



Title	固体の衝撃応答に関する研究
Author(s)	浅田, 和雄
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38593">https://hdl.handle.net/11094/38593</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 浅 田 和 雄

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 9 5 5 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 10 月 20 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 固体の衝撃応答に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査) 教 授 福岡 秀和

(副査) 教 授 小倉 敬二 教 授 小坂田宏造

## 論 文 内 容 の 要 旨

衝突や爆発により構造物中に発生する衝撃荷重や応力波や残留変形を明らかにし、構造物の破壊・損傷を評価する衝撃解析技術は、(1)理論法、(2)数値解析法、(3)実験法の三つの方法に大別できる。衝撃問題の解決のためには、この三つの方法のバランスのとれた研究開発が必要である。そこで、主に、(1)の理論法に関する「線形粘弹性体中での応力波の伝ば」研究、(2)の数値解析法と(3)の実験法とに関する「スパール破壊条件の研究」、および(2)の数値解析法に関する「二次元弾-粘塑性体の衝撃応答解析(差分法とFEMコードとの比較)」研究の三つの研究を実施し、固体の衝撃応答解析技術の高度化を計る。

「線形粘弹性体中の応力波の伝ば」研究は、(i)理論的研究と(ii)理論、数値解析および実験の比較研究との二つとなる。(i)の理論的研究では、線形粘弹性体の超関数モデルと射線法とに基づき、3次元応力波頭上での粒子速度の不連続量関係式を導く、この粒子速度の不連続量関係式を曲率を有しない2次元膨張波頭に適用し、波頭上での応力と応力勾配との減衰挙動を明らかにする。

ついで、(ii)の理論、数値解析および実験の比較研究では、粒子速度の不連続量関係式を、(a)曲率を有しない膨張波、(b)曲率を有しない剪断波、(c)曲率を有する膨張波、(d)曲率を有する剪断波の4種類の二次元波頭に適用し、波頭での応力や応力勾配と伝ば距離との関係を導く。三次元有限要素衝撃解析コードDYNA 3Dにより、線形粘弹性体の板におもりを落下させる解析をおこない、(a)の曲率を有しない膨張波頭での応力の指數関数的な減衰挙動(伝ば距離に対する)を明らかにし、理論と一致することを示す。最後に、線形粘弹性挙動を示すウレタンゴム板におもりを落下させる動的光弹性実験により、応力波頭の伝ば挙動を計測する実験を行い、(a)の曲率を有しない膨張波、(b)の曲率を有しない剪断波、および(c)の曲率を有する膨張波の三つの波頭での応力勾配の減衰挙動を明らかにし、理論と一致することを示す。この研究の結果、理論法の高度化が可能となる。

「スパール破壊条件の研究」は、飛翔板衝突実験でレーザ速度干渉計を用いて、標的板(SNCM630鋼)の裏面速度を計測し、実験的にスパール強度を決定する研究と、差分法により一次元大変形衝撃応答解析コードを作成し、この計算コードによりスパール破壊特性を明らかにする研究となりなる。この計算コードには、スパール破壊・プラグ

破壊・侵徹破壊の三つの破壊を統一的にとりあつかう破壊条件（ひずみによる破壊条件），ひずみ速度に依存する構成式，およびグルーナイゼンの状態方程式の三つの材料特性を導入する。飛翔板の衝突速度が447m/sと543m/sと二ケースの実験で，標的板のスパール破壊位置と標的板の裏面速度とにおいて，実験と計算とはよく一致する結果が得られる。この研究の結果，数値解析法と実験法との高度化が可能となる。

