

家具等の転倒防止用具の振動実験について

Vibration Tests on Braces for Securing Furniture

桜井和敏*
北沢千弘*
斉藤洋*
吉田靖*

We carried out vibration tests to confirm the effectiveness of braces for preventing furniture from falling in case of an earthquake.

As a result of these tests, we found out that braces, which are widely used at homes, have a certain limits in performance and require proper attention in their use. It is necessary to give instructions for their installation when they are publicized.

1. はじめに

地震動によって、家具などが転倒・落下し受傷する事例が多い。しかし、都内における最近の調査結果によると、家庭内における転倒防止措置の実施率は25%程度⁽¹⁾に過ぎない。このことから、転倒防止措置の励行をさらに啓蒙してゆく必要があるが、取付けに際しての留意点等を検討するため、家庭内において一般的に用いられているいくつかの転倒防止用具金具類についての振動実験を行った。

2. 転倒防止用具の種類と実験試料

現在普及している一般的な転倒防止具のほとんどは、家具等の頂部を壁などへ固定する形態であり、抽出した実験試料を大別すると次のとおりである。(写真-1、分類A～E参照)

- (1) 針金や木ねじ類を用いて適宜の方法で固定する方法 (分類A)
- (2) L形状などの専用金具を用いて壁へ固定する方法 (分類B)
- (3) 鎖や布バンドなどによって壁などへ連結して固定する方法 (分類C)
- (4) 特殊形状の支柱金具によって天井を支点として動きを押さえる方法 (分類D)
- (5) 以上の中で、(4)を除くいずれの方法も木ねじ類によって壁などへ締付け固定することが

必要であるが、取付場所の状態は様ではなく、家具や壁等の素材や構造または木ねじの長さなどによって容易に抜ける可能性(表-1, 2参照)がある。このことから特殊加工による面的な接合効果を利用した繊維製品(通称マジックテープ、以下マジックテープという。)を用いて転倒防止具を試作し、実験試料として加えた。(分類E)

表1 素材の違いによる木ねじ(皿型十字13mm×4mmφ)の引抜き強さ

素 材	引抜き値 (kg・f)
杉 板	79
ラ ウ ン 合 板	59
パ ー ラ イ ト 板	39
石 膏 板	19
圧 縮 (コルク) 板	7

(引張速度100mm/min)

表2 木ねじ長さの違いによる引抜き強さ
素材：ラウン合板

木ねじ(皿型十字)の寸法	引抜き値 (kg・f)
13mm×4mmφ	59
22mm×4mmφ	147
29mm×4mmφ	212

(引張速度100mm/min)

3. 実験方法

実験は、抽出した試料を実験用本棚に取付け、

*第二研究室

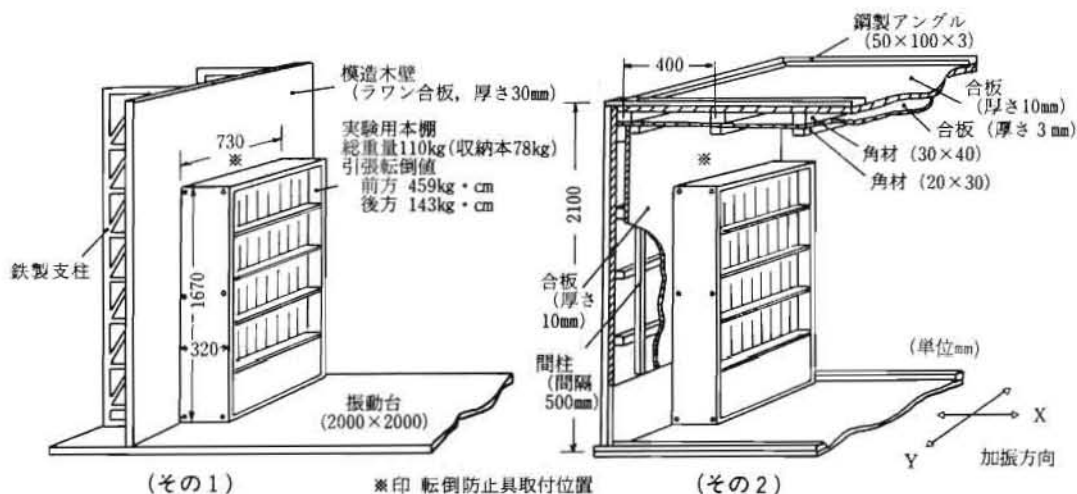


図1 振動実験セット

一定の水平振動を与えることによって生じる転倒防止金具の形態別の特徴を確認することを目的として行った。(写真-2 参照)

