

潜在震源区震级上限 对基岩加速度反应谱特征周期的影响

徐 扬

(山西省地震局, 太原 030002)

摘 要 地震学理论和强震观测都表明, 强震反应谱的形状主要取决于震级、震中距和场地条件。由于我国现行的各种行业建筑物抗震设计规范中对标准加速度反应谱特征周期 T_g 作出的规定中一般只考虑场地和震中距的影响或只考虑场地影响, 因此在某些情况下, 由规范所得到的反应谱特征周期与由专门的地震危险性分析所得到的结果相差较大。本文通过理论分析和实际的算例, 讨论了潜在震源区震级上限对基岩加速度反应谱特征周期的影响。所得到的结论是: 潜在震源区震级上限越大, 则反应谱特征周期 T_g 越大。

关键词: 潜在震源; 加速度测量; 强震观测

0 引 言

目前我国现行的各种行业建筑物抗震规范中大都对标准加速度反应谱的特征周期作出了规定。例如中华人民共和国电力部现行的 97 水工建筑物抗震设计规范 (DL 5073-1997) 中有关特征周期 T_g (sec) 的规定见表 1

表 1 97 水工建筑物抗震设计规范中规定的特征周期值

| 场地类别 | I | II | III | IV |
|-------|------|------|------|------|
| T_g | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.65 |

从表 1 看, 规定中只考虑了场地类别的影响。根据实际的强震观测记录和地震学理论, 反应谱取决于许多因素, 如震源、传播途径, 以及场地的局部地质和土质条件等。由于规范所涉及的工程量大面广, 工程场地条件和周围的地震地质环境千差万别, 从实用的角度不能考虑的因素太多。但有些影响较大的因素, 如震级的影响, 如果考虑的不够, 有时结果就不尽合理。例如, 按照表 1 在 I 类场地的情况下所确定出的特征周期只有 0.2_{sec} 。但如果对工程场地高烈度贡献比较大的近场潜在震源区的震级上限比较大, 则由专门的地震危险性分析确定出的反应谱特征周期即使对于基岩场地也高于 0.2_{sec} , 甚至达到

0.4_{se}以上,以至于在工程报告评审时或设计部门使用该参数时常对此提出异议。

理论上讲,对于地面上的一个力学体系,其响应 $u(t)$ 的谱 $U(\omega)$ 可以表示为:

$$U(\omega) = S(\omega)G(\omega)I(\omega) \tag{1}$$

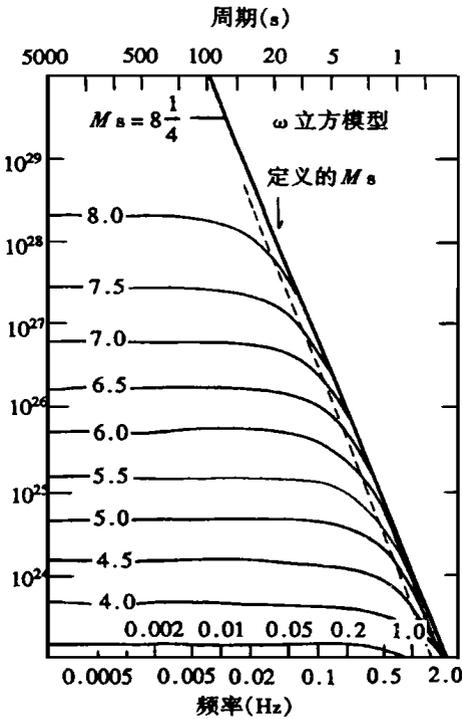


图 1 不同震级地震的震源谱

的椭圆水平地震加速度衰减关系,其数学形式为:

$$\lg Y = a + bM + c \lg [R + R_0] \pm \sigma$$

式中 Y 代表加速度峰值或反应谱值, a , b , c 和 R_0 为回归系数。按长、短轴方向给出的各系数及转换均方差见表 2

潜在震源区的原始参数取三代区划图中山西地震带的临汾潜在震源区的参数,其形状和工程场点的位置见图 2。为了比较潜在震源区震级上限的影响,将震级上限分为两种情况分别计算。第一种情况潜在震源区的震级上限取原始参数,震级上限为 8 级;第二种情况潜在震源区的震级上限取 6.5 级,6.5 级以下的分震级档的年平均发生率 ν_4 与第一种情况完全相

其中, $S(\omega)$ 为震源谱; $G(\omega)$ 为传播路径(包括场地)的影响; $I(\omega)$ 为力学体系本身的响应谱。根据目前的研究结果,震级与震源谱的关系如图 1。由图 1 可以看出,震级越高,其震源谱中的低频成分越大,其原因一般是由于震级越高,断层的尺寸越大,从而激发出频率更低的地震波。因此,由公式 (1) 可以看出,潜在震源的震级上限越大,则反应谱的特征周期越大。

