

車両衝突解析のベンチマークテストの開発

○名古屋大学大学院社会基盤工学専攻

名古屋大学大学院社会基盤工学専攻

元名古屋大学大学院生

名古屋大学工学部

学生会員

フェロー会員

平井 貴

伊藤 義人

服部 良平

片桐 梢

1. はじめに

現在、車両衝突数値解析の分野では LS-DYNA と PAM-CRASH の 2 大汎用解析プログラムがシェアを占めている。この両プログラムは、共通点を多く有しているが、計算パラメータの算出法や計算のインターフェイスに相違点もある。しかし、それらの相違点が解析結果に与える影響は、これまで明らかになっておらず、両プログラムの差違や特徴も明らかではない。本研究は、これまで名古屋大学伊藤研究室で確立された LS-DYNA 用の解析モデルを PAM-CRASH 用の解析モデルに変換する方式で PAM-CRASH 対応モデルを作成し、LS-DYNA モデルと同一条件で解析を行い、解析結果を比較することによって両プログラムの特徴を明らかにし、車両衝突解析のベンチマークの開発について検討した。

2. 解析モデルと数値解析結果

対象としたたわみ性防護柵は平成 4 年に実車衝突実験の行われた種別 SC の橋梁用鋼製防護柵である¹⁾。作成した防護柵の PAM-CRASH モデルを図-1 に示す。支柱に SS400、横梁に STK400 が使用されており、PAM-CRASH にも降伏後の相当ひずみー相当応力の関係を多直線で近似できる機能を持った弾塑性体モデル (MAT102) が備わっており、このモデルを使用した。材料定数は表-1 のものを用い、ひずみ速度効果も考慮した²⁾。境界条件については支柱と地覆コンクリートはアンカーボルトによって固定され、地覆コンクリート底部は剛結とした。これまでに、LS-DYNA による、この防護柵に対しての車両衝突数値解析が行われた。その結果と実車衝突実験結果の整合性が良いことが明らかにされている²⁾。衝突条件は、車両質量 14.0t、衝突速度 80.0km/h、衝突角度 15.0 度で衝撃度 231.3kJ である。図-2 に車両挙動の比較を、図-3 に支柱の柵外方向変位を示す。まず、図-2 の車両挙動の比較から、車両挙動については PAM-CRASH の解析結果は、2 次衝突後に LS-DYNA の解析結果に比べて車体が大きくねじれ、実験結果との整合性が良い。これは、LS-DYNA と PAM-CRASH では応力の伝達過程が異なるためと考えられる。両プログラムでは応力波速度の算定式が異なっている。Shell 要素を伝える応力波速度は、PAM-CRASH の方が LS-DYNA より遅く算定されるため、PAM-CRASH は LS-DYNA に比べ、力の分散および減衰が進みにくく、車体のねじれが大きくなったと考えられる。

また、両プログラムでは算出される時間増分が異なっており、解析結果が一致しない一因となっている。

図-3 の支柱柵外方向変位では、1 次衝突に

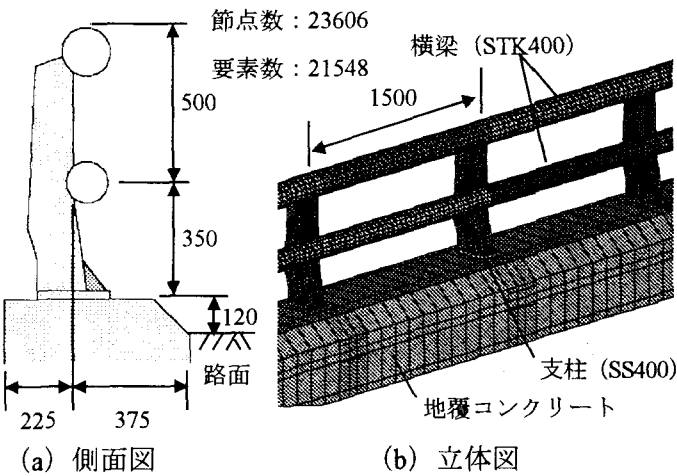
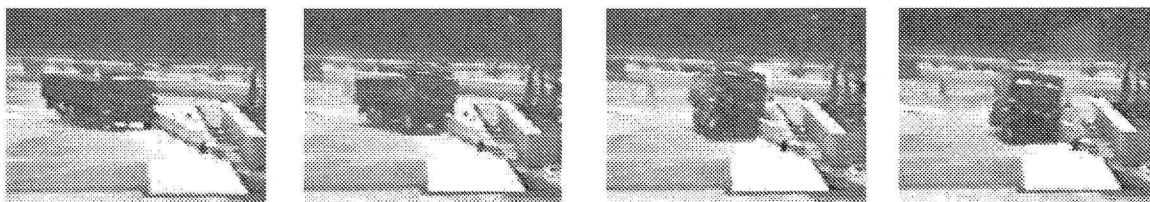


