

化学薬品容器の振動実験

内 田 稔*
 吉 田 靖*
 鈴 木 徳五郎**
 野 口 義 憲***
 大 泉 健 一****
 浅 野 和 博*****

1. は じ め に

我国は、世界有数の地震国であり、関東大震災に見られるような巨大地震を始め、大小様々の地震が日本列島の随所に頻発していることは周知のとおりである。とくに最近、東海地方に巨大地震発生の可能性が指摘されるにおよび、一般の地震対策に対する関心は大いに高まってきている。

これらの地震により過去に莫大な被害を受け、中でも火災による被害が、被害規模を大きくしているのが現実である。

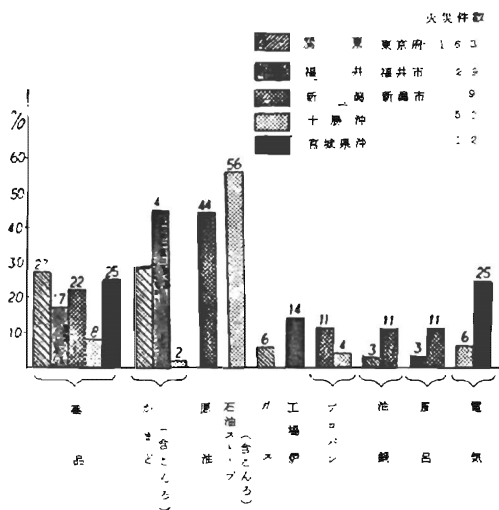


図1 主な地震による出火原因

最近の巨大地震における出火原因は、図1に示すとおりであり、薬品に起因する割合が多い。都

*第二研究室 **予防部予防課 ***府中消防署
 ****蒲田消防署 *****武蔵野消防署

内には、この可能性を有する対象箇所が、約20,000件(表1)に達しており、これらの対象物に対する対策が急がれている。

表1 業態別の対象件数

業 種	件 数
化学肥料製造業	30
無機化学工業製品製造業	159
有機化学工業製品製造業	211
化学繊維製造業	20
油脂加工製品・石けん・合成洗剤・塗料製造業	359
医薬品製品製造業	359
医薬品・化粧品御売業	1,702
病 院	588
一般診療所	8,365
歯科診療所	5,087
保 健 所	65
小 学 校	1,167
中 学 校	632
高 等 学 校	385
高等教育機関	234
自然科学研究所	349
計	19,712

昭和44年に棚のみについて、地震対策を講じないで振動実験を行ったが、今回は戸棚、棚、ロッカーなどに地震対策をほどこし、振動実験を行うものである。

2. 実 験 目 的

化学薬品容器が、棚および戸棚内で地震動を受けたときの挙動、落下、破損状況を把握し、薬品容器の収納方法および棚、戸棚などの固定方法等の安全対策を確立するための資料を得ることを目的とする。

3. 実験担当および協力

- (1) 担当 第二研究室
- (2) 協力 防災部防災課
大成建設(株)技術研究所
ネコス工業(株)
国際機械振動(株)

4. 実験場所

消防科学研究所振動実験室

5. 実験日時

昭和55年3月10日～15日

6. 実験項目

入力地震波に対する供試体別、固定方法別、落下防止策別、供試体の棚別の応答加速度および落下破損率

7. 実験条件

(1) 振動台上のセット(図2)

振動台上には、スチール製アングルによる柱を2ヶ所立て、壁の代用とした。図2に示す様にコンクリート製の床を取付け、床には供試体固定用としてアンカーボルト8本を設けてある。

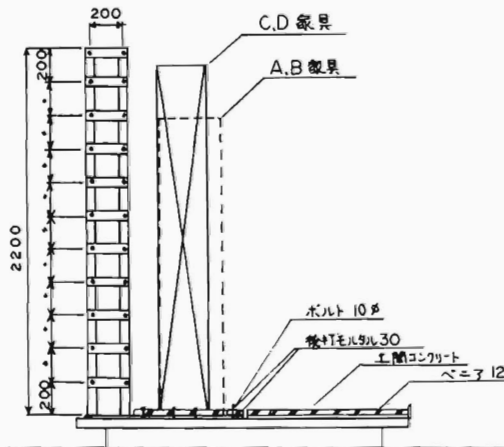


図2 振動台上の工作物

(2) 入力地震波

宮城沖、エルセントロ他、6種類の地震波(図3、表2)を使用した。これらの入力波は実際に測定された波を当庁振動機の使用性能に合せ

修正した地震波(データーレコーダーに収録してある)を使用した。

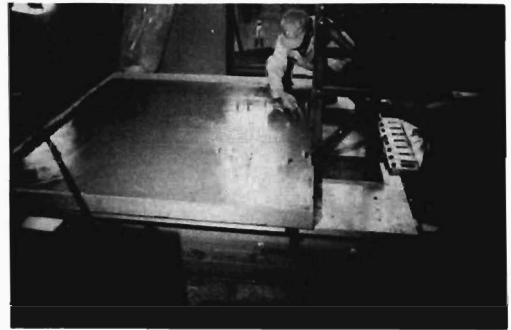


写真1 振動台上の工作物

(3) 供試体(図4)

ア スチール製戸棚

戸棚は二段重ねであり、棚板は各段2枚ずつあり棚としては、全部で6段となる。

上下二段の戸棚は両側に鉄板(各ボルト4ヶ所)で固定し、一体のものとした。

上段はガラスの引違い戸で、下段はスチールの引違い戸である。

イ スチール製棚

この棚は、組立式で、各コーナーをボルトで固定したスチール製で、前面のみが開放されたものであり、棚板は、4枚の五段使用である。

ウ スチール製ロッカー

戸は、両開きで、内部は棚板4枚の五段使用である。

エ 木製戸棚

上下二段重ねで、下段は、中央に三個の引出しがあり、両側は片開きの戸で、中に一枚の棚板がある。

上段は二層に仕切られ、上部は引違いガラス戸、中層は引違い板戸で内部は各一枚棚板がある。

棚板の定着方法は、両側から爪が各二本出ている棚板本体はその上に僅かな溝をつけて載せた状態になっている。

上下二段の固定は、6-(3)-(ア)と同じ方法である。

(4) 供試体固定方法(図5)

