

一般化⁽³⁰⁷⁾が報告された。非弾性の有限要素法 (FEM) に関するものでは、非線形方程式に対する自己適応予測子・修正子法⁽³⁰⁸⁾、増分法解法の時間積分に関する議論^{(309)~(312)}、幾何剛性および荷重補正マトリックスの意味と効果⁽³¹³⁾⁽³¹⁴⁾、展望⁽³¹⁵⁾、材料非線形問題へのサブストラクチャ法計算機プログラム⁽³¹⁶⁾が与えられた。三次元ばりの曲げ⁽³¹⁷⁾、一樣ばりのねじり⁽³¹⁸⁾、リガメントのひずみ集中⁽³¹⁹⁾、Perzyna モデルによる板かく⁽³²⁰⁾と金属材料の凝固⁽³²¹⁾、二相鋼の変形挙動⁽³²²⁾、溶接残留応力^{(323)~(326)}、膜要素による円板のバルジ⁽³²⁷⁾⁽³²⁸⁾、川井モデルによる球かく⁽³²⁹⁾が解析された。剛塑性 FEM では、材料定数を摂動パラメータにとりこむ方法⁽³³⁰⁾⁽³³¹⁾、圧延の簡易三次元解析⁽³³²⁾⁽³³³⁾、平面ひずみの定常および非定常圧延⁽³³⁴⁾⁽³³⁵⁾、弾性ひずみ速度を考慮した定常圧延⁽³³⁶⁾、リングやブロックの圧縮等^{(337)~(339)}の解析、板の崩壊荷重⁽³⁴⁰⁾が提示された。境界要素法に関して、初期応力法および粘塑性初期ひずみ法の定式化と有孔円板、厚肉円筒の解析⁽³⁴¹⁾、はりの曲げやく形板の縮みを FEM と比較⁽³⁴²⁾、軸対称要素を提示したもの⁽³⁴³⁾がある。

直接的な解法では、はりの大変形⁽³⁴⁴⁾と最適化⁽³⁴⁵⁾、固定ばり⁽³⁴⁶⁾および補強材⁽³⁴⁷⁾の繰返し荷重、大変形かく理論の定式化⁽³⁴⁸⁾、初期たわみをもつはりの軸引張り⁽³⁴⁹⁾、硬化材の平面ひずみ塑性曲げ⁽³⁵⁰⁾、帯板の U 形曲げ⁽³⁵¹⁾、円管の口絞り⁽³⁵²⁾とバルジ変形⁽³⁵³⁾および曲げ⁽³⁵⁴⁾、円板曲げの陽な解⁽³⁵⁵⁾、スプリングバック関係で、棒の引張ねじり⁽³⁵⁶⁾と引張曲げ⁽³⁵⁷⁾、および周辺モーメントを受ける円板⁽³⁵⁸⁾が扱われた。連続分布転移法による塑性域パターン⁽³⁵⁹⁾、低炭素鋼の A_3 変態温度を上下する熱弾塑性挙動⁽³⁶⁰⁾、コンクリート充てん鋼管⁽³⁶¹⁾、剛体の土への侵入⁽³⁶²⁾、弾塑性介在物問題⁽³⁶³⁾が解かれた。切削等の高速変形に Bingham 体の境界層理論の試み⁽³⁶⁴⁾、完全剛塑性軸対称流れの解析解⁽³⁶⁵⁾がある。エネルギー法や上界定理に関する解法では、円管の均等曲げによる偏平化⁽³⁶⁶⁾、角棒平圧延⁽³⁶⁷⁾、分塊圧延の非定常変形⁽³⁶⁸⁾、押込み曲げ加工⁽³⁶⁹⁾、工具の最適形状⁽³⁷⁰⁾、リング成形^{(371)~(373)}を扱ったものおよび摩擦要素の考案⁽³⁷⁴⁾がある。すべり線場では、Riemann 不変数の導入⁽³⁷⁵⁾、切欠き試験片⁽³⁷⁶⁾、鈍角くさびの押込み⁽³⁷⁷⁾、硬化材の引抜き⁽³⁷⁸⁾⁽³⁷⁹⁾を扱ったもの、応力速度と接線速度の不連続性の対応の議論⁽³⁸⁰⁾、上界法と組合せた解法⁽³⁸¹⁾が報告された。なお座屈がらみの弾塑性問題をエネルギー法、FEM、階差法、緩和法で解いて比較したものもある⁽³⁸²⁾。

