

コンクリート・アルミニウム合金複合防護柵に関する数値解析的研究

○名古屋大学大学院土木工学専攻
名古屋大学大学院社会基盤工学専攻
名古屋大学大学院

学生会員 劉 斌
フェロー会員 伊藤 義人
学生会員 服部 良平

1. はじめに

近年、高速道路および鉄道の交差近接区間などに設置される剛性防護柵にも景観性や視線誘導性が求められるようになっている。平成11年に日本道路公団において、既存の路側用剛性防護柵および海外の文献を基に、第2東名高速道路用の防護柵として、図-1に示すような見通し性に優れ、車両乗員の閉塞感、圧迫感からの開放を主目的とした「鋼・コンクリート複合型防護柵」が開発された。平成13年に、(社)日本アルミニウム協会では、海岸地帯、積雪地や景観性を重視する区間等に設置することを主な目的とする耐食性、加工性に優れたコンクリート・アルミニウム合金複合防護柵が開発され、

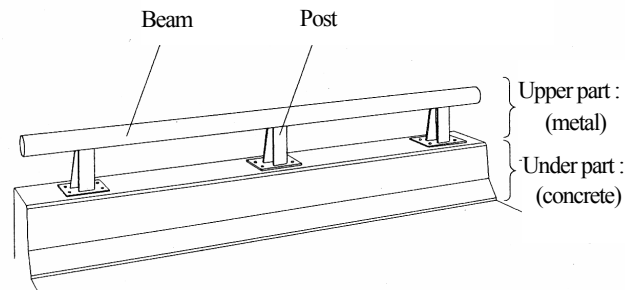


図-1 金属・コンクリート複合型防護柵

、実車衝突実験により性能を確認されている。こうした走行景観に配慮した金属・コンクリート複合型防護柵が開発されてきているが、全壁高欄と同様のメンテナンスフリー機能を確保するために、コンクリート壁部のみならず、金属柵部（高欄部）についても剛性設計を実施している。しかしながら、実車衝突実験からは高欄部支柱や横梁部分に多少の塑性変形を生じる結果となっており、高欄部の設計にあたって剛性に固執する必要がそれほど高くないと考えられる。また、高欄部を剛性から弾塑性設計に変更することにより、高欄部の部材厚などの見直しとそれに伴うコスト削減が図れることができることから、平成14年に日本道路公団は、橋梁用ビーム型防護柵（たわみ性防護柵）の考え方を導入して、金属・コンクリートたわみ性複合型防護柵を開発し、実車衝突実験を実施して、防護柵の諸性能を満足することを検証した。

本研究においては、コンクリート・アルミニウム合金複合型防護柵について、平成13年9月に行われた剛性複合防護柵（SS種）、および平成14年10月に行われたたわみ性複合防護柵（SB種）の実車衝突実験を対象とした数値解析シミュレーションを行い、防護柵の性能照査のために、実験結果とシミュレーション結果の整合性について検討する。

2. コンクリート・アルミニウム合金複合防護柵に関する数値解析モデル

一般に、金属材料の動的載荷時には、その応力-ひずみ関係は静的載荷時に比べて大きく異なることが知られている。数値解析シミュレーションを行うために、まずコンクリート・アルミニウム複合防護柵の高欄部に用いられているアルミニウム合金（A6061S-T6 および AC4CH-T6）について、動的引張試験を行い、応力-ひずみ曲線を求め、材料定数のひずみ速度効果を確認した。

