

УДК 55.034+699.841

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Академик АН Армянской ССР А. Г. Назаров,
С. С. Дарбинян, Р. О. Амасян

К выбору средней акселерограммы

(Представлено 25/VII 1972)

При решении задач инженерной сейсмологии иногда возникает потребность в оценке средней акселерограммы. В математическом понимании о среднем, средняя акселерограмма близка к нулю и поэтому не имеет ценности для наших целей. Поэтому необходимо иное понимание средней акселерограммы, которое могло бы быть полезным для наших целей.

Здесь предлагается следующее представление о средней акселерограмме. Пусть имеется серия акселерограмм. Для каждой акселерограммы даем некоторое спектральное разложение интересующее нас. Например, амплитудный спектр характеризуемый интегралом Фурье, или спектр реакций при определенном декременте затуханий (^{1, 2}).

Далее получим средний спектр. Операция эта достаточно проста. По этому среднему спектру определяем отвечающую ему акселерограмму, которую и объявляем средней акселерограммой.

Таким образом при использовании спектров Фурье средняя акселерограмма такова, что ей отвечает средний спектр Фурье. При использовании спектра реакций, средняя акселерограмма дает средний спектр реакций, т. е. среднее значение напряженных и деформированных состояний линейных осцилляторов, что уже имеет ценность с инженерной точки зрения. Задача отыскания средней акселерограммы в таком представлении связана с решением сложных функциональных соотношений. Но если ограничиться грубой оценкой средней акселерограммы, то можно подобрать для ее нахождения совершенно элементарный путь. Заключается он в следующем: для данной серии акселерограмм определяем интересующий нас средний спектр; при достаточно большом количестве спектров мы всегда из них можем подобрать такой, который бы был достаточно близок к определенному нами среднему спектру; акселерограмма, отвечающая этому спектру, и будет достаточно близка к средней акселерограмме в нашем понимании.

Этот приближенный прием будет вполне достаточен для наших целей и в частности в вопросах разработки новой сейсмической шкалы интенсивности на количественной основе.

Предложенный здесь прием мы осуществляем на примере 14-ти ⁽³⁾ акселерограмм семибальных землетрясений, происшедших в США ⁽³⁾. Величины приведенных сейсмических ускорений для всех землетрясений при декременте затухания $\delta = 0,5$, для разных периодов собственных колебаний системы с одной степенью свободы, приведены в табл. 1. Эти результаты получены с помощью ЭВМ решением дифференциального уравнения движения линейного осциллятора ^(1,2). В таблице даны также среднеквадратичные отклонения для разных землетрясений. Все спектры показаны на рис. 1, где пунктиром нанесен средний спектр ускорений.