c. 動的問題 運動方程式をフーリエ変換する方法⁽³⁸³⁾、塑性波伝ばの問題では Malvern の構成式とひ

ずみプラトー存在の確認⁽³⁸⁴⁾、円柱棒の軸衝撃を一次元と三次元で扱った比較⁽³⁸⁵⁾、温度上昇を考慮する理論⁽³⁸⁶⁾、弾粘塑性体の表面への軸対称弾丸の衝撃⁽³⁸⁷⁾、音響現象⁽³⁸⁸⁾、強度的な面では、薄肉角管の軸衝撃による崩壊⁽³⁸⁹⁾、円すい弾頭進入時の土の破損⁽³⁹⁰⁾、段付きばりの最適設計⁽³⁹¹⁾が扱われた。展望には衝撃超高压力⁽³⁹²⁾、斜め入射の衝撃⁽³⁹³⁾がある。

d. 塑性不安定 丸棒のくびれ⁽³⁹⁴⁾⁽³⁹⁵⁾、薄板引張試験片の局部くびれ⁽³⁹⁶⁾を FEM で解いたもの、二軸引張薄板に対し M-K 理論と曲率をもつとがりモデルの考察⁽³⁹⁷⁾、ひずみ経路を曲げた実験と J_2 -流れ、変形、コーナ三つの理論を比較したもの⁽³⁹⁸⁾、粘塑性 n 乗硬化形で成形限界を調べたもの⁽³⁹⁹⁾、熱力学的考察から単純せん断に対し、熱軟化と加工軟化 2 種類のモードを指摘⁽⁴⁰⁰⁾したものがあつた。局所化現象の展望もある⁽⁴⁰¹⁾。表面不安定あるいはせん断帯に関し、構成方程式に膨張と摩擦効果の導入⁽⁴⁰²⁾、void 合体の連続体モデル⁽⁴⁰³⁾⁽⁴⁰⁴⁾、引張りを受ける角柱のせん断帯形成開始の解析的な扱い⁽⁴⁰⁵⁾、周期的初期不整をもつ帯板の曲げに対する三つの理論の比較⁽⁴⁰⁶⁾、内圧円管の実験とコーナ理論の比較⁽⁴⁰⁷⁾、熱伝導を考慮した断熱変形⁽⁴⁰⁸⁾の研究がある。深絞りのフランジしわも理論的⁽⁴⁰⁹⁾⁽⁴¹⁰⁾、実験的⁽⁴¹¹⁾に調べられた。

塑性崩壊の荷重や挙動に関するものでは、柱^{(412)~(414)}および板⁽⁴¹⁵⁾の圧縮、円筒に引張りとお外圧⁽⁴¹⁶⁾および長手方向曲げ⁽⁴¹⁷⁾が作用する場合、円形リングに対向集中荷重⁽⁴¹⁸⁾、四角形リングに対向圧子を負荷する問題⁽⁴¹⁹⁾が扱われた。

〔横内 康人 電気通信大学〕

3・2・3 実験応力-ひずみ解析 この分野における研究の多くは昭和 56 年までの傾向を引き継いで各種測定法の応用と拡張が行われたが、全般にき裂に関連した報告が多く見られた。また、装置等における変形・破壊の監視への適用が増した。関連する国際会議としては、5 月にアメリカで日本機械学会と SESA との共催による「実験力学に関する国際会議⁽⁴²⁰⁾⁽⁴²¹⁾」が開催された。国内では、1 月に「第 14 回応力・ひずみ測定シンポジウム⁽⁴²²⁾」、6 月に「第 4 回光弾性研究発表講演会⁽⁴²³⁾」が開催された。実験応力・ひずみ解析の現状に関する解説⁽⁴²⁴⁾、日本⁽⁴²⁵⁾、中国⁽⁴²⁶⁾におけるこの分野のすう勢の展望も行われた。

a. 電気抵抗ひずみ計 基礎的な事項では、横感度誤差の除去⁽⁴²⁷⁾、ゲージ降伏後の挙動⁽⁴²⁸⁾に関する報告、また高温での測定に関連した反転ゲージの開発⁽⁴²⁹⁾、高温ゲージの評価⁽⁴³⁰⁾・検定方法⁽⁴³¹⁾に関する報告がなされた。高静水圧下での防水に関する研究⁽⁴³²⁾も

