

地震を感知しプラグを外す装置の研究開発 (第1報)

Development of a device disconnecting plugs at earthquake shock. (Series 1)

安 齊 克 三*
 小 坂 廣 治*
 加 藤 和 夫*
 片 岡 正 弘*

概 要

本装置は、地震動を感知し、コンセントに差し込まれたプラグを自動的に外すことにより、電気機器からの出火を防止するもので、機械バネの力及び圧縮空気の力を利用した2種類の試作品を作成した。

今後は、装置の動作の信頼性の向上、感震装置の作動の適正化、長期間使用に耐えるための装置の改良等実用化に向けて研究開発を継続するものである。

本報では、試作品の概要について報告するものである。

We made trial products of two types of outlets, which remove the plug by a spring or by air pressure, to prevent electric fires upon sensing an earthquake.

For wide use, these outlets have to be improved such as to increase the safety by insulating parts, to activate vibration sensor property, and to make a lifespan long.

This report shows the process of the development and the outline of the products.

1 はじめに

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災において、電気に起因する火災が多数発生した。この地震においては電気ストーブ、鑑賞魚用ヒーター等の電気機器からの出火事例について多数報告されており、これらの防止対策が緊急の課題となっている。

地震時の屋内での電気火災を防止するためには、地震を感知して、自動的に

- (1) 分電盤のブレーカーを遮断する方法
- (2) コンセント部分において、負荷への電気供給を遮断する方法

等が考えられるが、前者は照明等の避難上必要なものまで遮断されることから、負荷の選択の可能な後者について研究開発を行った。

後者の方式では、コンセント部分に差し込み、マイクロスイッチを「入・切」する方式で100V電源回路を切断するものが既に開発されていることから、機械的に引き抜く方法、即ち地震時に人に代わって地震を感知すると自動的に電気機器のプラグを抜き外す装置の研究開発を行った。(図1参照)

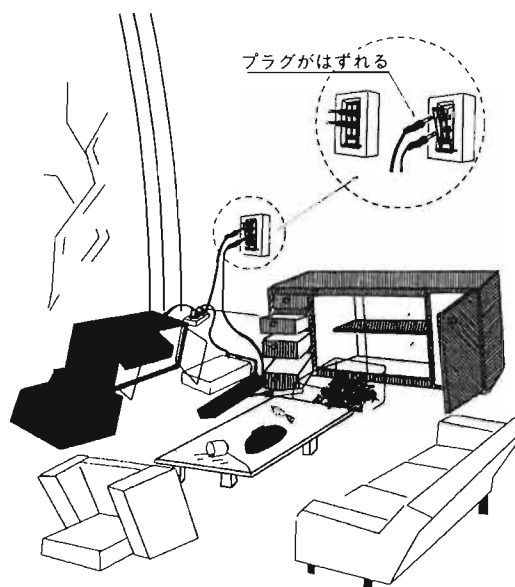


図1 装置の使用説明図

*第二研究室

2 開発経過等

(1) プラグを抜くために必要な力の調査

コンセントに差し込まれたプラグを引き抜くために必要な力を調査するため、当研究所内の壁付きコンセント5ヵ所、振動実験室内のコンセント2ヵ所、新品コンセント3個（合板で作成した壁に取り付けて測定した。）について、プラグ（3種類）の先にバネ秤を取り付けて引っ張り、抜ける時の力を測定したところ、表1の結果となった。

コンセントにプラグを差し込む頻度、差込んだままの長期間使用、殆ど使用しないものなど状況により差異があると思われるが、結果は最大で4.1kg、平均で2.2kgであった。