(1) 実験セット

実験用家具として図-1 (その1) に示す本棚を製作し、振動台上のラワン合板製模造壁に沿って置き、抽出した転倒防止具の基本単位 (2 か所固定用として2 個セットされて

いるものについては、1 個のみでの使用や、振動形態によって1 か所に負荷がかかることを予想した。)ごとに取付けた。なお、天井を支点とする方式の試料については、図-1 (その2) のセットを用いた。

(2) 加振条件

製作した本棚の振動特性は、図-2, 3 のとおりであり、既報「屋内収容物の振動実験について」(消防科学研究所報第20号)の加振条件に準じ、周波数1.7Hz, 3.0Hz, 加速度500ガル of 正弦波加振を選択し、直交2方向(X・Y方向)について行った。

(3) 観察事項

振動によって生じる抽出試料の不具合点及び固定効果の判断値として本棚の応答加速度値を測定した。

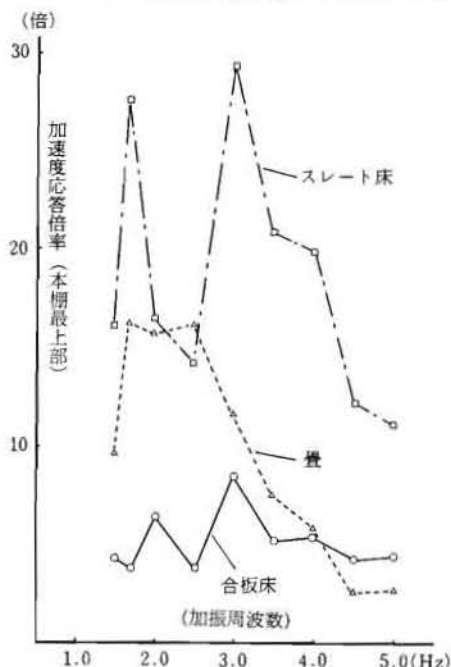


図2 実験用本棚の床材の違いによる周波数特性 (加振加速度200ガル一定、加振方向X) (実験セット (その1) 使用)

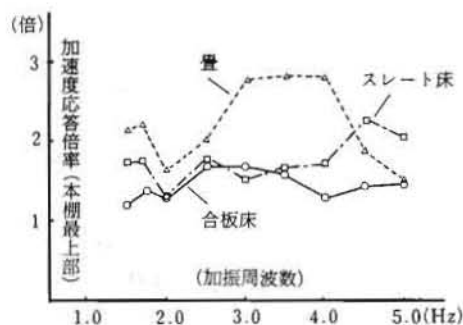
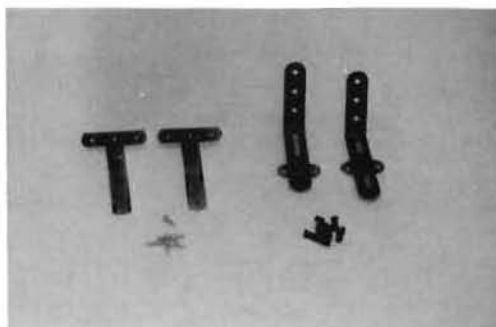


図3 実験用本棚の床材の違いによる周波数特性 (加振加速度200ガル一定、加振方向Y) (実験セット (その1) 使用)