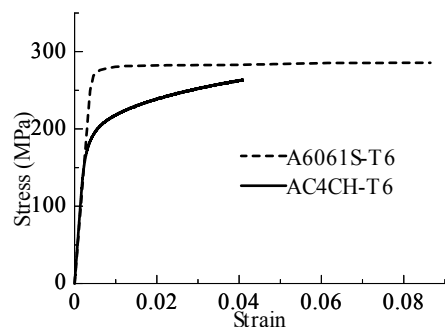


図-2 応力-ひずみ関係

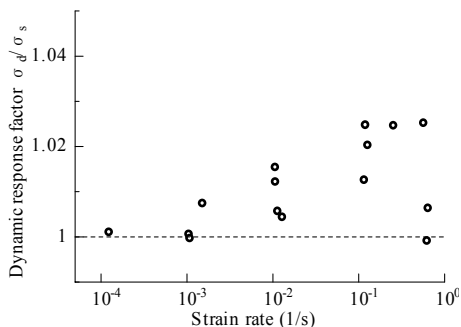
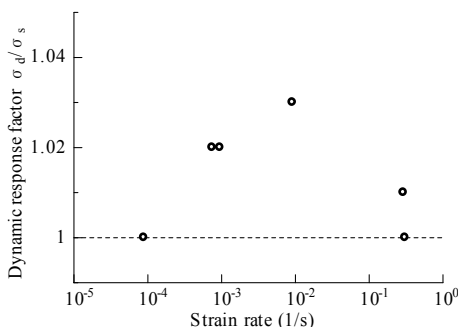


図-3 ひずみ速度効果(A6061S-T6)



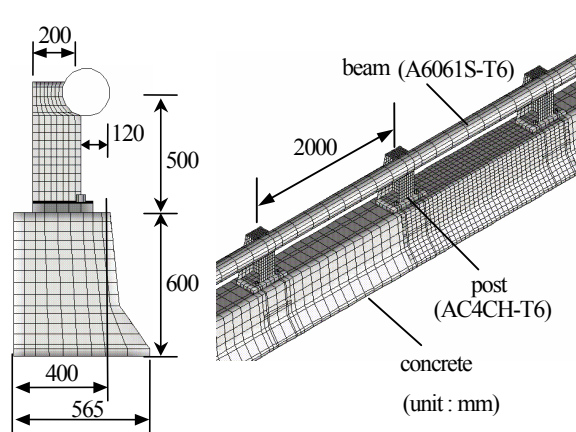
引張試験の結果、図-2に示すように、対象としたアルミニウム合金の応力-ひずみ曲線は上降伏点や下降伏点やひずみ硬化を示すことなく、なだらかな曲線を描いた。応力-ひずみ曲線からオフセット耐力法を用いて0.2%オフセット耐力を求め、ひずみ速度が $10^{-4}(1/s)$ の下で行った試験の結果を静的な試験の結果と考えて算出した耐力の応答倍率とひずみ速度の関係を図-3と図-4に示す。アルミニウム合金A6061S-T6およびAC4CH-T6の耐力のひずみ速度効果は最大3%程度であり、ひずみ速度効果はほとんどないことが分かった。

キーワード コンクリート-アルミニウム複合防護柵、数値解析、性能照査

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部7号館 伊藤義人 (Tel: 052-789-2737)

図-5 と図-6 にそれぞれ剛性およびたわみ性コンクリート・アルミニウム合金複合防護柵解析モデルを示す。コンクリート躯体天端までの高さは600mm、天端から横梁の中心までは500mm、各支柱間隔は2000mmであり、スパン数は16となっている。また、数値解析で用いた材料特性については高欄部は引張試験の結果を用い、von Mises の降伏基準に従う等方弾塑性体とする。コンクリート躯体については材料試験から得られた圧縮強度と引張強度を元に Drucker-Prager 則を用い各材料定数を算出した。また、コンクリート躯体の変形は小さいため、コンクリートのひずみ速度効果を考慮していない。

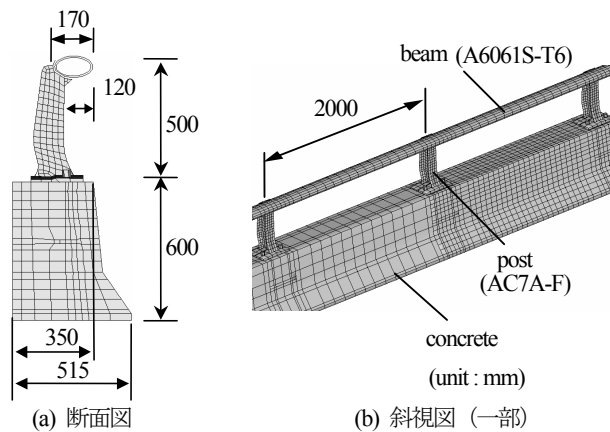
一方、トラックモデルに関しては図-7 に示す本研究室で開発したモデルを使用した。衝突条件は実車衝突実験とあわせ、SS 種では衝突速度 $V=84.6\text{km/h}$ 、衝突角度 $\theta=20\text{deg}$ 、車両重量 20tf（衝撃度 $I_s=653\text{kJ}$ ）であり、SB 種では衝突速度 $V=74\text{km/h}$ 、衝突角度 $\theta=15\text{deg}$ 、車両重量 20tf（衝撃度 $I_s=283\text{kJ}$ ）である。



