

がれき形成シミュレータを用いたがれきの形態解析に関する研究

北海道大学大学院情報科学研究科 ○増田寿信, 小野里雅彦, 田中文基, 伊達宏昭

要旨

阪神淡路大震災の犠牲者の多くは倒壊家屋,つまりがれきの下敷きになったことによる圧死・窒息死によるものであった.救助の遅れが被害の拡大に繋がったとされ,レスキューロボットなどの救助支援システムの開発が各地で進められているが,対象となるがれきについての知見が不足しているなどの問題点が出てきている.そこで本研究ではがれきを持つ性質を探るため,コンピュータ内に仮想のがれきを構築し,それらの形態解析を行った.

1. 研究背景

1995年1月17日未明に発生した阪神淡路大震災では犠牲者数6433人,重軽傷者数43792人にも及ぶ大きな被害が生じた.震災による犠牲者の多くは,倒壊した家屋の下敷きになったことによる圧死,窒息死である.阪神大震災においても,実に8割が圧死,窒息死となっている.

阪神大震災において救助の遅れが問題視され,迅速な救助活動によって被害の拡大は防げたとされており,これらの教訓を踏まえ,救助ロボットなどによる救助支援についての研究が各地で行われている.

しかし,がれきに対する解析はほとんど行われていないのが現状であり,救助ロボットなどの設計・評価を一般性をもって評価できないなどの問題点が出てきているため,がれきの形態解析が必要となっている¹⁾.

2. 研究目的

本研究ではがれき形成シミュレータGAREKIを用いて,がれきの形態解析を行う.破壊現象,力学的な安定性を考慮に入れると多くの情報を得ることはできるが莫大な時間を要してしまう²⁾.そのため本研究では,幾何学的な安定性のみを考慮し形成されたがれきに限定し解析することで,高速かつ大量にがれきモデルを生成し,がれきを持つ複雑な空間としての特徴を抽出,蓄積を行うことを目的とする.これらの特徴を把握するパラメータとしてがれき特徴パラメータがあるが,本研究では床投影面積,包絡体体積,空間占有率に絞って解析を行ってゆく.

3. がれき形成シミュレータ GAREKI

GAREKIとは,並列オブジェクト指向言語であるEUSLISPを用いて作成されたがれき形成シミュレータである.直方体がれきモデルを扱い,各要素に対して寸法,投下位置,姿勢を設定が可能であり,これらの設定値を一様乱数を用いて決定し,がれ

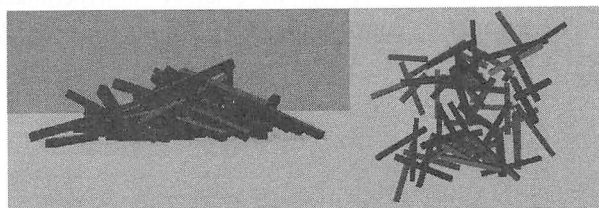


Fig. 1 シミュレータにより形成されたデジタルがれきモデル

きを形成してゆく (Fig. 1).

またがれき特徴パラメータである床投影面積,包絡体体積,空間占有率の計算も行うことができ,これらを指標としてがれきの性質を探ってゆく.

4. がれきの形態解析

4.1 がれき要素の初期値

がれき要素に与える初期値として,寸法に与える初期値はまず体積を[240000, 320000]の一様乱数で決定し,3辺の内2辺を[25, 35]の一様乱数で,残りの1辺は体積から逆算し与えた柱状を基本とする.投下位置はx, yに[-300, 300]の一様乱数を与えたものを基本とする.姿勢はroll-pitch-yaw角で与え,各軸に $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ の一様乱数を与えたものを基本とする.以下特に断りが無い限りこの値を使用する.

4.2 形状変化によるがれきの性質

要素体積を[240000, 320000]の一様乱数で決定し,箱状の寸法は2辺を[60, 70],柱状の寸法は基本値,板状の寸法は2辺を[160, 170]で一様乱数を用いて決定する.各形状について約50回試行を行った (Fig. 2).

がれき要素数変化に対する床投影面積の変化を見てみると,箱状が低く,板状が高いことがわかる.これは各要素の面の大きさに関係しているものと思われる.次に空間占有率の平均と標準偏差の関係を見て見ると,箱状が高く,柱状,板状が同程度であることがわかった.板状にばらつきが多いのは要素が直立する場合があるためである.

4.3 投下範囲変化によるがれきの性質

[-100, 100],[-200, 200],[-300, 300],[-400, 400],[-500, 500]の一様乱数をx, yに与え解析を行った.