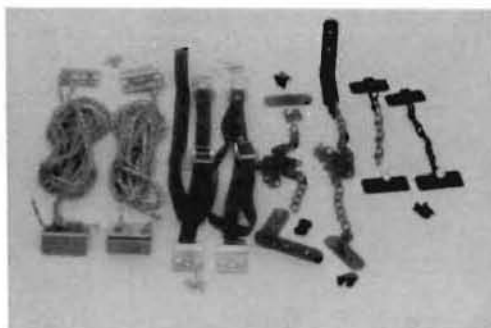
写真 1 実験試料



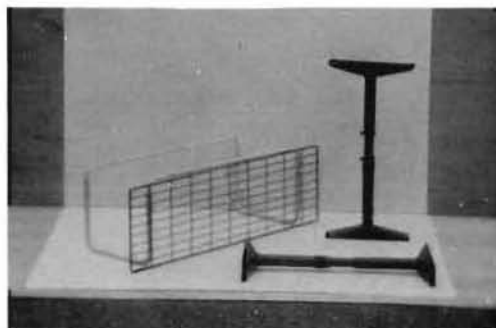
(分類A)



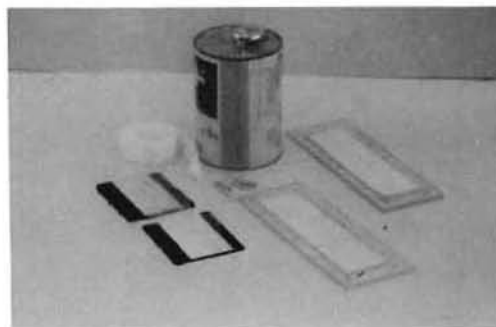
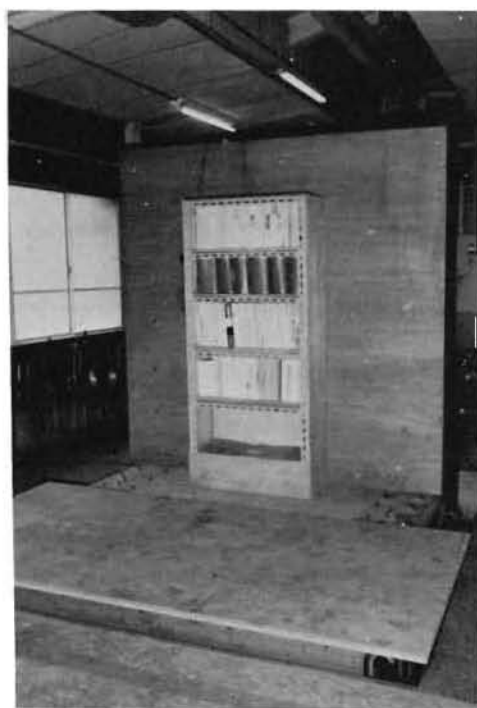
(分類B)



(分類C)



(分類D)



(分類E)

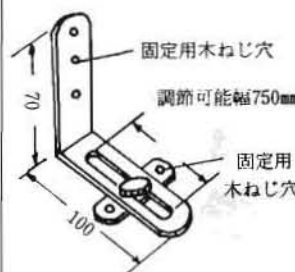
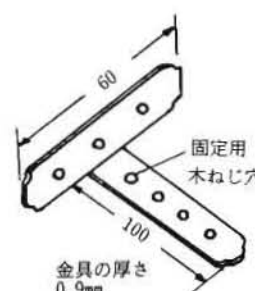
写真 2 振動台と実験用本棚

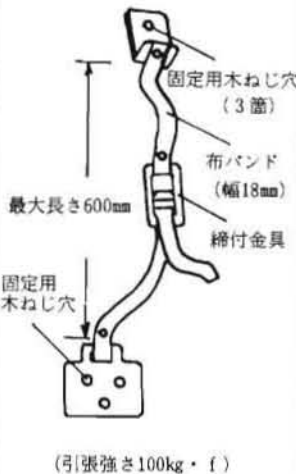
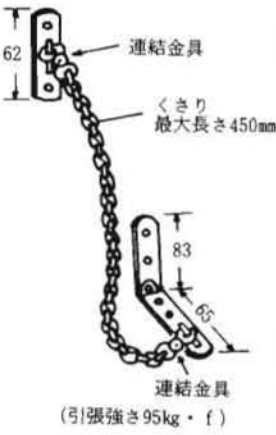
4. 実験結果

