

不同高位转换层对高层建筑动力特性和地震作用影响的研究

王森 魏琏

(中国建筑科学研究院深圳分院 深圳 518028)

[提要] 通过算例分析比较,对高位转换层结构的抗震性能和受力特点等进行了研究。结果表明,当转换层位置逐渐上移时,由于转换层质量较大,结构的振型地震作用在转换层处有明显增大,但结构周期及振型仅有一些量的变化,楼层的地震剪力和弯矩在转换层以下楼层也有所增大,结构抗震计算时,振型数应适当增加。

[关键词] 高层建筑 转换层 高位转换 抗震性能 动力特性

This paper discusses the structural and seismic behavior of transfer floor located at a higher level in the tall buildings. It shows with the height of transfer floor increasing, the mode seismic action at transfer floor is increased evidently because of the greater mass of the transfer floor, but the natural period and vibration mode of the whole structure is changed a little, and the seismic shear and moment of stories below transfer floor are increased. It is pointed out that the mode number needs to be added in analyzing seismic action as well as internal forces of the structural components.

Keywords: tall building; transfer floor; seismic behavior

一、引言

随着高层建筑在工程实践中的广泛应用,经常会遇到将转换结构放置于较高位置的情况,即所谓的高位转换结构。以往转换层一般在结构底层,最高设置在层3、4,当前工程实践中转换层有时位于层5、6,甚至层9、10或更高。工程师对转换层位置较高时对结构抗震性能可能有何不利影响甚为关注,急需进行研究给予阐明。

下面通过三个分析算例,研究不同高位转换层时,结构周期、振型及地震作用的变化,认识高位转换结构在地震作用下的工作性能,并提出了当转换层设置高度较高时,结构设计计算中应注意的问题。

二、不同高位转换层对结构动力特性的影响

(一)算例概况

1. 算例1

图1为一工程实例,框支剪力墙结构,共32层,结构总高为97m,结构平面布置见图1。转换层下部一层层高为4m,其它框支层层高为3m,上部剪力墙结构层高均为3m。为分析不同高位转换层(底层、层3、层6、层9)对结构抗震性能的影响,分析中变化转换层的设置位置,即增加下部框支层的层数,相应减少上部剪力墙结构层的层数,结构总层数、总高度不变,总重量基本保持不变。

2. 算例2

转换层上、下部结构平面布置同算例1。算例中转换层下部框支层结构层高均为4m,上部剪力墙层高

为3m,变化转换层设置高度时,保持结构总层数不变,结构的重量见表2,随着转换层位置的提高,结构总高度增加。

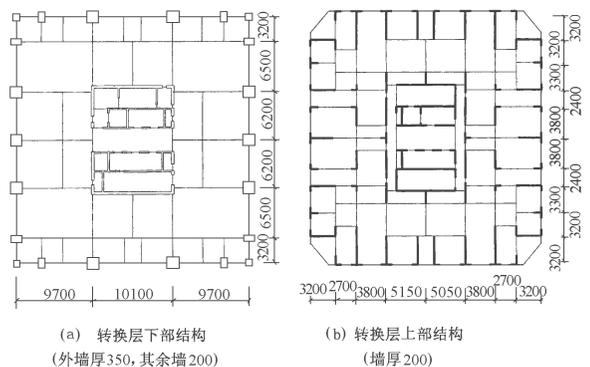


图1 算例1、2中转换层上、下结构布置图

3. 算例3^[1]

算例3结构平面见图1,结构总高为121.5m,转换层下部框支层层高为4.5m,上部剪力墙结构层高为3m。为分析地震作用下不同高位转换层(底层、层3、层5、层9)对结构抗震性能的影响,分析中变化转换层的设置位置,即增加下部框支层的层数,相应减少上部剪力墙结构层的层数,而结构总高度保持不变,详见文献[1]。

