

耐震自動弁遮断装置に関する実験

長谷川 明*

A test on automatic cutoff to stop a valve at earthquakes

Akira HASEGAWA*

Abstract

This paper is a report on a test on automatic cutoff to stop a valve of water pipes at earthquakes. This proposed method for the cutoff is consisted of a steel ball and a circular dish. When any earthquake will be occurred, the ball should be dropped from the dish and cutoff the valve of water pipes. We research the specifics of the cutoff by the use of a vibration table system and censers for accelerations. The maximum values of the accelerations to drop the ball for the various dish with different diameter were observed. Relationship of the maximum values and magnitudes of the oscillations were discussed.

Keywords: earthquake-proof, automatic cutoff, water pipe, valve

1. はじめに

地震災害後の給水をいかに確保するかは人命に直接関わるだけに重要な課題である。この課題に対し、水道管に併設されたタンクへ常時給水しておき、地震時に併設タンクの流出バルブを遮断することによって非常時の水道水を確保するシステムが提案されている。

本文は、この提案されているシステムで使用される弁遮断装置の性能に関する実験の報告である。提案されている弁遮断装置は、円形座金に鋼球をのせ、所定の加速度に達したとき鋼球が皿から落下し、その落下する力によって弁を遮断する装置である。耐震自動弁遮断装置を振動テーブル上に設置し、異なる振動数の正弦波加速度を与え、鋼球が落下したときの加速度波形から最大加速度を調べ、鋼球が落下する震度（計測震度）を計算した。落下計測震度と皿の直径の関係を調べ、設定する計測震度に対し、皿

の寸法をどのようにすればよいか検討した。

2. 自動弁遮断装置と実験概要

提案された装置は、写真-1 に示すような円形座金（以下、皿という）に鋼球（直径 60 mm、重量約 880 gf）をのせ、所定の加速度に達したとき鋼球が皿から落下し、弁を遮断する装置である。

実験は、加振機に接続された振動テーブルに耐震自動弁遮断装置を固定し、異なる振動数の正弦波加速度を与え、鋼球が落下したときの加速度波形から最大加速度を調べ、鋼球が落下する震度（計測震度）を計算する方法をとった。

実験装置を写真-2, 3 に、使用した機器を表-1 にそれぞれ示す。

3. 実験および計算手順

- (1) 振動テーブル上に耐震自動弁遮断装置を万力などを使用して設置する。
- (2) 加速度計は、振動テーブル上の耐震自動

平成 8 年 10 月 18 日受理

* 土木工学科・教授



写真-1 耐震自動弁遮断装置



写真-3 計測装置

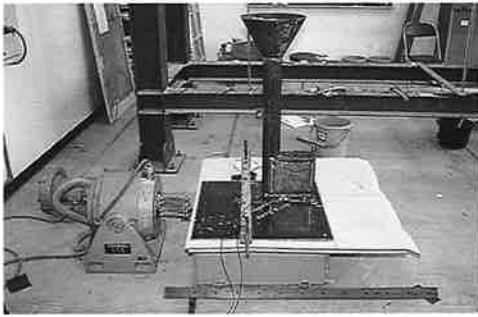


写真-2 加振機

表-1 使用した機器

機 器 名	機番など	メーカー
加 振 機	ASE-12	明石製作所
揺動テーブル	木 製	自 作
加 速 度 計	ASV-2GA	共 和 電 業
スイッチボックス	ASV300	共 和 電 業
加速度記録装置	DAA-110B	共 和 電 業

弁遮断装置の底版上の振動軸の左右に張り付ける。加振機側から見て左側の加速度計を A01、右側の加速度計を A02 とよぶ。

(3) 所定の直径の皿を取り付け、その上に鋼球をおく。

(4) 加振機の振動数を所定の値に設定する。

(5) [GAIN]を上げて、加振加速度を徐々に増大させ、鋼球が落下した時点で[GAIN]を停止する。

(6) 加速度記録装置で加速度波形を記録する。サンプリングは 2 msec (500 Hz)、データ数は 1,024 個 (0.512 秒間)とした。記録された波形の例を図-1, 2 に示す。

(7) 加速度波形の中で、+側の最も高い値 (A) と-側の最も高い値 (B) を求め、記帳する。

(8) 加速度計の設置が若干傾いていることなどから、+側と-側の数値の差があるため、落

下加速度は $(A-B)/2$ とした。

(9) この加速度を計測震度計算式に代入し、計算震度をもとめた。なお、加振振動数が 1 Hz ではないことから、振動数による重み計算式に代入して、振動数による周期補正用処理重みを求め、計測震度 (I) を求めた。