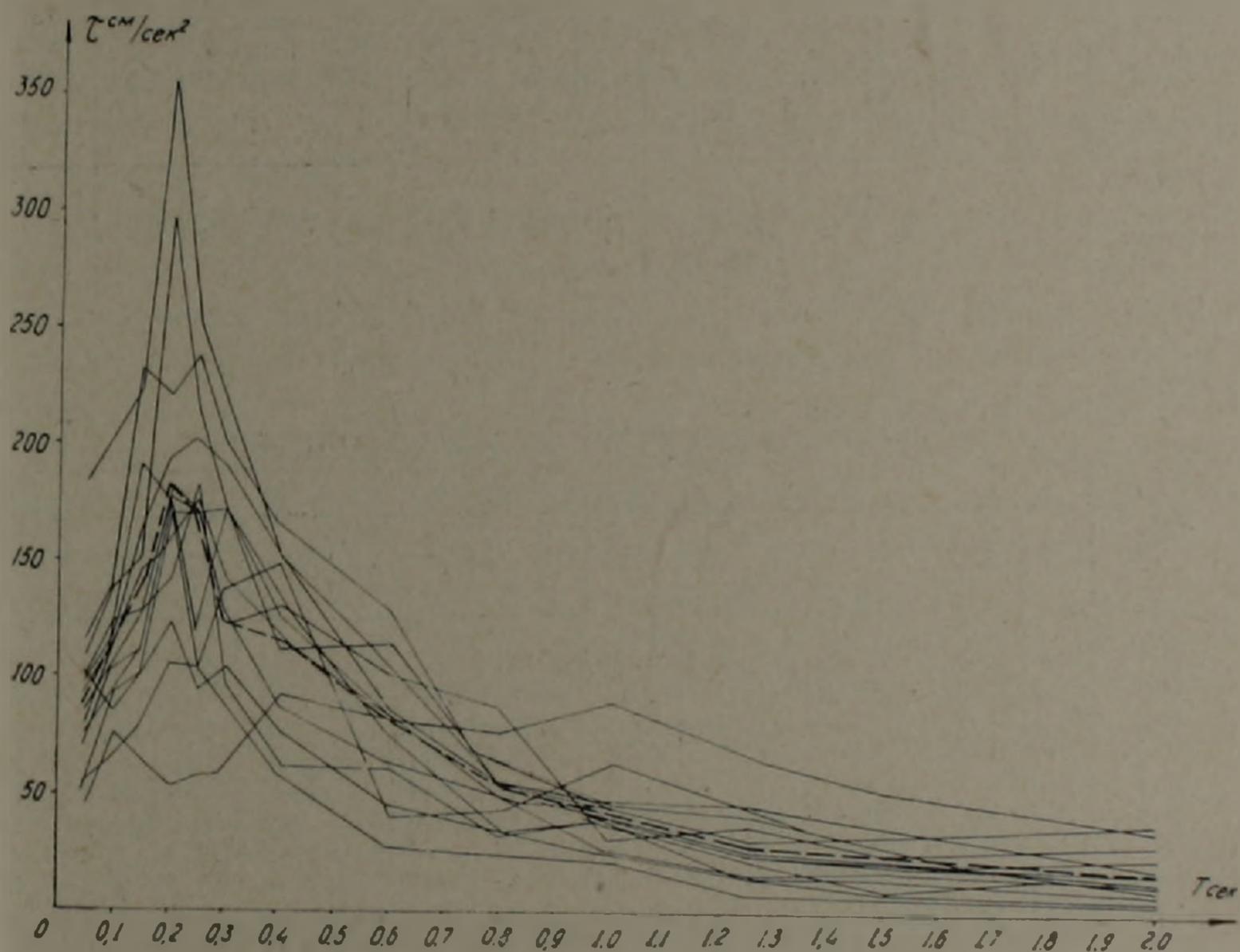


Рис. 1. Спектры максимальных сейсмических ускорений для 14-ти землетрясений

Анализ данных табл. 1 показывает, что средний спектр достаточно близок к спектру землетрясений № 6. Это подтверждается тем, что для этого землетрясения средне-квадратическое отклонение является наименьшим. Следовательно, акселерограмму землетрясения № 6 можем рассматривать как среднюю. Эта акселерограмма показана на рис. 2. Нетрудно видеть, что расхождение между средним спектром и спектром землетрясения № 6 за исключением случаев $T=1,0$ и $T=2,5$ сек. менее 15%, что приемлемо для наших целей.

¹ Эти акселерограммы, в ⁽³⁾, пронумерованы соответственно: 7-7, 7-24, 7-4, 7-11, 7-14, 7-22, 7-23, 7-5, 7-6, 7-8, 7-9, 7-13, 7-17, 7-19.

Значения приведенных сейсмических ускорений, см/сек²

T	Номера землетрясений														Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0,05	116	79	95	108	86	91	98	51	55	71	182	77	44	102	90
0,1	141	113	114	138	106	114	124	94	66	104	203	95	76	85	112
0,15	232	166	193	152	127	145	128	101	79	119	226	112	65	102	139
0,2	221	193	175	298	174	160	192	124	106	169	356	183	53	178	184
0,25	238	202	121	213	102	177	183	94	103	170	256	172	57	169	161
0,3	201	191	172	173	138	142	97	105	86	173	218	123	59	127	143
0,4	167	152	134	113	150	118	61	76	57	127	153	131	92	88	116
0,6	129	105	75	114	80	82	70	45	27	88	86	102	83	64	82
0,8	48	56	35	55	83	65	32	35	23	49	54	87	77	50	54
1,0	26	48	38	38	67	46	40	26	11	44	37	31	91	41	42
1,25	16	46	15	22	47	42	24	16	7	31	26	37	68	27	30
1,5	18	35	9	20	31	28	24	15	6	33	19	25	52	22	29
2,0	12	19	6	19	14	20	17	8	4	39	14	19	36	14	17
2,5	9	14	5	20	10	14	12	12	3	20	15	23	35	11	14
3,0	9	13	4	15	7	13	10	11	3	17	16	17	28	9	12
Среднее кв. отклонение	43	23	23	37	22	9	22	34	46	14	71	16	60	17	

