

火気使用の振動時における挙動について(第2報)

小 柴 義 正*
 木 内 孝 文*
 内 田 稔*

1. はじめに

地震動等により火気使用器具のうける影響の研究として、今回は主として石油燃焼器具のうち、ポータブル式石油ストーブについて実施、その結果出火防止のため対震自動消火装置の取付が必要であることを明らかにしたが、今回はポット式石油ストーブ、各種ガス器具ならびにLPGボンベ等について、同一目的から地震動等による転倒および火災発生危険の実態をは握するため実験を行なったので報告する。

2. 実験場所および期間

場所 東京消防庁消防科学研究所
 自治省消防庁消防研究所
 株式会社大林組技術研究所
 期間 昭和46年11月～昭和47年3月

3. 実験に供した各種物件

供試体は市販されているものの中から、形状、仕様の異なる機種をそれぞれ無作為に選定した。供試体は第1図～第4図に示す。

4. 実験項目および実験方法

(1) 静的実験

供試体の重心高さ、転倒危険方向の脚間距離および床材別に滑り角度、転倒角度を傾斜試験機により測定する。

(2) 単体正弦波振動実験

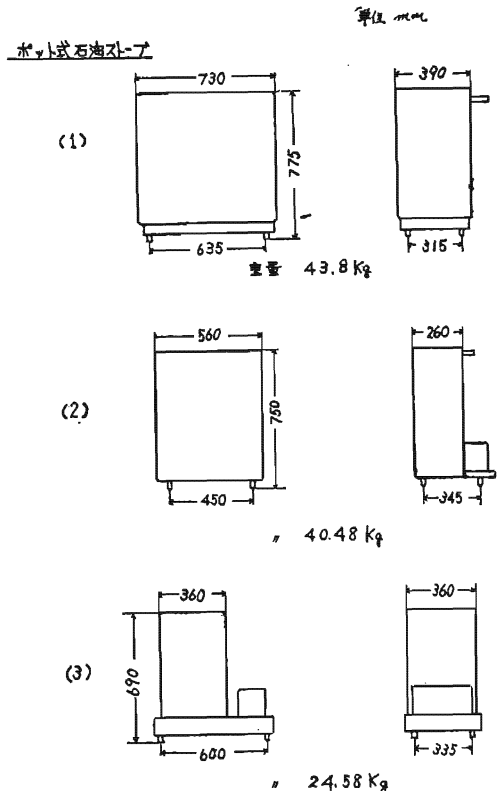
振動台上に厚さ25ミリメートルのラワン合板をボルトで固定し、床を合板、プラスチック、ジュータン、スチール板張とし、この上に供試体を個々に静置して(転倒危険方向を振動台の振動方向と平行)周期を0.2秒、0.6秒、0.8秒、1.0秒とし振幅変換によって加速度を順次増加させ、供試体の機種別による移動、転倒の状況を観測するとともに、供試体に加速度計を取付け微動開始時、転倒時の加速度を測定する。

(3) セット正弦波振動実験

大型振動台上に第5図に示す実験用台セットを固定し、床を畳敷、合板、プラスチック、ジュータン張とし供試体を第1表に示す組合せに配置して周期を0.2秒、0.4秒、0.6秒、0.8秒とし加速度を順次増加させ振動時間を15秒として次に記載する項目について観測する。

- ア、供試体の機種別による移動、転倒の状況。
- イ、煙突、燃料配管の取付による供試体の受ける影響。
- ウ、ガステーブル、ガスこんろ上に薬缶、鍋をのせた場合の影響。

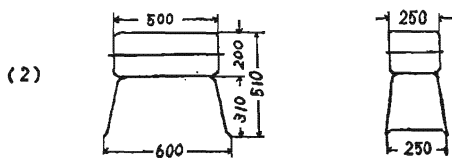
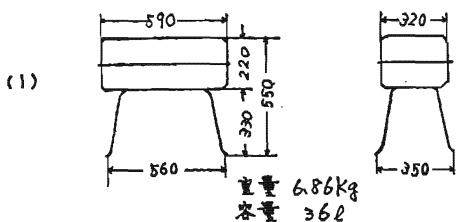
第1図 供試体一覧



