

アルミニウム合金型材支柱を用いた橋梁用ビーム防護柵の開発に関する研究

名古屋大学大学院	学生会員	吉野 彰宏
名古屋大学大学院	フェロー会員	伊藤 義人
(株)住軽日軽エンジニアリング	正会員	酒見 真志
名古屋大学大学院	学生会員	○佐藤 遼一

1. 目的

本研究では、アルミニウム合金型材を支柱に用いた橋梁用ビーム型防護柵の開発のために、静的載荷実験及び重錘衝突実験とそれらの数値解析を行っている。日本においては、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¹⁾、それ以降も、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ており、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。本研究は、これらの流れの一環として、アルミ合金型材支柱を用いた新しい橋梁用ビーム型防護柵の開発を図ったものである。

2. 静的実験とその数値解析

本研究で対象とするアルミニウム合金型材の支柱形状を、図-1(a)に示す。アルミニウム合金は、比重が鉄の約3/4であるとともに、耐食性が良く、美観上も優れている。この防護柵の支柱は、押出によって製作するが、支柱高さ750mmの断面を一度に押し出せる施設はなく、2つの上下の2つの部材に分けて押し出される。支柱の上部と下部は、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。

まず、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を図-2(a)に示すように支柱上部を水平に引っ張ることによって行った。実験結果を図-2(a)と図-3に示す。

数値解析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図-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。

静荷重実験およびその数値解析の支柱変形を図-2に示す。図-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。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。実験と数値解析の荷重-変位曲線の比較を図-3

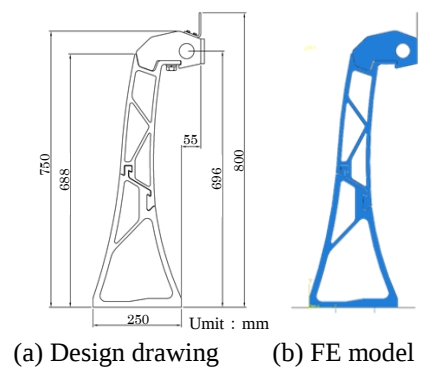


図-1 アルミニウム合金型材支柱

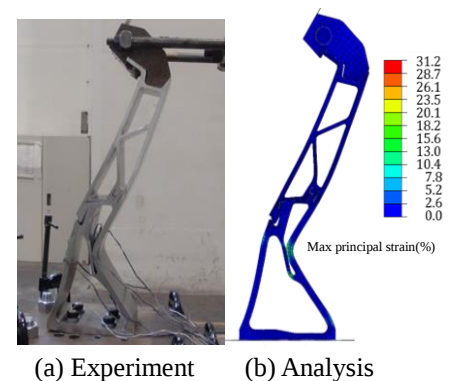


図-2 実験と解析の比較

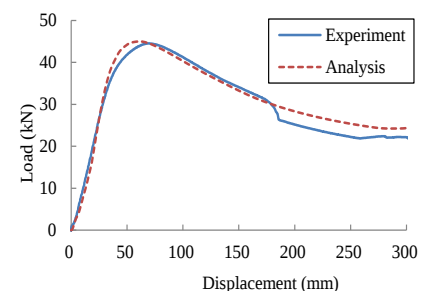


図-3 荷重-変位曲線の比較

キーワード 防護柵, FEM, アルミニウム

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 社会基盤工学専攻 TEL 052-789-3733

に示す。数値解析結果と実験結果は初期剛性、最大荷重、最大荷重後の挙動において良い一致を示している。ただし、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であり、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。図-2(b)において斜め材の最大主ひずみの計算値は、使用された材料の引張試験における破断時の伸び 18.5% を上回っていることが確認できた。

3. 重錘による動的衝突実験とその数値解析

460kg の鋼球を自由落下させる重錘衝突実験を、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った。実験概要を図-4に示す。実験では、支柱を水平に取り付け、鋼球 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。図-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。

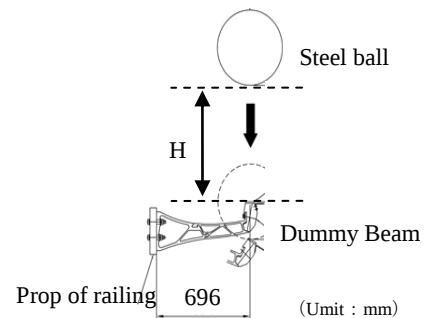


図-4 重錘衝突実験の模式図

重錘衝突の数値解析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²⁾が行った動的引張試験から得られたひずみ速度効果を考慮した。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、削除するようにパラメータ設定した。その他、接触条件等については、静的数値解析と同様としている。

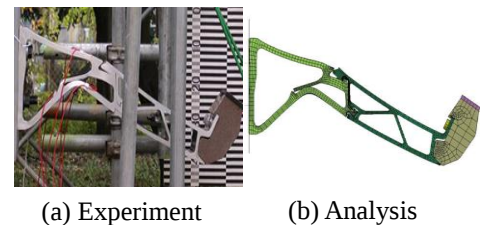


図-5 重錘衝突後の変形の比較

図-6 変位時刻歴曲線の比較

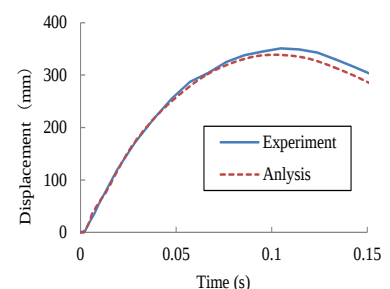


図-7 荷重-変位曲線の比較

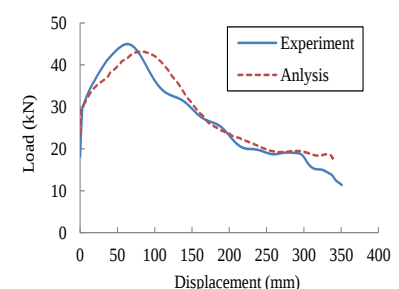


図-7 荷重-変位曲線の比較

実験と数値解析における重錘衝突後の防護柵支柱の変形を図-5に、支柱の変位時刻歴曲線の比較を図-6に示す。実験での変位は、高速度カメラによって計測したものである。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、実験結果とよく一致した。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。

図-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。実験結果と解析結果ともに、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。アルミニウム合金形材の防護柵支柱の衝突挙動の実験結果と解析結果はよく一致していると言える。

以上より、アルミニウム合金形材支柱の挙動を、静的及び動的に実験と数値解析を用いて明らかにした。作成した数値解析モデルは、静的、動的の両方の観点から妥当であると言える。このアルミニウム合金支柱を用いた橋梁用ビーム型防護柵に対して、車両衝突解析を行い、その衝突性能を明らかにしているが、その結果は当日発表する。

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)