(10) (3) から (9) を 3 回繰り返す。

(11) 加振振動数を 2 Hz から 20 Hz まで、2 Hz 毎で (3) から (10) までの作業を繰り返す。

(12) 皿の直径を 14 mm から 32 mm まで 2 mm 間隔で (3) から (11) までの作業を繰り返す。

4. 実験結果 (第1回目)

実験は 14 mm から 32 mm までの皿に対して 2 Hz から 20 Hz で振動させた第 1 回目と、14 mm から 44 mm までの皿に対して 2 Hz から 10 Hz で振動させた第 2 回目の 2 回行った。最初に第 1 回目の実験について述べる。

耐震自動弁遮断装置に関する実験

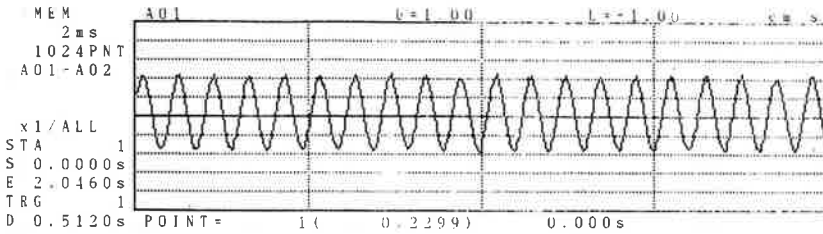


図-1 記録された加速度波形：縦 1000 cm/s/s, 横 0.512 sec (振動数 10 Hz, 皿の直径 26 mm, 加速度計 A01)

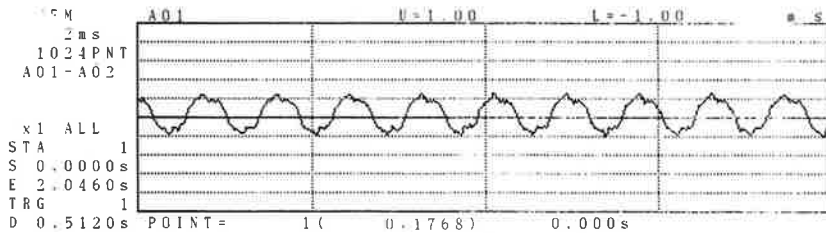


図-2 記録された加速度波形：縦 1000 cm/s/s, 横 0.512 sec (振動数 5 Hz, 皿の直径 26 mm, 加速度計 A01)

4.1 落下加速度 $(A-B)/2$ について

14 mm の実験結果を表-2 に示す。振動数が高いと落下加速度は大きいことが示されている。しかし、落下加速度の最大値と最小値の差は大きく、データにばらつきが大きい。同様に 16 mm から 32 mm の皿の場合の落下加速度を調べた結果、14 mm と同様に振動数が高いと落下加速度は大きいことが示されているが、落下加速度の最大値と最小値の差は大きく、データにばらつきが大きいことが示された。

4.2 計測震度について

計測震度の対象としている振動数が 1 Hz から 10 Hz であることから、この範囲の振動数の落下加速度に重みをかけ、落下する計測震度(以下、落下計測震度)を計算したのが表-3.1, 3.2 である。また、表 3.3 には平均値、最大値および最小値を示す。それぞれの値を皿の直径 ϕ の 1 次式として近似すると次のような式となった。

$$\text{平均: } I = 0.0299\phi + 4.41$$

$$\text{最大: } I = 0.0234\phi + 4.92$$

$$\text{最小: } I = 0.0180\phi + 4.02$$

計測震度は、得られた計算値を整数化したものであるが、ここでは実数(小数点以下 2 桁)として示した。これによると次のようなことが示されている。

(1) 皿の直径と落下計測震度

落下する計測震度は皿の直径が小さいほど小さく、皿の直径が大きくなるにつれて落下する震度は大きい傾向があることが示されている。平均値を見ると、14 mm で震度 4.7(整数値で震度 5)、32 mm で震度 5.0(整数値で震度 5)となっている。