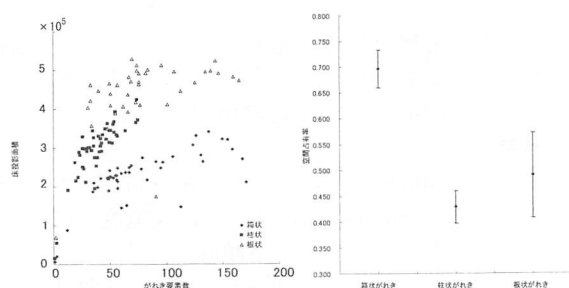


Fig. 2 形状変化時の床投影面積の変動と空間占有率の平均値

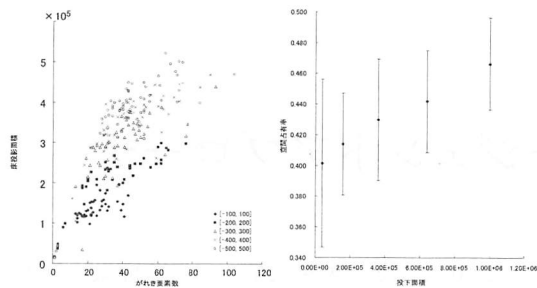


Fig. 3 投下範囲変化時の床投影面積の変動と空間占有率の平均値

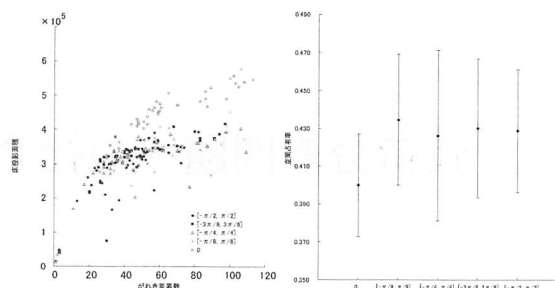


Fig. 5 pitch 角変化時の床投影面積の変動と空間占有率の平均値

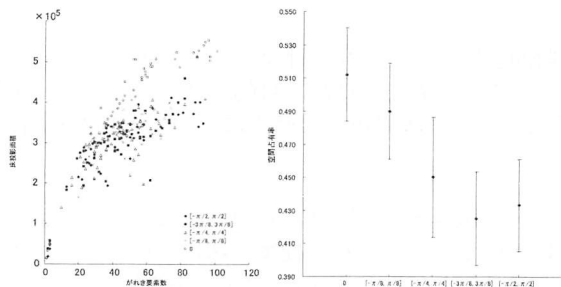


Fig. 4 roll 角変化時の床投影面積の変動と空間占有率の平均値

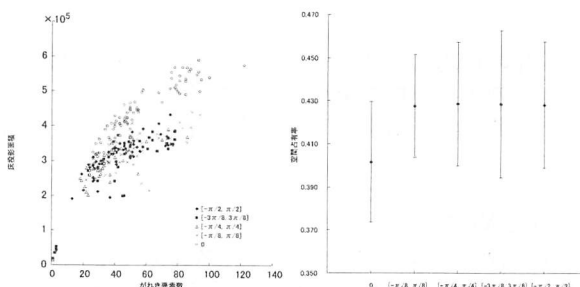


Fig. 6 yaw 角変化時の床投影面積の変動と空間占有率の平均値

床投影面積の変動と、空間占有率の平均値と標準偏差の関係を Fig. 3 に示す。空間占有率は投下範囲の増加とともに上がる傾向にあることがわかった。

4.4 姿勢変化によるがれきの性質 (roll 角)

roll 角に $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$, $[-\frac{3\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}]$, $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$, $[-\frac{\pi}{8}, \frac{\pi}{8}]$, 0 の範囲を与え解析を行った。

床投影面積の変動をと、空間占有率の平均値と標準偏差の関係を Fig. 4 に示す。0、つまり roll 角を固定した場合、床投影面積が他の条件に比べ大きくなることがわかった。これは方向性を持ってがれきが並ぶことで、隙間なく並んだからと考えられる。空間占有率の平均を見ても roll 角の振れ幅が大きくなるにつれ、要素が乱雑に並ぶため包絡体体積が増大し、空間占有率が下がる傾向にある。

また roll 角の振れ幅によって、最大で約 13 % ほど空間占有率が変動することからもわかるように、同形状のがれき要素があった場合、roll 角の振れ幅が空間占有率を決める大きな要因であることがわかった。

4.5 姿勢変化によるがれきの性質 (pitch, yaw 角)

pitch 角, yaw 角に対する解析の結果を以下にまとめて示す。roll 角時と同様に, pitch, yaw 角にそれぞれ $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$, $[-\frac{3\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}]$, $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$, $[-\frac{\pi}{8}, \frac{\pi}{8}]$, 0 の範囲を与え解析を行った。

pitch 角に対する解析時の床投影面積の変動と、空間占有率の平均値と標準偏差の関係を Fig. 5 に示す。yaw 角に対する解析時の床投影面積の変動と、空間占有率の平均値と標準偏差の関係を Fig. 6 に示す。

pitch 角, yaw 角からは類似した傾向が見られた。まず床投影面積について見てみると 0、つまり振れ幅を固定した場合、これらの値は増加することがわかった。空間占有率については振れ幅を固定した場合、空間占有率が下がった。これらの現象については原因が定かではないので、引き続き検討して行く。

5. 結論および今後の課題

最後に本研究で得られたことをまとめる。

- 箱状のがれきで形成されたがれきは、柱状、板状のがれきで形成されたがれきよりも空間占有率が高い。
- 同じ形状の場合、投下範囲が広いほど空間占有率は高い傾向にある。
- 同じ形状、投下範囲の場合、がれきの方向性がそろえば空間占有率、床投影面積が高くなる。

以上のことについて考察を行った。

また、今後の課題として、

- がれき形成シミュレータの発展改良
- がれき内における移動ロボットの経路生成方法の確立

等が挙げられる。

参考文献

- 1) 小野里, 小南: がれき工学の提案-レスキューのためのがれき研究のフレームワーク, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2000, 0p1-06-014, (2000)
- 2) 綿末, 小野里: 木造家屋の倒壊によるがれき形成過程のシミュレーション, (社) 計測自動制御学会 SI2001 公演論文集, 239-240 (2001)

工学
キ工学