

氏名	黒川知明 くろかわともあき
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第316号
学位授与の日付	昭和48年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科航空工学専攻
学位論文題目	棒を伝播する縦応力波に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 田中吉之助 教授 徳岡辰雄 教授 得丸英勝

論文内容の要旨

本論文は、棒を伝播する縦応力波、特に棒の一端に衝撃が加えられたときに生じる縦波の基礎的性質を、弾性、塑性の範囲にわたって明らかにし、衝撃強度に関する基礎概念を求める目的をもって行なった理論的並びに実験的研究をまとめたもので、序論並びに6章よりなっている。

序論においては、衝撃強度を論じる場合に、材料の強度特性を明らかにすることと、その過度的応力状態を明らかにすることとは、互いに関連し合う不可分の問題であること、並びに、この研究において、最も基本的なものとして一次元問題の棒についての伝播を取上げた理由について述べ、本研究の意義を明らかにしている。

第1章では、棒の一端に衝撃が加えられたとき生じる弾性波についての基礎的事実について述べたのち、断面積が変化する棒を伝播する弾性波を解析している。すなわち、断面積が軸方向に変化する弾性棒を伝わる縦波に関して、軸方向に断面積が連続的に変化する棒を、軸方向の微小長さごとに断面積が不連続的に変化する棒として、不連続面での弾性波の反射並びに透過の概念から基礎的に出発し、反射並びに透過の合成波を求め、微小長さを0に近づけることによって、任意の断面積変化の棒についての解を求めている。また、断面変化がゆるやかな場合について、簡単な近似式を与えており、テーパ棒の衝突に関しては、この理論より計算した波形が、比較のために行なった実験の結果とよく一致することを示している。

第2章では、弾性体中に急激にひずみこう配を生じた場合、これが温度こう配、したがって熱流を生じ、これがまた新しい温度変化を生み、熱応力を生じる熱弾性現象が、過渡的な波動に対してどのような影響を及ぼすかを解析している。すなわち、半無限長をもった等質、等径の二つの棒が軸方向に衝突したとき、波の通過した部分は圧縮されることにより、波の通過していない部分より温度が上昇し、このため、熱流を生じ、熱の移動を考えない場合のひずみ分布とは異なったひずみ分布を呈する。この問題について、運動方程式、熱応力式、熱流方程式から、熱弾性問題として一次的に解析し、ひずみ波の分布、温度分布の時間的推移を明らかにしている。

第3章では、熱弾性効果の影響について明らかにした第2章に引続いて、材料の粘性が過渡的な波動に対してどのような影響をもつかを明らかにしている。すなわち、棒の端面にステップ状の衝撃を与えたときに生じるひずみ波を、フォークト・モデルを仮定して求め、一方、鋼を用いて、このモデルによる粘性係数を実験的に求め、この数値を用いたときの理論解と、実際に鋼棒を衝突させて生じた波形とを比較して、波頭の立上り時間に及ぼす粘性の影響を検討している。なお、第2章並びに第3章におけるひずみ分布を求めるための数学的手法としては、それぞれ、ラプラス変換及びその逆変換、並びに、フーリエ変換及びその逆変換を用いている。

第4章では、衝撃試験、特にスプリットホプキンソン棒法による衝撃試験を念頭におき、試験片内の弾塑性波の伝播について述べ、実際例についての計算結果を示している。すなわち、衝撃試験中の試験片の塑性変形は、絶えず進行する弾塑性波の往復によって生じるものであることから、変形中の応力及びひずみの状況を差分法によって求めている。従来、この種の解析には特性曲線法が用いられてきたが、ここでは Godunov の差分法の有用性を述べ、この手法を採用している。

第5章では、鉛棒中の塑性波の伝播に関する実験結果について述べている。すなわち、試験棒の一端に、一定時間、一定速度の衝撃を加えたときの、試験片の軸方向の幾つかの点でのひずみ履歴、応力履歴の測定、及び軸方向残留ひずみ分布の測定を行ない、塑性波の伝播の状態を明らかにしている。この結果、衝撃端近くに一定応力、一定ひずみの領域のプラトーが存在すること、並びに、プラトーの大きさや伝播速度は、ひずみ速度が $3 \times 10^{-5} \sim 250 \text{S}^{-1}$ の範囲において行なわれた圧縮試験の結果から明確にされたひずみ速度依存性を考慮することによって、よく説明されること、などの結論を得ている。

第6章は結言であり、第1章から第5章にいたる成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、棒を伝播する縦応力波、特に棒の一端に衝撃が加えられたときに生じる縦波の基礎的性質を、弾性、塑性の範囲にわたって明らかにし、衝撃強度に関する基礎概念を求める目的をもって行なった理論的並びに実験的研究をまとめたものであり、研究成果の主なものは次の通りである。

1. 変断面棒を伝播する縦弾性応力波についての一般的な解を導いたこと。変断面棒の一端に衝撃が加えられたときに生じる弾性波については、従来、断面積が軸方向に変化する状態をあらゆるかん数が特定の形をもつ場合についてのみ明らかにされて来た。著者は、軸方向に断面積が連続的に変化する棒を、軸方向の微小長さごとに断面積が不連続的に変化する棒とみなし、不連続面での反射及び透過についての基礎概念から出発し、反射並びに透過の波をたくみに分類、合成して、その合成波を求めた。その解析は一次元理論に基いているが、任意の変断面棒についての一般解を導いている。

2. 熱弾性体又は粘弾性体のステップ状入力に対する応答を明らかにしたこと。一次元理論によれば、二つの弾性体の棒が衝突したときに、理想的にはステップ状の応力波が伝播することになるが、実際には、熱弾性、粘性の性質があるために、厳密なステップ状の波とはならない。著者は、熱弾性体又はフォークト・モデルに仮定された粘弾性体にステップ状入力が与えられたときの、波頭の立上りの挙動を理論的に明らかにするとともに、鋼の粘性係数、鋼棒の衝突による波頭の立上り波形を実験的に求め、検討を加え

ている。この結果は、さらに次のような応用面において大きな意味をもつ。すなわち、スプリットホプキンソン棒法による衝撃試験をはじめ、ステップ状入力を与える実験が多いが、従来、入力測定用のひずみゲージそのものによる立上りの応答性が明らかにされて来たのにとどまるのに対し、熱弾性、粘性による立上りへの影響が定量的に明らかにされたことである。

3. 鉛棒中を伝播する塑性波の挙動を明らかにしたこと。塑性波速度が遅いと考えられる鉛の長い棒を用いて、塑性波伝播についての実験を行ない、衝撃端近くに一定応力、一定ひずみの領域のプラトーが存在すること、明確な塑性波頭は存在しないこと、プラトーの大きさや伝播速度は静的な応力-ひずみ曲線に基くよりも動的なそれに基くべきことなどの結論を得ている。この結論を得る過程において重要なことは、第一は、動的な応力-ひずみ曲線はスプリットホプキンソン棒法によって求めているが、その試験片内の応力分布、ひずみ分布の時間的推移を差分法によって計算し、平均値的な応力、ひずみが大きな誤差をもたないことについて十分な検討が加えられていること、第二は、塑性波の伝播の実験において、著者が、挿入の影響について十分に検討を加えたロードセルを、試験棒に挿入する独自の方法によって、応力を直接的に求めていることである。

以上要するに、本論文は、棒を伝播する縦応力波の基礎的性質を理論的、実験的に明らかにし、多くの知見を加えたものであって、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。