

マグネシウムステアリングハンガービーム開発 における CAE 解析

CAE Analysis for Development of Magnesium Cross Car Beam

桑 野 陽 平*
Yohei KUWANO
畑 恒 久*
Tsunehisa HATA

坂 本 靖 則*
Yasunori SAKAMOTO
遠 藤 岳 晴*
Takeharu ENDO

鵜 野 歩*
Ayumu UNO
Sean ATKIN**

要 旨

車体軽量化による燃費向上の目的から、安全性能を維持させ、マグネシウムステアリングハンガービームの開発をおこなった。

マグネシウムステアリングハンガービームの開発において、割れ、伸び、変形の予測精度を向上させるためCAE解析を用いた。その開発における CAE 解析を紹介する。

このマグネシウムステアリングハンガービームは2008年モデルの FCX に採用されている。

ABSTRACT

A magnesium cross car beam has been developed in order to achieve automotive weight savings and thus greater fuel efficiency, while maintaining safety performance.

In the development of a magnesium cross car beam, CAE analysis was used to increase the accuracy of predicting cracks, elongation, and deformation.

This paper will discuss the use of CAE analysis in this development project.

The developed magnesium cross car beam will be employed in the 2008 year model FCX.

1. まえがき

年々低燃費のための軽量化ニーズが高まっており、欧米を中心にステアリングハンガービームのマグネシウム、アルミニウム化が進んでいる⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。

マグネシウムは、鉄、アルミニウムに比べもろい材料であるため、衝突時の割れ、伸び、変形を高精度に予測することがマグネシウムステアリングハンガービームにとっての課題である。

その課題克服のため、CAE解析により割れを予測し、マグネシウムステアリングハンガービームの開発をおこなった。以下にそのマグネシウムステアリングハンガービーム開発に用いた CAE 解析を紹介する。

マグネシウムステアリングハンガービーム開発において CAE 解析を用いることにより、鉄ステアリングハンガービーム同等の性能を確保し約 5 kg(40%)の軽量化を達成した。

* 四輪開発センター

** Meridian Technologies Inc.

2. CAE 解析による開発

衝突 CAE 解析を検討段階で何度も計算することは多大な時間を要する。このため初期検討の衝突CAE解析を、計算時間が短い簡単な静押し CAE 解析に置き換えた。

また、課題であるマグネシウムステアリングハンガービームの割れの予測手法は Meridian Technologies Inc. のホットスポット同時観察法⁽⁵⁾により判断した。ホットスポット同時観察法とは、ひずみ、最大主応力の両方の数値が高い、ホットスポットが現れた部位で引張り応力が作用していることを示し、破断の可能性を示唆する。これにより割れを予測した。

2.1. ステアリングハンガービーム基本形状と CAE 解析
従来の鉄ステアリングハンガービームと今回のマグネシウムステアリングハンガービーム構造を Fig. 1 に示す。

従来の鉄ステアリングハンガービームはメインビームと

Table 1 Chemical composition of AM60B (weight %)

Al	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Fe	Others
5.5-6.5	≤0.22	0.24-0.6	≤0.10	≤0.010	≤0.002	≤0.005	≤0.02

Table 2 Mechanical properties of AM60B

Tensile strength [MPa]	Yield stress [MPa]	Elongation [%]
223	124	10

なるパイプとステアリングコラム部、センタフレームなどプレス部品の溶接構造となっている。

マグネシウムステアリングハンガービームにおいて、メインビーム、ステアリングコラム部、センタフレームなど成型可能な部位は、ダイカスト一体成型構造とした。一般部肉厚は2.5 mm、メインビーム基本断面形状はコの字断面形状とし、CAE 解析を重ねることにより、リブや肉厚増加、隅R形状変更の必要部位を割り出し、形状の最適化をおこなった。

以上のような構想で CAD レイアウトをおこない、CAE 解析用メッシュモデルを作成した。

2.2. ダイカスト材料

マグネシウムステアリングハンガービーム材料として使用した AM60B 材^{(6)・(8)}の化学成分を Table 1 に、機械的特性(代表値)を Table 2 に示す。