(二)不同高位转换层对结构周期的影响

表1~3列出算例1~3在不同高位转换层时结构周期的计算结果。

算例 1 在不同高位转换层时的结构周期 表 1

转换层的位置		位于首层	位于层 3	位于层 6	位于层 9	
结构重量 (t)	转换层下部结构层重	—	1 399	1 399	1 399	
	转换层结构层重	3 421	3 421	3 421	3 421	
	转换层上部结构层重	1 396	1 396	1 396	1 396	
	结构总重	46 700	46 706	46 715	46 724	
结构周期	X 方向	第一周期 $T_1(s)$	3. 325 4	3. 163 9	3. 041 1	2. 696 9
		第二周期 $T_2(s)$	0. 846 3	0. 793 8	0. 756 6	0. 707 9
		第三周期 $T_3(s)$	0. 370 9	0. 352 4	0. 347 2	0. 359 5
	Y 方向	第一周期 $T_1(s)$	3. 577 5	3. 399 3	3. 258 5	2. 841 3
		第二周期 $T_2(s)$	0. 884 6	0. 838 2	0. 825 4	0. 819 2
		第三周期 $T_3(s)$	0. 381 2	0. 370 8	0. 384 2	0. 403 8

算例 2 在不同高位转换层时的结构周期 表 2

转换层的位置		位于首层	位于层 3	位于层 6	位于层 9	
结构重量 (t)	转换层下部结构层重	—	1 530	1 530	1 530	
	转换层结构层重	3 421	3 421	3 421	3 421	
	转换层上部结构层重	1 396	1 396	1 396	1 396	
	结构总重	46 697	46 965	47 367	47 769	
结构周期	X 方向	第一周期 $T_1(s)$	3. 325 4	3. 203 6	3. 033 4	2. 878 9
		第二周期 $T_2(s)$	0. 846 3	0. 804 0	0. 775 2	0. 799 4
		第三周期 $T_3(s)$	0. 370 9	0. 360 1	0. 381 4	0. 393 6
	Y 方向	第一周期 $T_1(s)$	3. 577 5	3. 433 5	3. 218 8	3. 047 8
		第二周期 $T_2(s)$	0. 884 6	0. 853 4	0. 875 7	0. 964 2
		第三周期 $T_3(s)$	0. 381 2	0. 384 4	0. 437 6	0. 435 5

算例 3 在不同高位转换层时的结构周期 表 3

转换层的位置		位于首层	位于层 3	位于层 5	位于层 9
X 方向	第一周期 $T_1(s)$	2. 887 20	2. 885 20	2. 922 66	3. 045 58
	第二周期 $T_2(s)$	0. 867 34	0. 875 73	0. 891 80	0. 891 95
	第三周期 $T_3(s)$	0. 450 04	0. 454 81	0. 457 13	0. 440 76
Y 方向	第一周期 $T_1(s)$	2. 255 98	2. 262 55	2. 276 27	2. 316 20
	第二周期 $T_2(s)$	0. 540 98	0. 559 78	0. 586 99	0. 614 81
	第三周期 $T_3(s)$	0. 255 38	0. 263 30	0. 266 80	0. 258 53

算例 1 在 X 方向地震作用下结构前 3 个

振型的层地震作用 $Q_i(kN)$

表 4

层位	首层			层 3			层 6			层 9		
	第一振型	第二振型	第三振型									
Q_1	2	11	41	1	4	20	1	7	32	1	9	24
Q_2	3	17	52	2	12	53	2	19	86	3	26	66
Q_3	8	35	104	12	59	243	5	34	150	5	48	116
Q_4	14	57	160	8	40	147	8	51	219	9	73	171
Q_5	21	82	215	14	63	208	11	70	289	13	101	228
Q_6	29	108	264	21	90	270	39	229	901	17	130	282
Q_7	37	134	302	29	118	324	21	116	410	22	159	331
Q_8	47	159	326	38	147	365	28	145	448	27	187	374
Q_9	57	182	334	48	175	388	36	176	470	83	539	1 009
Q_{10}	68	203	324	58	200	391	46	208	472	40	243	407
Q_{11}	79	220	297	70	223	373	57	237	450	49	270	381
Q_{12}	91	233	254	81	242	333	68	263	404	59	296	335
Q_{13}	103	242	197	94	256	275	80	285	337	70	318	271
Q_{14}	115	246	129	106	264	201	93	301	251	83	336	192
Q_{15}	128	245	55	119	267	116	106	310	152	96	346	102
Q_{16}	140	239	-21	132	264	24	120	312	45	109	350	7
Q_{17}	153	227	-96	145	256	-67	133	307	-63	124	345	-87
Q_{18}	165	211	-164	158	241	-154	147	294	-166	138	332	-174
Q_{19}	178	190	-221	171	220	-229	161	273	-256	153	310	-250
Q_{20}	191	164	-264	184	193	-289	175	245	-328	168	280	-309
Q_{21}	203	135	-291	197	162	-329	189	211	-378	183	242	-347
Q_{22}	215	101	-298	210	126	-347	203	170	-401	198	197	-363
Q_{23}	227	65	-287	223	86	-341	217	123	-397	213	146	-354
Q_{24}	239	26	-256	236	43	-311	231	72	-364	228	89	-321
Q_{25}	251	-16	-208	248	-3	-258	244	17	-304	242	28	-265
Q_{26}	263	-58	-144	260	-51	-185	258	-40	-221	257	-36	-189
Q_{27}	274	-101	-67	272	-99	-96	271	-99	-118	271	-102	-96
Q_{28}	285	-145	19	284	-149	5	283	-160	0	285	-170	9
Q_{29}	296	-188	110	295	-198	115	296	-220	127	299	-237	122
Q_{30}	306	-231	204	306	-246	227	308	-279	259	312	-304	238
Q_{31}	317	-273	297	318	-294	339	320	-338	390	325	-369	354
Q_{32}	327	-314	387	328	-341	448	332	-395	517	338	-433	466

