

# アルミニウム合金製形材防護柵の衝突性能に関する解析的研究

名古屋大学[院]

○吉野彰宏

伊藤義人

(株)住軽日軽エンジニアリング

酒見真志

## Study on collision performance of extruded aluminum-alloy railings

Akihiro YOSHINO, Yoshito ITOH, Shinji SAKEMI

### 1 緒 言

平成 11 年の防護柵の設置基準・同解説改訂において、性能照査型設計が導入され<sup>1)</sup>、数値解析シミュレーションの重要性が高まってきている。また、防護柵設置基準・同解説は、平成 11 年以降も、景観的配慮や、社会的事件・事故に対応するための改訂が行われおり、それに合わせて新たな形式の防護柵の開発や補強方法の見直しが行われている。これら防護柵の支柱や横はり部材のエネルギー吸収性能や動的挙動の検証は、今後、防護柵の実車衝突実験を補完する数値解析シミュレーションモデルの開発を行っていくうえで、重要な課題といえる。そこで、本研究では、特殊な衝撃吸収機構を持つ、新型のアルミニウム合金製形材防護柵を対象に行われた静的載荷実験及び重錘衝突実験の数値解析を行うことにより、数値解析シミュレーションの性能照査への適用の可能性について検討を行う。

### 2 静的数値解析

**2.1 対象防護柵・実験** 本研究で対象とする、新型のアルミニウム合金製形材防護柵を Fig.1 に示す。アルミニウムは、比重が鉄の約 3 の 1 であると共に、耐食性が良く、美観上も優れているため、一般に美観を考慮する必要がある橋梁の高欄として適した材料である。特に、性能照査型設計の導入後は、それまで主流だった鋼製防護柵・コンクリート製防護柵に加え、アルミニウム合金製防護柵が設置されるようになってきた。近年、橋梁の改修工事に伴い、車両用防護柵の設置工事が増加しており、アンカーボルト式の需要が多い。このため、新たに形材を用いたアンカーボルト式の支柱が開発された。この防護柵支柱の上部と下部の接続に関しては、嵌合構造という特殊な接合方法を採用しており、支柱上部が受けた荷重を、衝撃を吸収する支柱下部に確実に伝達させる仕組

みとなっている。なお、静的数値解析の対象とする実験は、防護柵設置基準・同解説に示される、支柱を 300mm 変位させる静荷重実験である。

**2.2 解析モデル** 計算には汎用性有限要素解析プログラム Abaqus Ver6.11 (SIMULA 社) を用いた。防護柵支柱の解析モデルを Fig.1(b) に示す。支柱上部を 1 次低減積分 Solid 要素、支柱下部を 2 次完全積分 Solid 要素としてモデル化した。アルミニウム合金の材料定数に関しては、実験で使用された材料の引張試験から得られた、公称応力-公称ひずみ関係を、真応力-真ひずみ関係に修正し、さらにそこから弾性域を除いた相当応力-相当ひずみ関係を用いた。支柱嵌合部に用いられているボルトについても、Solid 要素としてモデル化し、完全弾塑性体とした。アンカーボルトについては、はり要素でモデル化し、支柱に変位を与えるステップの前にボルト荷重のステップを設け、実験で計測された値のプリテンションを与えた。

**2.3 解析結果** 静荷重実験および静的数値解析後の支柱変形図を Fig.2 に示す。Fig.2(b) のコンター図における出力は、最大主ひずみである。実験では、斜め材端部が塑性化し、後部フランジ材に座屈が発生するといった変形挙動であったが、解析でも同様の変形過程を示した。

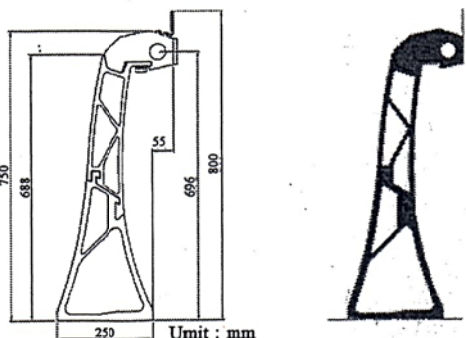
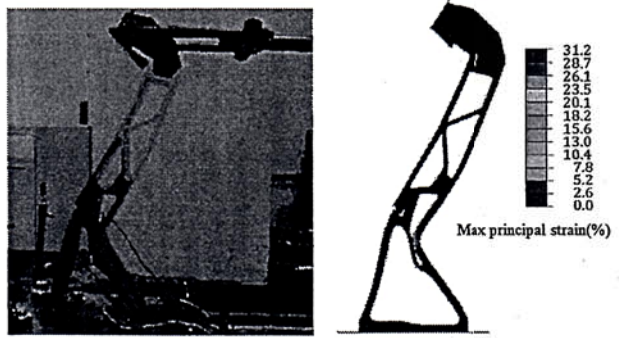


Fig.1 Extruded aluminum-alloy railing



(a) Experiment (b) Analysis  
Fig.2 Deformation

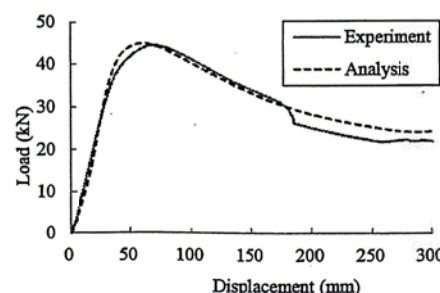


Fig.3 Load-Displacement Curves



支柱底部については、アンカーボルトのみで固定しているため、実験と解析の両方で支柱ベースプレートに浮き上がりが生じた。また、荷重-変位曲線の結果を、Fig.3示す。解析結果と実験結果を比較すると、解析の初期剛性、最大荷重、最大荷重後の挙動について、実験値と良く一致している。しかし、実験結果において、荷重ピークを迎えた後の支柱変位 175mm 近傍で荷重が 5kN 程度低下している。この荷重低下は斜め材の割れによるものだと考えられ、実際に 300mm 変形時に目視で確認したところ、斜め材に亀裂が生じていた。