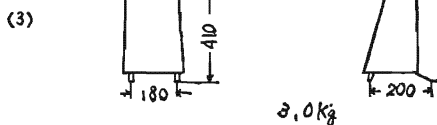
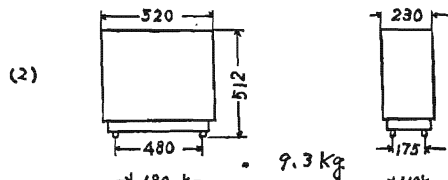
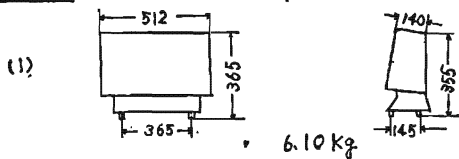
* 第2研究室

第2図

オイルタンク

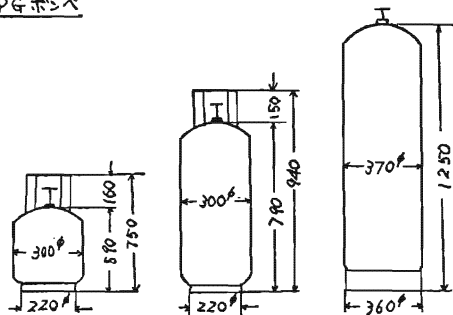


ガストーブ



第4図

LPGボンベ



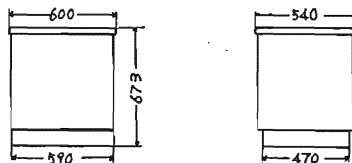
10kg
重量 26.3kg
(満量)

20kg
重量 20.26kg

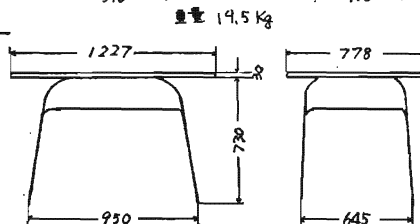
50kg
重量 46.19kg

第3図

ガス台



食卓



ガステーブル

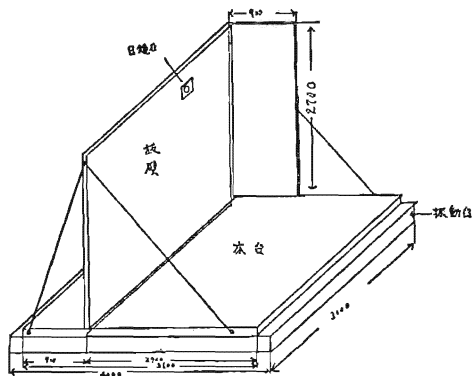


ガスコンロ



重量 2.25kg

第5図 実験用台セット



エ, 点火した供試体移動, 転倒により示す状況。
オ, 点火したガステーブル, ガスコンロ上にのせた薬缶, 鍋の状況。

(4) セット地震波振動実験

供試体に対する正弦波振動と地震波振動との影響差をみるため, 前回と同様 ELCENTRO 地震波に建物周期として0.4秒, 0.6秒, 0.8秒, 減衰比をそれぞれ0.10とした応答波により前項(3)と同じ要領で観測する。なおLPGボンベについては原波を使用する。

