

救助用エアージャッキの開発とそのシミュレーション

勝山邦久*, 緒方雄二**, 和田有司**

橋爪 清***, 西田謙二郎***

阪神・淡路大震災のように非常に大きな災害の場合は、電気・ガス・水など全てのエネルギーラインが遮断される。また、近隣から救助に向かおうとしても、交通の混乱のため、現場に到着するには何時間・何日という時間が必要で、救助に間に合わない場合がある。特に、家屋の瓦礫の下敷きになり、生きながらの焼死をした人もいることは記憶に新しい。そこで、エネルギーを自分自身の中に持っている火薬類を用いたエアージャッキなるものを考案した。エアージャッキは、現在自動車に使われているエアバッグを応用した物で、これにより重い瓦礫を持ち上げ、瓦礫の下になっている人を救助しようとするものである。簡易エアージャッキを製作し、それによるコンクリートを持ち上げる実験と、そのシミュレーション結果について述べた。

1. はじめに

1995年1月17日午前5時46分兵庫県南部地震が発生し、5500名を越える多数の犠牲をもたらしたことは記憶に新しい。この震災では圧死による被害者が多かったことが特徴の一つとしてあげられる。例えば、神戸市東灘区深江北町には戦後すぐ建設された家屋が多く、50棟中17棟が倒壊、6棟が大破、半数が大きな被害を受けた。

神戸市長田区鷹取商店街の火災はひどく、東西300m、南北200mのブロック全域が火災により消滅した。洋品店の奥さんが倒壊した家の中に閉じ込められた。上から穴をあけ救助しようとしても何トンとある瓦礫は動かず、そのうち夕方6時頃近所で出火。電話で消防車を呼ぼうとしても電話はつながらず、閉じ込められた奥さんの所に火が来るまで1時間とはかからなかった。動かすことの出来ない瓦礫の下で生きながらの焼死になった。

1998年7月14日受理

*工業技術院資源環境技術総合研究所地殻工学部

**工業技術院資源環境技術総合研究所安全工学部
構造安全研究室

〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-3

TEL 0298-58-8560

FAX 0298-58-8558

***日本化薬(株)化学品事業本部

〒102-8172 東京都千代田区富士見1丁目11-2

(東京富士見ビル)

TEL 03-3237-5361

FAX 03-3237-5089

災害が大きくなると、電気・ガス・水等のエネルギー源は全て遮断され、ガス漏れ・水道漏れを修理するにも既存の溶接機器などは使用できない。また、避難・救助のため、道路は混雑し、救助のための重機の移動もままならぬ事が今回の大災害で明らかとなった。そこで、既に内部にエネルギーを有しており、瓦礫を持ち上げるのにそれ以外何も必要のないエアージャッキなる物を考案・開発した。これは、既に多くの自動車に備え付けられているエアバッグを応用したものであって、エネルギーを自らの内部に有し、小型で運搬が容易で、誰でも使用でき、且つ保存も長期間可能である火薬類を有している。今回は、簡易エアージャッキを製作、これを用いてコンクリートブロックの持ち上げテストを行い、その効果を確認すると共に、数値計算によりその様相をシミュレートした。

2. エアージャッキの性能と構造

今回圧死した人の上に載った瓦礫の重さを実際に計測することは困難であるが、建築基準法施行令の積載荷重に定められた数値から検討してみる。倒壊した家屋の多くは、瓦葺きの家ということであったので、積算した家屋はFig. 1に示したような一般的な木造2階建を検討した。延べ床面積は170m²、壁面積は225m²の建築物とする。1階が倒壊し2階の屋根・床と壁が荷重となる。Table 1は、数値計算に用いた値を示したものであって、屋根は瓦葺きでふき土がある場合の1m²当たりの重さで、天井は繊維板張り、打ち上げ