1 算例

为了更进一步说明震级对基岩反应谱特征周期的影响,这里选择位置相同但震级上限不同的潜在震源区用综合概率法计算其在某个基岩场点的水平加速度反应谱,进行比较。为了简单明了而又不失一般性,这里的潜在震源区只取一个。

基岩水平加速度衰减关系采用霍俊荣 (1992) 由美国西部的地震加速度及烈度资料和华北地区的烈度资料得到的华北地区

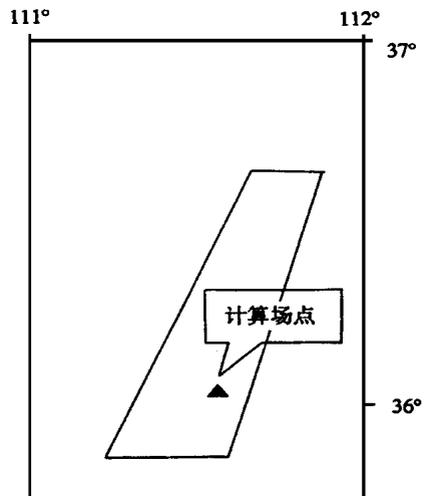


图 2 临汾潜在震源区位置及计算场点位置

表 2 水平基岩加速度峰值和反应谱回归系数及转换均方差

| 周期 (s) | 长 轴 方 向 | | | | 短 轴 方 向 | | | | σ_{LogY} |
|-----------|---------|-------|---------|----------------|---------|-------|---------|----------------|------------------------|
| | a | b | c | R ₀ | a | b | c | R ₀ | |
| 峰 值 | 2 590 | 0 496 | - 2 351 | 25 | 1 567 | 0 487 | 1 824 | 10 | 0 268 |
| 0 040 | 3 021 | 0 488 | - 2 352 | 25 | 1 637 | 0 479 | - 1 825 | 10 | 0 259 |
| 0 044 | 3 108 | 0 481 | - 2 364 | 25 | 1 717 | 0 472 | - 1 834 | 10 | 0 260 |
| 0 050 | 3 253 | 0 468 | - 2 382 | 25 | 1 852 | 0 459 | - 1 848 | 10 | 0 257 |
| 0 055 | 3 321 | 0 462 | - 2 388 | 25 | 1 916 | 0 453 | - 1 853 | 10 | 0 260 |
| 0 060 | 3 389 | 0 456 | - 2 393 | 25 | 1 981 | 0 446 | - 1 857 | 10 | 0 262 |
| 0 070 | 3 507 | 0 445 | - 2 398 | 25 | 2 096 | 0 435 | - 1 861 | 10 | 0 264 |
| 0 080 | 3 589 | 0 435 | - 2 387 | 25 | 2 185 | 0 425 | - 1 852 | 10 | 0 281 |
| 0 090 | 3 555 | 0 426 | - 2 315 | 25 | 2 194 | 0 416 | - 1 796 | 10 | 0 284 |
| 0 100 | 3 521 | 0 416 | - 2 242 | 25 | 2 202 | 0 407 | - 1 740 | 10 | 0 286 |
| 0 120 | 3 513 | 0 396 | - 2 138 | 25 | 2 255 | 0 387 | - 1 659 | 10 | 0 290 |
| 0 140 | 3 515 | 0 394 | - 2 113 | 25 | 2 272 | 0 386 | - 1 640 | 10 | 0 290 |
| 0 160 | 3 616 | 0 391 | - 2 141 | 25 | 2 357 | 0 382 | - 1 661 | 10 | 0 287 |
| 0 180 | 3 421 | 0 411 | - 2 094 | 25 | 2 189 | 0 403 | - 1 625 | 10 | 0 273 |
| 0 200 | 3 265 | 0 450 | - 2 135 | 25 | 2 009 | 0 441 | - 1 657 | 10 | 0 294 |
| 0 220 | 3 318 | 0 454 | - 2 184 | 25 | 2 033 | 0 445 | - 1 695 | 10 | 0 297 |
| 0 240 | 3 370 | 0 457 | - 2 233 | 25 | 2 056 | 0 448 | - 1 733 | 10 | 0 300 |
| 0 260 | 3 330 | 0 461 | - 2 231 | 25 | 2 018 | 0 452 | - 1 731 | 10 | 0 286 |
| 0 280 | 3 177 | 0 480 | - 2 223 | 25 | 1 870 | 0 471 | - 1 725 | 10 | 0 294 |
| 0 300 | 3 024 | 0 498 | - 2 215 | 25 | 1 721 | 0 489 | - 1 719 | 10 | 0 309 |
| 0 320 | 2 815 | 0 528 | - 2 208 | 25 | 1 426 | 0 519 | - 1 714 | 10 | 0 325 |
| 0 340 | 2 605 | 0 557 | - 2 201 | 25 | 1 130 | 0 548 | - 1 708 | 10 | 0 340 |
| 0 360 | 2 472 | 0 582 | - 2 226 | 25 | 1 073 | 0 573 | - 1 726 | 10 | 0 351 |
| 0 380 | 2 338 | 0 606 | - 2 248 | 25 | 1 016 | 0 597 | - 1 744 | 10 | 0 361 |
