簡易試験体を用いた衝突性能評価手法の開発と破断予測技術の検証

Development of Crashworthiness Evaluation Method Using Simplified Test Structures and Validation of Fracture Prediction Technology

相藤　孝博[1)]　河内　毅[2)]
Takahiro Aito　Takeshi Kawachi

A compression-bending test method was developed to reproduce the complex deformation behavior of front side members using simplified test specimens fabricated from prototype steel sheets. When steel sheets with low bendability were used, fractures occurred in the crushing zone, confirming that bendability is a critical property of the steel sheets. Furthermore, a fracture prediction method based on FEM analysis was established, enabling accurate prediction of fractures observed in the compression-bending tests.

KEY WORDS　Safety, Crash Test, Computer Aided Engineering
High-Strength Steel Sheet [C1]

1 はじめに

自動車車体には，軽量かつ高い衝突安全性，操縦安定性，騒音・振動性能など，多様な性能が求められている．そのため，自動車車体の開発においては，素材，板厚，形状など種々のパラメータを調整しながら，高いレベルで複数の要求性能を同時に満たす取組みが模索されている．加えて，カーボンニュートラルの実現，電動化への対応，開発期間の短縮や開発コストの削減に対する要求は強く，近年，自動車分野においてモデルベース開発（Model Based Development：MBD）技術の重要性が急速に高まっている[(1)-(3)]．

日本製鉄㈱では，先進高強度鋼板の開発[(4)]に加えて，自動車性能をさらに向上させるために，数値解析技術を用いて素材本来の性能を最大限活かす評価・分析手法の開発を行っている[(5)]．具体的には，走行時の操縦安定性やNV性能を高めるため車体剛性の弱点を抽出する剛性評価技術[(6)(7)]，衝突時の部材の変形抵抗や材料・スポット溶接部の破断予測技術[(8)-(10)]，プレス成形工程における材料の成形限界や形状精度を予測する技術[(11)]，スポット溶接時の相変態を考慮した高精度スポット溶接FEM解析システム[(12)]など，自動車開発における技術課題に対して鉄鋼メーカ視点でのMBD技術を開発している．

本稿では，衝突安全性の向上を目的に適用率が増加している超ハイテン材と呼ばれる高強度鋼板[(13)]の開発効率を向上させる新たな実験評価手法の紹介に加え，構造設計を支援するため，衝突性能を大きく左右する材料の破断をFEM解析により事前に予測する技術に関して報告する．

自動車車体の前面衝突において，エネルギー吸収を担う部材であるフロントサイドメンバは，所望の反力を発生させながら大変形をすることが求められる．衝突時には主に圧縮力により座屈が発生し，局所的な曲げ変形が発生している．つまり，エネルギー吸収効率を高めるためには，鋼板の高強度化により曲げ耐力を向上させるとともに局所的な曲げ変形に対しても破断が発生しない，高い曲げ性を有する鋼板が必要となる．

一方で，材料開発の初期段階においては，ラボで鋼板を試作し，テストピースによる引張試験や曲げ試験による特性評価に加え，より実部材に近い評価方法として，金型を新たに起こすことなく簡易的に製作可能なハット型ストレート部材を用いた3点曲げ試験や軸圧潰試験が行われている．ただし，これら試験法は必ずしも実部材の変形負荷状態を再現できていないだけでなく，過少もしくは過大な変形負荷状態になっている場合もあり，材料の特性差が試験結果に明確に表れない場合もある．そのため，ラボサイズの鋼板で製作可能な簡易試験体であってもフロントサイドメンバの変形状態を再現でき，より実車搭載状態に近い評価が可能な圧縮曲げ試験方法を開発した．

今回，曲げ性および穴広げ性の異なる2種類の鋼板を用いて打ち抜き穴を付与した簡易試験体を作製し，開発した圧縮曲げ試験法を用いてその衝突性能を比較した．また，開発したFEM解析による破断予測手法を用いることで，実験において各部で発生した破断を予測可能か検証した．

[redacted]

表1　鋼板の機械特性

Remark	Grade	t〔mm〕	TS〔MPa〕	VDA238-100〔°〕	λ〔%〕
Steel A	980 MPa	1.4	1,060	118	49
Steel B	980 MPa	1.4	1,040	67	28

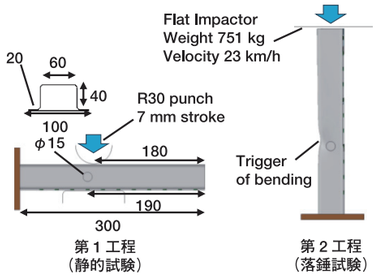

図1　圧縮曲げ試験条件

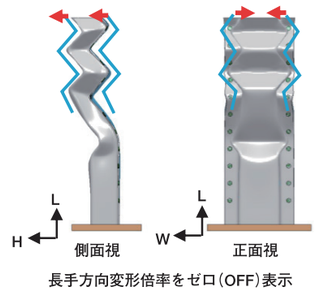

図2　安定的圧潰変形を発現したFEMモデルの変形形態分析

2 実験方法と実験結果

[redacted]