从表 1~3 可以看出,对于 3 个算例,转换层设置在不同高度时,计算得到的结构前 3 个周期均相差不大,没有显示出结构自振周期有突然改变。

(三)不同高位转换层对结构振型的影响

1. 算例 1

图 2 分别给出了转换层分别位于首层、层 3、层 6、层 9 时, X 方向的前 3 个振型曲线。

2. 算例 2

为分析比较,图 3 给出算例 2 在转换层位于首层、层 9 时 X 方向的前 9 个振型曲线。

从算例 1 中不同高位转换层时结构的前 3 个振型曲线可以看出,结构的振型曲线基本一致,在转换层附近没有明显的突变。算例 2 中,转换层位于层 9 时的前 9 个振型与转换层位于首层时的前 9 个振型基本一致,转换层位置较高时,结构的振型曲线没有显著突变。

三、不同高位转换层对单个振型地震作用的影响
根据反应谱振型分解法抗震计算理论,结构 j 振型质点 i 的水平地震作用计算公式为:

$$F_{ji} = \alpha_j \gamma_j X_{ji} G_i$$

$$\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ji} G_i}{\sum_{i=1}^n X_{ji}^2 G_i}$$

式中, α_j 为相应于 j 振型的自振周期的地震影响系数, X_{ji} 为 j 振型质点 i 的水平相对位移, γ_j 为 j 振型的参与系数。

前面已分析,转换层位置由首层变化至层 9 时,振型曲线并无明显变化,但由上式可知,当转换层位于层 i 时, G_i 远大于其它各层,因此该层地震作用将明显大于相邻层,尤其当层 i 位于振型的 X_{ji} 值比相邻层具有较大值时。这表明当转换层移至较高层位置时,高振型的影响可能明显增大。