第1表 供試体組合せ表

セッ ト番 号	供 試 体	セッ ト状 況
セッ ト1	ポット式石油ストーブ(1), オイルタンク(2), ガス台, ガステーブル, 食卓, ガスコすろ, ガスストーブ(3), 薬缶, 鍋	(1) ポット式石油ストーブは煙突を取付けオイルタンクと正規のゴム管で接続。 (2) ガステーブル, ガスコすろはLPGボンベとゴム管で接続。 (3) 床材は合板, プラスタイル, ジュータン張, 畳敷。
セッ ト2	ガスストーブ (1) " (2) " (3)	(1) ガスストーブはいずれもLPGボンベとゴム管で接続。 (2) 床材は上記と同様。
セッ ト3	LPGボンベ10kg " 20kg " 50kg	(1) 床材は合板, プラスタイル張。

5. 実験結果

(1) 静的実験

測定結果から重心高さと脚間距離の比, 滑り出し加速度, 転倒加速度および引張転倒値を求めた。結果は第2表に示す。

(2) 単体正弦波振動実験

実験に使用した振動試験機は消防庁消防研究所に設備されている機械式振動試験機で, その主要諸元は次のとおりである。

加振力 1,400kg.G

振動数変更範囲 0.1c/sec~10c/sec
振動波形 正弦波
振動方向 水平1方向
最大振幅 200mm
無負荷時最大加速度 0.7G
全負荷時最大加速度 0.2G
振動台寸法 約3,000×3,000mm

振動実験の結果, 単体の転倒値は第6図~第8図のとおりである。

ア, ポット式石油ストーブ

実験はすべて底板を取付け, 床を合板, ジュータン, プラスタル張で行なった。

イ) 石油ストーブは振動レベルの上昇にともない先づ, 底板内で石油ストーブ自体, 微動, 滑りが生じ, 石油ストーブの脚部が底板の端に達した時点でゆれ運動が現われ, これによって底板の滑りが生れ, さらに石油ストーブの激しいゆれ運動に底板の滑り運動が追従できなくなると, 石油ストーブは転倒するか, 石油ストーブが底板から外に出るのが一般的な動きであった。