ある。応用面では、異方積層板の残留応力⁽⁴³³⁾、コンクリート敷石の熱応力⁽⁴³⁴⁾、穴あけに伴う応力緩和⁽⁴³⁵⁾の測定がある。装置の安全性向上⁽⁴³⁶⁾、き裂進展の監視⁽⁴³⁷⁾に適用された例もある。さらに、生体内骨のひずみ測定⁽⁴³⁸⁾も行われた。変換器では、測圧ピンの校正方法の提案⁽⁴³⁹⁾がなされた。最近のひずみゲージに関する解説⁽⁴⁴⁰⁾⁽⁴⁴¹⁾もなされた。

b. 光弾性 基礎的な事項では、エポキシ樹脂の光粘弾性特性⁽⁴⁴²⁾、高分子材料の複屈折成分の正負性⁽⁴⁴³⁾、新しい応力凍結法⁽⁴⁴⁴⁾、極座標つりあい方程式による図式解法⁽⁴⁴⁵⁾、斜め入射法による垂直異方性材の主応力分離⁽⁴⁴⁶⁾、熱光弾性における板厚効果⁽⁴⁴⁷⁾が研究された。また、光弾性法と境界要素法の併用による主応力分離に関する検討⁽⁴⁴⁸⁾もされた。応用例では、正方形架構付きの開口壁⁽⁴⁴⁹⁾、干渉ピン結合部⁽⁴⁵⁰⁾、円孔を有するCFRP積層板⁽⁴⁵¹⁾、補強された円孔部⁽⁴⁵²⁾、段付き棒やT形切込み部⁽⁴⁵³⁾などの応力解析、だ円孔を有する平板の熱応力解析⁽⁴⁵⁴⁾がある。光弾性皮膜法による歯形付きVベルトの応力解析と有限要素法による結果との比較⁽⁴⁵⁵⁾もある。三次元応力解析では、マイタ管⁽⁴⁵⁶⁾、円筒容器⁽⁴⁵⁷⁾、焼ばめ円環を有する軸⁽⁴⁵⁸⁾、U字形切込みを有する棒⁽⁴⁵⁹⁾があり、分散したガラス粒子の応力解析⁽⁴⁶⁰⁾、金属の熱間圧延シミュレーション⁽⁴⁶¹⁾への適用もなされた。動的弾性によりレーリー波と表面溝との相互作用の解析⁽⁴⁶²⁾がなされた。穴あけ加工時⁽⁴⁶³⁾、硬さ試験時⁽⁴⁶⁴⁾、あるいはシリコン表面に酸化膜を形成した際⁽⁴⁶⁵⁾に生じた残留応力も測定されている。破壊問題に関連して、ぜい性ばりの衝撃破壊の研究⁽⁴⁶⁶⁾、三次元き裂の K_I 値の測定⁽⁴⁶⁷⁾⁽⁴⁶⁸⁾あるいは測定法⁽⁴⁶⁹⁾、小規模降伏したき裂における動的 K_I 値の測定⁽⁴⁷⁰⁾がなされた。また、とがりをも有する剛介在物⁽⁴⁷¹⁾や接合界面き裂⁽⁴⁷²⁾近傍の等色線分布・ K 値の数値解析、および K 値に及ぼす遠方状態の影響の検討⁽⁴⁷³⁾、構造物の安全性評価に必要な K 値測定法⁽⁴⁷⁴⁾の研究が行われた。

c. モアレ法 モアレ法では、任意の周期変動の測定法⁽⁴⁷⁵⁾、表面における三方向ひずみの測定法⁽⁴⁷⁶⁾が研究された。また、ひずみゲージ検定へのモアレ法の適用⁽⁴⁷⁷⁾、面外変位解析法の検討⁽⁴⁷⁸⁾も行われている。モアレ法に関する一般的な解説⁽⁴⁷⁹⁾もなされた。

d. ホログラフィ干渉法・その他の光学的な方法 ホログラフィでは、軸方向に圧縮された円柱の側面変形⁽⁴⁸⁰⁾、ねじ締結体の締付けに伴う変形⁽⁴⁸¹⁾、薄板の曲げ剛性の決定法⁽⁴⁸²⁾、動的ホログラフィ光弾性における等色性と等高線の分離⁽⁴⁸³⁾、ホログラフィックモアレじまの実時間観察⁽⁴⁸⁴⁾、2ビーム・ホログラフィックモアレ法による表面ひずみの決定⁽⁴⁸⁵⁾が研究された。また、材