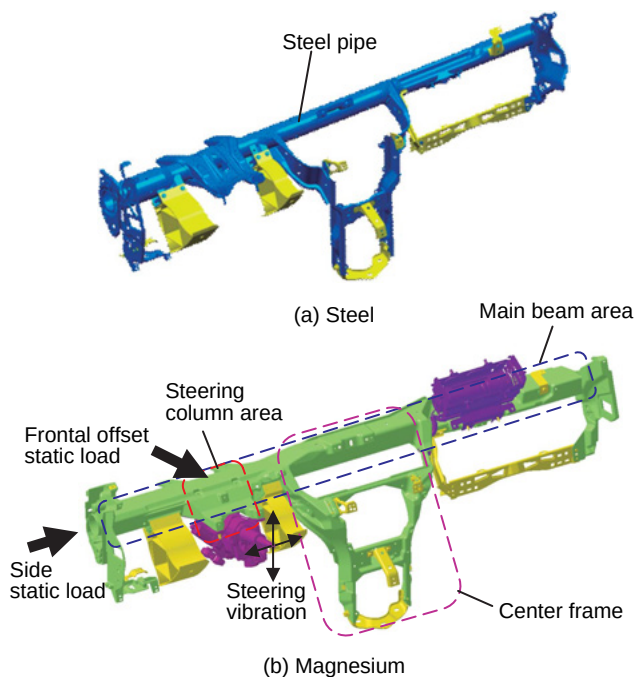


Fig. 1 Cross car beam configuration

3. CAE 解析結果

Fig. 2 にステアリング振動 CAE 解析結果(上下方向ひずみエネルギー分布図)を示す。ひずみエネルギーの高いところが、ステアリング振動において感度が高いことを示している。この結果からステアリング振動性能は運転席側のメインビーム部およびセンタフレーム剛性が重要であることがわかった。

Fig. 3 にオフセット前面静押し CAE 解析結果を示し、Fig. 4 に側面静押し CAE 解析結果を示す。結果よりオフセット前面静押しはメインビームの運転席側が、側面静押しはメインビームの運転席側から助手席側にかけて応力を受けていることがわかった。

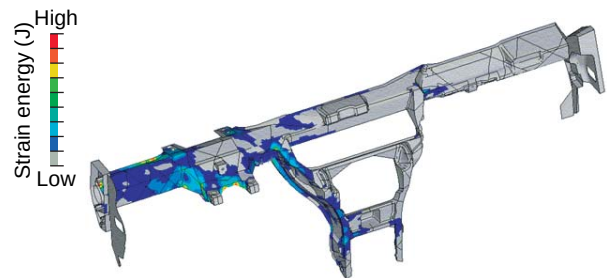


Fig. 2 Steering vibration CAE result (strain energy distribution)



Fig. 3 Frontal offset static load CAE result (Stress distribution)

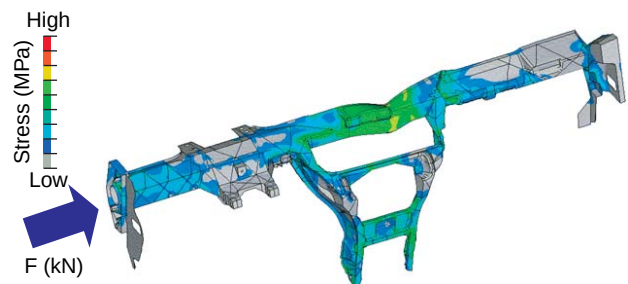


Fig. 4 Side static load CAE result (Stress distribution)

4. CAE 解析と試験結果のコリレーション

試作金型品により試験を実施した。代表的な試験結果と CAE 解析のコリレーション結果を述べる。

4.1. ステアリング振動試験結果

Fig. 5 に単体ステアリング振動試験結果(ステアリング上下固有値)を示す。マグネシウムステアリングハンガービームの方が、鉄ステアリングハンガービームより固有振動数が高いことを示している。また、完成車試験結果から、マグネシウムステアリングハンガービームは鉄ステアリングハンガービームと同等の性能を確認している。

4.2. 静押し試験結果と CAE 解析のコリレーション

Fig. 6 に側面静押し試験の荷重とストロークの関係を示し、Fig. 7 に CAE 解析と試験時の変形の様子および最大荷重時の割れの比較を示す。目標荷重は達成したが、CAE 解析と試験結果を比較すると最大荷重に誤差がある。今後この CAE 解析の誤差を考慮して設計する必要がある。また、変形は CAE 解析とほぼ同等の結果が得られた。CAE 解析

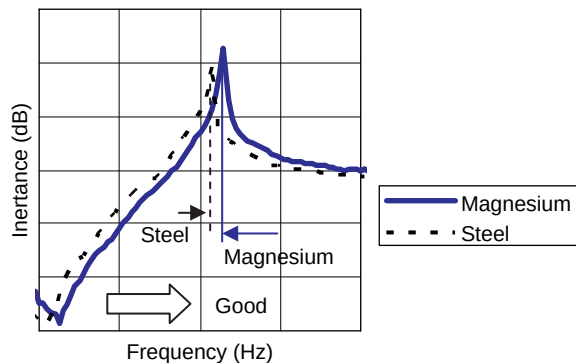


Fig. 5 Steering vibration test result (Vertical steering natural frequency)