(イ) 供試石油ストーブ(1)は, 周期0.6秒~1.0秒の間で, 加速度平均430galで転倒した。

(ウ) 供試石油ストーブ(2), (3)は滑り, ゆれ運動を示したが転倒せず, 特に(3)安定性が大きい。

(ニ) 供試石油ストーブはいずれも静的実験で求めた滑り出し加速度よりも低い200gal前後の値で, 動きを示しているのがみられた。

(ハ) 床材の相違に対する振動の影響については, 明確な差をみとめることはできなかった。

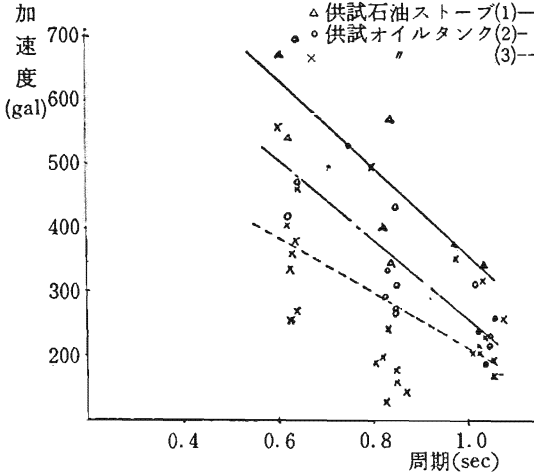
イ, オイルタンク

第2表 静的実験結果

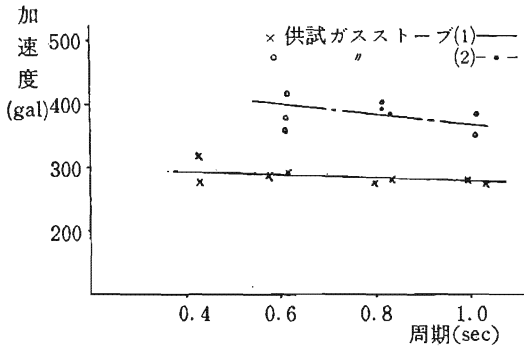
項 目	供 試 体	ポット式 石油ストーブ			オイルタンク		ガスストーブ			LPGボンベ		
		1	2	3	1	2	1	2	3	10kg	20kg	50kg
重心高さ 脚間距離 H/D		1.12	1.09	0.94	1.49	1.79	1.11	1.00	1.29	1.18	1.74	1.84
転倒角(°)前/後		24/24	23.3/28	28/28	18.5	15.7	30/18	25/38.2	20/23.4	23	16	15.1
転倒加速度(gal)前/後		436	422/521	521	382	274	565/319	567/774	357/422	416	281	266
滑り加速度 (gal) W K P		447 581 443	484 532 469	502 430 510	—	—	696 791 633	473 554 580	693 1,049 598	261 — 521	561 — 570	583 — 572
引張転倒値 kg, cm		291.28	226.8	210.0	28.8 (空)	12.64 (空)	27.95	5.52	25.09	99.36	49.2	187.5

床材 { W:合板張
K:ジュータン張
P:プラスタイル張

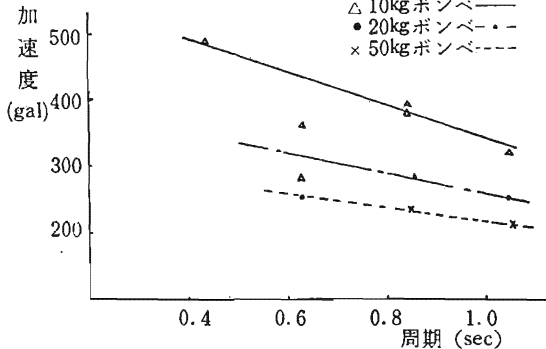
第6図 各供試体の転倒値



第7図



第8図



床を合板、ビニタイル、ジュータン張りの三種とし、水をそれぞれ1/2量、満量にして実験を行なった。

(ア) オイルタンクは跳躍しながらゆれ運動をし、向きを変えながら大きく移動するという一種の歩行運動を生じ、転倒するか、振動台上から落下するという状況を呈した。なおゆれ運動中、その動きとあわせて給油口の気孔から水が噴出漏水した。

(イ) 供試オイルタンク(1)は各脚が独立している関係から、転倒時に供試オイルタンク(2)にみられる横転の

形と異なる脚のもつれによる座屈転倒の形がみられた。

(ウ) 転倒は床の相違に関係せず、周期0.6秒で400gal、周期1.0秒で200galと長周期側で加速度が低い数値を示した。転倒時には気孔から漏水した。

エ、ガスストーブ

床を合板、ビニルタイル、ジュータン張りの三種とした。

(ア) 供試ガスストーブ三種の内、(1)、(2)は大きなゆれ運動の結果転倒したが、供試ガスストーブ(3)は滑り運動を示し移動したが一度も転倒せず極めて安定していた。

(イ) 供試ガスストーブ(1)は周期0.4秒～1.0秒の間で転倒したが、転倒時加速度はほとんど周期に関係なく300galで、供試スキープ(2)は周期0.6秒～1.0秒の間で平均440galの転倒加速度を記録した。

エ、ガステーブル、ガスこんろ

床をスチール板張りとした。

(ア) いずれも平均300galで移動を始め、最大移動距離はガステーブルで周期0.8秒で5センチメートル、ガスこんろは周期0.8秒で8センチメートルであった。

オ、LPGボンベ

床は合板、プラスタイル張とした。

(ア) 供試10kgボンベは合板張では滑り、ゆれ運動のみで、プラスタイル張で周期0.4秒～1.0秒、平均420galの時転倒した。

(イ) 供試20kgボンベは床材の相違に関係なく周期0.6秒～1.0秒の間で平均270galで転倒した。

(ウ) 供試50kgボンベは、やはり床材の相違に関係なく三種類のうちで最も大きなゆれ運動を示したが、転倒は周期0.8秒～1.0秒の間で加速度平均230galであった。

