

火気使用器具の振動時における挙動について(第1報)

(主としてポータブル石油ストーブについて)

檜 村 利 明*
後 藤 繁*
内 田 稔*

1. はじめに

地震による出火原因の一つとして石油ストーブに関連する火災、すなわち石油ストーブ自体の転倒による出火および石油ストーブ上に、家具または棚上の可燃物等の落下、転倒による出火等があり、過去の地震火災においてもその事例は確認されている。

したがって、近年のわが国における石油ストーブのめざましい使用増加をみる時、地震時においてこれらの石油ストーブによる多数の出火が予想され、憂慮されているところであるが、この対策としては、従来単なる経験的な指導のみにとどまり、地震の各震度階における石油ストーブの転倒等についての資料は皆無に等しいものであった。

このようなことから、石油ストーブの地震時における振動と出火危険の実態をは握するために、昭和45年9月から約1か月間にわたり、東京消防庁消防科学研究所と株式会社大林組技術研究所において、各種の実験を行ない、一応の結果を得たので、ここに報告する。

なお、この実験は、東京都防災会議地震部会の委員である東大工学部の藤井教授が担当し、東京消防科学研究所が委託をうけて実施したものである。

2. 実験項目および実験方法

本実験では、一般家庭で最も多く使われているポータブル式石油ストーブ(芯を用いるもの)から、代表的な3機種を選定して、各種の実験を、また、他の2機種および事業所等で多く使われているポット式石油ストーブ(芯を用いないものうちの滴下式)のオイルタンク、並びに温水ポイラーと同オイルタンクについては、振動実験のみを行なった。

(1) ポータブル式石油ストーブの実験

供試ストーブは、市販されているものの中から、第1表に示す引張り転倒値の低い3機種を選定して実験

を行なった。

第1表 供試ストーブの諸元

供試 ストーブ No.	会社別	型式	引張 転倒値	タンク 容量	灯油 消費量	発熱量
①	A	芯上下 反射型 落差式	60.0 kg-cm	3.0 l	0.27 l/h	2,200 Kcal/h
②	B	芯上下 対流型	60.1 kg-cm	3.65 l	0.29 l/h	2,200 Kcal/h
③	C	芯上下 反射型	62.2 kg-cm	4.2 l	0.23 l/h	1,900 Kcal/h

実験1 石油ストーブの転倒時における漏油量の測定

石油ストーブを点火せず、燃料を油量計標示で満量とし、芯を正常燃焼時の位置に設定して転倒し、受皿にとって漏油量を測定した。

実験2 石油ストーブ転倒着火時間の測定

床をコンクリートとし、実験1と同じ状態で石油ストーブに点火、1時間放置後に転倒し、漏油に着火する時間を測定した。

実験3 傾斜試験機による石油ストーブのすべり出し、および転倒加速度の測定

畳および木板を傾斜試験機にセットし、床板別による燃料満量時における石油ストーブのすべり出し、および転倒時の角度を測定し、つぎの(1)式より摩擦係数を、(2)式より加速度を求めた。

$$\mu = \tan \theta \dots\dots\dots(1)$$

$$\alpha = g \mu \dots\dots\dots(2)$$

gは重力の加速度 $g = 980 \text{ cm/sec}^2$

α の単位はガル(gal) $\text{gal} = 1 \text{ cm/sec}^2$

$\approx 0.001 \text{ g}$

実験4 石油ストーブの正弦波による振動実験

振動台に第1図に示すセット台を固定し、床材を畳敷または板張りとし、その上に供試ストーブおよび第2図に示す 整理ダンス、本棚、棚、消火器等を配

* 第二研究室

置して、周期を0.2秒、0.4秒、0.6秒、0.8秒、1.0秒とし、それぞれの周期において、振動台の加速度を順次増加し、振動時間を20秒として、つぎの項目について観測を行なった。

- ア 石油ストーブの機種別による移動、転倒の状況
- イ 石油ストーブ上に薬罐をのせた場合の影響
- ウ 家具等の転倒、および棚からの落下物により石油ストーブがうける影響