(2) 落下計測震度の最大値と最小値

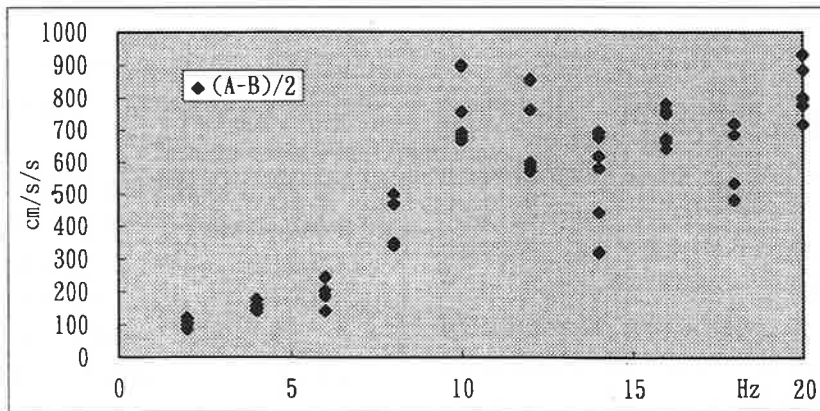
落下する計測震度の最大値と最小値には約 1.0 の差がある。このため、平均落下震度と最大値および最小値の差は、それぞれ約 0.5 の差がある。このことは、平均値をもって震度を設定すると、約 0.5 小さい震度で落下することも、約 0.5 大きい震度でなければ落下しないことも起こりうることを示している。

表-2 皿の直径，加振振動数および落下加速度：14 mm

皿の直径		加速度(+)			加速度(-)			加速度(-)	
mm	Hz	A cm/s/s	B cm/s/s	(A-B)/2	mm	Hz	A cm/s/s	B cm/s/s	(A-B)/2
14	20	742	-813	778	14	10	764	-596	680
14	20	1001	-865	933	14	10	759	-753	756
14	20	730	-707	719	14	10	727	-611	669
14	20	819	-773	796	14	10	861	-934	898
14	20	742	-859	801	14	10	776	-608	692
14	20	945	-827	886	14	10	841	-961	901
14	18	520	-449	485	14	8	537	-463	500
14	18	492	-575	534	14	8	455	-483	469
14	18	520	-446	483	14	8	377	-301	339
14	18	467	-493	480	14	8	304	-382	343
14	18	701	-671	686	14	8	377	-304	341
14	18	702	-738	720	14	8	324	-375	350
14	16	756	-591	674	14	6	249	-157	203
14	16	682	-842	762	14	6	170	-209	190
14	16	817	-685	751	14	6	230	-642	186
14	16	732	-832	782	14	6	202	-285	244
14	16	764	-521	643	14	6	174	-108	141
14	16	546	-785	666	14	6	160	-216	188
14	14	641	-524	583	14	4	174	-123	149
14	14	633	-756	695	14	4	128	-189	159
14	14	631	-606	619	14	4	194	-120	157
14	14	582	-775	679	14	4	143	-209	176
14	14	343	-297	320	14	4	182	-125	154
14	14	415	-474	445	14	4	108	-174	141
14	12	621	-520	571	14	2	143	-96	120
14	12	814	-902	858	14	2	93	-139	116
14	12	653	-521	587	14	2	114	-86	100
14	12	801	-909	855	14	2	88	-125	107
14	12	643	-553	598	14	2	119	-50	85
14	12	779	-748	764	14	2	74	-129	102

注)

- ・振動数 (Hz) は加振振動数
- ・加速度 (+) は観測された波形の+側最大加速度
- ・加速度 (-) は観測された波形の-側最大加速度
- ・ovは変位が許容値を超え観測不能