ア 完全固定

図6で示す如く頂部を背後のアングルに2ヶ所ボルトで固定し、床部分の四面を各2ヶ

所計 8 本のボルトで固定した型鋼材製枠を床

面のアンカーボルトに固定した。

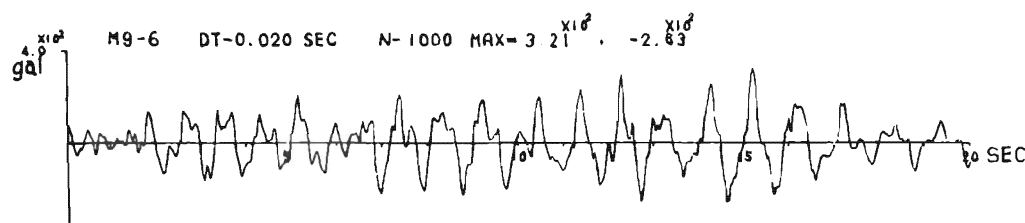
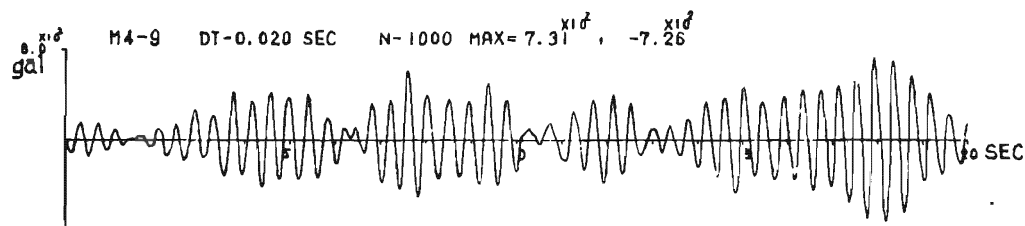
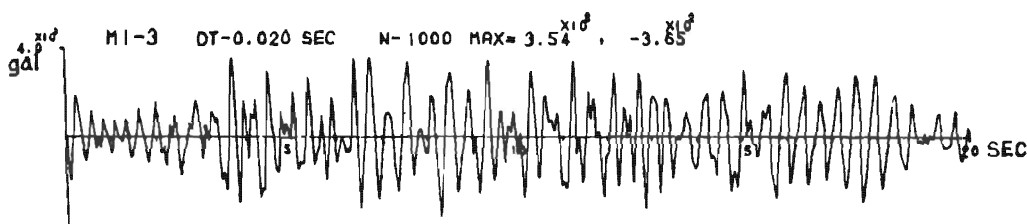
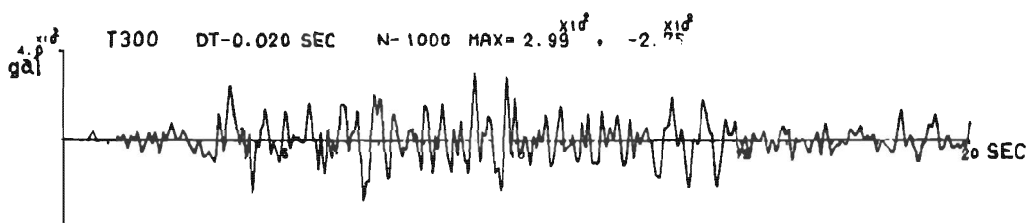
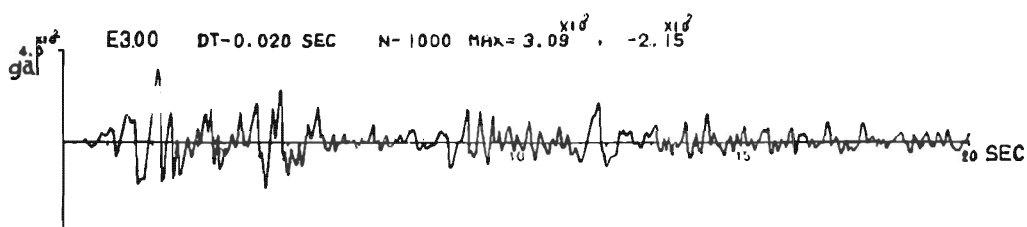
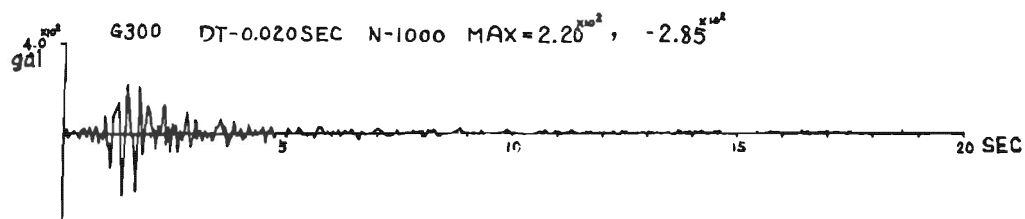


図3 6 種類 の 地 震 波 形

表2 入力地震波

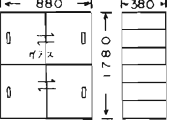
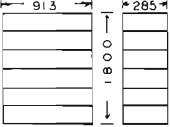
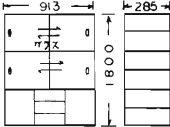
地震の諸元							実験用 地震波	地震波 の記号
地震波	地震名	マグニ チュード	震央 距離	記録場所	最大 加速度	最大変位	入力波 加速度	
GOLDEN GATE PARK NIOE	SAN FRAN - CISCO Earth 3-22-57	M-5.25	km 11.5	ROCK SITE	gal 81.8	cm 2.3	gal 300	G 300
ELCENTRO NOOF	IMPERIAL VALLEY Earth 5-1840	M-6.3	12.9	STIFF SOIL	341.7	10.9	300	E 300
TAFT NZIE	KERN COUNTY 6-21-52	M-7.7	49.2	STIFF SOIL	152.7	6.7	300	T 300
TOHOK Univ IF NS	DFF MIYAGI 6-12-78	M-7.4	110.0	h=0.0 T= 0.4秒の応答波	258	14.45	300	M ₁ 300
4 F NS	"	"	"		—	—	900	M ₄ 900
9 F NS	"	"	"	建物 9 F	1040	28.0	600	M ₉ 600



写真2 スチール製戸棚（供試体A）



写真3 スチール製棚（供試体B）

供試体	記号	形状寸法	
戸棚 (スチール)	A		22 Kg
棚 (金属製)	B		24.8 Kg
ロッカー (スチール)	C		55.5 Kg
戸棚 (木製)	D		37 Kg

注 供試体A Dは2段になっており、既製の接合金具を各2枚使用しボルト(10φ)各4本で固定している。
また、供試体Dは、下段に引き出しを有している。

図4 供試体の種類



写真4 スチール製ロッカー（供試体C）



写真5 木製戸棚（供試体D）

供試体	記号	戸棚等の固定方法の概要	
A I D	完全固定	金具固定	棚頂部金属固定 (2ヶ所)
	I	ワイヤー半固定	床面はIIにならう 棚頂部2ヶ所固定
	II		床面4ヶ所固定 ボルトM-10×8本
	III		床面はフリー 棚頂部ワイヤー