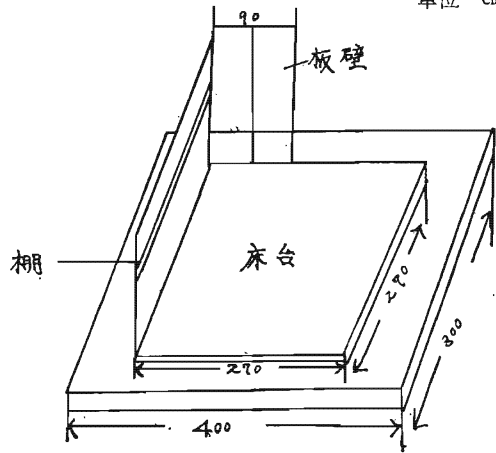
なお、加速度は柱下部、畳または床板上および棚上の各点を加速度計によって測定した。供試ストーブは各機種二台ずつ使用した。

実験に使用した振動試験機は、大林組技術研究所の大型振動試験機で、主要諸元は、つぎに示す通りである。

加振力……………10ton

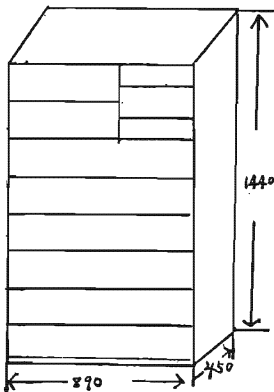
第1図 振動台

単位 cm

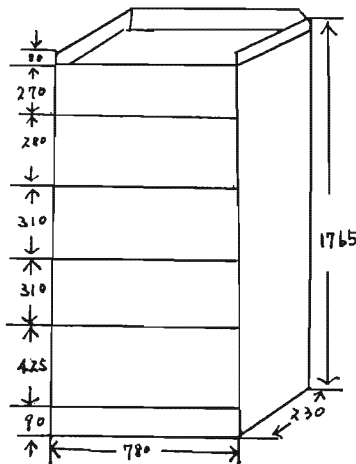


第2図 供試体一覧 (単位 mm)

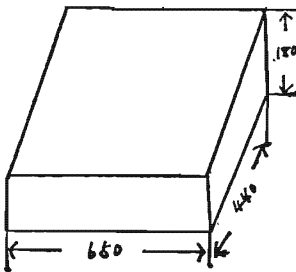
整理ケース(内容物衣類 40kg)



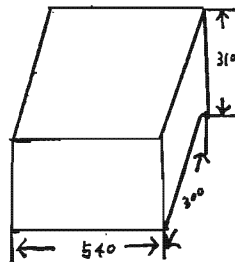
本棚(内容物本類 60kg)



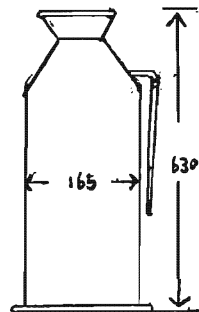
衣裳箱(衣類 7.6kg)



ダンボール箱 (衣類週刊誌 5.8kg)



転倒式泡消火器(10型)



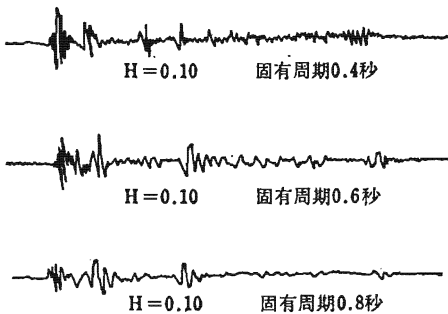
単位: mm

- 振動数.....0.1~50c/sec
- 振動波形.....正弦波, 三角波, 短形波
ランダム波, 任意の地震波
- 振動方向.....水平一方向
- 最大振幅.....200mm
- 無負荷最大加速度.....3 g
- 全負荷最大加速度.....1 g
- 振動台寸法.....300cm×400cm

実験5 石油ストーブの地震波による振動実験

正弦波振動と地震波振動との相違を観察するために、エルセントロ (Elcentro) 地震波に建物の固有周期として0.4秒, 0.6秒, 0.8秒および建物の減衰定数をそれぞれ0.1として磁気テープに収録した応答波により、実験4と同じ供試体配置で振動を起し、前項と同様の項目について観察を行なった。なお、応答波の波形は、第3図に示すとおりで、振動時間は30秒である。エルセントロ地震波入力時の地盤の最大加速度を α_{max} ガル、これに対する建物、すなわち振動台の最大加速度を α_1max ガルとすれば、最大加速度の倍率 $=\alpha_1max/\alpha_{max}$ は第2表に示すとおりとなる。