図-1 鋼製橋梁用ビーム型防護柵モデル(単位: mm)

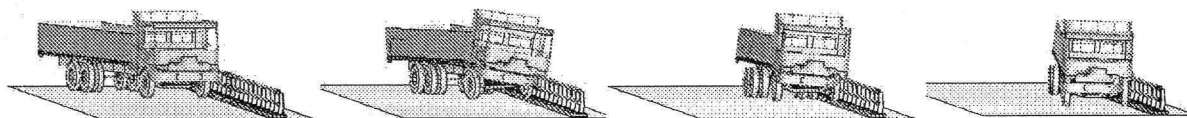
表-1 鋼材の材料定数

材料	引張強度 (MPa)	ヤング率 (GPa)	降伏応力 (MPa)	ポアソン比	伸び(%)
SS400	430	206	235	0.3	41.1
STK400	470	192	351	0.273	33.7

1) 実験



2) LS-DYNA



3) PAM-CRASH



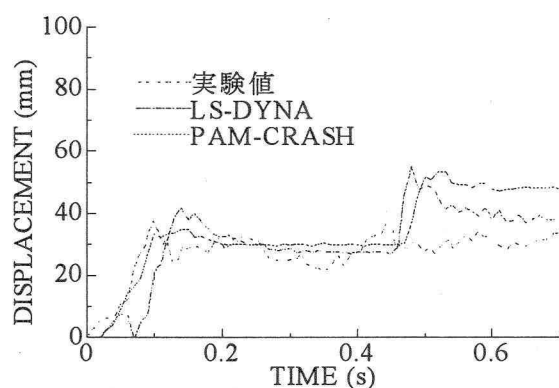
(a) 衝突後 0.0 秒

(b) 衝突後 0.2 秒

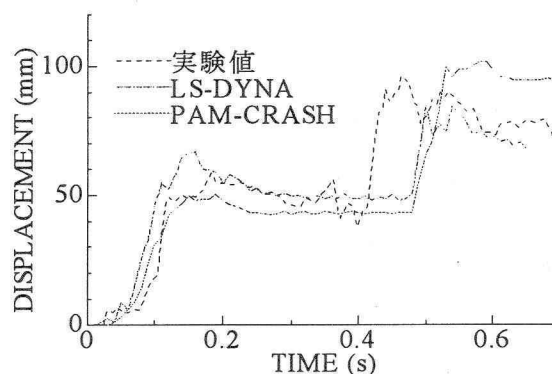
(c) 衝突後 0.4 秒

(d) 衝突後 0.6 秒

図-2 車両挙動の比較



(a) P9



(b) P10

図-3 支柱柵外方向変位時刻歴の比較

については実験値と LS-DYNA および PAM-CRASH との間で、変位量、衝突の発生時刻ともに整合性が高いが、2次衝突については実験値と LS-DYNA に比べ、PAM-CRASH では若干であるが、大きな変位が発生している。これは2次衝突ではPAM-CRASHの方が、車体が大きくねじれているので、大きな衝撃がかかったために2次衝突の変位が増大したのではないかと考えられる。また、PAM-CRASHでは、支柱のスプリングバックの挙動がさほど見られず、実験値やLS-DYNAの解析結果より残留変位が大きい一因となっている。

3. まとめ

PAM-CRASHでも、LS-DYNAと形状、物性、計算条件、計算制御のすべてのデータを一致させることで実車衝突実験およびLS-DYNAとほぼ一致した結果を得ることができた。ただし、最大変位を記録する2次衝突については大きな変位となった。車両衝突解析のベンチマークを開発するため、これについては今後検討の必要がある。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：鋼製高欄型S種防護柵の開発に関する共同研究報告書，1992。
- 2) 伊藤義人，劉斌，宇佐美康一，草間竜一，貝沼重信：車両衝突を受ける橋梁用鋼製防護柵の材料ひずみ速度効果と性能照査に関する研究，土木学会論文集 No.759，pp.337-353，2004。