耐震自動弁遮断装置に関する実験

表-3.1 皿の直径，加振振動数および計測震度 14 mm～22 mm

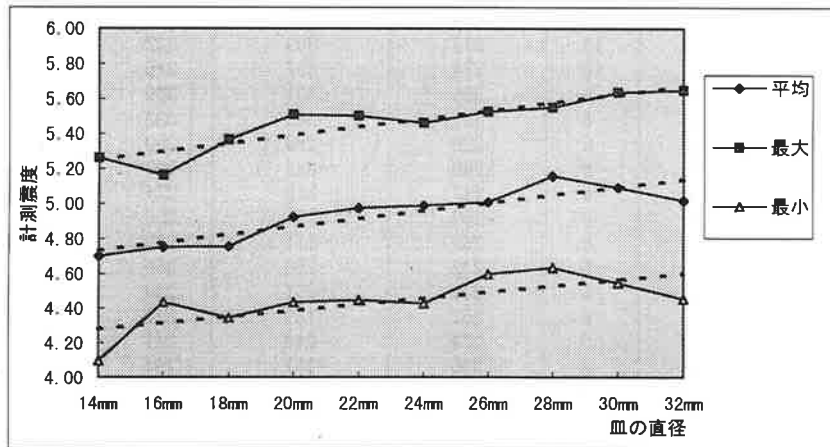
振動数	重み	14 mm		16 mm		18 mm		20 mm		22 mm	
		(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1
10	0.387	680	5.02	405	4.57	434	4.63	470	4.70	382	4.52
10	0.387	756	5.11	416	4.59	417	4.59	486	4.73	352	4.45
10	0.387	669	5.00	364	4.48	434	4.63	349	4.44	469	4.70
10	0.387	898	5.26	347	4.43	460	4.68	347	4.43	484	4.72
10	0.387	692	5.03	444	4.65	663	5.00	699	5.04	486	4.73
10	0.387	901	5.26	448	4.65	865	5.23	834	5.20	542	4.82
8	0.433	500	4.94	385	4.72	440	4.83	693	5.23	486	4.92
8	0.433	469	4.89	394	4.74	413	4.78	751	5.30	468	4.89
8	0.433	339	4.61	386	4.72	698	5.23	507	4.96	411	4.77
8	0.433	343	4.62	381	4.71	813	5.37	488	4.92	396	4.74
8	0.433	341	4.61	494	4.93	508	4.96	725	5.27	555	5.03
8	0.433	350	4.63	445	4.84	480	4.91	931	5.48	516	4.97
6	0.500	203	4.41	271	4.66	188	4.34	218	4.47	233	4.53
6	0.500	190	4.35	277	4.68	191	4.36	259	4.62	289	4.72
6	0.500	186	4.34	337	4.85	232	4.53	701	5.49	710	5.50
6	0.500	244	4.57	345	4.87	228	4.51	719	5.51	713	5.50
6	0.500	141	4.10	246	4.58	211	4.44	210	4.44	695	5.48
6	0.500	188	4.35	268	4.65	200	4.40	234	4.54	713	5.50
4	0.612	149	4.49	210	4.79	215	4.81	262	4.99	291	5.08
4	0.612	159	4.55	216	4.82	214	4.81	240	4.91	284	5.05
4	0.612	157	4.54	322	5.16	211	4.80	217	4.82	342	5.22
4	0.612	176	4.64	313	5.14	211	4.80	209	4.79	333	5.19
4	0.612	154	4.52	255	4.96	205	4.77	263	4.99	337	5.20
4	0.612	141	4.45	218	4.82	200	4.75	244	4.92	323	5.17
2	0.866	120	4.91								
2	0.866	116	4.88								
2	0.866	100	4.75								
2	0.866	107	4.81								
2	0.866	85	4.60								
2	0.866	102	4.76								
	平均		4.70		4.75		4.76		4.92		4.98
	最大		5.26		5.16		5.37		5.51		5.50
	最小		4.10		4.43		4.34		4.43		4.45

表-3.2 皿の直径，加振振動数および計測震度24 mm～32 mm

振動数	重み	24 mm		26 mm		28 mm		30 mm		32 mm	
		(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1
10	0.387	375	4.50	514	4.78	438	4.64	439	4.64	484	4.72
10	0.387	344	4.43	551	4.83	458	4.67	440	4.64	599	4.91
10	0.387	430	4.62	509	4.77	437	4.63	395	4.55	369	4.49
10	0.387	539	4.82	512	4.77	437	4.63	402	4.56	355	4.45
10	0.387	532	4.80	438	4.64	447	4.65	435	4.63	362	4.47
10	0.387	800	5.16	421	4.60	471	4.70	420	4.60	385	4.52
8	0.433	515	4.97	547	5.02	666	5.19	530	5.00	407	4.77
8	0.433	503	4.95	525	4.99	633	5.15	467	4.88	440	4.83
8	0.433	531	5.00	528	4.99	608	5.11	598	5.10	469	4.89
8	0.433	480	4.91	508	4.96	550	5.03	520	4.98	449	4.85
8	0.433	484	4.92	547	5.02	668	5.20	642	5.16	539	4.99
8	0.433	436	4.83	509	4.96	613	5.12	603	5.11	459	4.87
6	0.500	490	5.18	358	4.90	725	5.52	734	5.53	679	5.46
6	0.500	520	5.23	394	4.99	736	5.53	833	5.64	712	5.50
6	0.500	372	4.94	251	4.60	739	5.53	733	5.53	756	5.55
6	0.500	410	5.02	306	4.77	723	5.52	743	5.54	843	5.65
6	0.500	680	5.46	707	5.50	738	5.53	708	5.50	527	5.24
6	0.500	644	5.41	733	5.53	754	5.55	698	5.48	545	5.27
4	0.612	329	5.18	390	5.33	403	5.36	324	5.17	449	5.45
4	0.612	303	5.11	395	5.34	399	5.35	322	5.16	458	5.47
4	0.612	295	5.09	361	5.26	402	5.36	335	5.20		
4	0.612	314	5.14	316	5.15	400	5.35	338	5.21		
4	0.612	277	5.03	357	5.25	356	5.25	336	5.20		
4	0.612	275	5.03	354	5.25	358	5.26	361	5.26		
2	0.866										
2	0.866										
2	0.866										
2	0.866										
2	0.866										
2	0.866										
	平均		4.99		5.01		5.16		5.09		5.02
	最大		5.46		5.53		5.55		5.64		5.65
	最小		4.43		4.60		4.63		4.55		4.45