第3図 エルセントロ地震波の応答波



第2表 エルセントロ地震波入力時の最大加速度に対する応答波入力時の最大加速度の倍率

周期 (建物の固有周期) (秒)	建物の減衰定数	地震波入力、振動台(地盤)振動時の最大電圧(V) A(= α_{max})	応答波入力、振動台(建物)振動時の最大電圧(V) B(= α_1max)	B/Aに対する最大加速度の倍率 $B/A = \frac{\alpha_1max}{\alpha_{max}}$
0.4	0.1	0.5×0.81	0.5×1.77	2.18
0.6	0.1	0.5×0.81	0.5×1.93	2.14
0.8	0.1	0.5×0.81	0.5×0.96	1.18

実験6 石油ストーブの底板の有無別による正弦波による振動実験

供試ストーブは、三機種二台ずつとし、一台は底板を取付けた状態で、床材は、畳または板張りとし、周期を0.2秒, 0.4秒, 0.6秒, 0.8秒とし第3表に示す加速度を与えて、正弦波による振動実験を行なった。

第3表 実験6の加速度条件

単位: ガル

周期(秒)	床材	畳	板
0.2		680	875
0.4		440	580
0.6		580	700
0.8		510	510

実験7 置台に石油ストーブをのせた場合の正弦波による振動実験

床材を畳とし、55cm×50cm×80cm(横×縦×高さ)の置台の上に供試ストーブ No.①をおいて、周期を0.4秒、振動台加速度を525.536.550ガルとして正弦波による振動実験を行ない、移動、転倒等の状況を観察した。

実験8 段差のある畳の合わせ目に石油ストーブを置いた場合の正弦波による振動実験

床材を畳とし、畳の合わせ目に3cmの段差を設け、供試ストーブ No.②をおいて振動台の周期を0.2秒とし、加速度を390, 450, 480, 550, 850ガル、また供試ストーブ No.③については、周期を同じく0.2秒とし、加速度を450, 760, 840, 850, 870ガルと順次増加して、正弦波による振動実験を行ない、その状況を観察した。

実験9 正弦波による加振中、石油ストーブの消火操作の難易についての実験

床材を木材とし、点火した供試ストーブ No.①をおき、正常燃焼の状態では振動台の周期を0.4秒とし、加速度を順次増加して振動を行ない、各加速度で加振中歩行距離を2mとして、石油ストーブの燃焼調節ハンドルを操作した場合の消火操作の難易について実験を行なった。

(2) ポット式石油ストーブのオイルタンク、

温水ボイラーおよび同オイルタンク等の振動実験

本実験で使用した二機種のポータブル式石油ストーブ、ポット式石油ストーブのオイルタンク並びに温水ボイラーおよび同オイルタンクについては、第4表に示すとおりである。

第4表 供試品の諸元

供試品 No.	品名	会社名	引破試験機	応上下 反射型 振動台	振幅 41.0	2730 回転数 127 1/6	総重量 215kg
④	ポータブル 石油ストーブ	D		応上下 反射型 振動台	41.0	127 1/6	215kg
⑤	ポータブル 石油ストーブ	E		応上下 反射型 振動台	4.92	0A1 1/6	3340kg
⑥	ポット式 石油ストーブ のオイルタンク	F					
⑦	温水ボイラー	G					
⑧	温水ボイラー のオイルタンク	H					

実験10 ポータブル石油ストーブ二機種とポット式石油ストーブのオイルタンクの正弦波による振動実験

セット台の床材を木板としその上に供試体 No.④, ⑤, ⑥をのせ, 第5表に示す周期と振動台加速度で正弦波による振動実験を行ない, その状況を観察した。供試ストーブ No.④, No.⑤については底板を有する場合と取除いた場合とにわけて行なった。

第5表 実験10の振動条件

振動台加速度 (ガル)

周期(秒)	底板の有無別	
	底板を有する場合	底板を取除いた場合
0.2	500	600
	600	
0.4	630	570
0.6	640	
0.8	600	

実験11 温水ボイラーおよび同オイルタンクの正弦波による振動実験

石油ストーブではないが, 地震時において同様の危険性を有する石油燃焼機器の一つである温水ボイラー No. ⑦および同オイルタンク No.⑧について, セット台の床材を木板とし, 第6表に示す周期と振動台加速度で正弦波による振動実験を行ない, その状況を観察した。