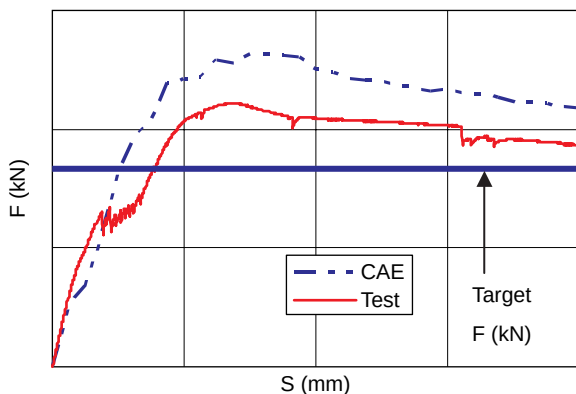


Fig. 6 CAE and test results for side static load: FF (kN)-S (mm)

で予測した部位で最大荷重時の割れが発生し、ホットスポット同時観察法⁽⁵⁾の有効性が確認された。

Fig. 8 にオフセット静押し CAE 解析と試験時の変形の様子および最大荷重時の割れの比較を示す。オフセット前面静押しでも同様の結果が得られた。

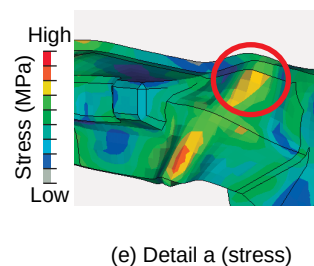
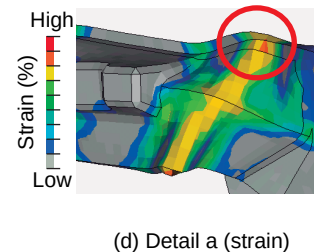
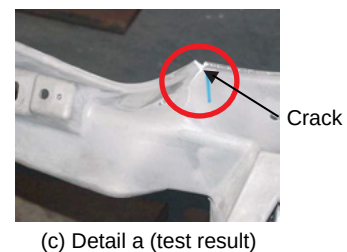
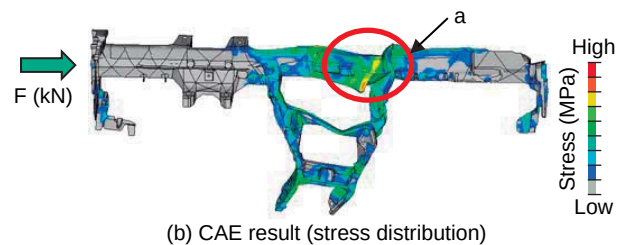
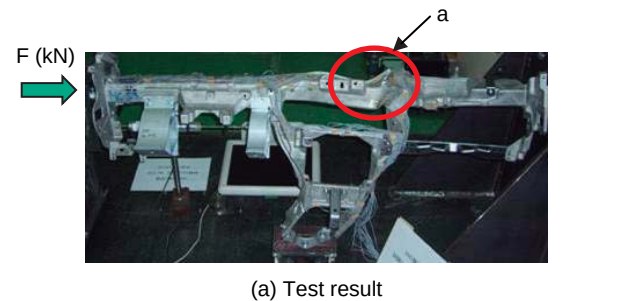