そこで、Fig.2(b)の最大ひずみについて着目する。使用された材料引張試験における引張強度時の伸びは、11.7%、破断時の伸びは、18.5%である。Fig.2(b)より、これらの値と比較すると、300mm 変位時において、斜め材は、破断時のひずみを上回っていることが確認できた。

### 3 動的数値解析

**3.1 対象実験** 重錘衝突実験は、静的載荷実験に対して、衝撃下での支柱の変形形状および強度・変形性能を確認することを目的として行われた。実験概要を Fig.4 に示す。実験では、支柱を水平に取り付け、鉄球 460kg を所定の高さから自由落下させ、防護柵支柱に衝突させた。Fig.4 の落下高さ H については、300mm 変位静荷重実験より得られた荷重-変位曲線より変形エネルギーを算出し、それと等しい位置エネルギーとなるよう重錘の落下位置を調整している。

**3.2 解析モデル** 動的数値解析の計算には汎用性有限要素解析プログラム LS-DYNA を用いた。防護柵支柱の材料定数については、LS-DYNA の多直線近似等方弾塑性体モデルを用い、静的数値解析と同様の応力-ひずみ関係を与えた。また一般に、金属材料の動的負荷時には、ひずみ速度効果が影響することが分かっている。本研究では、伊藤ら<sup>2)</sup>が行った動的引張試験から得られたひずみ速度効果の影響を考慮した。また、材料引張試験で計測された破断ひずみに達した要素は、計算から削除するように設定した。その他、接触条件等については、静的数値解析と同様にしている。

**3.3 解析結果** 重錘衝突後における防護柵支柱の変形を Fig.5 に、支柱の時刻歴変位を Fig.6 に示す。実験での変位は、高速度カメラによって計測している。支柱の最大変位は、実験値が 351mm、解析値が 344mm となり、多少の差があるものの、斜め材が塑性化してフランジが

座屈するといった全体的な変形挙動は、実験結果と一致した。また、解析において、斜め材が設定した破断ひずみの値を上回り、実験と同様の破断が生じていることを確認した。次に、Fig.7 に実験および解析より得られた支柱の荷重-変位曲線を示す。実験と解析の両方で、荷重は重錘の加速度から算出しており、実験における重錘の加速度は、圧電型加速度計を用いて計測している。また、加速度の値は、周波数を 100Hz に設定したローパスフィルタ処理を行った。実験での最大荷重は、45.0kN であり、解析より得られた最大荷重は、43.2kN であった。実験結果と解析結果を比較すると、多少の違いはみられるものの、全体的には、防護柵支柱の衝突鉛直荷重の挙動はよく一致していると言える。以上より、作成した解析モデルは、静的、動的の両方の観点から妥当であると言える。

### 4 結 言

嵌合構造を有する新型のアルミニウム型材防護柵に対し、支柱の静的載荷実験および、重錘衝突実験の事後解析を行い、変形性能、荷重特性が良く一致するモデルを作成した。今後、この防護柵に対して、車両衝突解析を行い、その衝突性能の検証を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会, 防護柵設置基準・同解説 (2008).
- 2) 伊藤義人, 宇佐見康一, 貝沼重信, 杉江昌宣, アルミニウム合金製防護柵の実車衝突に関する数値解析的研究, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.1707-1718 (2001).



(a) Experiment (b) Analysis  
Fig.5 Deformation

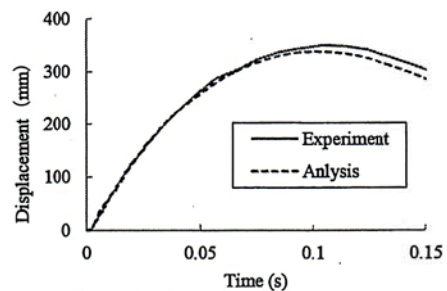


Fig.6 Displacement history curves

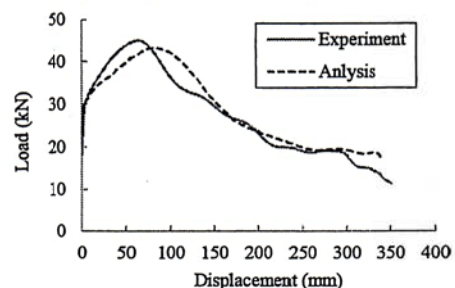


Fig.7 Load-Displacement Curves

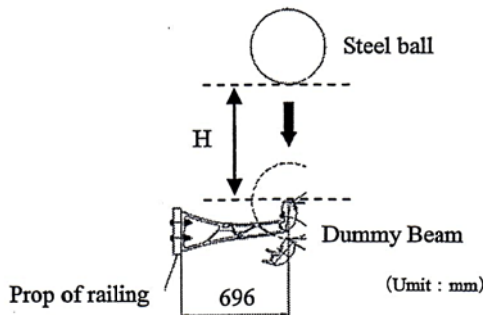


Fig.4 Outline of the experiment