実験12 温水ボイラーおよび同オイルタンクの地震波による振動実験

セット台床材を木板とし, 供試体 No.⑦, ⑧をのせ, オイルタンクを満水にした状態で, 建物の固有周期を0.6秒, 建物の減衰定数0.1として, 磁気テープに収録したエルセントロ地震波の応答波により, 振動台の加速度を490, 520ガル, 周期を0.6秒として振動実験を行ない, その状況を観察した。

第6表 地震波の振動実験

周期 (秒)	振動台加速度 (ガル)	タンク内の水の状態	周期 (秒)	振動台加速度 (ガル)	タンク内の水の状態
0.2	60	1/2	0.6	230	"
0.2	150	"	0.6	320	"
0.2	230	"	0.6	450	"
0.2	450	"	0.6	590	"
0.2	580	"	0.6	680	"
0.2	680	"	0.8	230	"
0.4	230	"	0.8	290	"
0.4	350	"	0.8	400	"
0.4	530	"	0.8	150	満水
0.4	500	"	0.8	200	"
0.4	650	"	0.8	280	"

3. 実験結果

実験1について

結果は第7表に示すとおりである。供試ストーブ No. ①は落差式のために転倒時にタンクが弁座から離れ, 油受皿中の油のみが漏れるために, 漏油量が少ないものと思われる。過去の実験によれば, 他機種には漏油量の多いものが多数あった。

第7表 転倒時の漏油量

供試ストーブ No.	転倒方向	漏油量	転倒時間
①	反射板下向	25cc	30秒
②	給油口下側	390cc	30秒
③	反射板下向	35cc	30秒

実験2について

結果は第8表に示すとおりである。本実験からも, また過去の実験からも, 一般に, 比較的短時間で着火, 火災状態に移行しておるので, 旧型の石油ストーブがまだ数多く使われていることを考える時, 一度転倒すれば火災に移行する危険性はきわめて大である。

第8表 転倒着火状況

供試ストーブ No.	状 況
①	漏油に着火しない
②	転倒直後漏油に着火
③	転倒後15秒で漏油に着火

実験 3 について

すべり出しおよび転倒角度並びに摩擦係数については、第9表および第10表に、またすべり出しおよび転倒加速度については、第11表および第12表に示すとおりである。

なお、表中床材が畳の場合、直角とは、畳の縦方向(すべりにくい方向)、平行とは畳の横方向(すべり易い方向)を意味するものである。

実験 4 について

供試ストーブのすべり出し時の床の加速度、本、衣しょう箱、ダンボール箱の落下時の床の加速度および本棚、消火器、整理ダンスの転倒時の床の加速度を第13表および第14表に示す。なお()内数値は、薬罐

第9表 滑出し、転倒時における摩擦角および摩擦係数(底板を有する場合)

供試 ストーブ No.	床材		畳				合板	
	方向別		直 角		平 行			
	滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒
①	27° (0.50)	29° (0.55)	26° (0.48)	28° (0.53)	26° (0.48)	29° (0.55)		
②	33° (0.64)	35° (0.70)	32° (0.62)	35° (0.70)	30° (0.57)	36° (0.72)		
③	24° (0.44)	30° (0.57)	23° (0.42)	30° (0.57)	23° (0.42)	30° (0.57)		

()内数値は摩擦係数値

第10表 滑出し、転倒時における摩擦角および摩擦係数(底板を取除いた場合)

供試 ストーブ No.	床材		畳				合板	
	方向別		直 角		平 行			
	滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒
①		28° (0.53)		27° (0.50)	27° (0.50)	28° (0.55)		
②	32° (0.62)	33° (0.64)	30° (0.57)	31° (0.60)	33° (0.64)	35° (0.70)		
③		29° (0.55)		29° (0.55)	27° (0.50)	28° (0.53)		

()内数値は摩擦係数値

第11表 滑出し、転倒時における加速度計算値(底板を有する場合) 単位: ガル

供試 ストーブ No.	床材		畳				合板	
	方向別		直 角		平 行			
	滑出し 加速度	転倒 加速度	滑出し 加速度	転倒 加速度	滑出し 加速度	転倒 加速度	滑出し 加速度	転倒 加速度
①	490	539	470	519	470	539		
②	627	686	607	686	558	705		
③	431	558	411	558	411	558		

