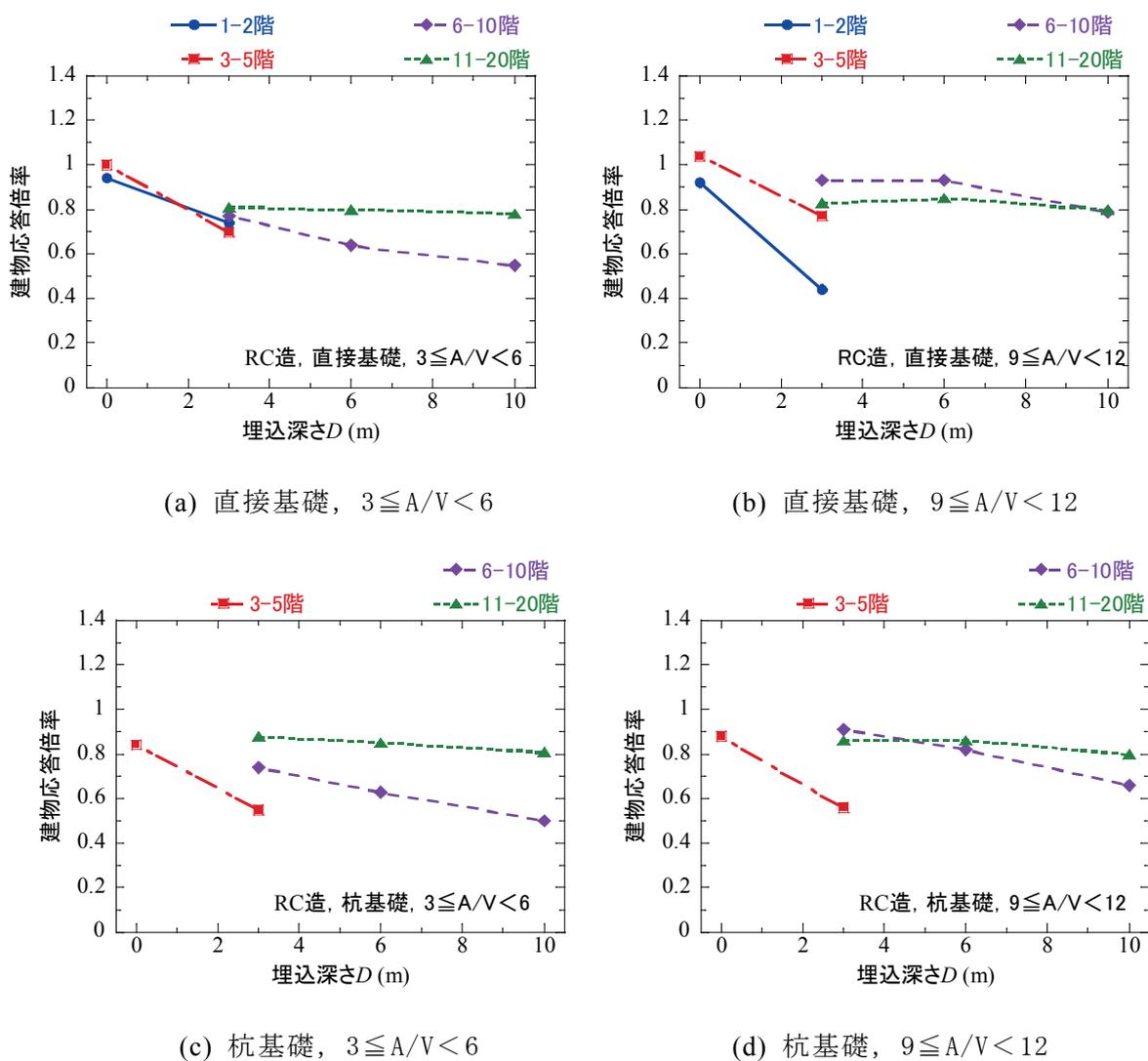
(d) S造建物、杭基礎、 $\alpha=3$

図IV-3-1 建物応答倍率の建物階数、構造種別、地震動の周期特性による変化

建物応答倍率に周期特性が与える影響に関しては、建物の固有周期 $T_{b0}$ とそれよりもやや長周期化するSRモデルの周期 $T_{sr}$ との関係により、 $T_{sr}$ が地震動のピーク $T_{ge}$ に合った場合には応答が大きく、逆に合わなくなった場合には応答小さくなることによりあらわれると解釈できる。そのため、単純に考えれば建物周期よりも短周期の地震動の場合に建物応答倍率は小さく、逆の場合に建物応答倍率は大きくなると考えられる。図では、 $A/V$ が大きい場合