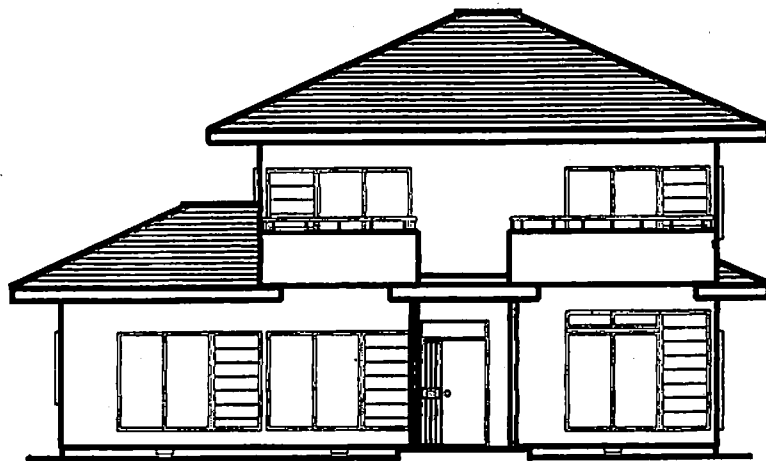
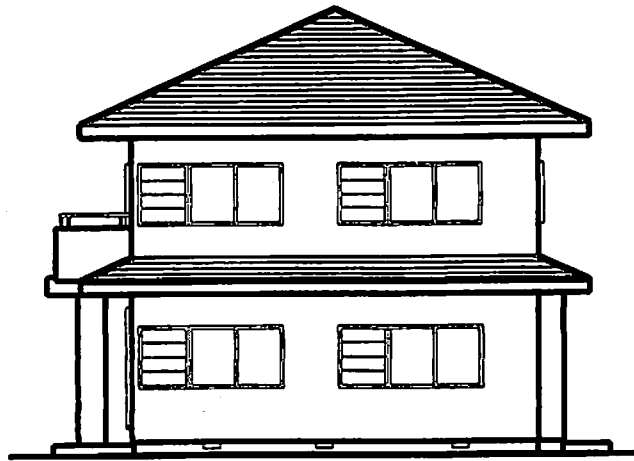


Fig. 1 Typical Japanese house

Table 1 Weight of the collapsed Japanese style house

	roof	ceiling	floor	wall	pole	bureau	total
	100kg/m ²	15kg/m ²	35kg/m ²	85kg/m ²	19kg/p	70kg/b	
	m ²	m ²	m ²	m ²	pole	bureau	kg
3 mats	5	5	5	6.6	4	1	1457
4.5mats	7.4	7.4	7.4	9.8	4	1	2089
6 mats	9.9	9.9	9.9	13.1	4	1	2745
8 mats	13.2	13.2	13.2	17.5	4	1	3614

板張り、合板板張りなどの場合であり、床は木造畳敷きで床板、根太を含む値、また壁は木造の建築物で一番重い値を採用し、柱は各部屋何本かあると思われるが、4本は瓦礫の重さに含まれるものとし、またタンクも1棟は瓦礫の重さに加わるものとした。

そのように仮定すると、例えば1階の3畳の間に寝ていて、2階が落ちてきた場合は約1.5トンの荷重が加わり、8畳の間にいた人の場合は約3.6トンもの荷重が加わることになる。ただし、持ち上げるのは片方

が支点になるのでこれらの半分の重さを持ち上げればよいことになる。

今回検討したエアージャッキは2種類であって、その一つの例を示したのがFig.2である。現在使用されている自動車の衝突事故対策に使われているエアバッグのインフレーターをそのまま使用するため、同図のような形を検討した。図右半分は展開前で、左半分が、エアージャッキ内部の圧力が上昇し、展開している状態である。①はインフレーター、②③は台、④は