第12表 滑出し、転倒時における加速度計算値(底板を取除いた場合) 単位: ガル

供試 ストーブ No.	床材		畳				合板	
	方向別		直 角		平 行			
	滑出し 加速度	転倒 加速度	滑出し 加速度	転倒 加速度	滑出し 加速度	転倒 加速度	滑出し 加速度	転倒 加速度
①		519		490	490	519		
②	607	627	558	588	627	686		
③		539		539	490	519		

落下時の床の加速度である。本実験中つぎのことが観測された。

- (1) 石油ストーブ単体では、移動、ゆれ運動という現象を呈したが、転倒はしなかった。
- (2) 石油ストーブは、傾斜試験機で測定したすべり出し加速度よりも低い数値で移動した。これは静的と動的試験との違いによるものである。
- (3) 石油ストーブは、振動によりチムニのゆれ、離脱による異常燃焼、およびガードの離脱等の現象を呈した。
- (4) 石油ストーブの上においた薬罐の影響については、床材が畳の場合には、ばらつきが見られるが、板の場合には振動の影響を受け、薬罐をのせない場合より低い加速度で移動している。

床材が畳の場合には、周期0.2秒で140ガルという比較的低い数値で落下し、振動に対してきわめて不安定ではあったが、石油ストーブ自体には転倒というほどの影響は与えなかった。

第13表 正弦波による振動実験結果

床材=畳

供試体	周期(秒)				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
石油ストーブ① (薬 缶)	140 (300)	300	(250)	(260)	210 (300)
石油ストーブ② (薬 缶)	140 (140)	360	400 (160)	260 (260)	
石油ストーブ③ (薬 缶)	240 (140)	300	320	260	210
石油ストーブ①	240	270		440	210
石油ストーブ②	300	270	400	330	210
石油ストーブ③	140	270	400	260	300
本	240	160	160	150	
本 棚		450	350	330	210
整理 ダンス			480		
衣 裳 箱	800	450	320	260	340
ダンボール箱	680	380	400		
消 火 器		450	250	260	300

本類の落下は、おいてある物の固有周期、積載方法、安定性等により異なるも、大略本類については150ガルで、衣しょう箱では、250ガル、ダンボール箱では380ガルで、それぞれ落下し、ストーブに衝突している。

しかし、本等の比較的軽いものが落下する場合は、ストーブを転倒させる危険性は少ないが、重いものはストーブに衝突する部位、角度によっては、ストーブを転倒させることができることが確認された。

(6) 振動台においた本棚(本類60kg)については、きわめて不安定であり、床材が板張りの場合周期0.8秒、加速度180ガルで転倒し、ストーブに衝突、また周期0.6秒加速度250ガルでは、転倒によりストーブを転倒し、火災に移行している。

(7) 整理ダンス(衣類40kg)については、本棚よりも安定性はよいが引出しの開閉により前面のストーブに衝突し、異常燃焼を起こす現象が見られた。転倒最小加速度は、床材が板張りの場合で、周期0.8秒、加速度270ガルで、振動開始後9秒で転倒し、石油ストーブに衝突した。

第14表 正弦波による振動実験結果

床材=板

供試体	周期(秒)				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
石油ストーブ① (薬 缶)	280 (350)	290	200 (180)	180 (210)	400 (250)
石油ストーブ② (薬 缶)	450 (340)	350 (290)	200 (320)	180 (270)	400 (260)
石油ストーブ③ (薬 缶)	500 (500)	290	200 (180)	180 (180)	
石油ストーブ①	230				
石油ストーブ②	600				
石油ストーブ③	450	480	360		
本	500	220			260
本 棚		350	250	180	400
整理 ダンス			630	270	
衣 裳 箱	560	290	250	340	400
ダンボール箱	560				
消 火 器			320	270	260

(8) 転倒式泡消火器(10型)については、各周期ともにゆれが激しくきわめて不安定であり、周期0.6秒、加速度250ガルで転倒している。

一般に10型泡消火器の有効放射時間は45~60秒であるから、転倒直後に、これを使用しなければ消火効果は期待できない。

実験5について

供試ストーブのすべり出し時の床の加速度、本、衣しょう箱、ダンボール箱の落下時の床の加速度および本棚、消火器、整理ダンスの転倒時の床の加速度を第15表に示す。

なお、表中の()内数値は薬罐落下時の床の加速度である。本実験で使用したエルセントロ地震波の応答波は、振動開始後5秒位までに最大のゆれを呈し、供試体もこの時点で移動、ゆれ運動、落下または転倒している。本実験中つぎのことが観測された。