表-3.3 計測震度の平均値、最大値および最小値

	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	22 mm	24 mm	26 mm	28 mm	30 mm	32 mm
平均	4.70	4.75	4.76	4.92	4.98	4.99	5.01	5.16	5.09	5.02
最大	5.26	5.16	5.37	5.51	5.50	5.46	5.53	5.55	5.64	5.65
最小	4.10	4.43	4.34	4.43	4.45	4.43	4.60	4.63	4.55	4.45



5. 実験結果 (第2回目)

これまでの実験結果の確認と、追加された皿に対する実験として、14 mm から 44 mm までの皿に対して 2 Hz から 10 Hz で振動させる第2回目の実験を行った。ここでは、加振振動数を計測震度の対象となっている 10 Hz までの範囲で実施した。

5.1 落下加速度 $(A-B)/2$ について

14 mm の実験結果を表-4 に示す。振動数が高いと落下加速度は大きいことが示されている。前回に比べて直線性があり、落下加速度の最大値と最小値の差は小さく、データにばらつきも少ない。同様に 16 mm から 44 mm の皿の場合の落下加速度を調べると、14 mm と同様に振動数が高いと落下加速度は大きいことが示されているが、26 mm 付近より大きい皿の場合には、6 Hz を最大にして逆に周波数が増えると落下加速度が減少していることが示されている。

5.2 計測震度について

計測震度の対象としている振動数が 1 Hz から 10 Hz であることから、この範囲の振動数の落下加速度に重みをかけ、落下計測震度を計算したのが表-5.1, 5.2 である。また、表-5.3 には平均値、最大値および最小値を示す。計測震度は、得られた計算値を整数化したものであるが、ここでは実数(小数点以下2桁)として示した。これによると、次のようなことが示されている。

(1) 皿の直径と落下する震度

落下する計測震度は皿の直径が小さいほど小さく、皿の直径が 28 mm までは大きくなるにつれて落下する震度は大きい傾向があることが示されている。平均値を見ると、14 mm で震度 4.6 (整数値で震度 5)、28 mm で震度 5.1 (整数値で震度 5) となっている。しかし、28 mm 以上では、落下計測震度は一定となっている。最大値は低下傾向にある。

(2) 落下する震度の最大値と最小値

落下する震度の最大値と最小値には約 1.1 か

表-4 皿の直径，加振振動数および落下加速度：14 mm

皿の直径 6W	振動数 5W	加速度(+)	加速度(-)	
		7W	14W	(A-B)/2
mm	Hz	A cm/s/s	B cms/s	(A-B)/2
14	10	358	-321	340
24	10	267	-347	307
14	10	279	-384	332
14	10	409	-304	357
14	10	375	-309	342
14	10	274	-357	316
14	8	358	-301	330
14	8	301	-362	332
14	8	329	-289	309
14	8	269	-332	301
14	8	247	-300	274
14	8	269	-231	250
14	6	269	-171	220
14	6	232	-268	250
14	6	247	-251	249
14	6	252	-169	211
14	6	234	-248	241
14	6	206	-181	194
14	4	170	-128	149
14	4	123	-157	140
14	4	133	-154	144
14	4	199	-128	164
14	4	145	-130	138
14	4	83	-122	103

注)

- ・振動数 (Hz) は加振振動数
- ・加速度 (+) は観測された波形の+側最大加加速度
- ・加速度 (-) は観測された波形の-側最大加加速度
- ・ovは変位が許容値を超え観測不能