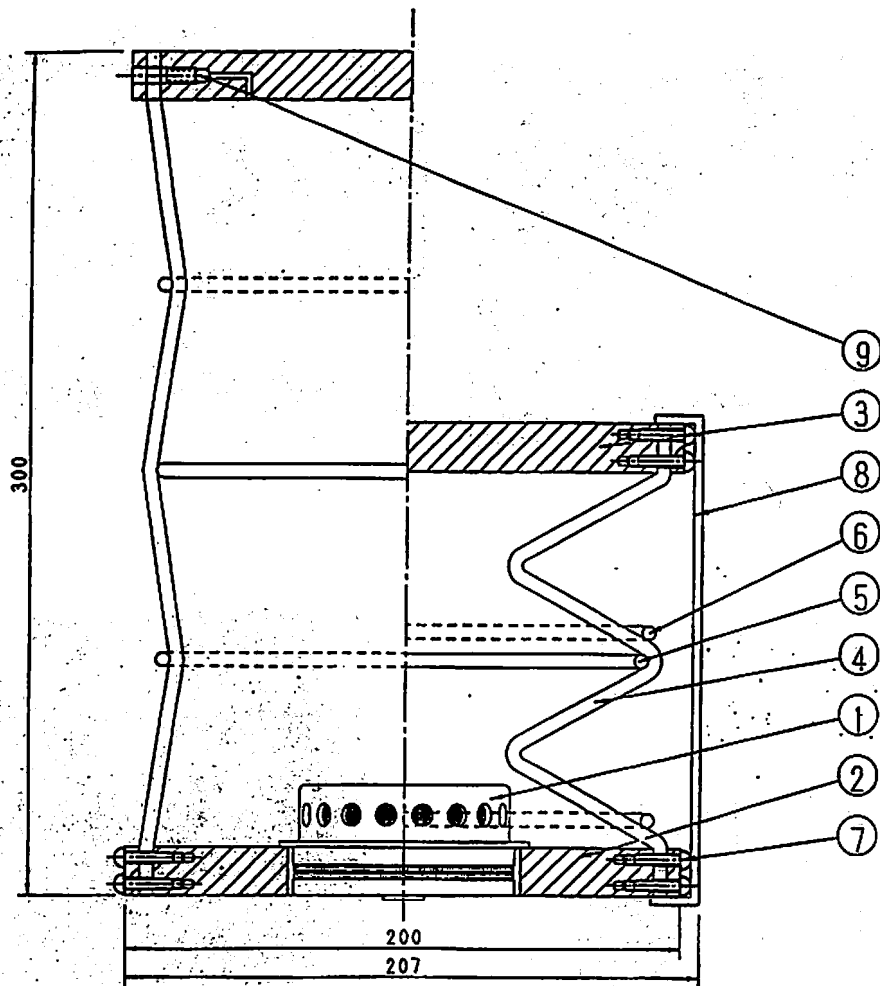


Fig. 2 A developed air-jack

ジャッキ用バッグ、⑤⑥は補強用リング、⑦は小ネジ、⑧は保存時枠型、⑨はラブチャーディスクなどの安全装置である。エアージャッキの台の直径は200 mm~300 mm程度、展開時の高さは、助け出すとき必要と思われる人間の体の厚さより少し大きめの高さを検討した。

他の一つは、簡易エアージャッキであって、Fig. 3に示すように、まず、エアバッグ用インフレーターをゴミ袋用ポリエチレン袋に入れ、それを米袋用紙袋に入れ、それをさらに大きさ約75 cm×48 cmの合成繊維の袋にいれ、簡易エアージャッキを作成した。今回、用いたインフレーターはFig. 2の図に示した物と同一であって、直径76 mm、高さ40 mmの容器にガス発生剤が44 g入っている。

3. 実験

2個のレンガを横にした上に1辺が50 cmのコンクリートブロックを載せ、地面とコンクリートブロックの間に簡易エアージャッキを設置し、その簡易エアージャッキの作動によるコンクリートブロックの持ち上げ実験を行った。