このことから、コンセントからプラグを引き抜く力は、コンセント1個当たり、余裕をとって最大5kgあれば充分機能することが判明した。

しかし、「電気用品の技術上の基準を定める省令」の基準を踏え6kgf/1個を基礎的な設計基準とした。

表1

| コンセントNo | 引抜きに要する力 (kgf) | | | コンセントNo | 引抜きに要する力 (kgf) | | |
|---------|----------------|-----|-----|---------|----------------|-----|-----|
| | プラグ No. | | | | プラグ No. | | |
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 3.7 | 3.1 | 2.7 | 6 | 2.1 | 1.5 | 1.5 |
| 2 | 1.9 | 2.1 | 1.7 | 7 | 3.5 | 2.5 | 2.0 |
| 3 | 2.3 | 3.0 | 2.3 | 8 | 4.1 | 3.7 | 3.4 |
| 4 | 2.4 | 2.7 | 2.8 | 9 | 3.3 | 4.0 | 1.5 |
| 5 | 2.6 | 3.0 | 2.3 | 10 | 2.9 | 2.3 | 1.5 |

(2) プラグを抜くための動力源と引き外し機構の検討

プラグを抜く動力となるものとして、①空気圧を利用したもの②機械バネ（ねじりコイルばね）を利用したものを考えた。

ア 空気圧を利用したもの

(ア) 動作原理を確認するための試作品

① 図2-aのようにコンセントボックスの上部及び下部にシリンダーを装着する。

② このシリンダーを空気圧縮の力を利用して、押し上げることによって、この装置を壁のコンセントから引き離すものである。

③ なお、このシリンダーを押し出す力F (kgf) と空

気充填圧力P (kgf/cm²)の関係は、シリンダーロッドの断面積をS (cm²)、半径をr (cm) とすると、

$$F (\text{kgf}) = S (\text{cm}^2) \times P (\text{kgf/cm}^2) = \pi r^2 P$$

ここでF = 6 kgf一定とすると、空気充填圧力と断面積及び直径の関係は次表のとおりである。

表2

| 空気充填圧力 P (kgf/cm ²) | 断面積 S (cm ²) | 直径 2r (cm) | シリンダーロッドのストローク l (cm) |
|---------------------------------|--------------------------|------------|---|
| 3 | 2.0 | 1.60 | 1.2 (差し刃の長さ1.7cmから、コンセントの板厚0.5cmを引いた値) |
| 4 | 1.5 | 1.38 | |
| 5 | 1.2 | 1.24 | |
| 6 | 1.0 | 1.13 | |

従って、設計基準F = 6 kgfとすると、コンセントの大きさから判断して、シリンダーロッドの径は、1.4cmが適当であるので、空気充填圧力は、1個당りおよそ4 kgf/cm²になる。

とりあえず、一例として図2-bにおける、シリンダーストロークの容積に、配管容積を加えたものと同等の容積で、8 kgf/cm²に充填した空気ポンプを用いれば、シリンダーロッドを押し出すことができる。これをもとに試作品を製作した。

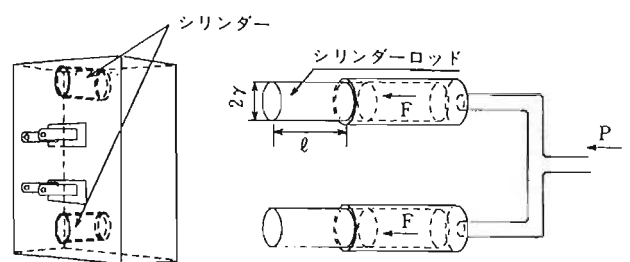


図2-a

図2-b

図2 空気圧縮の力を利用した動作原理図

(イ) 空気バネ式（外付け型）

(イ)をもとに図3のように差し刃、受け刃を有するボックスの中に、空気ポンプ、電磁弁、感震装置、バッテリー、シリンダーを収納した装置の製作を行った。この装置は、装置本体をコンセントから引き離す機構となっている。これをもとに、以下の装置に応用した。

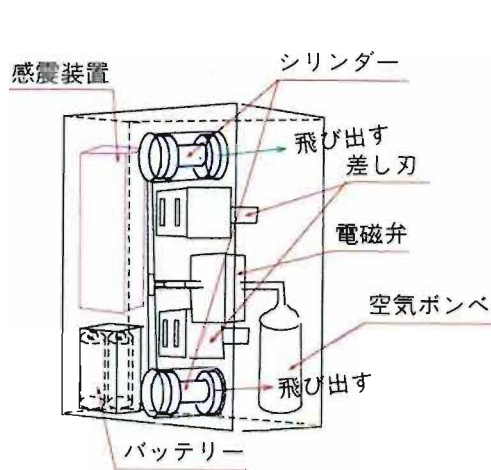


図3 空気バネ (外付け型)