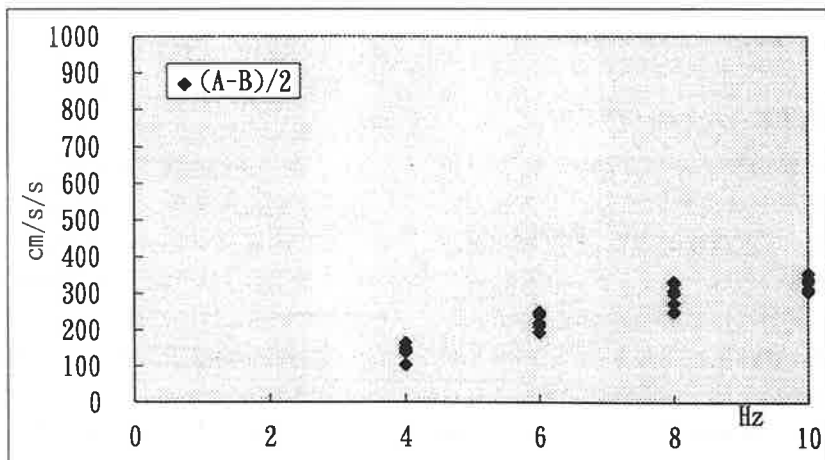


表-5.1 皿の直径、加振振動数および計測震度 14 mm~28 mm

計測震度の計算

振動数	重み	14 mm		16 mm		18 mm		20 mm		22 mm		24 mm		26 mm		28 mm	
		(A-B)/2	I	(A-B)/2	I	(A-B)/2	I	(A-B)/2	I	(A-B)/2	I	(A-B)/2	I	(A-B)/2	I	(A-B)/2	I
10	0.387	340	4.41	381	4.51	450	4.66	335	4.40	450	4.66	750	5.10	547	4.83	422	4.60
10	0.387	307	4.33	343	4.42	442	4.64	300	4.31	438	4.64	963	5.32	625	4.94	416	4.59
10	0.387	332	4.39	380	4.51	402	4.56	409	4.58	455	4.67	1059	5.40	650	4.98	425	4.61
10	0.387	357	4.46	359	4.46	395	4.55	427	4.61	476	4.71	765	5.12	543	4.82	412	4.58
10	0.387	342	4.42	407	4.57	430	4.62	342	4.42	492	4.74	783	5.14	521	4.79	441	4.64
10	0.387	316	4.35	399	4.55	421	4.60	312	4.34	497	4.75	1027	5.38	593	4.90	483	4.72
8	0.433	330	4.58	385	4.72	489	4.92	435	4.82	488	4.92	500	4.94	499	4.94	497	4.94
8	0.433	332	4.59	378	4.70	535	5.00	487	4.92	520	4.98	506	4.96	532	5.00	423	4.80
8	0.433	309	4.53	382	4.71	297	4.49	426	4.80	516	4.97	549	5.03	640	5.16	501	4.95
8	0.433	301	4.50	375	4.70	292	4.48	479	4.91	484	4.92	514	4.97	575	5.07	541	5.01
8	0.433	274	4.42	410	4.77	430	4.81	457	4.87	472	4.89	522	4.98	557	5.04	552	5.03
8	0.433	250	4.34	419	4.79	474	4.90	414	4.78	500	4.94	581	5.08	578	5.07	488	4.92
6	0.500	220	4.48	174	4.28	196	4.38	241	4.56	354	4.89	300	4.75	759	5.56	783	5.58
6	0.500	250	4.59	229	4.52	252	4.60	169	4.25	370	4.93	323	4.82	757	5.56	738	5.53
6	0.500	249	4.59	186	4.34	202	4.41	243	4.57	338	4.85	485	5.17	782	5.58	768	5.57
6	0.500	211	4.44	160	4.20	153	4.16	190	4.35	320	4.81	459	5.12	775	5.58	870	5.68
6	0.500	241	4.56	181	4.31	191	4.36	209	4.44	302	4.76	260	4.63	756	5.55	801	5.60
0.500	194	4.37	247	4.58	232	4.53	260	4.63	365	4.92	312	4.78	771	5.57	746	5.54	
4	0.612	149	4.50	148	4.49	181	4.66	264	4.99	303	5.11	262	4.99	274	5.02	346	5.23
4	0.612	140	4.44	146	4.48	179	4.65	250	4.94	312	5.14	263	4.99	275	5.03	489	5.53
4	0.612	144	4.46	166	4.59	176	4.64	227	4.86	287	5.06	244	4.92	261	4.98	339	5.21
4	0.612	164	4.58	174	4.63	185	4.68	228	4.86	280	5.04	249	4.94	267	5.00	361	5.26
4	0.612	138	4.43	156	4.54	190	4.70	223	4.84	3.4	5.11	263	4.99	270	5.01	329	5.18
4	0.612	103	4.17	151	4.51	200	4.75	229	4.87	297	5.09	246	4.93	262	4.99	311	5.13
	平均		4.46		4.54		4.62		4.66		4.90		5.02		5.12		5.10
	最大		4.59		4.79		5.00		4.99		5.14		5.40		5.58		5.68
	最小		4.17		4.20		4.16		4.25		4.64		4.63		4.79		4.58