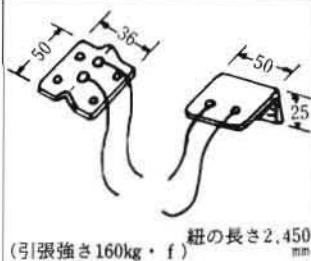
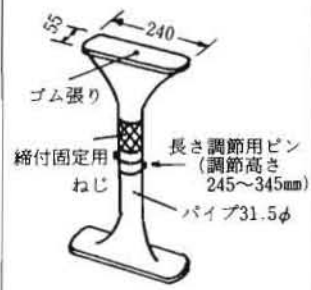
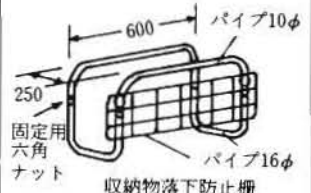
転倒防止具の形態別振動実験結果は、表-3のとおりであり、転倒防止具の取付条件等を変えての振動実験結果は、表-4のとおりであった。また、試作したマジックテープに関する振動実験結果は、表-5のとおりであった。

表 3 転倒防止具の形態別振動実験結果

〔加振加速度：500ガル
加振時間：30秒〕

分類	転倒防止具の略図	加振方向	加振周波数	状 況	本棚上部の 応答加速度値
A	洋灯吊り 単位(mm) (真ちゅう製 3.25φ) 針金 (0.95φ)  (本棚への取付状態) ※本棚上部両端2か所固定	X	(Hz)		(ガル)
			3.0	・加振7秒後、本棚側洋灯吊りが伸び針金を外れる。	6,500
			1.7	・ペンチを用いて針金を強く展張して固定した結果、若干のゆるみを生じたが破損には至らない。	1,630
B		X	3.0	・加振数秒後、ねじ締め部分が滑り始め振動が続いたのち、本棚が右方向へ移動し金具がねじれ変形。	2,900
			1.7	・加振直後、ねじ締め部の滑りを生じたが、その状態が継続した。	1,360
		Y	3.0	・本棚の僅かな振動に伴って金具の左右へのねじれを生じたが破損には至らない。	700
			1.7	・固定ねじがゆるみ本棚が大きく滑り始め、L字金具の首の部分がねじれ振動を継続する。	750
		X	3.0	・本棚の振動が生じL金具の首の部分での曲げが継続する（繰返し加振により折損）また、固定用木ねじが小さいため振動によってねじが抜けることがある。	950
			1.7	・本棚の振動によりL金具の首の部分での曲げが継続する。	770
		Y	3.0	・特記なし。	610
			1.7	・本棚側固定ねじが3本抜け大きな揺れを生じる。	2,030

C	 固定用木ねじ穴 (3箇所) 布バンド (幅18mm) 最大長さ600mm 締付金具 固定用木ねじ穴 (引張強さ100kg・f)	X	3.0	・バンドが張り、若干のゆるみが生じることによって振動が大きくなり、取付部の金具に若干曲げが生じた。	3.350
		X	1.7	同上	3.080
		Y	3.0	・本棚が一方へ移動し、バンドの張り詰めた状態で振動を継続した。	620
		Y	1.7	・本棚が一方へ滑り移動し、バンドが張り詰めると本棚がロッキングを引き起こし数回の衝撃によって締め金具付近にて布バンドが切断した。	3.140
	 連結金具 くさり 最大長さ450mm 連結金具 (引張強さ95kg・f)	X	3.0	・本棚が一方へ滑り移動し鎖の張り詰めた状態で振動が継続した。	2.390
		X	1.7	・加振25秒後、本棚振動の衝撃によって鎖の連結金具が伸び鎖が外れた。	3.810
		Y	3.0	・本棚が一方へ滑り移動し鎖が張り詰めた状態で振動が継続した。	790
		Y	1.7	・本棚がロッキングを生じ本棚下部が徐々に前方へ滑り出ることにより、本棚が傾斜し衝撃が加わって鎖の結合金具が破損。	5.750
	 50 35 金具の厚さ 2mm くさり 最大長さ155mm くさり長さ 調節ねじ (引張強さ240kg・f以上)	X	3.0	・本棚が一方に滑り鎖が張り詰めた状態で振動が継続した。	3.900
		X	1.7	・本棚の振動衝撃によって鎖が伸び固定金具の曲げが生じた。	4.080
		Y	3.0	・本棚が軽いロッキング振動を継続した。	2.010
		Y	1.7	・本棚が激しいロッキングを繰返し、強い衝撃振動が加わり、鎖が若干伸びた。	5.260