図5 戸棚等の固定方法

イ 上下固定

床面固定は、完全固定と同じであるが、頂部をワイヤー（10mmφ）で多少の遊びをもたせて固定した。

ウ 下固定

床面は、完全固定と同じであり、頂部はフリーとした。



写真6 庄上の完全固定

エ 上固定

頂部をワイヤーで多少の遊びをもたせて結合した。

一般に棚、戸棚などは壁にそっておかれ、

下部は床であるため固定しやすく、対策もとられるが、頂部は対策がなされず、対策がされても、ロープ、針金などで壁の釘などに縛るか、つなぐ程度であるため(ア)～(エ)の固定方法を試みた。



写真7 頂部のワイヤー固定

(5) 薬品容器

使用薬品容器は、ガラス製とポリエチレン製を使用し、ガラス製は表3に示すものを使用し、ポリピンは、すべて500g入を使用した。

表3 薬品容器の種類（内容物は水）

種類 CC	風袋 (ピン重量) g	総重量 g	高さ mm
100	100	200	97
250	150	400	135
500 内径80mm	250	750	180
500 内径85mm	350	850	185
500 リングル	350	850	180

(6) 薬品容器配列（図6）

ア MG 1

使用薬品容器は、全部大ピンを使用し、棚上にはば一ばいになる数を配列した。

イ MG 2

配列は、MG 1と同じであるが、容器本数を半分とし、一本おきに配列した。

ウ G 1

一段目（下から）に小ピンを使用し、二段目を小ピンとし、三段目以上はMG 1と同様とした。

エ G 2

G 1の容器数を半分にして配列した。

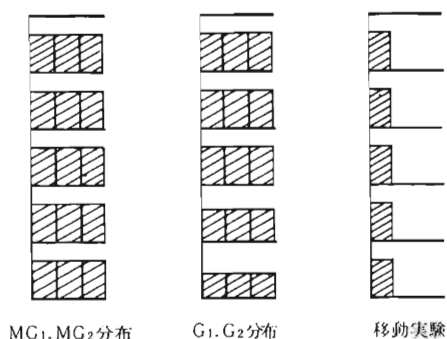


図6 容器配列形式

オ G 1 特

奥一列のみに配列

(7) 薬品容器の落下防止策 (図7)

ア セパレート

耐薬性のフッ素樹脂で作られた仕切板を組合せ、ます目を作ったものを、棚板に固定しないで使用した。(高さ100mm×縦85mm×横85mm)

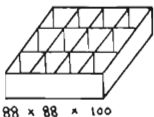
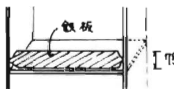
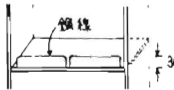
記号	落下防止策	材 料	概 要 (mm)
a	谷セパレート	フッ素樹脂	 88 × 88 × 100
b	防 止 柵	鉄板製 (厚さ1mm)	 175
c	すべり止	鋼線製 (5mmφ)	 30
d	ロープ類	針 金 (1mmφ)	 100 150

図7 容器落下防止策の種類

イ 防止柵

既製(ネコス製)の防止柵を使用した。これは、スチール製で高さを変えられるが、実験では高さを75mmとした。

ウ スべり止

鋼線製の既製品(ネコス製)を使用した。高さは30mmである。

エ ロープ類

実験では、針金(1mmφ)を高さ50mmと100mmの二段に取付けた。



写真8 セパレート(落下防止策a)



写真9 防止柵(落下防止策b)



写真10 スべり止め(落下防止策c)

(8) 応答加速度

応答加速度は、図8に示す位置に加速度ピックアップを取付け、入力テーターレコーダーに記録した。

(9) 使用振動機の性能

当庁振動機の性能は、表4に示すとおりである。

8. 実験結果

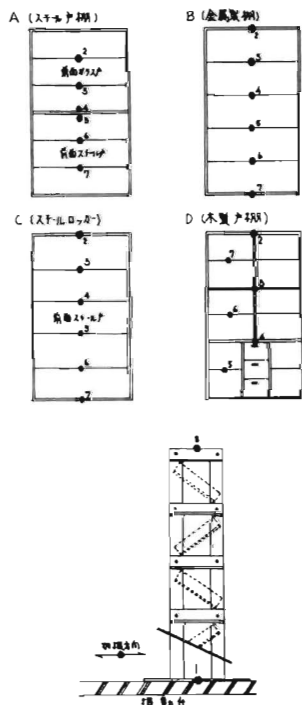
全実験結果を表5～10に示す。

今回の実験では、戸棚などの扉類は全部閉じた状態とし、実験終了後に戸を開き、状況の観察を

行った。



写真11 針金 2本張り（落下防止策d）



（注）測定方向はすべて加振方向

図8 応答加速度の測定位置

表4 振動試験機の性能

振動方向	水 平
振補方式	動 電 型
加 振 力	900kg/G
最大加速度	2 G
最大振幅	150mm全振幅
使用振動数範囲	0.3～100Hz
振動台支持方式	油 圧 浮 上 式
最大搭載重量	2000kg
振動台寸法	2000×2000mm
振動波形	正弦波・短形 三角・ランダム

(1) 各供試体の棚段別、固定方法別の応答加速度比

各供試体の棚段別、固定方法別の台加速度に対する応答加速度を比に表わしたものを図9・10に示す。各供試体別、棚段別に実験を数回行ったものの平均値である。

図9・10より、スチール棚を除き、台加速度の1.5倍以内であり、各段は、下より上にゆくにつれ応答加速度が大きくなる傾向をもつ。

スチール棚が他の供試体より比が大きいのは、棚が組立式であり、前面が開放のため他の供試体より柔構造になっていることによるものと考えられる。

固定方法別では、上下固定と下固定は、殆んど変りがないものと考えられた。これは、上下固定の場合、条件設定で、頂部は若干遊びをもたせた固定方法を採用したためであると考えられた。