Амплитудные спектры Фурье для разных землетрясений

T	Номера землетрясений														Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0,1	2,6	2,2	2,1	1,8	2,1	1,5	2,6	1,0	0,6	3,5	5,0	3,0	2,0	0,5	1,8
0,2	5,1	22,1	11,2	33,1	10,7	4,3	12,4	9,4	6,3	15,7	25,1	9,3	1,2	4,6	10,0
0,3	23,8	22,4	13,1	11,3	9,2	14,0	8,1	14,2	2,4	4,9	14,4	9,6	2,8	20,6	10,7
0,4	15,0	18,8	8,9	21,4	15,4	16,1	0,6	5,4	12,0	28,1	16,9	22,6	19,2	5,2	12,1
0,5	10,3	19,9	13,6	18,5	17,3	15,3	3,7	6,8	5,0	20,1	11,2	29,9	9,9	10,5	11,3
0,6	49,0	3,3	9,1	13,3	17,4	9,0	10,5	8,2	4,5	36,0	13,4	2,5	10,7	10,6	11,6
0,7	13,5	19,5	4,0	21,9	15,9	6,4	9,7	6,1	4,7	7,6	15,9	19,4	30,3	9,4	10,8
0,8	3,1	16,7	1,8	10,2	39,0	21,2	4,9	11,3	6,1	4,3	7,2	21,8	15,5	4,5	9,9
0,9	8,8	4,2	8,0	31,6	0,8	6,4	8,3	7,2	2,0	22,4	10,1	20,9	14,2	14,7	9,4
1,0	10,3	19,4	17,7	11,0	27,3	4,3	8,9	5,8	3,8	16,6	8,0	27,4	33,0	15,9	12,3
1,2	1,1	14,7	3,0	4,9	11,1	17,8	9,0	4,2	1,8	15,0	5,3	1,0	33,4	8,6	7,7
1,4	3,8	20,6	0,6	6,1	12,9	12,8	1,1	7,7	2,4	8,5	4,8	7,4	11,3	11,8	6,6
1,6	3,8	3,2	1,5	7,1	5,4	3,3	6,9	3,4	1,0	13,6	2,5	3,3	25,5	6,7	6,7
1,8	3,6	11,6	0,5	4,8	6,0	5,2	9,5	0,6	1,9	10,9	4,3	19,5	3,5	3,9	5,0
2,0	4,4	5,0	1,6	6,5	4,4	8,7	9,2	1,3	2,2	41,1	5,0	7,4	11,4	6,6	6,8
2,2	5,5	4,6	1,8	13,1	2,7	10,0	7,6	1,6	1,3	8,0	4,6	14,8	1,7	5,4	4,9
2,4	6,3	4,0	1,3	16,5	2,9	9,9	5,8	4,1	0,8	18,9	4,1	13,6	17,7	5,5	6,6
2,6	6,7	2,1	1,2	16,5	3,9	9,0	4,1	5,6	1,4	6,1	4,6	12,9	38,4	6,1	7,0
2,8	6,4	4,8	1,5	14,1	3,7	7,9	2,8	5,7	2,0	12,4	5,8	13,0	35,1	5,8	7,1
3,0	5,7	7,2	1,6	10,8	2,7	6,7	2,3	4,5	2,3	9,9	7,4	11,2	11,7	4,8	5,2
Средне- кв. от- клонение	9,5	7,3	4,7	9,3	8,3	5,1	4,3	2,6	5,5	12	4,5	9,3	14,6	3,8	

Отметим, что приведенная группа акселерограмм—разрозненная, генетически между собой не связана. Поэтому эту группу мы не можем рассматривать как ансамбль, связанный единством содержания. Мы

просто привели эту группу для иллюстрации сущности предложенного метода.