		Y	3.0	・本棚が一方に滑り移動し、ひもが張り詰めると本棚下部が前方へ滑り出て後方への転倒危険を生じる。	1,270
			1.7	同 上	2,360
D	 ※この実験については、2ヶの転倒防止具を用いた。	X	3.0	・天井板を押し上げ本棚のロッキング振動が継続する。	2,530
			1.7	同 上	1,950
		Y	3.0	・加振15秒後、本棚が回転移動し1ヶが外れる。	1,330
			1.7	・加振5秒にて上記状況となる。	2,830
		X	3.0	・天井板が押し上がるにより、本棚と防止具の接触部が滑り本棚のロッキングが継続する。	3,330
			1.7	・本棚のロッキング振動に伴って防止具が徐々に前方へ滑り出てくる。	2,920
		Y	3.0	・ほとんど本棚が動かない。	560
			1.7	・本棚の滑り移動が生じ、徐々に振動が大きくなって防止具が横にズれる。	2,150

備考：加振実験は、床材として合板及びスレートを用いて実施し、顕著な挙動を示した結果のみを掲げた。

表 4 転倒防止具の取付状態の違いによる本棚上部における応答加速度

(実験試料：分類C)
(加振加速度：500ガル)

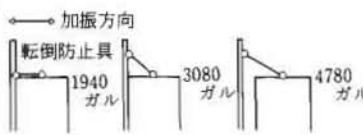
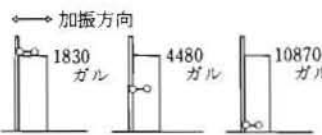
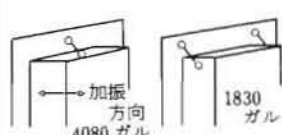
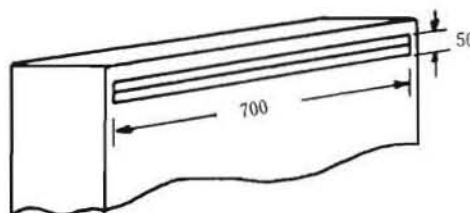
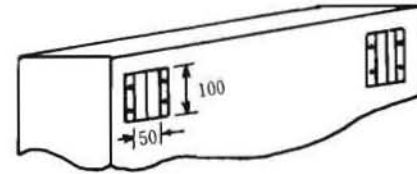
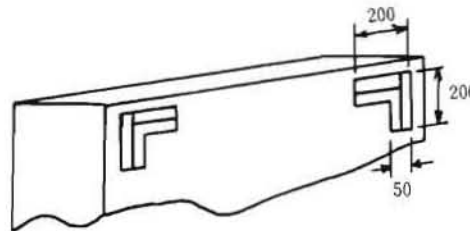
取 付 か 所 等 の 変 化	取 付 高 さ の 変 化	取 付 数 の 変 化
		

表-5 マジックテープによる転倒防止方法と本棚の応答加速度 (ガル)

(加振加速度：500ガル、床材：スレート)

取 付 状 態	加 振 周波数	応答加速度 測 定 位 置	X 方 向 加 振	Y 方 向 加 振
 本棚上部にテープ2本を接着	(Hz)	最 上 部	1,160	650
		重心位置	940	590
	1.7	最 上 部	930	790
		重心位置	850	750
 プラスチック板にテープを接着し 木ねじにより固定したもの	0.3	最 上 部	1,210	620
		重心位置	1,630	620
	1.7	最 上 部	1,210	650
		重心位置	2,690	700
 L字形に接着したもの	0.3	最 上 部	/	590
		重心位置		530
	1.7	最 上 部		820
		重心位置		790