また、上固定は、固定方法に遊びがあるため、強固な下固定と異り、台加速度に対する応答加速度が、最も大きく、頂部では比が2.7であった。

完全固定の場合は、スチール棚のみで行ったが、上下固定と殆んど変らず、効果の有効性を論じるデータは、求められなかった。

(2) 各供試体別の応答加速度に対する落下、破損

各供試体別の応答加速度に対する落下、破損を率に表わしたものを図11～図15に示す。

ア スチール製戸棚

棚内で破損した容器は、5段目の棚で、容器同士の衝突によるものであった。

落下は、戸を開いた時に扉に倒れかかった

ものが落下するので、これを落下とした。
扉を開くとき注意し、1本ずつ取除けば落下は零にもなる。

これらのことからスチール製戸棚は、戸棚自体が転倒しなければ、または扉を閉じていれば、被害は殆んどないものと考えられる。

表5 振動実験結果

供試体	容器 材質	容器 配列	地震波	入力 加速度	台加 速度	1 段 0.03m			2 段 0.32m			3 段 0.91m			4 段 0.59m			5 段 1.19m			6 段 1.46m			備 考
						応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	
						値			値			値			値			値			値			
A	I	MG ₂	G	300	261.5	0	0	0	416.7	0	0	330.0	0	0	281.6	0	0	300.0	0	0	400.0	0	0	床 (クッション)
		"	E	300	249.9	0	0	0	340.3	0	0	330.0	0	0	306.1	0	0	350.0	0	0	415.0	0	0	
		"	T	300	284.8	0	0	0	340.3	0	0	247.5	0	0	255.1	0	0	300.0	0	0	400.0	0	0	
		"	M ₁	300	249.9	0	0	0	382.0	0	0	247.5	0	0	306.1	0	0	300.0	0	0	425.0	0	0	
		"	M ₄	900	813.7	0	0	0	972.2	0	0	825.0	0	0	918.4	0	0	900.0	0	0	1200.0	0	0	
		"	M ₉	600	523.0	0	0	0	555.5	0	0	495.0	0	0	561.2	0	0	600.0	0	7	650.0	0	0	
	II	MG ₂	M ₁	300	261.5	0	0	0	312.5	0	0	247.5	0	0	306.1	0	0	275.0	0	0	450.0	0	0	
		"	M ₄	600	523.1	0	0	0	729.1	0	0	625.0	0	0	663.3	0	0	600.0	0	0	600.0	0	0	
		"	M ₉	300	261.5	0	0	0	312.5	0	0	275.0	0	0	280.6	0	0	275.0	0	0	325.0	0	0	
		"	M ₄	900	813.7	0	0	0	1041.1	0	0	1000.0	0	0	1020.4	0	0	—	0	0	1100.0	0	0	
		"	M ₉	600	523.1	0	0	0	555.5	0	0	650.0	0	0	561.2	0	0	600.0	0	0	700.0	0	0	
		MG ₁	M ₄	900	755.6	0	0	3	1180.5	3	0	1000.0	0	0	1122.4	0	0	1150.0	0	0	1100.0	3	0	
	III	"	M ₉	600	523.1	0	0	10	555.5	10	0	600.0	0	0	612.2	0	0	600.0	0	0	850.0	10	0	
		MG ₂	M ₄	900	774.9	0	0	0	1388.5	0	0	1333.2	0	0	1700.5	0	0	1666.5	0	0	2166.5	0	0	
		"	M ₉	600	465.0	0	0	27	532.3	27	0	450.0	40	0	595.3	0	0	749.9	0	0	1249.9	0	0	

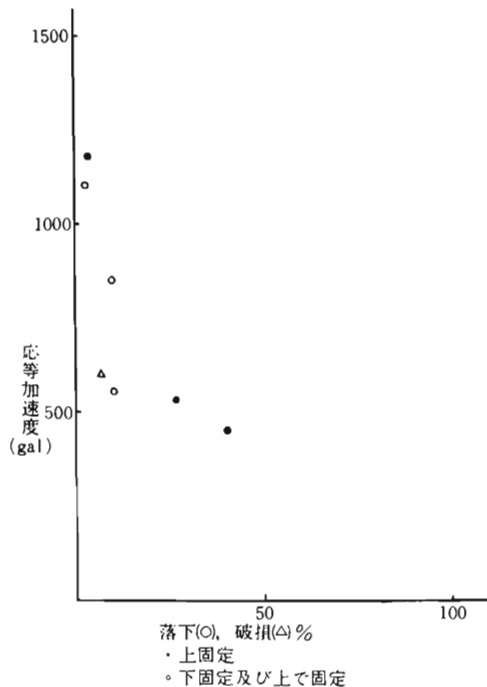


図11 A戸棚（スチール）

イ スチール製棚

スチール製棚は、落下破損の被害が大きい。これは、前面が開放のため、移動、転倒がすぐに落下、破損につながるためである。

図13の測定値にみるとおり落下するための最低応答加速度は、450gal程度であり、100%落下するための最低応答加速度は、1100gal程度と推定される。

これらのことより、なんらかの落下防止策を講じる必要がある。

ウ スチール製ロッカー

スチール製ロッカーは、スチール製戸棚に比べ落下、破損が多い。これは扉を開く時、戸棚は引違い戸に対して、ロッカーは開き戸のため扉に倒れ、寄り掛っていたものが開扉と同時に落下し破損したもので戸棚のように1本ずつ取除くことができないためである。