Fig. 7 CAE and test result for side static load

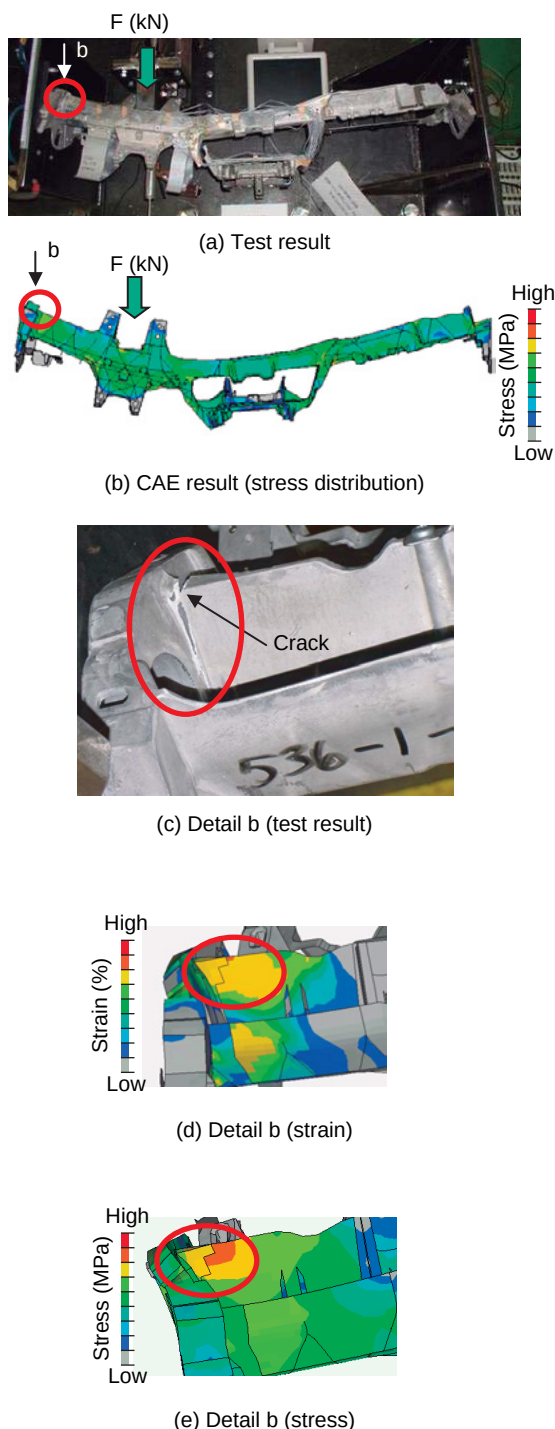


Fig. 8 CAE and test result for frontal offset static load

4.3. 衝突試験結果

以上の静押し試験結果をふまえ、完成車衝突試験を実施した。

Fig. 9 にオフセット前面衝突試験後の写真を、Fig. 10 に側面衝突試験後の写真を示す。オフセット前面、側面衝突共に、メインビーム部に割れは発生しなかった。また乗員傷害値も衝突安全基準に適合し、変位量も鉄ステアリングハンガービームとほぼ同等の結果が得られた。



Fig. 9 Frontal offset crash test result



Fig. 10 Side crash test result

5. まとめ

CAE解析によるマグネシウムステアリングハンガービームの開発をおこない以下の結果が得られた。

- (1) CAE解析による割れの予測手法を試験結果により確認でき、CAE解析による開発が有効であることがわかった。その際 CAE 解析と試験の誤差をあらかじめ考慮することが必要である。
- (2) 静押し試験手法を用いることで、完成車衝突試験においても割れが発生しないことが確認でき、静押し試験の有効性が確認できた。

また、鉄ステアリングハンガービーム同等の機能およびインストルメントパネル内スペースにてマグネシウムステアリングハンガービームを成立させ、約40%の軽量化を達成した。

参考文献

- (1) Simonds, G., Su, B.: 自動車におけるマグネシウム適用の今後の方向とその優位性, マグネシウム, Vol.35, No.10, p.8-13(2006)
- (2) Li, N., Chen, X., Hubbert, T., Berkmortel, R.: 2005 Ford GT Magnesium Instrument Panel Cross Car Beam, SAE Paper, 2005-01-0341(2005)
- (3) 宇都秀之: 軽量・小型化に寄与する非鉄金属材料の現状と将来, 自動車技術, Vol.59, No.11, p.11-16(2005)
- (4) マグネシウム合金製品の設計指針, マグネシウム技術便覧, 日本マグネシウム協会編, カロス出版, p.385-391 (2000)
- (5) Simonds, G.: 自動車用マグネシウムダイカスト構造部

品の設計, アルトピア, カロス出版, Vol.37, No.8, p.25-30(2007)

(6) Alain, R., Lawson, T., Katool, P., Wang, G., Jekl, J., Berkmortel, R., Miller, L., Svalestuen, J., Westengen, H.: Robustness of Magnesium Castings, 自動車技術会論文集, Vol.36, No.6, p.151-156(2005)

(7) マグネシウム合金の鋳造, マグネシウム技術便覧, 日本マグネシウム協会編, カロス出版, p.157-158(2000)

(8) マグネシウム関係の規格, マグネシウム技術便覧, 日本マグネシウム協会編, カロス出版, p.449-459(2000)

■ 著 者 ■



桑野 陽平



坂本 靖則



鵜野 歩



畑 恒久



遠藤 岳晴



Sean ATKIN