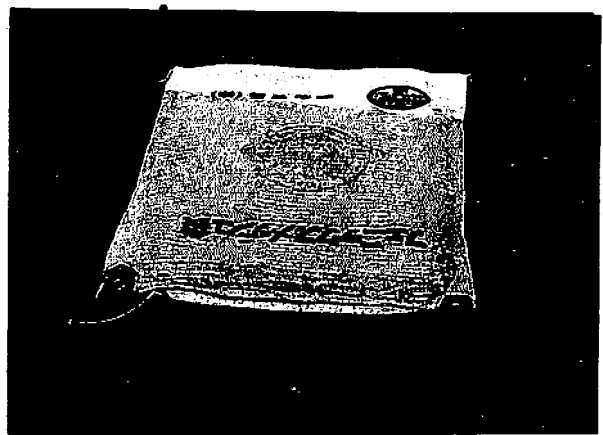
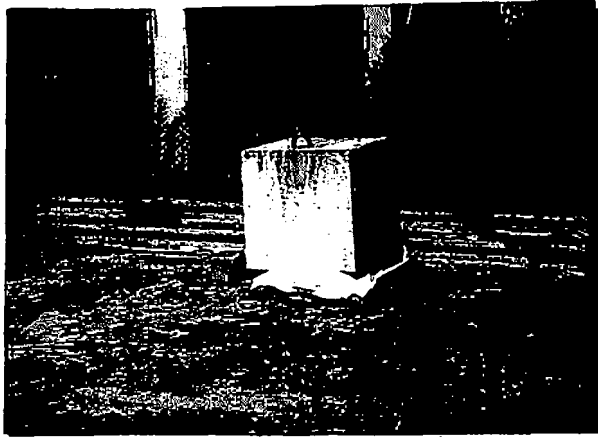
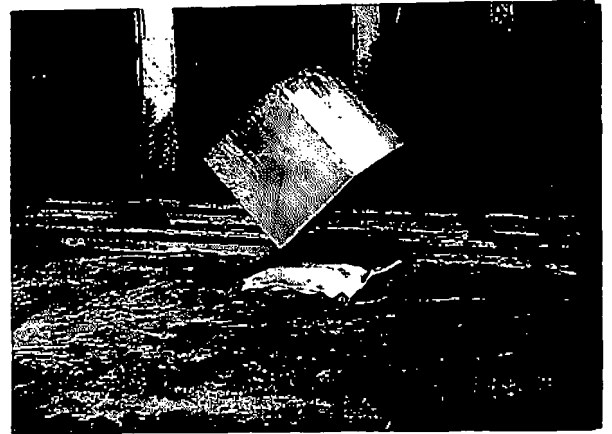


Fig. 3 A bag with a inflator in it

Fig. 4 (a)は、着火直後の写真であり、高速度ビデオの観察によると着火後30 msの時間で、簡易エアージャッキが一辺50 cmのコンクリートブロックを持ち上げようとしているところである。(b)は、着火後380 ms後の写真で、ビデオ観察によれば一度ブロックが上がり、下がりかけているところである。このようにエアージャッキを用いると容易に重量物を持ち上げる