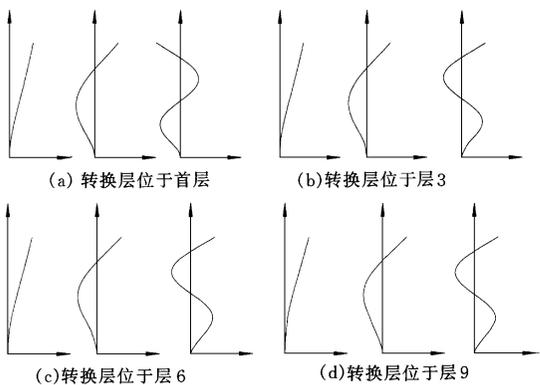


图2 算例1前3阶振型曲线

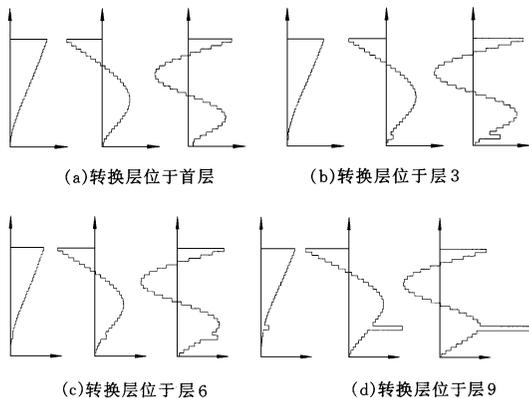


图4 算例1 X 向前3个振型地震作用变化曲线

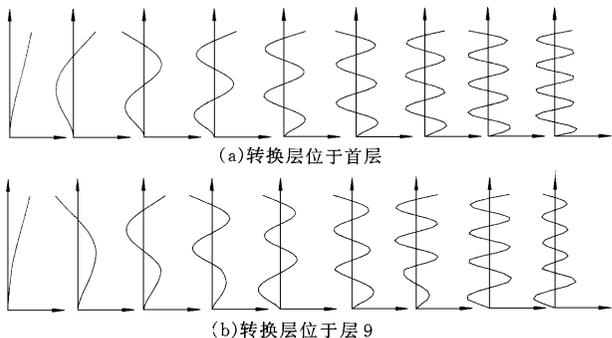


图3 算例2典型的X向前9个振型曲线

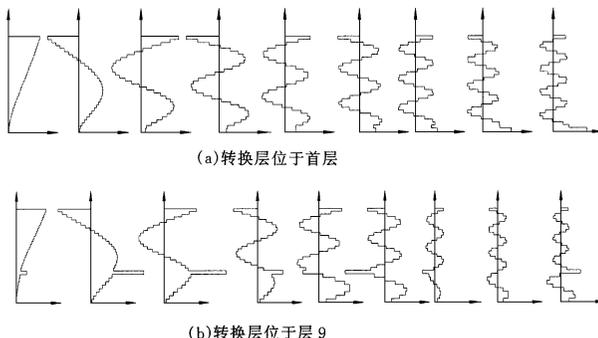


图5 算例2 X 向前9个振型时的层地震作用变化曲线

算例2在X方向地震作用下结构前15个振型的层地震作用 Q_i (kN)