エ 木製戸棚

スチール製戸棚、ロッカーに比較して落下、破損の被害が大きい。下段では開き戸が振動

実験中振動により開いてしまったこと、および棚板が爪からはずれ棚板そのものが落下してしまうためである。また、引違い戸であるガラス戸、板戸は、開閉案内溝が浅いため、

振動実験中、はづれ落下する例もあり、これらのことが被害を大きくした原因と考えられる。

表 6

供試体	耐震対策	容器配列	防止措置	地震波	入力加速度	台加速度	1 段 0.13m			2 段 0.49m			3 段 0.81m			4 段 1.14m			5 段 1.46m			備考
							応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	
B	完全固定	G ₁	—	E	300	294.0	300.0	0	0	400.0	0	0	400.0	0	0	350.0	0	0	408.0	0	0	床 (クッション)
		G ₁	—	M ₉	600	529.2	550.0	3	0	650.0	10	0	650.0	23	0	600.0	20	3	663.0	13	3	
		MG ₁	—	E	300	264.6	275.0	0	0	450.0	0	0	335.0	0	0	350.0	0	0	382.5	0	0	
		MG ₁	—	M ₉	600	529.2	580.0	3	0	750.0	27	20	580.0	10	0	700.0	23	10	642.6	27	3	
	I	P	—	G	300	264.6	300.0	0	0	400.0	0	0	350.0	0	0	425.0	0	0	459.0	0	0	
		"	—	E	300	26.6	300.0	0	0	325.0	0	0	325.0	0	0	375.0	0	0	485.5	0	0	
		"	—	T	300	264.6	300.0	0	0	300.0	0	0	275.0	0	0	275.0	0	0	382.5	0	0	
		"	—	M ₁	300	264.6	350.0	0	0	350.0	0	0	425.0	0	0	475.0	0	0	663.0	23	0	
		"	—	M ₄	900	832.2	1450.0	10	0	1200.0	60	0	1200.0	77	0	1350.0	47	0	1632.0	73	0	
		"	—	M ₉	600	529.2	600.0	7	0	650.0	17	0	650.0	17	0	600.0	7	0	867.0	30	0	
		G ₁	—	G	300	264.6	350.0	0	0	350.0	0	0	350.0	0	0	375.0	0	0	586.5	0	0	
		"	—	E	300	264.6	350.0	0	0	350.0	0	0	350.0	0	0	375.0	0	0	459.0	0	0	
		"	—	T	300	264.6	275.0	0	0	325.0	0	0	325.0	0	0	250.0	0	0	382.5	0	0	
		"	—	M ₁	300	264.6	350.0	0	0	375.0	0	0	425.0	0	0	450.0	3	0	586.5	0	20	
		"	—	M ₄	900	832.2	1100.0	10	0	1100.0	54	12	925.0	33	10	1000.0	50	7	1071.0	53	3	
		"	—	M ₉	600	529.2	550.0	15	0	600.0	4	4	600.0	23	10	550.0	20	0	714.0	20	0	
		MG ₁	—	M ₁	300	264.6	300.0	0	0	300.0	0	0	450.0	0	0	525.0	3	0	765.0	3	43	
		"	—	M ₄	900	832.2	1200.0	30	10	950.0	53	33	1050.0	47	0	1100.0	77	30	117.0	63	43	
		"	—	M ₉	600	529.2	530.0	3	0	600.0	10	6	600.0	10	6	700.0	33	17	948.6	30	7	
	II	G ₁	—	E	300	264.6	300.0	0	0	350.0	0	0	325.0	0	0	435.0	0	0	612.0	0	0	床 (クッション)
		"	—	M ₁	300	264.6	250.0	0	0	280.0	0	0	250.0	0	0	270.0	0	0	403.0	0	0	
		"	—	M ₉	600	529.2	550.0	10	2	500.0	23	4	600.0	33	10	630.0	27	3	918.0	57	20	
		MG ₁	—	E	300	264.6	290.0	0	0	250.0	0	0	265.0	23	10	400.0	0	0	612.0	0	0	
		"	—	M ₁	300	264.6	550.0	0	0	275.0	0	0	375.0	0	0	500.0	3	0	663.0	17	0	
		"	—	M ₉	600	529.2	250.0	17	6	550.0	23	10	600.0	47	0	730.0	33	10	989.4	43	23	
		G ₂	d	M ₁	300	264.6	500.0	0	0	325.0	0	0	450.0	10	6	390.0	0	0	612.0	0	0	
		"	d	M ₉	600	529.2	950.0	0	0	500.0	0	0	950.0	0	0	580.0	0	0	663.0	0	0	
		"	d	M ₄	900	832.2	300.0	0	0	1180.0	0	0	450.0	0	0	1200.0	0	0	1356.6	0	0	
		"	c	M ₁	300	264.6	550.0	0	0	325.0	0	0	450.0	30	6	500.0	0	0	663.0	0	0	
		"	c	M ₉	600	529.2	550.0	0	0	550.0	0	0	650.0	0	0	700.0	0	0	1020.0	0	0	
		"	c	M ₄	900	832.2	950.0	0	0	1100.0	0	0	1150.0	0	0	1400.0	7	0	1530.0	7	0	
		"	b	M ₄	900	832.2	980.0	0	0	1000.0	0	0	1050.0	27	10	1200.0	0	0	1428.0	0	0	
		"	a	M ₁	300	264.6	285.0	0	0	400.0	0	0	450.0	0	0	500.0	0	0	632.5	0	0	
		"	a	M ₉	600	529.2	530.0	0	0	550.0	0	0	550.0	0	0	630.0	0	0	918.0	67	7	

表6 (つづき)

供試体 耐震対策 容器配列 防振装置				地震波 入力加速度 台加速度			1 段			2 段			3 段			4 段			5 段			備考
							0.13m			0.49m			0.81m			1.14m			1.46m			
B	III				応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率
		G ₁	—	M ₁	300	264.6	285.0	0	0	400.0	2	0	430.4	0	0	450.0	40	30	612.0	43	17	床 (コンクリート) 床 (クッション)
		MG ₁	—	M ₁	300	264.6	370.0	0	0	500.0	0	0	500.0	0	0	600	40	30	1173.0	33	27	
		"	—	M ₉	600	529.2	825.0	17	3	825.0	33	13	544.5	0	0	660.0	60	0	976.1	83	50	
		MG ₂	—	M ₄	900	832.2	1155.0	7	0	1320.0	13	7	1320.0	0	0	1237.5	100	40	1767.2	93	53	
		"	—	M ₉	600	529.2	495.0	0	0	495.0	20	7	495.0	0	0	495.0	5	2	892.0	60	27	
		G ₂	a	M ₁	300	264.6	275.0	0	0	340.0	0	0	360.0	0	0	450.0	0	0	816.0	0	0	
		"	a	M ₉	600	529.2	588.0	0	0	650.0	0	0	850.0	67	0	1000.0	67	20	1173.0	60	0	
		"	c	M ₁	300	264.6	300.0	0	0	500.0	0	0	565.0	33	10	790.0	0	0	902.8	0	0	
		"	c	M ₉	600	529.2	484.0	0	0	820.0	0	0	870.0	0	0	1250.0	0	0	1479.0	0	0	
		"	c	M ₄	900	793.8	1125.0	0	0	1375.0	0	0	1625.0	7	0	1875.0	7	0	2040.0	0	0	
		G ₁	c	M ₄	900	776.0	1155.0	0	0	1320.0	0	0	1155.0	0	0	1485.0	3	3	1683.0	0	3	
		G ₂	d	M ₁	300	276.4	250.0	0	0	435.0	0	0	400.0	0	0	475.0	0	0	525.3	0	0	
		"	d	M ₉	600	564.5	500.0	0	0	850.0	0	0	800.0	0	0	950.0	0	0	1275.0	0	0	
"	d	M ₄	900	735.0	1500.0	13	0	1500.0	0	0	1375.0	0	0	2000.0	0	0	2550.0	0	0			

表7

供試体 耐震 対策 容器 配列			地震波 入力 加速度 台 加速度			1 段			2 段			3 段			4 段			5 段			備考
						0.10m			0.45m			0.78m			1.11m			1.44m			
						応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	応答	落下率	破損率	
C	I	MG ₂	M ₁	300	246.9	265.0	0	0	300.0	0	0	290.0	0	0	290.0	0	0	367.2	0	0	床 — ク ソ シ ヨ ン —
		"	M ₄	900	776.2	750.0	0	0	880.0	0	0	950.0	0	0	980.0	7	0	1020.0	0	0	
		"	M ₉	600	493.9	480.0	0	0	500.0	0	0	600.0	0	0	550.0	0	0	663.0	0	0	
		MG ₁	M ₁	300	246.9	250.0	0	0	265.0	0	0	275.0	0	0	290.0	0	0	331.5	0	0	
		"	M ₄	900	764.4	850.0	0	0	900.0	3	0	900.0	3	0	1000.0	0	0	1275.0	3	0	
		"	M ₉	600	493.9	550.0	0	0	580.0	0	0	600.0	3	0	480.0	0	0	714.0	0	0	
	II	MG ₂	M ₁	300	235.2	260.0	0	0	250.0	0	0	240.0	0	0	265.0	0	0	346.8	0	0	
		"	M ₄	900	740.9	780.0	0	0	850.0	0	0	860.0	0	0	900.0	0	0	1101.6	0	0	
		"	M ₉	600	505.7	500.0	0	0	520.0	0	0	550.0	6	0	520.0	7	0	693.6	0	0	
		MG ₁	M ₁	300	246.9	250.0	0	0	340.0	0	0	290.0	0	0	275.0	0	0	367.2	0	0	
		"	M ₄	900	740.9	850.0	0	3	900.0	7	3	860.0	0	0	1000.0	10	7	1326.0	3	3	
		"	M ₉	600	505.7	520.0	0	0	550.0	0	0	560.0	0	0	570.0	0	0	663.0	0	0	