(3) セット正弦波振動実験

実験に使用した振動試験機は株式会社大林組技術研究所に設備されている電気油圧式振動試験機で、前回実験時使用したものと同一であるのでその主要諸元は省略する。

ア、セット1

(ア) ポット式石油ストーブは煙突がその転倒防止に効果を示し、振動レベルの上昇にともない滑り、小さなゆれ運動をみせたが、僅かに数センチメートル移動したのみで一度も転倒しなかった。

(イ) オイルタンクは歩行運動により配管を踏んだりあるいは配管が脚部からまがる状態が見られ、配管に引張られて転倒することがあった。

(ウ) ガス台は振動により壁と衝突、反撥により数セ

ンチメートル移動するという状況を示したが転倒はしなかった。

(エ) ガス台上に置かれたガステーブルは、ガス台のゆれ運動が加わり最大移動距離6センチメートルを測定したが、台上から脚が落ちるという状況は見られなかった。

(カ) 食卓は滑り、ゆれ運動をおこし向きを変えながら移動したが、食卓上のガスこんろは数センチメートル移動を生じただけであった。

(ク) ガス台上のガステーブルおよび食卓上のガスこんろに水を入れた薬缶、鍋をのせると加速度約200galの振動で薬缶、鍋はずり、傾き、転落を生じ周囲に水が飛散した。

(ケ) ポット式石油ストーブの燃焼状態は、振動にもなって焰が呼吸現象を示したが、火災危険に結びつく異常燃焼は示さなかった。

(コ) ガステーブル、ガスこんろの火は振動による変動は見られず火も消えない。薬缶、鍋をのせた場合は溢れた水により簡単に火が消えガスが放出状態となった。

(ク) 薬缶、鍋の中の水が沸とうしている状態では、熱湯が周囲に飛散しガス栓を閉じに近寄ることは容易にできなかった。

イ、セット2

(ク) 供試ガスストーブはいずれも単体実験と同様の動きを示し、配管による支障は見られなかった。

(イ) 点火状態では前方に転倒した場合火は消えない、後方に転倒した場合はガスストーブが瞬間的に配管を強く折り曲げ火が消え、ガスは放出状態となった。

ウ、セット3

(ク) 供試ポンペを並べて設置した場合にその形状から回転しながら転倒するため、他のポンペに衝突これを転倒させ得ることが認められた。

(4) セット地震波振動実験

正弦波によるセット振動実験と同様に振動台上の実験用台セットを用い各供試体を配置し、ELCENTRO地震波の原波および応答波による振動を加えその影響について観測した。