表5

转换层	转换层位于首层															转换层位于层9														
	振型	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q_1	2	11	41	78	115	168	224	293	346	395	125	26	9	4	3	2	12	21	28	83	75	27	62	95	19	42	90	7	90	4
Q_2	3	17	52	87	113	144	162	174	160	-26	-40	-15	-7	-4	-2	5	34	59	71	199	170	56	117	168	30	55	107	6	58	2
Q_3	8	35	104	159	186	209	201	169	101	-143	-67	-18	-7	-3	-2	9	64	105	117	298	237	69	118	145	18	11	1	-4	-82	-5
Q_4	14	57	160	226	239	232	177	94	-11	-136	-33	-3	0	0	0	15	98	154	156	356	253	58	61	37	-7	-43	-103	-7	-70	-1
Q_5	21	82	215	278	256	199	94	-22	-111	-28	29	15	7	4	3	22	134	202	184	357	212	27	-26	-90	-26	-50	-84	1	68	5
Q_6	29	108	264	304	231	116	-21	-123	-140	95	65	19	8	4	2	29	172	246	196	299	121	-13	-98	-159	-24	-3	34	8	85	0
Q_7	37	134	302	300	167	5	-125	-162	-83	146	48	7	1	0	0	37	208	281	190	190	1	-49	-117	-126	-2	48	113	3	-49	-5
Q_8	47	159	326	265	74	-106	-180	-119	26	98	-8	-13	-7	-4	-3	46	243	306	167	50	-119	-66	-75	-12	22	47	58	-6	-95	0
Q_9	57	182	334	202	-31	-186	-166	-18	120	-15	-59	-22	-9	-5	-3	122	605	713	296	-184	-455	-138	-3	229	66	-1	-126	-10	49	7
Q_{10}	68	203	324	118	-129	-214	-88	93	140	-115	-63	-12	-2	0	0	56	262	275	71	-149	-159	-11	60	71	-9	-31	-25	5	34	-2
Q_{11}	79	220	297	22	-202	-182	23	158	75	-135	-14	12	9	6	4	65	277	242	0	-214	-89	46	103	8	-42	-40	24	10	10	-5
Q_{12}	91	233	254	-76	-236	-100	126	146	-36	-60	53	28	12	6	3	75	290	195	-75	-246	4	90	98	-58	-45	-18	45	6	-17	-3
Q_{13}	103	242	197	-165	-226	10	181	62	-125	60	78	18	3	-1	-2	86	300	138	-145	-236	97	103	47	-90	-17	18	23	-4	-21	2
Q_{14}	115	246	129	-235	-173	117	168	-53	-137	140	32	-15	-14	-9	-6	98	304	73	-201	-184	166	79	-26	-70	22	39	-19	-10	-2	5
Q_{15}	128	245	55	-277	-88	193	92	-141	-65	117	-48	-36	-15	-6	-1	111	304	4	-235	-98	194	28	-85	-9	45	29	-43	-7	16	3
Q_{16}	140	239	-21	-288	15	215	-20	-160	47	6	-84	-15	6	10	9	124	297	-65	-243	5	173	-33	-101	56	36	-6	-27	4	16	-3
Q_{17}	153	227	-96	-266	114	178	-123	-101	131	-111	-44	23	20	10	2	138	284	-130	-225	107	109	-82	-68	90	2	-39	15	13	-1	-6
Q_{18}	165	211	-164	-214	193	91	-180	9	134	-144	35	37	7	-6	-9	151	265	-188	-181	189	18	-101	-1	72	-35	-42	45	9	-18	-3
Q_{19}	178	190	-221	-137	236	-20	-169	113	56	-69	83	10	-16	-12	-3	166	241	-234	-117	235	-78	-83	67	12	-47	-6	33	-6	-14	6
Q_{20}	191	164	-264	46	235	-126	-93	163	-57	58	56	-28	-17	2	9	180	210	-267	-40	237	-155	-35	102	-55	-24	43	-16	-19	9	10
Q_{21}	203	135	-291	51	191	-198	18	131	-134	142	-21	-35	5	13	3	194	174	-284	40	194	-192	26	86	-91	17	55	-53	-9	22	-2
Q_{22}	215	101	-298	140	111	-215	122	36	-129	120	-80	-3	20	2	-9	208	134	-285	115	115	-182	78	28	-74	45	8	-31	18	2	-16
Q_{23}	227	65	-287	212	12	-174	181	-78	-45	8	-68	33	8	-12	-3	222	90	-268	175	16	-127	102	-45	-13	41	-45	22	20	-21	0
Q_{24}	239	26	-256	259	-89	-85	172	-154	67	-109	5	32	-16	-6	9	236	42	-234	214	-86	-40	89	-96	56	7	-56	53	-4	-13	16
Q_{25}	251	-16	-208	273	-171	26	98	-155	139	-144	73	-3	-17	10	3	250	-8	-186	227	-169	56	45	-99	93	-32	-14	29	-23	15	5
Q_{26}	263	-58	-144	254	-219	128	-11	-80	126	-69	75	-35	5	10	-9	264	-60	-123	211	-218	136	-15	-53	75	-48	42	-24	-12	21	-15
Q_{27}	274	-101	-67	201	-222	192	-114	32	37	59	9	-28	20	-7	-3	277	-114	-51	168	-223	179	-68	18	14	-29	58	-53	15	-4	-8
Q_{28}	285	-145	19	120	-180	199	-171	126	-72	145	-66	11	8	-12	9	290	-167	29	100	-180	174	-95	79	-53	10	21	-28	23	-23	13
Q_{29}	296	-188	110	17	-96	145	-158	153	-134	127	-85	39	-16	4	3	303	-221	114	15	-97	119	-84	97	-87	41	-35	25	1	-8	12
Q_{30}	306	-231	204	-98	15	41	-76	98	-107	21	-32	25	-19	14	-9	316	-273	201	-81	15	26	-39	63	-66	40	-56	50	-21	18	-10
Q_{31}	317	-273	297	-217	139	-89	48	-19	-3	-88	42	-13	2	2	-4	328	-325	287	-180	140	-87	29	-11	1	6	-19	21	-14	15	-13
Q_{32}	327	-314	387	-333	262	-222	181	-152	128	-108	64	-30	17	-11	7	341	-375	370	-276	263	-202	100	-97	83	-41	47	-41	17	-15	10