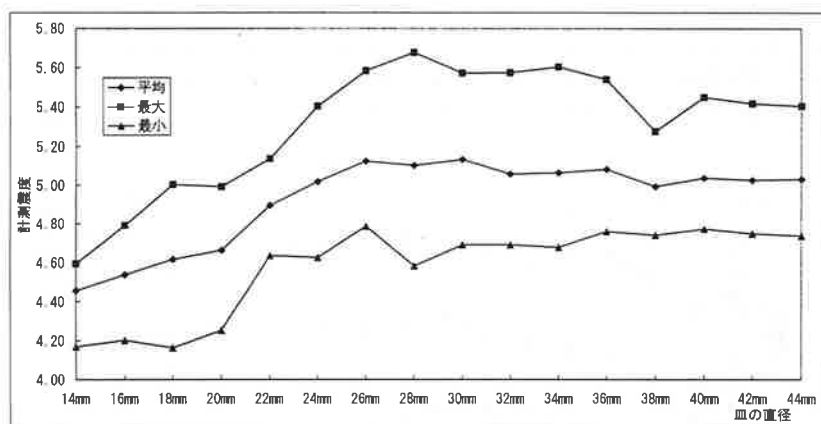
表-5.2 皿の直径，加振振動数および計測震度 30 mm～44 mm

計測震度の計算

振動数	重み	30 mm		32 mm		34 mm		36 mm		38 mm		40 mm		42 mm		44 mm	
		(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1	(A-B)/2	1
10	0.387	486	4.73	469	4.69	593	4.90	560	4.85	494	4.74	512	4.77	549	4.83	492	4.74
10	0.387	466	4.69	509	4.77	539	4.82	553	4.84	509	4.77	513	4.77	520	4.78	505	4.76
10	0.387	524	4.79	490	4.73	548	4.83	505	4.76	583	4.88	598	4.91	498	4.75	537	4.81
10	0.387	550	4.83	467	4.69	613	4.93	542	4.82	556	4.84	555	4.84	522	4.79	552	4.84
10	0.387	538	4.81	542	4.82	472	4.70	558	4.85	499	4.75	512	4.77	561	4.85	582	4.88
10	0.387	523	4.79	556	4.84	459	4.68	525	4.79	524	4.79	536	4.81	530	4.80	571	4.87
8	0.433	541	5.01	423	4.80	455	4.86	458	4.87	441	4.83	441	4.83	480	4.91	484	4.92
8	0.433	486	4.92	459	4.87	420	4.79	406	4.76	481	4.91	448	4.85	436	4.83	464	4.88
8	0.433	502	4.95	482	4.91	383	4.71	428	4.81	505	4.95	455	4.86	482	4.91	443	4.84
8	0.433	542	5.02	442	4.84	458	4.87	472	4.89	472	4.89	440	4.83	520	4.98	500	4.94
8	0.433	508	4.96	422	4.80	522	4.98	639	5.16	546	5.02	562	5.05	493	4.93	478	4.91
8	0.433	472	4.89	475	4.90	467	4.89	586	5.08	609	5.12	598	5.10	557	5.04	428	4.81
6	0.500	733	5.53	756	5.55	727	5.52	689	5.47	549	5.28	586	5.33	552	5.28	614	5.37
6	0.500	772	5.57	764	5.56	714	5.50	691	5.48	535	5.25	604	5.36	585	5.33	618	5.38
6	0.500	765	5.56	750	5.55	759	5.56	744	5.54	491	5.18	670	5.45	618	5.38	626	5.39
6	0.500	744	5.54	732	5.53	800	5.60	688	5.47	493	5.18	665	5.44	645	5.42	637	5.40
6	0.500	577	5.32	767	5.57	716	5.51	702	5.49	516	5.22	574	5.31	575	5.32	628	5.39
6	0.500	584	5.33	774	5.57	708	5.50	719	5.51	525	5.24	591	5.34	578	5.32	628	5.39
4	0.612	359	5.26														
4	0.612	365	5.27														
4	0.612	401	5.36														
4	0.612	388	5.33														
4	0.612	391	5.33														
4	0.612	405	5.36														
	平均		5.13		5.06		5.06		5.08		4.99		5.04		5.01		5.03
	最大		5.57		5.60		5.60		5.54		5.28		5.45		5.42		5.40
	最小		4.69		4.69		4.68		4.76		4.74		4.77		4.75		4.74

表-5.3 計測震度の平均値、最大値および最小値

	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	22 mm	24 mm	26 mm	28 mm	30 mm	32 mm	34 mm	36 mm	38 mm	40 mm	42 mm	44 mm
平均	4.46	4.54	4.62	4.66	4.90	5.02	5.12	5.10	5.13	5.06	5.06	5.08	4.99	5.04	5.02	5.03
最大	4.59	4.79	5.00	4.99	5.14	5.40	5.58	5.68	5.57	5.57	5.60	5.54	5.28	5.45	5.42	5.40
最小	4.17	4.20	4.16	4.25	4.64	4.63	4.79	4.58	4.69	4.69	4.68	4.76	4.74	4.77	4.75	4.74