備考：マジックテープは、生駒織物㈱製「ユニテープ」巾2.5cmのものを使用した。

以上の結果から次のことが考えられる。

(1) 家具などの据付け場所について

図-2, 3に示す結果から、床材の違いによって本棚頂部(固定か所)の振動には顕著な違いが現われており、硬いスレート床では畳、合板床に比べて衝撃的な強い振動を生じた。

(2) 転倒防止具の素材の強度について

ア. ヒートンや洋灯吊りは、簡便な金具であり利用し易いが、素材の強度は55 kg・f以下程度であるため、結合か所の僅かなゆるみから生じる衝撃的な振動により、容易に破損した。(分類A)

イ. 不適当な素材や結合方式に起因する結合力の弱い試料もあり、設計上の検討が望まれる。(分類B, C)

(3) 構造上の問題について

ア. 鎖や布バンドなどを用いて相互に連結する場合は、相互間にゆるみを生じ易く、微振動が増幅し最終的には強い衝撃力によって部材の破損を招くケースが多い。(分類C)

イ. 素手によってねじ類を締付ける方式のものは、固定部分のゆるみや滑りを生じ易く、確実性に乏しい。(分類B・D)

ウ. 転倒防止具の機能上、振動方向や本棚の滑り具合によっては固定効果の減ずる場合が認められる。(分類C・D)

(4) 取付上の問題について

ア. 抽出試料全般を通じ、そのほとんどが木ねじ類を使用しており、薄い化粧合板や天井材などの軟質素材への固定は避けるべきである。そしてこの固定か所の選択は、購入者側に委ねられる面が多く注意が必要であるうえ、適当な取付か所を見出すことが困難な場合が多い。

イ. 面的な接合効果を生かして接着剤の利用も効果的である。しかし、適合する接着剤の選択や、接着面積の決定には注意が必要である。

(5) マジックテープを利用した転倒防止法について

マジックテープの使用面積や形状を変えた3形態の試料を試作し、本棚背面上部に取付

け、前後・左右の直交2方向の水平加振を行ったが、それぞれ十分な効果が認められた。

しかし、マジックテープの使用形態上、はぎ取り力の働く斜方向の振動に対しての強度が問題となるが、振動方向それぞれに対応して、L字形に設置するなどの工夫を加えることによって、重心位置が比較的高く、そして前方に寄り易い3ドアタイプ冷蔵庫の振動にも耐える結果を得た。(写真-3参照)

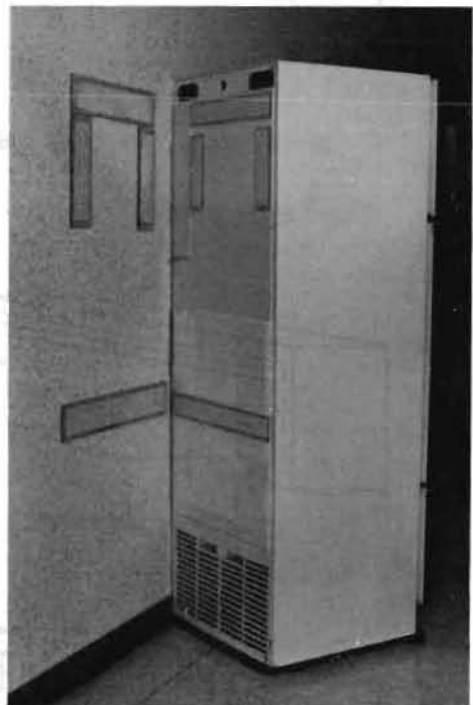


写真3 マジックテープを使用した
転倒防止具の使用例

5. 考 察

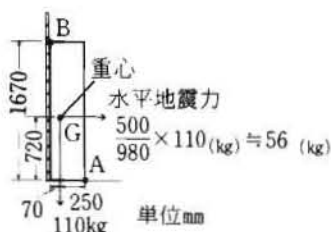
(1) どの程度の振動に耐え得るべきか。

近年、建築基準法施行令が改正され、建築設備機器等についても耐震規定が設けられた。これによると設計用標準震度は、その重要度に応じて最大1.0~1.5の地震入力を基本とされている。このことから、一般家庭内における転倒防止措置についても少なくとも家具等の自重が十分保持できる程度の強度を備えることが望まれる。