Кроме этого мы попытались установить вид средней акселерограммы на основании амплитудных спектров Фурье. Для этого мы вычисляли также спектры Фурье для всех 14-ти землетрясений. Спектры эти, а также их средние и средне-квадратические отклонения приведены в табл. 2.

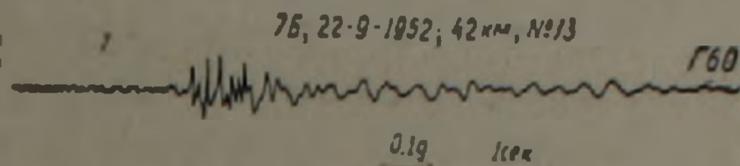


Рис. 2. Акселерограмма землетрясения, принимаемая в качестве средней

Если анализировать средне-квадратические значения, то увидим, что землетрясение № 8 дает меньшее отклонение. Следовательно, эту акселерограмму можно принять как среднюю по отношению к амплитудному спектру Фурье.

Мы отдаем предпочтение акселерограмме дающей среднее значение спектра реакций по следующим причинам. Спектры реакций в общих чертах характеризуют напряженное состояние конструкций в пределах упругости. Кроме того спектр реакций определяется с учетом затухания колебаний конструкций и поэтому данные по нему должны быть более устойчивы чем данные, подобранные на основе амплитудного спектра Фурье. Всегда можно подобрать такое условное значение декремента затухания, чтобы упругие деформации оказались эквивалентными упруго-пластическим деформациям. Для этого, как показали исследования С. С. Дарбиняна, логарифмический декремент затухания следует принять 0,7 и выше. Поэтому, подбор средней акселерограммы по спектру реакций может дать интерпретацию упруго-пластических деформаций в конструкции.

Таким образом, без особых трудностей возможно определение «средней акселерограммы», которая может быть использована для разных задач инженерной сейсмологии в том числе и для определения интенсивности землетрясения при составлении сейсмической шкалы на инструментальной основе. Здесь в первом приближении для упрощения расчетов, принято, что все акселерограммы равновероятны.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳՊ ակադեմիայի Ա. Գ. ՆԱԶԱՐԵԱՎ, Ս. Ս. ԳՈՐԻՆՅԱՆ, Ռ. Հ. ՀԱՄԻՍՅԱՆ

Միջին ակսելերոգրամայի ընտրության մասին

Հաճախ ինժեներային սեյսմոլոգիայի խնդիրներում անհրաժեշտություն է առաջանում ընտրելու միջին ակսելերոգրամա: Հողվածում առաջարկվում է

միջին ակսելերոպրամա ընտրելու պարզագույն և պրակտիկորեն կիրառելի մեթոդ, որի էությունը կայանում է հետևյալում: Վերցվում է ակսելերոգրամների սերիա և նրանց համար կոնկրետ մարմնի դեկրեմենտի դեպքում հաշվվում է բերված արագացումների սպեկտրները: Այնուհետև գտնվում է միջին սպեկտրը և համեմատության մեջ է դրվում ստացված սպեկտրների հետ:

Այսպիսով համեմատման եղանակով սպեկտրների սերիայից առանձնացվում է այն, որը ինչ որ ճշտությամբ մոտ է միջին սպեկտրին: Այդ ճանապարհով առանձնացված սպեկտրին համապատասխանող ակսելերոգրամն ընդունվում է որպես միջին:

Առաջարկվող մեթոդն իրականացվում է 14 երկրաչարժերի ակսելերոգրամների մշակման օրինակի վրա, որոնց միջոցով ստացված է միջին ակսելերոգրամը՝ ինչպես ցույց է տրված դժ. 2-ում:

Հաշվումները ցույց են տալիս, որ առաջարկվող մեթոդը մեծ հաջողությամբ կարելի է կիրառել ինժեներային սեյսմոլոգիայի խնդիրների լուծման և մասնավորապես, դորժիքային հիմքով սեյսմիկ սանդղակ ստեղծելու ժամանակ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ А. Г. Назаров, «Известия АН Арм. ССР» (серия технических наук) т. XXIII, № 3, (1970). ² С. С. Дарбинян, ДАН Арм. ССР, т. LII, № 4, (1971). ³ С. В. Медведев, «Труды ИФЗ». АН СССР, № 10 (177), вып. 3. 1960.