

コンクリート-アルミニウム合金複合防護柵の性能に関する数値解析的研究

名古屋大学工学部	学生会員	服部 良平
名古屋大学理工科学総合研究センター	フェロー会員	伊藤 義人
名古屋大学大学院	学生会員	肥田 達久
名古屋大学大学院	学生会員	草間 竜一

1. はじめに

近年の車両の大型化，高速化，道路交通網および幹線鉄道網の拡張により，高速道路および鉄道の交差近接区間など，防護柵が突破された場合に重大な二次被害が発生するおそれのある区間が増加し，剛性防護柵(コンクリート防護柵)の施工数が増加している．現在の剛性防護柵は突破性能(強度)重視で設計され，景観性についてはほとんど考慮されていないのが現状である．そこで高速道路用の防護柵として，景観性および視線誘導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た．

本研究においては，平成13年9月に行われた複合防護柵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，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. 解析モデル

図-1に今回対象としたコンクリート-アルミニウム合金複合防護柵の解析モデルを示す．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アルミニウム合金製の高欄部は引張試験の結果を用い，コンクリート躯体については圧縮試験から得られた圧縮強度を基に文献を参照して各材料定数を算出した．物性モデルに関しては，支柱，横梁および配筋は von Mises の降伏基準に従う等方弾塑性体とした．また，コンクリートについては降伏基準に Drucker-Prager 則を用い，降伏後は完全弾塑性，すなわち引張応力が引張強度に達すると要素は破壊したと見なされ引張応力を伝えなくなる物性タイプを用いた．

一般に，金属材料の動的载荷時には，その応力-ひずみ関係は静的载荷時に比べて大きく異なることが知られている．高欄部支柱に用いられているアルミニウム合金鋳物(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ところ，ひずみ速度効果は $\dot{\epsilon}=10^0$ で3%程度でしかないので本研究の数値解析シミュレーションでは考慮していない．

複合型防護柵においては，アルミニウム合金製の高欄部とコンクリート躯体が協同で衝撃力を受け止める構造になっているため，高欄部支柱基部のモデル化が重要である．そこで本研究では図-2に示すようにアンカーボルトモデルを作成した．一方，トラックモデルに関しては図-3に示す本研究室で開発したモデルを使用した．

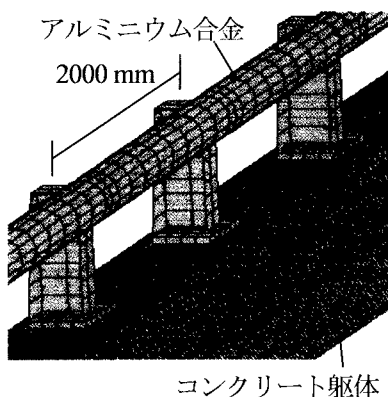


図-1 複合防護柵モデル

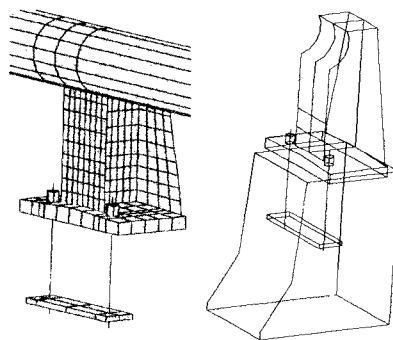


図-2 アンカーボルトのモデル化

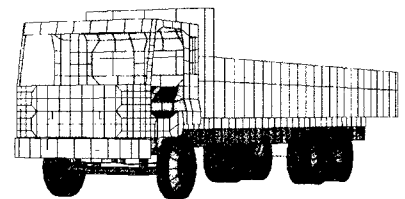


図-3 トラックモデル

3. 解析結果

実車衝突実験の衝突条件（衝突速度 84.6km/h, 衝突角度 20deg, 車両重量 20ton）に合わせた解析を行った。図-4 に支柱 6 頂部、図-5 に支柱 7 コンクリート躯体の変位時刻歴を示す。支柱 6 頂部の柵外方向変位の最大値は 18.0mm, 支柱 7 コンクリート躯体の変位については 8.4mm である。まず、支柱 6 頂部における変位の最大値は実験値とよく一致している。波形についても 1 次衝突・2 次衝突の影響が明瞭に表れ、実験で計測されたものに近い。また、コンクリート躯体変位の最大値については実験値との誤差が大きくなっているが、波形については整合性が良いといえる。