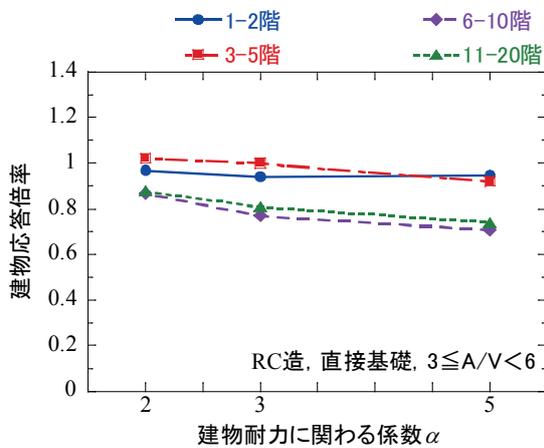
に建物応答倍率が小さく、逆の場合に大きくなる傾向が一部見られているが、 $A/V < 3$ の場合にその傾向と逆の結果も得られているなど、かならずしも上記の説明どおりの結果とはならなかった。これは、地震動の2次ピークなどのスペクトル形状の個々の特性や、周期特性以外の減衰等の効果によるものと考えられる。

埋込深さによる建物応答倍率の変化を図IV-3-2に示す。RC造建物で建物耐力に関わる係数  $\alpha = 3$ の結果を基礎形式および地震動の周期特性 ( $3 \leq A/V < 6$ ,  $9 \leq A/V < 12$ )で比較して示している。埋込深さについて、深いほど建物応答倍率は小さくなる傾向は特に低層建物について顕著であり特に埋込深さ0mと3mの違いは大きくなっている。

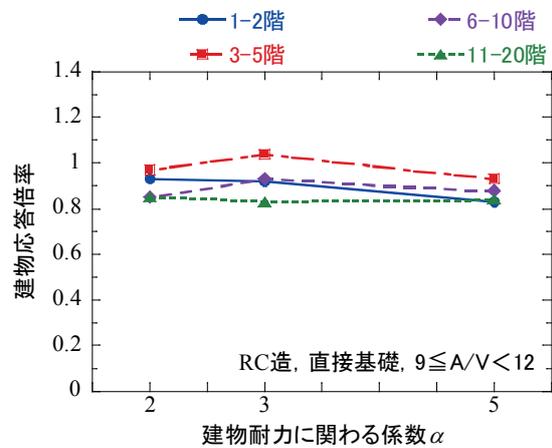


図IV-3-2 建物応答倍率の埋込深さによる変化

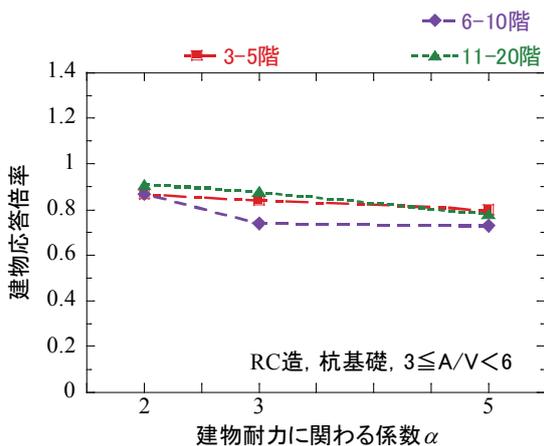
建物耐力による建物応答倍率の変化を図IV-3-3に示す。RC造建物で埋込深さは建物階数ごとに代表的な値(1-2階、3-5階では埋込深さ0m、6-10階、11-20階では埋込深さ3m)とし、基礎形式および地震動の周期特性( $3 \leq A/V < 6$ ,  $9 \leq A/V < 12$ )で比較して示す。建物耐力に関わる係数 $\alpha=2$ と $\alpha=3$ では、建物応答倍率が若干上昇している場合も見られるが、これは建物耐力が変化すると建物周期も変化するため、建物応答倍率は基礎入力動の地震動特性との関係も影響していると推察される。建物耐力による変化は、埋込み深さや周期特性と比較すると相対的に小さいが $\alpha=2$ の場合と $\alpha=5$ の場合とで建物応答倍率が0.2程度変化している部分も見られ、無視できないレベルであると考えられる。



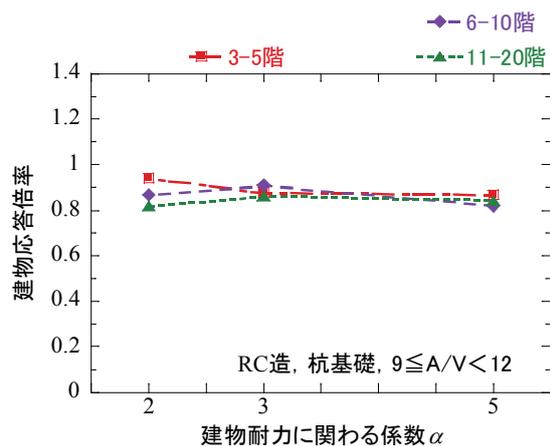
(a) 直接基礎,  $3 \leq A/V < 6$



(b) 直接基礎,  $9 \leq A/V < 12$



(c) 杭基礎,  $3 \leq A/V < 6$



(d) 杭基礎,  $9 \leq A/V < 12$

図IV-3-3 建物応答倍率の建物耐力による変化