(ウ) 空気バネ式 (埋込み型)

図4のように、壁に埋め込んでコンセントとして使用する形式の試作品を製作した。

地震が発生すると、内蔵の感震装置が作動し、電磁弁が開き、ポンペからの圧縮空気がシリンダーに送られ、シリンダー内筒がプラグを押し外す機構になっている。(写真1参照)

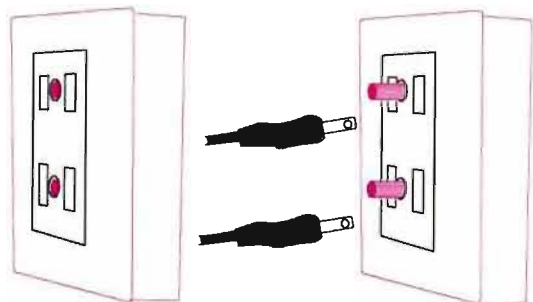


図4 空気バネ式 (埋込み型)

イ 機械バネ (ねじりコイルばね) を利用したもの

(ア) 直接起動方式

図5のようにねじりコイルばねの力を利用してプラグを引き抜く装置を試作した。

図のプレートの下部支点からの長さを r (8 cm) とすると、上端部で $f=12\text{kgf}$ の力が必要である。

従って、この力が得られるねじりコイルバネを装着した。

地震が発生すると、内蔵の感震装置の働きでプレートを止めているロックが外れ、バネの回転モーメントによりプラグを押し外す機構になっている。

(写真2参照)

この方式はロックを外す機構部の接触抵抗が大きく、信頼性に欠ける欠点がある。

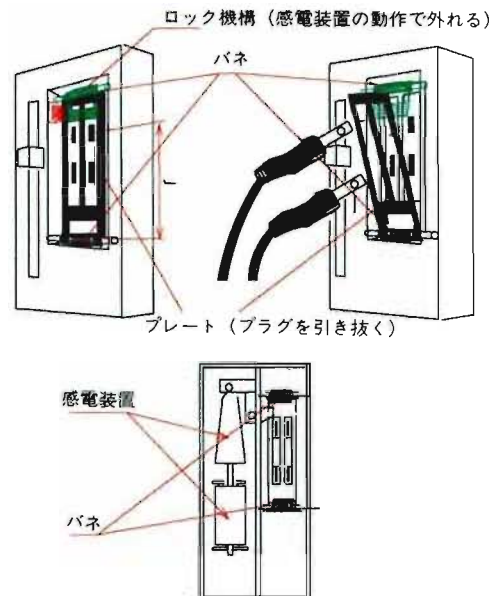


図5 機械バネ式 (直接起動方式)

(イ) 電気起動方式

図6のように直接起動方式の欠点を修正するためプレートを止めているロックを外すのに、電気の利用したものを試作した。

地震を感知し、内蔵の感震装置が作動すると図7の回路図のスイッチを起動し、電池からソレノイドに電流を流す。このソレノイドの電磁力によりプランジャが動きロックを外す機構になっている。(写真3参照)

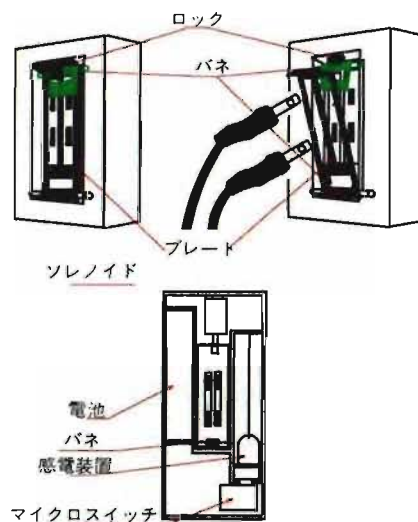


図6 機械バネ式 (電気起動方式)