ELCENTRO地震波入力最大加速度に対する振動台の倍率等は前回報告を参照されたい。

本実験に使用したELCENTRO地震波は振動開始後5秒位までは最大の加速度を示し、この時点で供試体も移動、ゆれ運動または転倒している。

ア、セット1

(ク) ポット式石油ストーブは滑り、小さなゆれ運動を示し移動した。

(イ) オイルタンクは大きなゆれ運動を起し移動したが一度も転倒しなかった。

(ウ) ガス台、ガステーブル、ガスこんろは正弦波による振動実験と同様移動するのみで、薬缶、鍋は最初の大きな振動ですれ、傾き、転落の現象を示した。

イ、セット2

(ク) 供試ガスストーブ(1)のみが転倒し、(2)、(3)は移動、ゆれ運動を示した。

ウ、セット3

(ク) LPGポンペは正弦波による振動実験と同様壁から離して配置した場合は移動、ゆれ運動を示すがいずれも転倒しない。

(イ) 壁に接して配置すると10kg、20kgポンペは壁に衝突、反撥して転倒し、50kgポンペは、大きなゆれ運動を示したが転倒に至らなかった。

6. 考 察

以上の振動実験から振動による影響を考察してみる。

(1) 火器等の転倒現象

ア、静的実験結果と転倒

(ク) 重心高さと転倒危険方向の脚間距離の比が1.00以上を示す供試体、すなわち重心位置の高いものは不安定で振動の影響を大きく受けて転倒している。

(イ) 転倒角は前後の別なく、24度付近に転倒、転倒の境界が見られた。

(ウ) 滑り出し加速度と転倒加速度との対比において、振動の影響は小なる数値を示す方が滑動か、転倒かによって、その供試体の動きを支配する傾向が見られた。

(エ) 実験における滑り出し加速度は静的実験における数値より低い値を示した。

(カ) 転倒時の加速度は静的実験における転倒加速度とはほぼ等しい数値が測定された。

イ、振動周期と転倒

(ク) 供試体が転倒した周期は大部分が、周期0.6秒付近を境界とする長周期側にあり、地震波による実験において壁面に接して配置された10kg、20kgポンペの外は供試ガスストーブ(1)のみが周期0.4秒で転倒している。このことから供試体の固有周期が長周期側に存在することが予想され、転倒に共振現象が加味することが推定された。

(イ) 供試ガスストーブ(1)は周期がほとんど関係せず、振動ピーク加速度がその転倒を決定していた。

本実験から火器等は、加えられる振動の周期が非常に影響するものと、周期的な影響はさほどではないが衝撃力で転倒するものがあり、これらの転倒現象は、

その形状仕様上の数値からかなりよく推定することができる。

(2) 床材の相連による影響

本実験では供試体の日常使用状態にあわせて床材を使い分けたが、いずれの振動実験も床材別による振動の影響の差は明確に現われていない。

(3) 火器等の使用状態における影響

ア、ポット式石油ストーブの煙突は正しく固定した場合その転倒防止に効果があった。また振動による異常燃焼は見られなかった。

イ、オイルタンクは構造上脚部が弱く、振動に対して不安定で、ゆれ運動時および転倒時給油口の気孔から漏水したが、灯油使用を考えると他の火源による着火の危険が予想される。

ウ、ガスストーブは前方転倒の場合は着火状態、後方転倒の場合はガス配管を折り曲げ火は消えるがガス放出状態になり、いずれも火災に移行する危険性がある。

エ、ガステーブル、ガスこんろの火は振動では消えない。

オ、ガステーブル、ガスこんろ上に薬缶、鍋をのせた状態では、振動によるずれ、傾き、転落により熱湯が周囲に飛散し、かかった熱湯により火が消えガス放出状態となるが、ガス栓を閉めることが容易にできない。

カ、LPGボンベは正弦波振動では転倒、ELCEN TROの地震波では特に壁に接した状況で10kg、20kgボンベが転倒していることから、建物外壁に接し地盤上に置かれてる実際の状態ではいずれも転倒するもの

と考えられ、配管の脱落、裂断等から火災の危険がある。

(4) 火器のおかれる周囲環境による影響

本実験では実験しなかったが当然供試した火器の周囲には本棚、タンス等の家具類、可燃物ののった棚等があることが考えられ、落下物、家具類等転倒による影響は前回で報告したと同様と予想される。

7. ま と め

本実験の結果火器等の振動時に受ける影響は、その振動の性質（周期、振幅、加速度、継続時間、振動方向等）、火器等自体の固有周期などが大きく影響し、今回の実験のみでは正確な現象を把握することはできなかったが、その一部を知ることができたので、地震時における火器等の取扱いについては、次の諸点に留意すべきである。

(1) 火器等の形状仕様が振動を受けた場合大きな要素となるので、より安定性を増す方向に改善をはかるべきである。

(2) 独立脚を有する火器等は滑り、転倒値を大きくするよう底板を取付ける等構造上の改善をはかる必要である。

(3) 転倒危険の大きいLPGボンベは、建造物に有効に固定する必要がある。

(4) ガス器具には一定の加速度範囲で自動的に作動するガス遮断装置の取付の必要がある。

おわりに本実験に寄せられた消防庁消防研究所、株式会社大林組技術研究所のご協力に対し深甚なる感謝の意を表します。