(a) 断面図

(b) 斜視図（一部）

図-5 剛性複合型防護柵（SS種）の解析モデル



(a) 断面図

(b) 斜視図（一部）

図-6 たわみ性複合型防護柵（SB種）の解析モデル

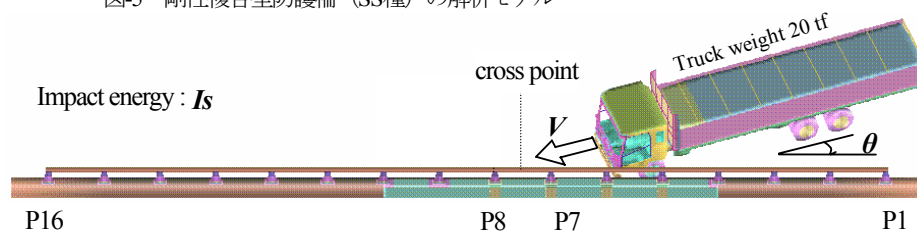


図-7 衝突条件

表-1 離脱速度・離脱角度の比較

		離脱速度 (km/h)	離脱 角度 (度)
剛性	実験	64.3	0
	解析	62.9	3.5
たわみ性	実験	64.5	0.6
	解析	62.0	1.0

4. 解析結果と結論

支柱頂部の柵外変位の解析値と実験値との比較を図-8 と図-9 に示す。図-8 に示した剛性複合防護柵の最大変位は0.1秒の1次衝突、および0.4秒前後の2次衝突により発生し、解析では防護柵変位は実験結果と良く一致しており、防護柵モデルと実物の防護柵の剛性が等しく良くモデル化できていると言える。また、図-9 に示したたわみ性複合防護柵の最大変位は0.1秒前後に1次衝突の支柱7において発生し、塑性変形により残量変位は110mmであり、2次衝突におけるトラックは支柱7にあらず、2次衝突時に発生する変位は見当たらない。解析の残留変位は実験よりやや大きい。車両の逸脱防止性能の評価指標としての柵外変位は200mmに収まっている。また、車両の誘導性能の評価の指標としての離脱速度・離脱角度の比較を表-1に示し、解析結果と実験結果はほぼ一致することが分かる。以上のことから、車両衝突数値解析は複合型防護柵の「車両の逸脱防止性能」と「車両の誘導性能」照査に対しても有効であると考えられる。

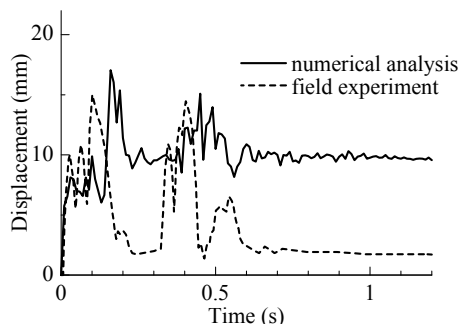


図-8 支柱6の柵外変位（剛性）

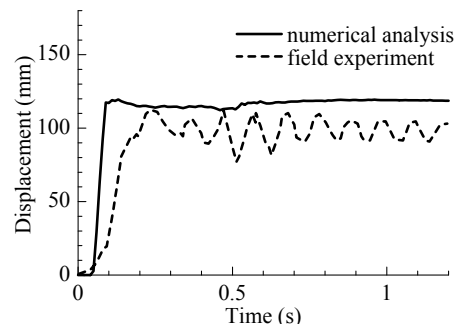


図-9 支柱7の柵外変位（たわみ性）

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，丸善，1998。
- 2) 高速道路施設におけるアルミニウム材の適応性に関する調査研究（社団法人 日本アルミニウム協会委託）報告書，平成14年2月。
- 3) 日本道路公団，財団法人 土木研究センター：新たな橋梁用複合型防護柵の性能確認に関する衝突実験・解析業務 報告書，平成15年2月。