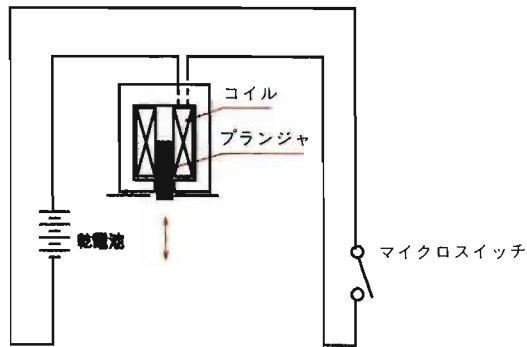


図7 電気回路

(ウ) ギヤ式 (外付け型)

(ア)、(イ)の型のはロック部分にバネの力が全て加わることから、接触抵抗が大きく、大きな力を必要とするので、装置のコンパクト化等で欠点がある。そこで、前項(2)ーアー(ア)及び(2)ーイー(イ)の理論を応用し、更に、バネの力を直接加えずギヤを介在させることによりロックする力及びロックを外す力を小さくすることにより確実に作動する装置を開発した。

図8のように、既設のコンセントに取り付けて使用するタイプで電気機器のプラグを差し込んで使用する。

地震が発生すると、内蔵の感震装置が作動し、ギヤを止めていたロックが外れ、バネの力がプレートに加わりプレートを前面に押し出しプラグを外す機構になっている。(写真4参照)

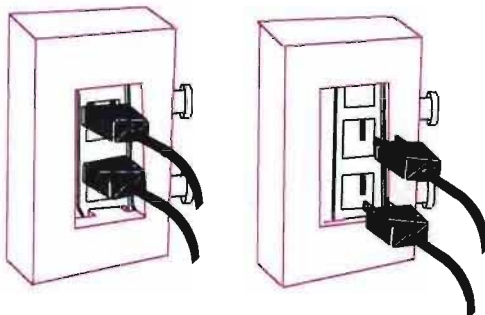


図8 ギヤ式 (外付け型)

(エ) ギヤ式 (埋込み型)

壁に埋め込んでコンセントとして使用し、電気機器のプラグを差し込んで使用する。

地震が発生すると、内蔵の感震装置が作動し、ギヤを止めていたロックが外れ、バネの力でロッドを押し上げて、プラグの差込間の樹脂部を押し、プラグを外す機構になっている。

(写真5参照)

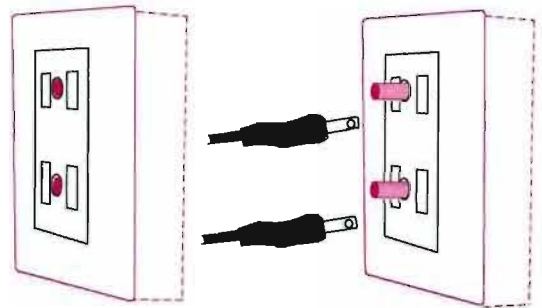


図9 ギヤ式 (埋込み型)

3 試作機の検証等

試作品について、二次元振動測定装置上のモデルハウスの壁面にセットし、1993年釧路沖地震波で加振し作動試験を実施した結果、空気バネ式(埋込み型)、ギヤ式(外付け型、埋込み型)については確実に作動したが、直接起動方式、電気起動方式は動作が不安定であり今後、検討していく必要がある。また、空気バネ式については、内蔵の空気ポンペに自転車用の空気入れで約8.0kg/cm²に充填して実験を行った結果、動作等の機能は確実であることが判った。今後は、経年変化に対する性能評価を検討していく必要がある。