ら 0.5 程度の差がある。このため平均値をもって落下計測震度を設定すると、約 0.5 小さい震度で落下することも、約 0.5 大きい震度でなければ落下しないことも起こりうることを示している。

6. まとめ

表-5.4 に 2 回の実験の落下計測震度を示す。この実験から次のことが言える。

(1) 皿の直径と落下する震度

落下する計測震度は皿の直径が小さいほど小さく、皿の直径が 28 mm 前後までは大きくなるにつれて落下する震度は大きい傾向があることが示されている。平均値を見ると、14 mm で震度 4.6~4.7 (整数値で震度 5)、28 mm で震度 5.1~5.2 (整数値で震度 5) となっている。しかし、28 mm 以上では、落下計測震度は一定となっている。

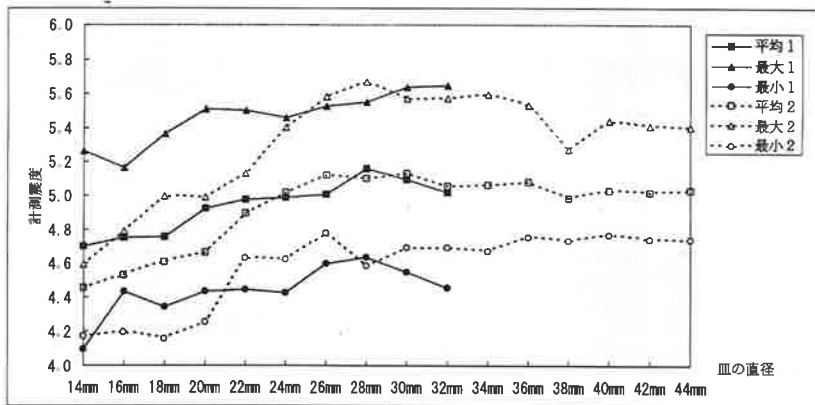
(2) 落下する震度の最大値と最小値

落下する震度の最大値と最小値には 1.2 から 0.5 程度の差がある。このため、平均落下震度と最大値および最小値の差は、それぞれ約 0.5 の差があると考えることが良い。つまり、14 mm の場合には、4.1~5.3、28 mm では 4.6~5.7 の範囲で落下する。このことは、平均値をもって落下計測震度を設定すると、約 0.5 小さい震度で落下することも、約 0.5 大きい震度でなければ落下しないことも起こりうることを示している。

実験中の鋼球の挙動は、皿の直径と振動数によって大きく異なった動きをした。特に、皿の大きな場合には、鋼球が皿の上で滑るように回り、加速度の増大にも関わらず落下しない場合があった。一方で、皿の直径が小さな場合には、ごく小さな加速度で落下する現象も見られた。前者は皿の周囲を円運動をする鋼球の遠心力と皿からの落下する力が釣り合う事による現象であり、後者は加振機が動き出すときには発

表-5.4 計測震度の平均値，最大値および最小値の2回の実験の比較

	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	22 mm	24 mm	26 mm	28 mm	30 mm	32 mm	34 mm	36 mm	38 mm	40 mm	42 mm	44 mm
平均 1	4.70	4.75	4.76	4.92	4.98	4.99	5.01	5.16	5.09	5.02						
最大 1	5.26	5.16	5.37	5.51	5.50	5.46	5.53	5.55	5.64	5.65						
最小 1	4.10	4.43	4.34	4.43	4.45	4.43	4.60	4.63	4.55	4.45						
平均 2	4.46	4.54	4.62	4.66	4.90	5.02	5.12	5.10	5.13	5.06	5.06	5.08	4.99	5.04	5.02	5.03
最大 2	4.59	4.79	5.00	4.99	5.14	5.40	5.58	5.68	5.57	5.57	5.60	5.54	5.28	5.45	5.42	5.40
最小 2	4.17	4.20	4.16	4.25	4.64	4.63	4.79	4.58	4.69	4.69	4.68	4.76	4.74	4.77	4.75	4.74



生する衝撃的な力によるところが大きいのと考えているが、今後検討されなければならない。また、皿の直径が28mm以上では、落下計測震度が同一となっていることについても検討する必要がある。

西田修三助教授の指導・協力を受けた。御礼申し上げます。また、エキストラカンパニー、トータルセブンおよび東北機械製作所からは実験の協力を提供いただいた。御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 90型震度計について，測候時報 59.1, 1992

謝 辞

本実験を行うにあたり，本学の坂尻直巳教授，