料変形の長期的⁽⁴⁸⁶⁾、あるいは遠方からの⁽⁴⁸⁷⁾監視への適用に関する検討もなされた。スペックル法では、塑性ひずみの解析⁽⁴⁸⁸⁾、回転体のひずみ解析⁽⁴⁸⁹⁾などがある。コースティック法ではき裂に関連した研究が多く、 K_{III} 値の測定⁽⁴⁹⁰⁾、多数の端部き裂が存在する場合の K 値の測定⁽⁴⁹¹⁾⁽⁴⁹²⁾、 J 値測定への拡張⁽⁴⁹³⁾、 K_I と K_{II} が同時に存在するときの動的 K 値の測定⁽⁴⁹⁴⁾、動的 K_I 値の測定法⁽⁴⁹⁵⁾、き裂速度と位置の履歴決定法⁽⁴⁹⁶⁾などがある。光干渉法による接着部材間き裂の開口測定⁽⁴⁹⁷⁾⁽⁴⁹⁸⁾、応力に従う屈折率変化を利用した光ファイバ中の応力分布の測定⁽⁴⁹⁹⁾もある。

e. X線 X線測定では、測定値の統計学的処理⁽⁵⁰⁰⁾、両面照射による平板の残留応力測定法⁽⁵⁰¹⁾、侵入深さを考慮した円筒の残留応力測定法⁽⁵⁰²⁾、集合組織を有する金属材料のX線的弾性係数の測定⁽⁵⁰³⁾などがある。三軸応力解析に関する研究も多く、回折線幅・材料熱処理の影響⁽⁵⁰⁴⁾、微視的残留せん断応力の影響⁽⁵⁰⁵⁾、研削条件の影響⁽⁵⁰⁶⁾が調べられ、Dölle-Cohenの測定法の適用⁽⁵⁰⁷⁾、測定値の補正法⁽⁵⁰⁸⁾に関して検討がなされた。き裂関連の研究では、残留応力に対する応力振幅・応力比の影響⁽⁵⁰⁹⁾、破壊力学パラメータとの相関⁽⁵¹⁰⁾⁽⁵¹¹⁾が調べられ、HSLA鋼の塑性域・残留応力が測定⁽⁵¹²⁾された。その他、結晶粒内応力の測定⁽⁵¹³⁾、中性子線を用いた応力測定が報告⁽⁵¹⁴⁾された。

f. 応力塗料・めっき法・その他 応力塗料では、表面近傍の内部欠陥検出に関する研究⁽⁵¹⁵⁾がなされた。めっき法では、銅およびニッケルめっき層の組織変化に及ぼす基礎めっき層の影響⁽⁵¹⁶⁾、鉄薄膜の限界応力に及ぼす温度および速度変動の影響⁽⁵¹⁷⁾、めっきはくひずみゲージに及ぼす種々の因子の影響⁽⁵¹⁸⁾が研究された。そのほかに、超音波応力測定法による J 値の測定法⁽⁵¹⁹⁾、圧電素子を用いた衝撃力の測定⁽⁵²⁰⁾、応力に伴う表面温度変化を利用した弾性応力の測定に関する検討⁽⁵²¹⁾がなされた。

[加藤 寛 埼玉大学]

3.3 材料の強度

3.3.1 破壊

a. 一般 国際会議としては、その盛況ぶりが日本機械学会誌⁽⁵²²⁾で報告されたJSME-SESA共催の「実験力学に関する国際会議⁽⁵²³⁾」がハワイで開催され、「破壊力学と技術の材料評価・構造設計への応用に関する国際会議⁽⁵²⁴⁾」がメルボルンで、「破壊じん性試験方法・評価・応用に関する国際会議⁽⁵²⁵⁾」がロンドンで、「第6回国際AEシンポジウム⁽⁵²⁶⁾」が静岡県裾野町で行われた。