4 まとめ

各種試作品を製作し実験検討し、改良を重ねた結果、確実に作動し、繰り返し使用が可能で、リセットが容易であるギヤ式を開発するに至った。

今後は更に、機能の信頼性の向上、感震装置の作動の適正化、耐久性の向上等について改良を加え実用化に向け研究開発を継続するものである。

なお、これらの装置については、現在、特許出願中である。

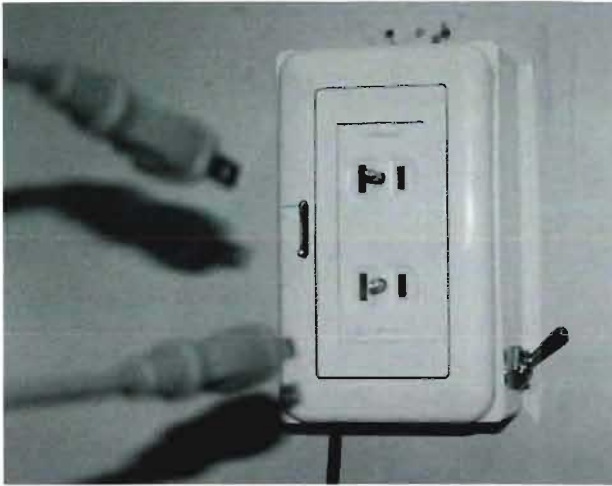


写真1 空気バネ式 (埋込み型)

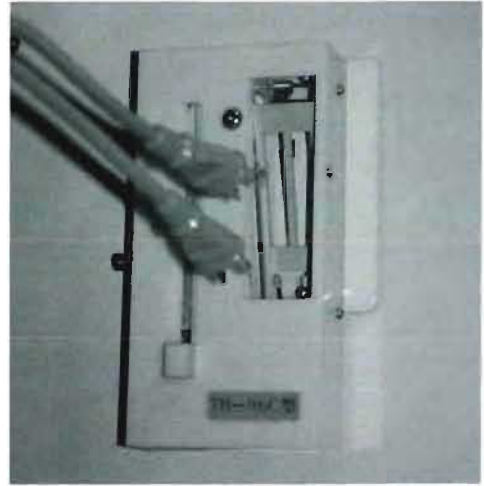


写真2 機械バネ式 (直接起動方式)

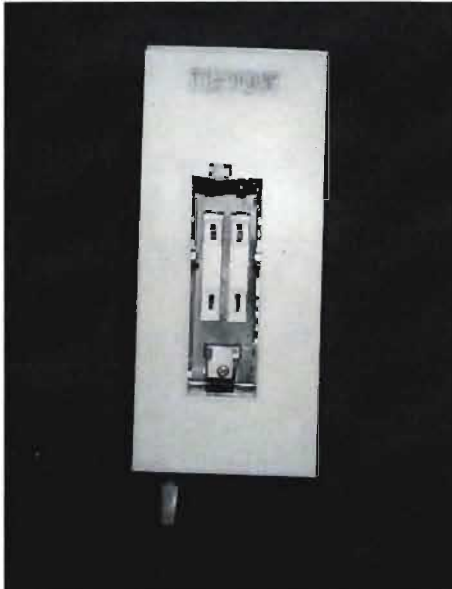


写真3 機械バネ式 (電気起動方式)



写真4 ギヤ式 (外付け型)

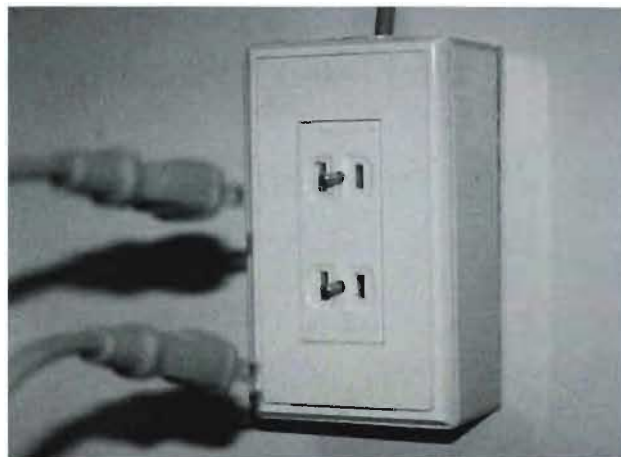


写真5 ギヤ式 (埋込み型)