| 0 400 | 2 305 | 0 619 | - 2 289 | 25 | 0 958 | 0 610 | - 1 776 | 10 | 0 356 |
| 0 420 | 2 284 | 0 631 | - 2 329 | 25 | 0 914 | 0 622 | - 1 807 | 10 | 0 355 |
| 0 440 | 2 261 | 0 637 | - 2 350 | 25 | 0 878 | 0 628 | - 1 824 | 10 | 0 357 |
| 0 460 | 2 237 | 0 642 | - 2 371 | 25 | 0 842 | 0 633 | - 1 840 | 10 | 0 359 |
| 0 480 | 2 146 | 0 645 | - 2 346 | 25 | 0 766 | 0 636 | - 1 820 | 10 | 0 360 |
| 0 500 | 2 054 | 0 648 | - 2 320 | 25 | 0 689 | 0 639 | - 1 800 | 10 | 0 360 |
| 0 600 | 1 748 | 0 659 | - 2 218 | 25 | 0 443 | 0 650 | - 1 721 | 10 | 0 375 |
| 0 700 | 1 586 | 0 677 | - 2 229 | 25 | 0 274 | 0 668 | - 1 73 | 10 | 0 384 |
| 0 800 | 1 542 | 0 690 | - 2 285 | 25 | 0 198 | 0 681 | - 1 773 | 10 | 0 396 |
| 0 900 | 1 424 | 0 731 | - 2 389 | 25 | 0 018 | 0 721 | - 1 854 | 10 | 0 407 |
| 1 000 | 1 181 | 0 779 | - 2 452 | 25 | 0 262 | 0 769 | - 1 903 | 10 | 0 412 |
| 1 100 | 1 029 | 0 804 | - 2 476 | 25 | 0 429 | 0 794 | - 1 922 | 10 | 0 425 |
| 1 200 | 0 876 | 0 829 | - 2 500 | 25 | 0 595 | 0 819 | - 1 940 | 10 | 0 438 |
| 1 350 | 0 788 | 0 826 | - 2 478 | 25 | 0 670 | 0 816 | - 1 923 | 10 | 0 433 |
| 1 500 | 0 700 | 0 822 | - 2 455 | 25 | 0 744 | 0 812 | - 1 905 | 10 | 0 428 |
| 1 600 | 0 667 | 0 801 | - 2 384 | 25 | 0 735 | 0 791 | - 1 850 | 10 | 0 415 |
| 1 700 | 0 634 | 0 779 | - 2 312 | 25 | 0 726 | 0 770 | - 1 794 | 10 | 0 402 |
| 1 850 | 0 566 | 0 766 | - 2 261 | 25 | 0 765 | 0 757 | - 1 754 | 10 | 0 399 |
| 2 000 | 0 497 | 0 753 | - 2 209 | 25 | 0 803 | 0 744 | - 1 714 | 10 | 0 395 |
| 2 200 | 0 497 | 0 714 | - 2 100 | 25 | 0 739 | 0 706 | - 1 630 | 10 | 0 382 |
| 2 400 | 0 496 | 0 675 | - 1 991 | 25 | 0 675 | 0 667 | - 1 545 | 10 | 0 369 |
| 2 700 | 0 383 | 0 655 | - 1 898 | 25 | 0 734 | 0 647 | - 1 473 | 10 | 0 368 |
| 3 000 | 0 270 | 0 634 | - 1 805 | 25 | 0 792 | 0 627 | - 1 401 | 10 | 0 367 |
| 3 200 | 0 212 | 0 638 | - 1 810 | 25 | 0 853 | 0 631 | - 1 405 | 10 | 0 373 |
| 3 400 | 0 154 | 0 642 | - 1 815 | 25 | 0 914 | 0 635 | - 1 408 | 10 | 0 379 |
| 3 700 | 0 052 | 0 646 | - 1 798 | 25 | 1 006 | 0 639 | - 1 395 | 10 | 0 377 |
| 4 000 | - 0 051 | 0 650 | - 1 780 | 25 | 1 098 | 0 643 | - 1 381 | 10 | 0 375 |
| 4 500 | - 0 249 | 0 653 | - 1 723 | 25 | 1 262 | 0 646 | - 1 337 | 10 | 0 085 |
| 5 000 | - 0 446 | 0 656 | - 1 665 | 25 | 1 426 | 0 649 | - 1 292 | 10 | 0 394 |

