

自動車向け CAE 技術のご紹介

はじめに

自動車産業では性能向上、コストダウン、工期削減に対応するため、CAE (Computer Aided Engineering) が車両開発、エンジン駆動系の開発、部品製造プロセスの最適化などさまざまな分野で活用されています。車両開発においては、地球環境問題に伴う燃費規制の高まりと衝突安全基準の厳格化に伴い、なお一層の車体軽量化、安全性向上が求められ、車体構造、部品、材料の強度特性等を予測評価するCAE技術が必須となっています。本稿では、車体設計段階で用いられる衝突解析、成形解析、剛性・疲労解析に着目し、その特徴、適用事例を紹介します。

衝突解析

軽量化と衝突安全性向上を両立させるため、骨格部材や衝突部材に高強度鋼板を活用し、鋼板を薄肉化して軽量化を図る車体設計が主流となっています。衝突解析では各種材料について、高ひずみ速度領域における材料特性を精緻に設定することが必要となります。図1は440MPa級の応力ひずみ曲線における静特性と動的特性を比較したものです。衝突時の最大ひずみ速度は約1000 /sになることが知られ、高速変形時の変形抵抗が大きいほど高いエネルギー吸収能が得られます。解析実行時に高速変形特性を経験式などに近似させ、各材料パラメータを設定します。また、スポット溶接などの構造締結部の破断は車体変形量に大きく影響するため、締結部の破断モデルも重要になります。衝突解析では実現象の再現性やエネルギー吸収特性の予測精度などに対する要求は高く、図2に示すようなフルビークルでの解析がよく行われます。

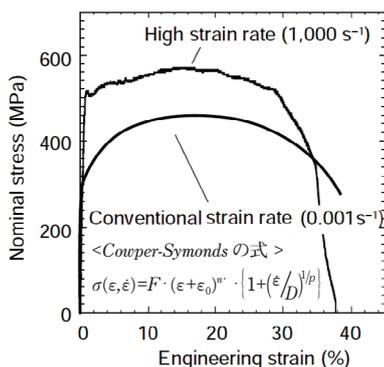


図1 静的特性と動的特性の比較 (440MPa 級鋼)

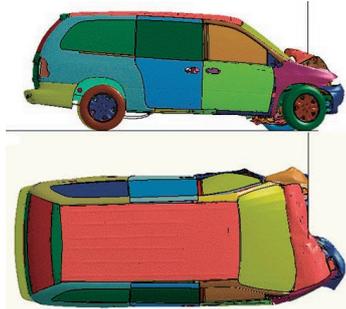


図2 衝突解析事例 (オフセット前突)

成形解析

ここでは薄鋼板のプレス成形解析について紹介します。プレス成形は、ひずみ状態や破断形態を特徴づける、深絞り成形、張出し成形、伸びフランジ成形、曲げ成形の4種類の成形様式²⁾に大別されます。成形解析では各様式での材料の流出入を再現し、破断、しわ、スプリングバックなどを予測評価します。材料の変形特性を表わす応力ひずみデータは成形時の材料流れを予測する上で重要です。また、塑性変形が開始する条件(降伏条件)、塑性異方性を示すr値、摩擦係数などのパラメータも適切に設定する必要があります。成形時の割れ評価については、解析で算出されたひずみ情報に基づき、板厚ひずみやFLD (Forming Limit Diagram: 成形限界線図)を用いて判定します。FLDは、材料試験により板材が破断した部位の最大主歪み、最小主歪みを測定して求めます。図3には鋼材の角筒絞り成形の割れ判定例を示しており、四隅の絞りコーナー部の局所ひずみが大きくなっています。また、近年、自動車軽量化の手段として焼入れ硬化特性を利用したホットスタンプ部材が適用されており、ホットスタンプについても、高温材料特性、伝熱特性等を考慮し、同様な解析が実行できます。

剛性・疲労解析

車体用部材は、薄鋼板をスポット、アーク溶接などで締結した部材構造が殆どです。その溶接部が応力集中部位となり、強度上の危険箇所になり易く、溶接部の強度を精度よく予測評価することは重要です。図4は、スポット溶接で締結された箱型断面部材について、繰返しねじり荷重下での疲労寿命を予測した剛性・疲労解析の事例³⁾です。疲労寿命計算については、スプリングバックの影響を考慮した部材組立て時の弾性解析、ねじり荷重下での部材の弾性解析を行うと共に、公称構造応力⁴⁾によるスポット溶接部の疲労寿命評価手法を用いて実施しています。

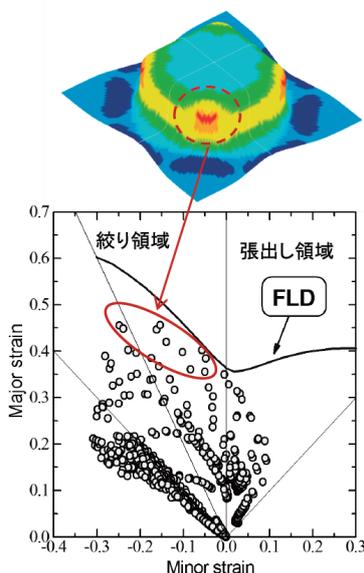


図3 角筒絞り成形解析結果とFLD

部材組立て時の弾性解析では、成形解析により求めた箱型材の成形下死点における応力分布値を駆動力として設定し、スポット溶接部に残留する応力を算出しています。表1は各繰返しねじり荷重における実験結果と計算結果を示しています。予測寿命は実験結果とほぼ一致しており、妥当な計算結果が得られています。

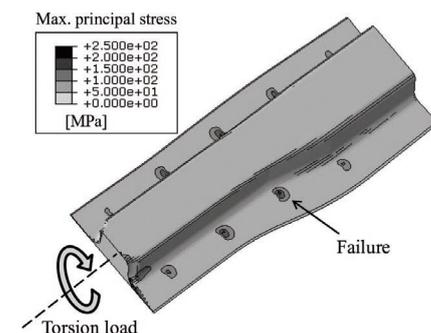


図4 箱型断面部材の剛性・疲労解析事例

表1 各繰返しねじり荷重における寿命の実験結果と計算結果の比較

ねじり荷重 / Nm	実験結果 / cycle	計算結果 / cycle
85	294,000	164,000
60	964,000	988,000

おわりに

以上、各解析について簡単な適用事例を紹介しましたが、これらの解析結果を連携させて構造最適化を図り、トータル性能を向上させつつ軽量化を実現することも必要になります。弊社では、新日鐵住金グループで長年培ってきたCAE技術を駆使し、お客様の問題解決にお役に立てるようお手伝いいたします。

<参考文献>

- 1) 上西朗弘・吉田博司・栗山幸久・高橋 学 : 新日鐵技報, 378(2003),21-24.
- 2) 林央: 第40回塑性加工学講座力学コース板成形・塑性加工学会, 1985.
- 3) 吉田裕一・瀬戸厚司・磯貝栄志・潮田浩作・Weber.B.: 塑性と加工, 53-621(2012), 919-923.
- 4) Rupp,A., Störzel,K. & Grubisic,V.: SAE Technical Paper Series, 950711(1995), 1-11.

お問い合わせ窓口

富津事業所 構造力学ソリューション部
 吉田裕一、麻生寿郎、村上宏治
 TEL : 0439-80-4533
 FAX : 0439-80-2767