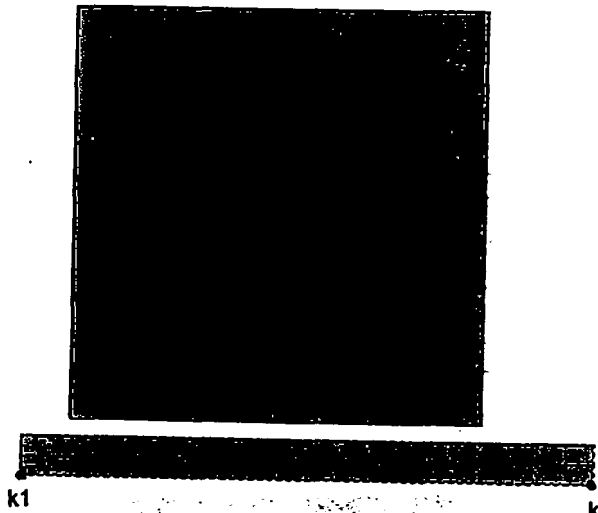


(a) 30ms

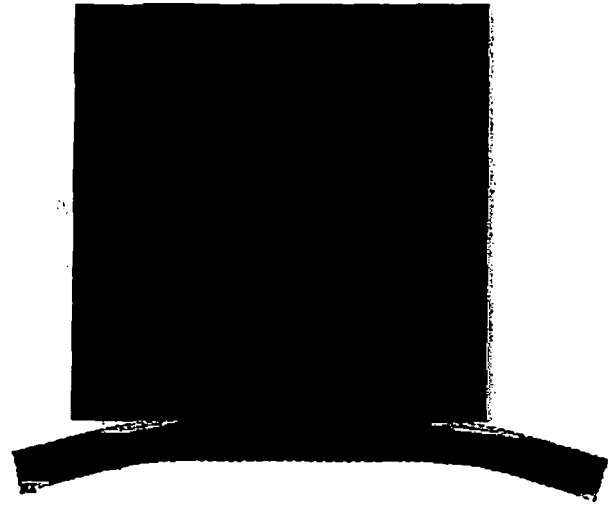


(b) 380ms

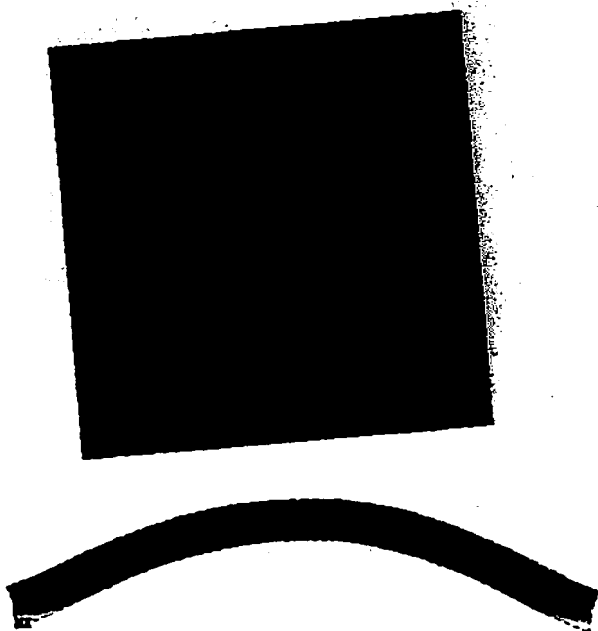
Fig.4 Results of the experiment of the simple air-jack (conceret block:50cm×50cm×50cm)



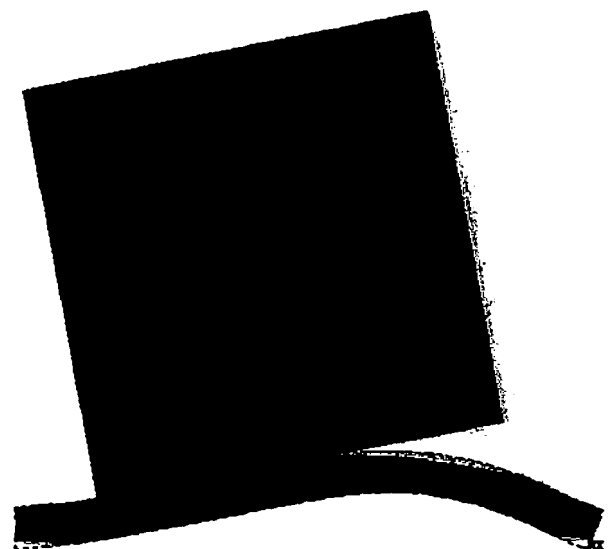
(a)



(b) $t=50\text{ms}$



(c) $t=200\text{ms}$



(d) $t=400\text{ms}$

Fig.5 Simulation of a simple air-jack

Table 2 Elastic moduli and density used for a simulation of a simple air-jack

	Young's modulus	Poison's ratio	density
concrete	200 GPa	0.22	2.02 g/cm ³
air-jack(assump.)	20 GPa	0.3	1.0 g/cm ³