同。潜在震源区的 4 级以上分震级档的年平均发生率 ν_4 和震级上限见表 3

表 3 4 级以上分震级档的年平均发生率 ν_4 和震级上限

| 潜在震源 区参数 | ν_4 | | | | | | | | 震级上限 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-----|------|
| | 4.0~5.4 | 5.5~5.9 | 6.0~6.4 | 6.5~6.9 | 7.0~7.4 | 7.5~7.9 | ≥ 8.0 | | |
| 第一种情况 | 0.00000 | 0.04860 | 0.00271 | 0.00123 | 0.00086 | 0.00071 | 0.00139 | 8.0 | |
| 第二种情况 | 0.00000 | 0.04860 | 0.00271 | 0.00123 | | | | 6.5 | |

两种情况下计算出的归一化基岩水平加速度反应谱见图 3 由图 3 可以看出:当潜在震源区的震级上限为 6.5 级时,反应谱的特征周期 $T_g = 0.32\text{sec}$ 而当震级上限为 8 级时反应谱的 T_g 增大为 0.41sec 由此可以清楚地看到潜在震源区震级上限对基岩水平加速度反应谱特征周期的影响

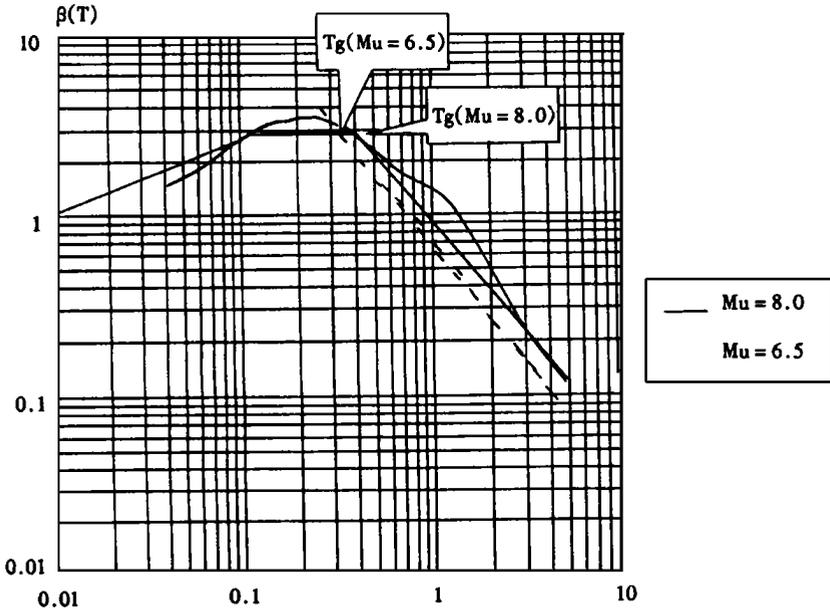


图 3 两种情况下计算出的归一化基岩水平加速度反应谱

3 结 语

理论和实际计算都表明,潜在震源区的震级上限对反应谱的特征周期 T_g 有较大影响。潜在震源区震级上限越大,则 T_g 越大。另外,震中距对 T_g 的影响也比较大。在我国目前先行的行业建筑物抗震规范有些考虑了震中距的影响,如建设部的 89 建筑抗震设计规范。目前日本和美国等一些国家已经在其抗震规范中将强震反应谱表示为震级、震中距和场地条件的函数,这样更为合理

参 考 文 献

- 1 周锡元, 王广军, 苏经宇. 规范用抗震设计反应谱的修订趋势. 北京: 地震出版社, 1989 19~ 29
- 2 中华人民共和国建设部. 建筑抗震设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989 20~ 21
- 3 国家地震局工程地震研究中心. 地震安全性评价工作规范培训教材. 1994.
- 4 中华人民共和国电力工业部. 水工建筑物抗震设计规范. 北京: 中国电力出版社, 1997 13~ 14

THE EFFECT OF THE UPPER LIMIT FOR EARTHQUAKE MAGNITUDE IN POTENTIAL HYPOCENTER AREA TO THE CHARACTERISTIC PERIOD OF BEDROCK ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM

Xu Yang

(Seismological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 030002)

Abstract

Both seismological theory and macroseismic observation show that the shape of strong motion response spectrum depends mainly on magnitude, distance of epicenter and engineering site condition since it is considered just the effect of engineering site condition and epicenter distance of only site condition to determine the characteristic period of acceleration response spectrum (T_g) in the antiseismic design criterion of our country at present, the characteristic period of response spectrum determined from those criterion is different from that got from special seismic hazard analysis. The effect of magnitude's upper limit in potential source region to T_g is discussed in this paper. The conclusion is that the higher of the upper limit, the bigger of the T_g .

Subject words potential hypocenter; acceleration measuring; macroseismic observation.