「二次元弾-粘塑性体の衝撃応答解析（差分法とFEMコードとの比較）」研究では，厳密なとりあつかいによる差分コード（FDM）を作成し，この差分コードでの動的応力や動的粒子速度と，FEMコードDYNA 2Dでの動的応力や動的粒子速度との比較を行い，二つのコードの特性を明らかにする。つまり，差分コードで空間の内部については，Lax-Wendroffの差分公式により離散化を行い，空間境界についてはButlerの方法で離散化を行い，材料強度のひずみ速度依存性についてはPerzynaの弾-粘塑性体を用いる差分コードを開発する。この差分コードにより，二次元正方形構造（軸対称構造と平面ひずみ構造）にステップ状の応力が作用する計算をおこない，人工粘性をパラメータとするFEM計算と比較する。この比較の結果，弾性問題では，FEMコードの応力と粒子速度は差分法の応力と粒子速度よりも高周波成分が重畠して大きく振動する。他方，弾-粘塑性問題ではFEMコードの応力と粒子速度と，差分法の応力と粒子速度とは一致する。この研究の結果，数値解析法の高度化が可能となる。

以上の三つの研究より，三つの方法（(1) 理論法，(2) 数値解析法，(3) 実験法）からなる衝撃解析技術の高度化が可能となった。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は，衝突や爆発などにより構造物中に生ずる変形や応力を明らかにし，その破壊・損傷を評価する解析技術を確立するための基礎となる手法についての研究をまとめたものである。第1章では構造物の衝撃応答解析技術の現状を概観し，その問題点と本論文の意図を明らかにしている。第2章では線形粘塑性体中における応力波の挙動を明らかにした。まず線形粘塑性体の超関数モデルと射線法にもとづき，3次元応力波頭上での粒子速度の不連続量の関係式を導き，これを2次元膨張波およびせん断波に適用し，波頭における応力および応力勾配と伝ば距離の関係式を導き，応力と応力勾配の減衰挙動を明らかにした。これらの結果を確認する実験として，線形粘塑性挙動を示すウレタンゴム板におもりを落下させ動的光弹性実験により応力波頭の伝ば挙動を計測する実験を行い，応力勾配の減衰挙動について理論と一致する結果を得た。第3章は，スパール破壊の条件についての研究である。飛翔体が高速で標的に衝突するときに標的にはスパール破壊・プラグ破壊および侵徹破壊の3種の破壊モードが生じるが，裏面剥離が生ずる破壊様式がスパール破壊である。飛翔板衝突実験としてSNCM630鋼を標的板とし，レーザ速度干渉計を用いて標的板の裏面速度を計測し，スパール強度を決定した。他方，スパール破壊・プラグ破壊および侵徹破壊の3つの破壊を統一的にとりあつかうひずみを基準とした破壊条件，ひずみ速度に依存する構成式およびグルーナイゼンの状態方程式の3つの材料特性を導入して得られる基礎式を差分法による一次元大変形衝撃応答解析コードにより計算を行った。飛翔板の衝突速度が447m/sと543m/sの2つの場合の実験で標的板のスパール破壊位置と標的板の裏面速度において実験と計算とでよく一致する結果が得られた。第4章においては，2次元弾-粘塑性体の衝撃応答解析の研究を行っている。まず厳密な取扱いによる差分コードを作成し，この差分コードでの動的応力や動的粒子速度と，有限要素法コードによる結果とを比較し，両者の特性を明らかにしている。すなわち，空間の内部についてはラックス-ベンドロフの差分公式による離散化を，空間境界についてはバトラーの方法で離散化を行い，構成式としてはひずみ速度依存型のペジナの弾-粘塑性体を用いる差分コードを開発した。この差分コードにより軸対称構造と平面ひずみ構造にステップ状の応力が作用する計算を行い，人工粘性をパラメータとする有限要素法計算と比較した。その結果，弾性問題では有限要素法コードの応力と粒子速度は差分法の応力と粒子速度に高周波と吸収成分が重畠して大きく振動するが，弾-粘塑性問題では有限要素法コードの応力と粒子速度は差分法により得られる結果とよく一致することがわかった。この結果は，数値解析の高精度化に利用することができる。

以上の研究成果は衝撃荷重のもとにおける構造物解析の発展に寄与するところが大であり、博士（工学）の学位論文として価値あるものとして認める。