しかし、今回の実験においては、実験用本棚の自重に充分耐える静的強度を持った素材や構造の転倒防止具であっても、取付形態に起因して生じる振動の撃力によって容易に破壊するケースが多かった。したがってこの程度の耐震性を確保するためには、現状の転倒防止具個々について、それぞれ使用性能上の制約を検討しなければならないと思われる。

(2) どのような固定方法が有効であるか。

今回行った 500 ガルでの水平加振実験において本棚の上部を固定した場合における最低必要な固定力は次により求められる。⁽²⁾



上図において、A点を中心とした転倒モーメントは、 $56\text{kg} \times 0.72\text{m} = 40.32\text{kg} \cdot \text{m}$ また、A点を中心とした本棚の重力による復元モーメントは

$$110\text{kg} \times 0.25\text{m} = 27.50\text{kg} \cdot \text{m}$$

したがって差引 $12.82\text{kg} \cdot \text{m}$ の転倒モーメントが働くことになり、B点における必要な固定力は

$$12.82\text{kg} \cdot \text{m} \div 1.67\text{m} = 7.68\text{kg}$$

となる。さらに、床面との摩擦力を無視して水平方向に滑動しようとする力、 56kg を加えた約 64kg が最低必要な固定力となる。

例えば、試作したマジックテープには 1cm^2 あたり 3.3kg 程度の引離力があることから、理論的には約 20cm^2 の接合面積があれば良いことになる。そして、 50cm^2 のものを2ヶ使用した試作品は、おおよそ 330kg 程度の接合力を有していることになる。しかし、実際には複雑な振動や共振によって、連結方式（分類C）のもので平均2,990ガル、直接固定（分類B）については1,260ガル、マジックテープについては860ガルの衝撃的加速度を生じており、転倒防止具にはそれぞれ相当量の破壊力が作用することを考えると、余裕のある結合力が必要である。したがって、固定方法

については、市販品の中では比較的撃力の発生が少ない直接固定（分類B）の方法が効果的であると考えられる。

6. ま と め

(1) 家具などの据付けについて

ア．平坦な転倒しにくい場所への設置や転倒しても被害の少ない向きでの設置を心掛ける。

イ．重い物は低い所へ収納し、家具類の重心を低くおさえる。

ウ．転倒防止措置によって収納物が激しく飛び出す場合があるので、ガラス製品については、飛散防止上の特別の配慮が必要である。

(2) 転倒防止具の取付方法について

ア．家具等の上部を2ヶ所以上固定することが効果的であるが、滑り易い床に置かれた重量物については下部をも固定する必要がある。

イ．金具類を用いて直接固定する方法（分類B）には効果が認められるが、木ねじや素材自身の強度の確保について十分な注意が必要である。また、壁などに連結（分類C）する場合は、間隙やゆるみを生じないように堅固に固定する必要がある。

ウ．木ねじ類の使用に際しては、振動によって生じる引抜こうとする力が、木ねじ類の抜け易い方向と一致しないよう配慮する。

エ．転倒防止具自体の振動に対する方向特性が施工場所に十分適合するか検討する。

オ．一般的な転倒防止用具を用いることが困難な場合でも、マジックテープなどの別素材の活用を創意工夫する。

カ．接着剤を使用して面的な接合による効果を用いる場合は、接着剤や接着面積の選定には注意が必要である。

(3) 転倒防止に関する取扱い説明について

今回抽出した試料それぞれについての性能表示、施工上注意すべき事項などの説明には全般に不備な点が多く、改善が望まれる。

7. おわりに

今後の普及が望まれる転倒防止用具については、その性能に関する標準化が待たれるところであるが、取付けについては使用者側に課せられた問題であることから、十分な検討が望まれる。そして、取付し易い屋内構造への改善を図ることや、大型家具類については事前に取付か所や転倒防止具を備えておくことなど、建築や製造時点での配慮も必要であると思われる。

参考文献

- (1) 昭和56年3月発生した鳥島近海を震源とする地震直後における都民の行動力調査結果（生活安全課）
- (2) 田代元弘・坪田張二「地震でも倒れない家具の留め方」