次に最も大きな応力が発生した支柱 7 アンカーボルトのひずみ時刻歴を図-6 に示す。図-6 の値は、解析値、実験値ともに 2 本のアンカーボルトの平均値である。最大値は解析値の方が大きく、また変位と同様に解析におけるピーク値が実験値よりも遅れて現れているが、全体的にによく一致している。

なお、車両挙動の代表値を表-1 に示す。これらの値は防護柵設置基準の値を満足しており、今回のコンクリート・アルミニウム合金複合防護柵は「防護柵の設置基準」で規定されている性能を十分に満たしていることが分かった。

4. 今後の課題

今後の課題としては、さらに精度の高いモデル化を行うことである。また、本研究の有限要素解析には 3 次元非線形解析汎用プログラム LS-DYNA を用いたが、3 次元非線形解析汎用プログラム PAM-CRASH を用いて同様の解析を行い、結果を比較検討することにより両プログラムの特徴を照査する予定である。

謝辞 解析に必要な実車衝突実験のデータの入手等については住軽日軽エンジニアリングの三上氏に多大なる御協力をいただいた。また、本研究の一部は、平成 13 年度文部省科学研究費補助金基盤研究(B)(2)の補助を受けて実施した。ここに、感謝の意を表します。

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) 日本アルミニウム協会：アルミニウム合金・コンクリート複合型防護柵 実車衝突実験報告書、2001。 3) 高速道路調査会（2002）：平成 13 年度 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。 4) 日本総合研究所（1999）：LS-DYNA3D Ver.950 使用の手引き。 5) 日本総合研究所（1999）：LS-DYNA3D Ver.950 USER'S MANUAL。

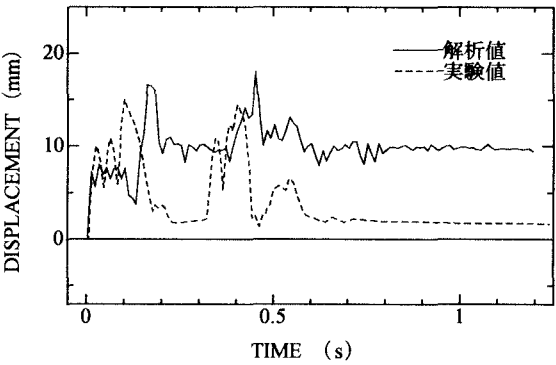


図-4 支柱 6 頂部変位時刻歴

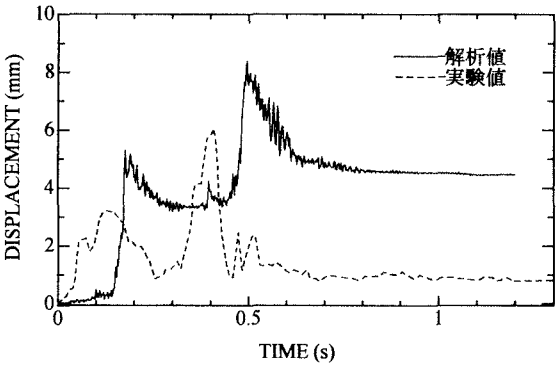


図-5 支柱 7 コンクリート躯体変位時刻歴

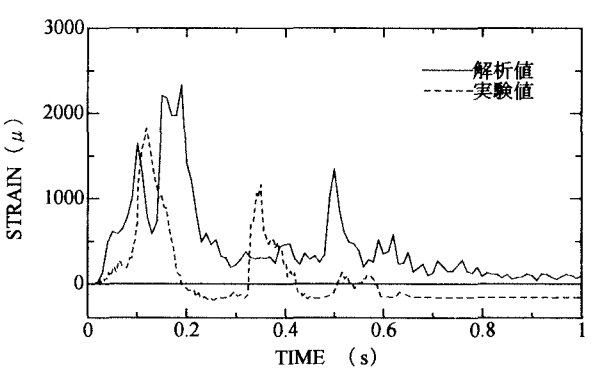


図-6 支柱 7 アンカーボルトひずみ時刻歴

表-1 車両挙動の比較

	解析	実験
離脱速度 (km/h)	62.9	64.3
減速率 (%)	25.7	24
離脱角度 (度)	3.5	0
角度減少率 (%)	82.6	100