层位置	转换层位于首层						转换层位于层 9					
	地震剪力(kN)			弯矩(kN·m)			地震剪力(kN)			弯矩(kN·m)		
	3 个振型	9 个振型	15 个振型	3 个振型	9 个振型	15 个振型	3 个振型	9 个振型	15 个振型	3 个振型	9 个振型	15 个振型
1	5 592	5 892	5 906	338 363	338 602	338 604	6 150	6 326	6 328	382 816	382 900	382 900
2	5 573	5 773	5 773	318 065	318 118	318 119	6 136	6 284	6 284	360 752	360 760	360 760
3	5 548	5 695	5 697	303 046	303 053	303 053	6 097	6 193	6 194	339 056	339 074	339 075
4	5 497	5 591	5 592	288 229	288 245	288 245	6 027	6 074	6 075	317 820	317 913	317 913
5	5 420	5 473	5 473	273 647	273 703	273 703	5 924	5 943	5 944	297 137	297 319	297 320
6	5 319	5 351	5 352	259 324	259 426	259 426	5 789	5 808	5 809	277 090	277 330	277 330
7	5 200	5 231	5 233	245 274	245 407	245 407	5 628	5 671	5 672	257 739	257 981	257 981
8	5 073	5 119	5 120	231 497	231 636	231 636	5 450	5 521	5 522	239 122	239 315	239 316
9	4 946	5 014	5 014	217 987	218 107	218 108	5 262	5 346	5 348	221 247	221 379	221 379
10	4 827	4 913	4 915	204 730	204 820	204 820	4 892	4 979	4 980	204 101	204 195	204 195
11	4 720	4 817	4 819	191 716	191 779	191 779	4 773	4 864	4 864	191 639	191 699	191 699
12	4 625	4 723	4 723	178 942	178 995	178 996	4 663	4 754	4 745	179 458	179 506	179 506
13	4 536	4 624	4 625	166 420	166 487	166 488	4 556	4 621	4 622	167 559	167 620	167 620
14	4 447	4 518	4 520	154 171	154 277	154 277	4 448	4 497	4 498	155 949	156 040	156 040
15	4 349	4 406	4 407	142 232	142 388	142 389	4 331	4 372	4 372	144 642	144 766	144 766
16	4 235	4 285	4 286	130 645	130 845	130 847	4 203	4 244	4 244	133 652	133 797	133 797
17	4 100	4 155	4 157	119 450	119 673	119 674	4 061	4 111	4 111	122 987	123 135	123 135
18	3 944	4 016	4 019	108 681	108 893	108 893	3 909	3 971	3 971	112 646	112 779	112 779
19	3 770	3 869	3 870	98 354	98 523	98 524	3 751	3 824	3 824	102 614	102 722	102 722
20	3 585	3 711	3 712	88 462	88 580	88 582	3 592	3 674	3 675	92 864	92 950	92 951
21	3 398	3 542	3 546	78 982	79 074	79 075	3 439	3 530	3 531	83 360	83 441	83 442
22	3 217	3 367	3 370	69 873	70 003	70 003	3 296	3 399	3 400	74 068	74 171	74 172
23	3 047	3 190	3 191	61 091	61 355	61 357	3 163	3 273	3 274	64 961	65 135	65 136
24	2 889	3 009	3 012	52 597	53 113	53 116	3 034	3 134	3 135	56 034	56 357	56 357
25	2 736	2 826	2 831	44 381	45 259	45 260	2 899	2 972	2 973	47 312	47 880	47 881
26	2 576	2 646	2 648	36 462	37 769	37 770	2 744	2 789	2 790	38 854	39 753	39 753
27	2 393	2 462	2 463	28 904	30 632	30 637	2 553	2 587	2 587	30 763	32 013	32 014
28	2 168	2 258	2 264	21 819	23 868	23 872	2 312	2 363	2 364	23 178	24 706	24 707
29	1 887	2 024	2 031	15 358	17 528	17 529	2 007	2 106	2 108	16 279	17 902	17 902
30	1 537	1 748	1 749	9 716	11 692	11 707	1 629	1 788	1 789	10 273	11 729	11 733
31	1 108	1 373	1 377	5 112	6 534	6 572	1 170	1 364	1 364	5 392	6 417	6 429
32	597	810	821	1 790	2 431	2 464	628	779	783	1 883	2 337	2 349

1. 算例 1

表 4 列出算例 1 在 X 方向地震作用下结构前 3 个振型的层地震作用。图 4 分别给出转换层位于不同层位时, X 方向前 3 个振型的沿结构高度的地震作用变化曲线。

2. 算例 2

为分析比较, 表 5 分别列出转换层位于首层与层 9 时, 在 X 方向地震作用下结构前 15 个振型的层地震作用, 图 5 为在 X 方向地震作用下结构前 9 个振型的层地震作用变化的典型曲线。