(1) 石油ストーブ単体では、移動、ゆれ運動の現象を呈したが、転倒はしなかった。

(2) 石油ストーブの移動、ゆれ運動または落下物に

第15表 エルセントロ地震波による振動実験結果

供試体	床材 周期(秒)	畳			板		
		0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8
石油ストーブ① (薬 缶)	300		(310)		570	230	
石油ストーブ② (薬 缶)	320					230	
石油ストーブ③ (薬 缶)	240 (680)		(480)		570 (570)	230	250
石油ストーブ④	550	480				510	
石油ストーブ⑤	680	480			570		
石油ストーブ⑥	400					510	
本	680						
本 棚	800	480			570	350	250
整 理 ダ ンス							
衣 裳 箱	680	480			300	350	
ダンボール箱							
消 火 器	800	480				400	

よる衝突および本棚等による転倒で、チムニ、ガードの離脱、石油ストーブの位置の変化、異常燃焼等の現象を呈した。

(3) 石油ストーブ上においた薬罐については、正弦波による実験と同様に、移動、落下するのみで、石油ストーブ自体には大きな影響を与えなかった。

(4) 移動した石油ストーブでは、薬罐をのせた場合の方が低い加速度で移動を起こしている。

(5) 整理ダンスについては、振動開始後5秒くらいまでは、ゆれが激しく各段の引出しが開閉し、きわめて不安定であったが、転倒はしなかった。

(6) 本棚については、ゆれ運動が激しく、きわめて不安定で、転倒により石油ストーブに衝突している。実験6について

本実験中、つぎのことが観測された。

(1) 底板を取除いた石油ストーブはすべりよりもゆれが大きく、踊りながら移動する現象がみられ、床材が畳の場合に周期0.8秒、加速度510ガルで、供試ストーブNo. ①が転倒した。

(2) 底板を取除いたストーブは、ゆれ運動が大きいため、ガード、チムニの離脱、給油口(落差式にあっては受皿)からの漏油が認められた。

(3) 底板を取付けた石油ストーブは、ゆれ運動が比較的少なく、すべりによる移動が見られたが、底板を取除いた状態よりも安定性があった。

実験7について

いずれの場合にも、石油ストーブは、置台前方に移動し転倒した。

実験8について

供試ストーブ No.②, No.③ともに、いずれの場合もゆれ運動を継続しながら移動する現象を呈したが、段差部分に衝突しても転倒するおそれは見られなかった。

実験9について

結果は、第16表に示すとおりである。

供試ストーブは、静止の状態では4~5秒で消火操作を完了したが、加振中は7~8秒の時間を要した。

第16表 加振中における消火操作時間

周 期 (秒)	振動台加速度 (ガル)	消火操作終了時間 (秒)
0.4	280	8
0.4	340	7
0.4	500	7
0.4	630	8
0.4	750	8

なお、本実験にあわせてCO₂(7kg型)消火器を使用し、正弦波加振中(周期0.4秒、加速度830ガル)の消火について実験を行なった結果、歩行距離2mで消火器を確保し、消火体勢にはいるまでに4秒を要し、消火操作時間5秒で完全に消火することができた。

実験10について

(1) オイルタンク(水1/2)は、跳躍しながらゆれ運動をし、向きを変えながら移動し、きわめて不安定であり、周期0.8秒、振動台加速度600ガルの時、振動開始後6秒で転倒し漏水した。

(2) 供試ストーブ No.5は、底板のある場合、ゆれ運動は少ないが、移動距離が大きかった。

(3) 供試ストーブNo. ④は、底板のある場合、No. ⑤と比較して移動距離は少ないが、ゆれ運動が大きく異常燃焼を呈し、底板を取り除いた場合には、移動距離も大きくなり、周期0.6秒、振動台加速度570ガル時、36.4cm後方に移動した。

実験11について

(1) 周期 0.2 秒で振動台の加速度を漸次増加した場合は、供試体 No.⑦、⑧ともにゆれ運動をしながら移動し不安定ではあったが、転倒はしなかった。

(2) 周期 0.4 秒で振動台の加速度を漸次増加した場合は、供試体 No.⑦、⑧ともにゆれ運動、移動の現象がみられ、No.⑧は回転しながら移動する現象を呈した。