ことが分かる。

4. ANSYSによる数値計算とその結果

コンクリートブロックを持ち上げる計算を通産省・工業技術院・計算機センターのスーパーコンピュータ CRAYに搭載されているANSYS 5.3を用いて解析した。まず、2次元・平面応力問題として解析したモデルは、Fig. 5 (a)に示すように、50cm×50cmのコンクリートブロックとインフレーターを内部に設置したゴミ袋用ポリエチレン袋、米袋用紙袋と合成繊維の袋を合わせて一枚の弾性体と見なしたもので、Fig. 5の点k1とk2は固定点とし、k1とk2を結ぶ線に下方向から圧力が作用するものとした。コンクリートブロックと袋との間は接触問題として解析した。圧力は時間t=0で35 MPaの値が瞬間的にk1-k2線上に作用するものとした。Table 2は計算に用いた弾性定数である。エアージャッキの定数が実際のものより大きいと思われるが、計算を実行するために便宜的に設定したものである。

Fig. 5 (b)は圧力が作用し始めてからt=50msの時の結果で、エアージャッキが膨れ、コンクリートと接触し、コンクリートが少し持ち上がった場合である。Fig. 5 (c)はt=200msのもので、コンクリートが一番上にまで飛び上がった頃の図である。(d)はt=400msの時の結果で、コンクリートが落ちてきてエア-

ジャッキと再び接触している場合である。時間が少し異なるが、Fig. 5 (b)と(d)はそれぞれFig. 4 (a)と(b)に対応するものである。これからもエアージャッキ内にある火薬類のみにて、重いコンクリートブロックを持ち上げることが可能であることが分かる。ただし、今回の場合はエアージャッキ内の圧力が大きいため、コンクリートが一旦持ち上がった後落ちてくる結果になり、もし、その下に人がいれば再び痛い目に遭うが、圧力を調整することにより、コンクリートが上がったまま維持することも可能である。そういう計算をするのに本シミュレーションは役に立つものと思われる。

8. まとめ

普段の工事現場などでは、ショベルローダ、ダンプなど重機などが活躍し、重たい土砂・岩石など軽々と運搬している。しかし、阪神・淡路大震災のように全ての電気・ガス・水などエネルギー源が止まり、周囲に何も使うものが無い場合は、人間の無力さにはどうしようもない。そこで、自分自身の内部にエネルギーを蓄えている火薬類を用いれば、このような大災害の場合に大いに貢献するだろうとの考えの基で、エアージャッキなるものを考案・開発した。

簡易エアージャッキを作成、50cm×50cm×50cmのコンクリートブロックを持ち上げる実験を行った。この実験のシミュレーションはプログラムANSYSを用いて行った。

エアージャッキの形、着火方法など検討すべき点は幾つかあると思われるが、既存のエアージャッキを応用し、手軽に作ることが出来、長期保存も可能で、エネルギーを内蔵した今回のエアージャッキは、大災害の場合、役立つものと考えている。

Development and simulation of the air-jack for emergency like a huge disaster

Kunihisa KATSUYAMA*, Yuji OGATA*, Yuji WADA*
Kiyoshi HASHIZUME** and Kenjiro NISHIDA**

When a disaster is so huge like Kobe earthquake, every energy line is killed. Even if we want to help the sufferers, we have no energy to move machines to help them. As collapsed houses are very heavy, we need machines to remove collapsed stuff. Explosives include a lot of energy in themselves. So, an air-jack which has explosives inside was developed to remove collapsed stuff on suffered people. A simple air-jack was made and tested. One concrete block, 50cm×50cm×50cm, was lifted by the simple air-jack. A simulation of lifting the concrete block was carried out with a programme ANSYS on the super computer.

(*National Institute for Resources and Environment, AIST, MITI, 16-3
Onogawa, Tsukuba, Ibaraki, Japan 305-8569

**Nippon Kayaku Co. Ltd, 1-11-2 Fujimi, Chiyoda, Tokyo, Japan 102-8172)