しかし、これらの被害も、スチール製棚と比較すると被害は少ない。このことは、引違い戸や扉の効果と考えられる。

これらのことから、応答加速度が大きい程、被害は大きくなり、扉などがあれば被害を僅少におさえることができ、また戸は引違いのほうが手当しやすいことなどが分かった。

なお、棚は供試体から容易に脱落しないように留意することが必要である。

(3) 転倒防止装置の効果

スチール製棚上について、転倒防止装置を取付け実験を行った。応答加速度と落下破損を図16に示す。

表 8

1 段目・2 段目の引き出しは除く

供試体 耐震 対策 容器 配列			地震波 入力 加速度 台加 速度				1 段			2 段			3 段			4 段			5 段			6 段			備考	備
							0.12m			0.38m			0.68m			0.93m			m			1.53m				
							応 答	落 下 率	破 損 率	応 答	落 下 率	破 損 率	応 答	落 下 率	破 損 率	応 答	落 下 率	破 損 率	応 答	落 下 率	破 損 率	応 答	落 下 率	破 損 率		
D	I	MG ₂	M ₁	300	320.2	300.0	0	0	436.5	0	0	408.0	0	0	350.0	0	0	375.0	0	0	416.4	0	0	庄 (ク ッ シ ョ ン)		
		"	M ₄	900	907.0	700.0	33	0	873.0	50	0	1020.0	0	0	950.0	25	0	1050.0	0	0	1249.2	25	0			
		"	M ₉	600	533.6	500.0	0	0	543.2	0	0	591.6	0	0	550.0	38	0	600.0	0	0	624.6	38	0			
		MG ₁	M ₄	900	907.0	800.0	39	17	856.	58	17	969.0	0	0	1000.0	44	0	1100.0	13	13	1249.2	63	19			
		"	M ₉	600	600.3	500.0	0	0	485.0	17	0	612.0	0	0	620.0	44	0	700.0	0	0	763.4	25	0			
	II	MG ₂	M ₄	900	907.0	850.0	22	0	921.5	67	17	1020.0	0	0	1050.0	25	0	1150.0	0	0	1318.6	13	0			
		"	M ₉	600	560.3	560.0	0	0	533.5	33	0	612.0	0	0	580.0	50	0	680.0	0	0	694.0	50	0			
		MG ₁	M ₄	900	907.0	800.0	28	11	—	67	0	918.0	52	37	980.0	88	38	1100.0	17	8	1457.4	50	31			
		"	M ₉	600	600.3	500.0	0	0	533.5	0	0	632.4	0	0	720.0	38	0	800.0	0	0	902.2	31	0			
	III	MG ₂	M ₄	900	667.0	1125.0	33	0	1212.5	33	0	1402.5	0	0	1750.0	13	0	2000.0	0	0	—	13	0			
"		M ₉	600	466.9	480.0	0	0	679.0	0	0	510.0	0	0	600.0	0	0	580.0	0	0	—	0	0				

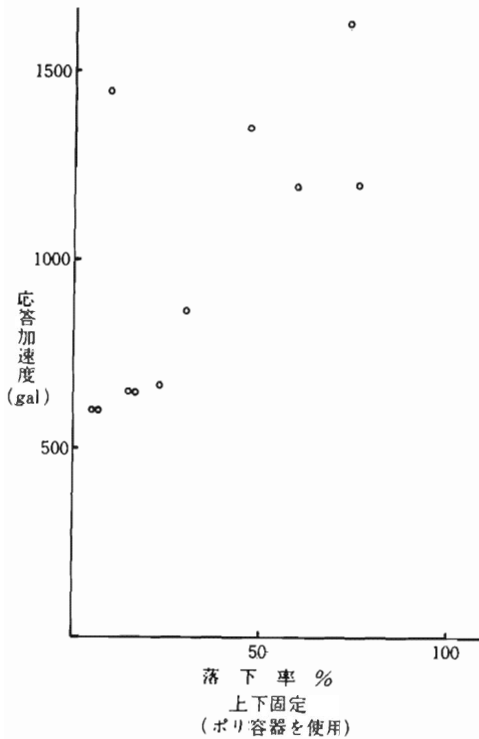


図12 B棚 (金属製)

ア 容器セパレート

容器セパレート方式では、セパレートを棚に固定しないため、容器の移動によりセパレートも移動し、落下に至った。またこのときの地震波は、M₆₀₀で被害がでており、M₄₉₀₀は行わなかった。破損・落下の最低応答加速

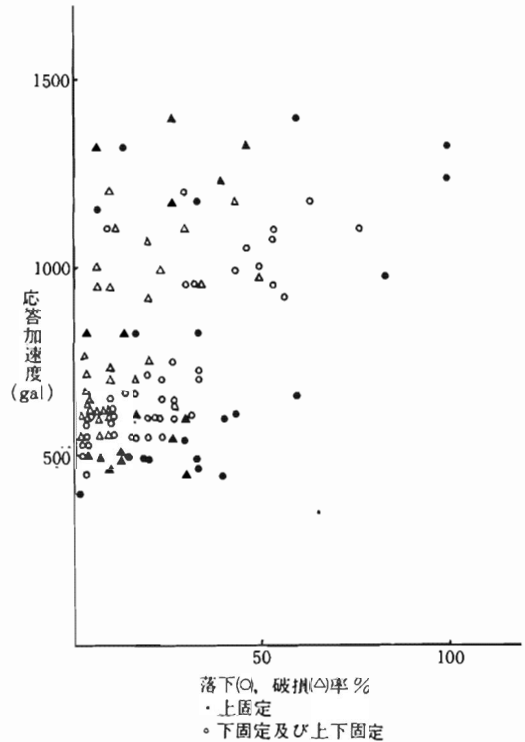


図13 B棚 (金属製)