从表 4 及图 4 可以看出, 对于算例 1, 当不同高位转换层时, 由于转换层结构的层重较相邻的上、下部结构层层重大得多, 单个振型下结构层地震作用在转换层均出现突然增大。尤以较高振型时转换层位置在振型曲线的振幅最大处或附近时, 更为显著。这也说明对转换层位置较高的结构, 结构整体计算时应选取较

多的振型数进行地震作用的分析。从结构动力学的角度分析, 如结构受某振型对应的同周期动力作用, 则结构动力反应将明显增大, 这应引起设计者的注意。

四、不同高位转换层时振型数对结构各层地震总剪力及总弯矩的影响

由前节单个振型的地震作用, 求得单个振型的层地震剪力, 采用 SRSS 法, 即平方和平方根法计算得到结构各层地震总剪力及总弯矩。表 6 为算例 2 取不同振型数的计算结果。

由表 6 可知, 当振型数由 3 个增至 15 个时, 底部楼层的剪力及弯矩变化不大, 但顶部楼层的剪力及弯矩增大较多, 建议对带转换层高层建筑的抗震计算取不少于 15 个振型。

表 6 中的计算结果表明, 当转换层位置由首层上升至层 9 时, 首层地震剪力从 5 906 kN 增大至 6 328 kN, 增加了 6.7%; 首层地震弯矩从 338 604 kN·m 增大

至382 900kN·m,增加了11.6%。对于层9,其地震剪力从5 014kN增大至5 348kN,增大了6%;其地震弯矩从218 108kN·m增大至221 379kN·m,增加了1.5%。由此可见,控制构件设计的层地震剪力和弯矩值的增加都不很大,而且在具体计算时已考虑在内。

五、结论

(1)当转换层位置由首层向上移至层9,结构自振周期和振型略有一些量的改变,没有质变。

(2)由于转换层的质量远大于其它楼层,导致不同振型时层地震作用在转换层处突然增大,尤以转换层位置在振型曲线振幅最大处或附近时更为显著,因而转换层位于较高位置时,高振型的影响可能明显增大,这在设计时是应注意的,如计算时宜取不少于15个振型,对于某些动力荷载振动周期与结构某高振型周期一致时,应注意防范其共振影响。

(3)地震作用下,按振型组合法将各振型地震引起的层地震剪力和弯矩,平方和开平方或CQC法求出的转换层以下楼层的层剪力和层弯矩,随转换层位置的增高将有所增大。就本文的研究结果而言,当转换层位置由首层逐渐移至层9时,首层的总地震剪力和总地震弯矩均将逐步增大,以算例2为例,各分别增大6.7%和11.6%,如转换层位置再增加,则首层地震总剪力和总弯矩还将继续增大。与此类似,当转换层位置增高时,转换层下一层的地震总剪力和总弯矩也比

转换层在下面时该层的地震总剪力和总弯矩有所增大,以算例2为例,转换层位于层9时,该层的地震总剪力和总弯矩比转换层位于首层时层9的总剪力和总弯矩分别增大6%和1.5%,这是高位转换层带来的不利影响。但研究表明,最大层地震剪力和弯矩或由转换层位置的提高而引起的最大增值一般仍发生在首层。分析其原因,对层数较多的高层建筑,转换层位置即使达到层9的高度,其本身的地震作用在全部地震作用中所占的比例仍不大,但当转换层位置很高时,这种不利影响可能还要增大。

(4)当转换层位置逐步上移时,设计时应当注意将转换层下各楼层的竖向构件(墙、柱)截面和配筋适当加强,以适应转换层位置上移时对其下各楼层地震总剪力和总弯矩增大的不利影响。

根据以上初步研究结论,设计者在设计转换层位置较高的高层结构时,应充分考虑本文揭示的结构动力特性和地震带来的不利变化,作出安全而又经济的结构设计。

参 考 文 献

1. 徐培福等. 转换层设置高度对框支剪力墙结构抗震性能的影响. 建筑结构, 2000, 30(1).
2. 魏璉. 地震作用下建筑结构变形计算方法. 建筑结构学报, 1994, (4).
3. 王森. 高层建筑梁、板式转换层结构设计计算方法的研究. 博士学位论文, 中国建筑科学研究院, 2000, 4.