(3) 周期 0.6 秒で振動台の加速度を漸次増加した場合は、供試体 No.⑦、⑧ともにゆれ運動を起こし、特にNo.⑧は、ゆれ運動が激しく、脚が踊り回転し、きわめて不安定ではあったが、転倒はしなかった。

(4) 周期 0.8 秒で振動台の加速度を漸次増加した場合は、供試体⑦、⑧ともにゆれ運動を起こし、特に、No.⑧はゆれ運動が激しく、280 ガルで振動開始後15秒で転倒した。

実験12について

供試体 No.⑦、⑧ともにゆれ運動の現象を呈し、特に振動開始後5秒くらいまで大きなゆれを示し、供試体はいずれも不安定であったが転倒はしなかった。

4. 考 察

以上の振動実験の結果から、振動による影響について考察してみる。

(1) 石油ストーブがうける影響

ア 一般に石油ストーブ自体は、振動によって、ゆれ、移動がみられたが、転倒するまでには至らず、比較的安定性があった。

イ 底板を有する石油ストーブは、ゆれ運動よりも移動する傾向がみられ、底板を取除いた石油ストーブはゆれ運動が激しく、安定性に欠ける傾向があり転倒したのもあった。

ウ 重心位置が高くなりがちな落差式の石油ストーブは、オイルタンクが下部にあるストーブと比べて、振動の影響が大きく、ゆれ運動も大きいように見られた。

エ 反射型の石油ストーブにあっては、燃焼筒の離脱、ずれ等による異常燃焼およびガード離脱も見られ可燃物への着火のおそれ大きいと思われる。

オ 落差式にあっては、油受皿から他の石油ストーブにあっては、給油口から漏油がみられた。

カ 背丈の高いストーブは、ゆれが大きく認められた。

(2) 床材の相違による影響

本実験では、セット台の床材を畳敷と板張りの二通りで実施したが、正弦波振動の場合には、床板別による石油ストーブのすべり出し、加速度にばらつきが見られ、また家具類の転倒、棚上の箱類の落下について

は、壁や棚等による干渉の影響が大きく左右し、床材別による影響の差を明確にすることはできなかった。

エルセントロ地転波振動の場合も正弦波の影響差は、明確に表わすことはできないが、家具類、棚上の箱類については、板張りの方が低い数値で転倒、落下した。

(3) 本棚、整理ダンス等家具類の転倒による影響

ア 本棚は、加速度180ガル、整理ダンスは270ガルで転倒し、ストーブに衝突した。

またストーブの位置によっては、ストーブを転倒させていることから出火の危険は、きわめて大きいものと考えられる。

さらに、これら家具類の転倒は、内容物の収容状態、種類等によって大きく影響をうけることが予想されるので、これらの数値よりも更に低いガルを検討する必要があるものと思われる。

イ 振動により整理ダンスの引出しがとび出し、石油ストーブに衝突したが、いずれもストーブを転倒させなかった。しかしストーブは大きく傾き、きわめて不安定な状態を呈したので、火災発生の要因となることが十分予想される。

(4) 落下物による影響

ア 本棚の本類については、加速度150ガル、棚上の衣しょう箱（三段積）は、250ガル、ダンボール箱については、380ガルでいずれも落下し、ストーブに衝突して転倒させた例もあり、火災に移行する危険性はきわめて高い。

棚上からの落下は、おいてある物品の積載方法、および安定性等により異なるが、衝突する条件、すなわち衝突部位、衝突角度等によっては、ストーブを転倒させることが認められた。

イ 本実験で使用したダンボール箱は、一段積であるが、二段以上積載した場合は落下時の床の加速度は更に低い数値を示すものと思われる。

ウ 整理ダンスの上に物品をのせた場合は、ダンスのゆれが加わるので異なった数値が得られることが予想される。

(5) ストーブ使用上の影響

ア 置台上にのせた石油ストーブについては、すべり、および移動により、台上から落下、転倒する危険性はきわめて大きい。

イ カーテン等の可燃物の近くで、石油ストーブを使用することは、振動による移動、ゆれ等のために着火の危険性が多分にある。

(6) 消火操作の影響

消火時間は、歩行距離2mで7～8秒と普通の状態の約2倍の時間を要しているが、これは、操作者が予

め予定した行動であり、かつ振動も単純な正弦波で実験による慣れも含むものであるが、実際の地震時においては、突然の行動であり、また振動も不規則であることを考えると、この所要時間は更に延びることが予想される。