度は、500galが測定された。

セパレートを固定すれば、被害は零になったものと考えられる。この場合、容器同士の衝突による破損は考えられず、またセパレートから飛びだすこともないと考えられる。

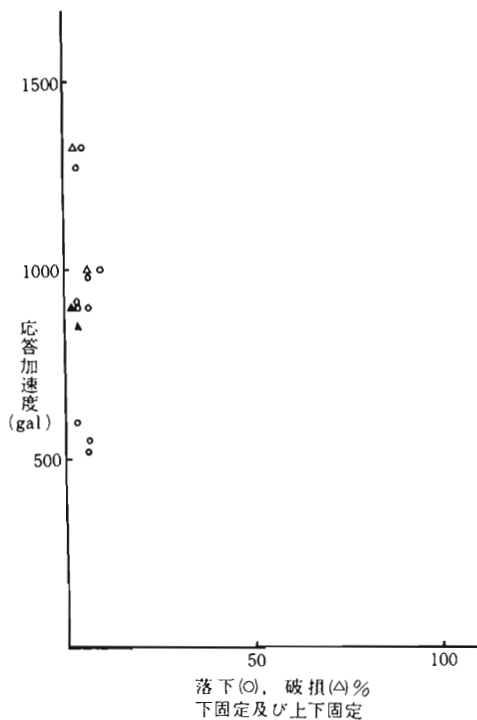


図14 Cロッカー（スチール）

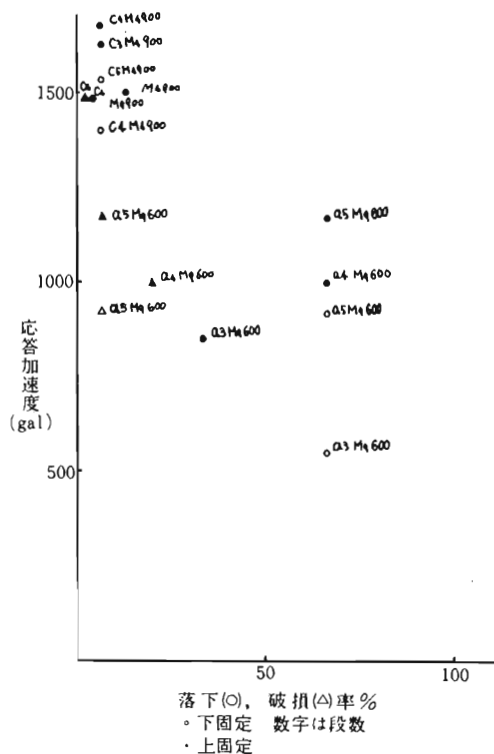


図16 B柵（金属製）転倒防止装置付

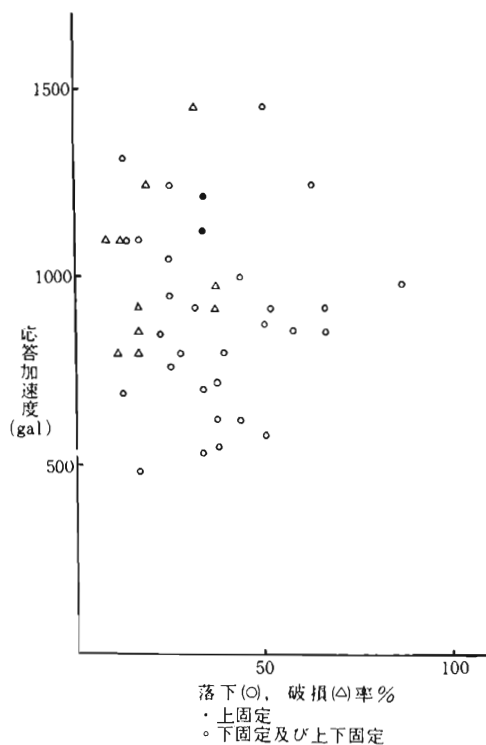


図15 D戸柵（木製）

イ 防止柵

防止柵の高さが、75mmであったので飛び出しはなく、そのため落下、破損の被害は零であった。

今回の実験では最も効果があった。

ウ スペリ止め

スペリ止めの高さが30mmと容器に比べ低かったため、飛び出しによる落下、破損が加振波形M4900のみに見られ、M9600では被害は認められなかった。

スペリ止めの高さが、50mm程度であれば飛び出しはなかったかもしれないと考えられる。

エ ロープ類

ロープ類として針金1φを2本高さ50mmと100mmの位置に張ったが、落下したものは一段目で容器に小ピンを使用したところ、転倒したものが50mmの隙間から落ちたもので、二段目以上の位置では落下はなかった。この場合もM4900の加振のみに落下が認められた。

この効果は、防止柵とほぼ同様と考えられた。

これらのことから、どのような形でも防止装置を施せばかなりの効果をあげることができる。

(4) 容器配列の違いによる落下破損について

供試体の容器は間隔をつめて入れた場合 (MG₁) で、移動による破損が4本、間隔をあけて半分の本数の場合 (MG₂) では1本が移動によって破損した。これを表11に示す。

表11 容器の移動による破損

供試体	容器配列	供試体 測定方法	加振波	応答 加速度	標尺別	破損数
A	MG 2	I	M ₉ 600	600	5	1
B	MG 1	I	M ₄ 900	1200	4	1
B	MG 1	I	M ₉ 600	600	2	1
B	MG 1	II	M ₉ 600	550	1	1
C	MG 1	II	M ₄ 900	850	1	1

事例数が少ないが、移動距離より、打撃効果からいえば、容器間隔が少ないMG₁の配列に移動破損がなかったことは理解される。

図17は、加振波M₄900とM₉600によるMG₁と、MG₂の落下破損率を木製戸棚について求めたものである。

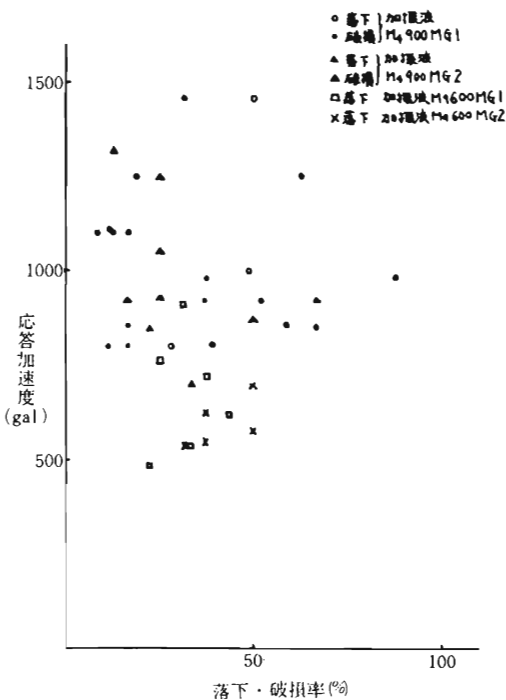


図17 D木製 (戸棚)

この図からは、容器配列による差は認められなかった。

(5) 加振波の違いによる落下破損について

加振波M₄900とM₉600について、落下、破損

率をスチール製戸棚について求めたものを図18に示す。

この図からは、加振波による特異性は認められない。

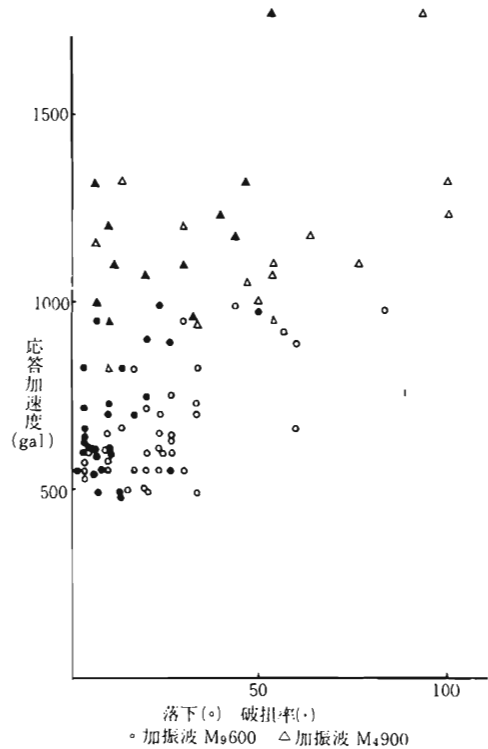


図18 B棚 (金属製)

(6) 容器の移動について

容器の移動実験をスチール製戸棚について、加振波M₉600で行った。

容器は、G 1配列の奥 1列のみで行った。結果を図19に示す。

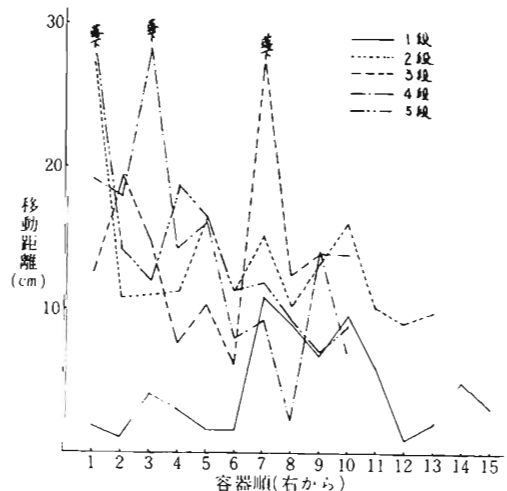


図19 容器の移動

2 段目以上で各 1 本づつ落下し、平均移動距離は、3 段目以上で124mm～138mmをなしている。このことから棚板は、270mmであるため平均が約半分迄、動くことがわかった。

(7) 容器の中身が充滿しているものと半分の場合の比較

容器を満水にした場合と、半分にした場合の落下、破損を上固定の G 2 配列で加振波 M₉600 で行った。結果を図20に示す。

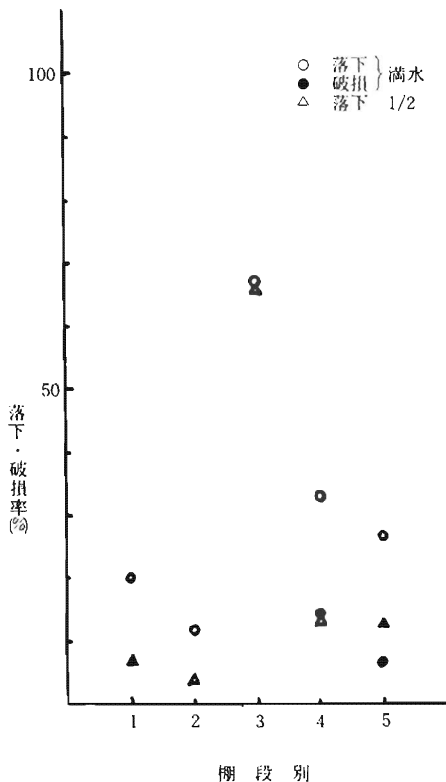


図20 容器満水と半分の比較

この場合3段目が落下率67%と特に大きくなったが、一般に満水の場合のほうが、落下率が高く、4、5段では破損もみられた。

容量が半分では満水に比べ、落下率が低く、この場合破損がなかった。

これらのことから、容器が満水の場合の方が、被害が大きいと推定された。

9. 考 察

(1) 固定方法について

供試体が固定されていない場合は、転倒が考

えられ、この場合極度の容器破損が予想されるから、いかなる方法であれ転倒しない対策が講じられれば、それだけでかなりの効果があることが認められる。

応答加速度から固定方法をみると、床に完全に固定された戸棚類は、台加加速度に対し応答加速度の比が1.5以内にあり、組立式棚は、柔構造的になっているため2.7になっていると思われる。

ワイヤーによる頂部固定は遊びがあるため、転倒はないが応答加速度比が2.7に達し、床の完全固定に対して約2倍になり固定方法としては、転倒を防ぐのみの効果しか示さない。

ワイヤー固定では、ワイヤーを柱、壁に固定する方法が問題となる。取付金具等には、かなりの外力が加わるため、弱ければ戸棚等の転倒につながる事が考えられる。

(2) 供試体について

供試体の種別は、戸棚等の扉の有無によって被害に大きな差が出た。

引違い戸や閉じた時ロックされる扉であれば落下がなく、ロックされない扉や衝撃により開いたり、はずれると効果は期待できない。

スチール製戸棚では、上段にガラス戸が入ったもので、ガラスと容器との衝突がかなり著しく認められたが、戸のガラスに異常はなく、落下防止上大きな効果があることが確認された。

(3) 転倒防止装置について

セパレート方式のものは、今回の実験では効果が悪かった。これは、セパレートを固定しなかったためで、固定すれば、落下、飛び出し、容器同士の衝突による破損も防止でき、最も効果が期待できるものと考えられる。

防止棚は、30mmでは飛び出しがあり、容器の大きさにもよるが、50mm程度必要であると考えられた。

針金による対策では、小容器が隙間から抜け落ちる傾向が認められ、金鋼による方法が良いと考えられる。

また、容器同士の衝突による破損が認められ、これを防ぐ対策として容器を間仕切りした中に、収納する方法が考えられる。

(4) その他

容器では、ガラス容器よりポリ容器が破損し

ないので、薬品は、ポリ容器に入れられるものは、できるかぎりポリ容器を使用すべきであると考えられる。ただし、容器の口金の破損が今回の実験では認められなかったが、この危険性については、さらに検討する必要があると考えられる。

10. お わ り に

今回の実験は、年度末の短い期間の中で、振動機の性能による制限や、薬品容器の均一化が出来ず、そのため当初予定していたとおりの実験を行

うことが出来なかった。

また、解析についても、データー不足のため満足する結果を得ることができなかったことは残念であった。

今後機会があれば、今回行なうことができなかった実際の大振巾の地震波による棚等の応答、および壁、柱等に固定する方法や強度の測定を行い、安全対策資料をより充実したものとしたい。

今回の実験について、全面的な協力をいただいた防災課、大成建設㈱技術研究所、ネコス㈱、国際機械振動㈱の皆様深く感謝の意を表します。