(7) 振動による影響があらわれる時期

正弦波振動については不定であるが、エルセントロ地震波の加速度の最も大きい時期は、振動開始後4～5秒であるので、この時点においては、石油ストーブは、ゆれ、移動が激しく、本棚、整理ダンス等は転倒したが、以後は、ゆれ運動のみであった。

エルセントロ地震波による実験例から、棚上の衣しょう箱が周期0.4秒、地盤面最大加速度140ガル（振動台最大加速度300ガル）で落下していることから、振動開始直後に最大のゆれのくる地震波の場合石油ストーブの消火操作は、震度階5（最大加速度250ガル）の地震すなわち強震以上の地震では困難であることが予想される。

(8) オイルタンクの構造について

温水ボイラーおよびポット式石油ストーブのオイルタンクは、その構造上支脚が弱く、振動に対して不安定であるので、脚の構造については検討する必要がある。

5. ま と め

以上の実験結果および考察から、地震時における石油ストーブの取扱いについては、つぎの諸点に留意して指導を行なうべきである。

(1) 石油ストーブ付近の家具類について

「東京都における石油ストーブ使用実態調査報告書」にも示されているように、狭い場所で、しかも危険な状態で石油ストーブを使用している例が多いが、本実験からも明らかに一般にダンス、本棚の家具類は、振動によって石油ストーブよりも早い時期に転倒し、またダンスの引出し等は、振動によって前方にとび出し、石油ストーブに衝突する傾向があるので、これ等の付近に石油ストーブをおいて使用することは、火災発生の危険性をきわめて大きくする。

(2) 石油ストーブ自体について

ア 石油ストーブの底板を取除いた状態では使用しないこと。

イ 底板面積の大きいものほど安定性がよいので、移動および転倒値を更に大きくするよう構造上の改善をはかるべきである。

ウ 燃料を補給した場合に、重心位置が高くなる石油ストーブは、振動に対して不安定である。

エ 置台に石油ストーブをおいて使用することは、転倒の可能性がきわめて大きく危険である。

(3) 石油ストーブ自動消火装置の取付について

以上のことから、出火危険防止対策の一つとして、石油ストーブ全機種に対し、ある一定の加速度範囲で作動する自動消火装置の取付が必要である。

本実験を通じて石油ストーブの水平方向の振動による影響、落下物および転倒物との衝突について一応のデータを得たわけであるが、これを東京都における地震動によるさまざまな要因から考えると、金井清著の地震工学によれば、東京の地盤状況から、地震の卓越周期は、下町で0.6秒、山手方面で0.4秒付近といわれており、また建物の固有周期については、統計的に木造2階建の場合は、0.4秒、鉄筋コンクリート造りの場合は、4階で0.3～0.4秒、10階建で0.7～0.8秒といわれている。

地震動によって建物等の構造物が大きな影響をうけるのは、地震動の卓越周期と建物等の固有周期が一致した時に最大となる。

実験結果から、エルセントロ地震波に建物の固有周期を0.6秒、減衰定数0.1とした応答波による振動実験では、地盤面における換算最大加速度は107ガルという比較的低い数値で、石油ストーブに著しい移動現象が見られたが、これは気象庁の震度階によると強震程度であった。

また、棚上の衣しょう箱が周期0.4秒、地盤面換算最大加速度140ガルで落下し、石油ストーブに衝突しているが、この加速度も強震程度であった。

このことから、若しエルセントロ地震と同波形の地震が東京を襲った場合、震度階5の強震程度で、石油ストーブの移動、落下物の衝突等のために異常燃焼を起こしやすいことは、実験結果からも容易に判断されることである。

6. お わ り に

地震や爆発等に基因する振動による石油ストーブ自体の移動、転倒、または、他の物体との衝突による転倒等によって生ずる火災は、重要な問題として各方面より関心を寄せられているが、今回の実験のみではすべてを解明することはできなかったにしても、その一端をは握ることができたので、この報告が地震対策上いささかの参考となればまことに幸いである。

おわりに、本実験に寄せられた東京大学小林隆氏および株式会社大林組技術研究所のご協力に対して深甚なる感謝の意を表する次第である。