

車両衝突を受ける防護柵の衝撃力特性に関する数値解析的研究

名古屋大学大学院

学生員 ○鈴木信哉

名古屋大学理工科学総合研究センター フェロー 伊藤義人

1. はじめに

近年、道路交通の高速化や車両の大型化・高重心化が進み、それに伴った防護柵の改良・開発が必要とされている。防護柵の強度や形状寸法等のパラメータ選定は従来、実車実験を通して得られたが、これを補完する手段として衝撃力特性等を再現しうる数値解析モデルの開発が望まれている。本研究では、高重心車両の路外逸脱や積載物散乱を防止する防護柵構造をモデル化し、数値構造解析を行い、実車実験と比較することで、これら高機能型防護柵の衝撃力特性を検討する。本稿では、これら高機能型防護柵の解析モデルを作成するために、橋梁用高欄型S種防護柵を取り上げ、予備解析を行い、最適モデルの検討を行った。なお、解析の対象は、土木研究所によって報告されている文献[1]の橋梁用高欄型S種防護柵である。衝突車両は車両総重量 14t、衝突速度 80km/h、衝突角度 15度である。本研究における解析には汎用衝撃応答解析プログラム LS-DYNA3D を用いた。

2. 解析モデル

2.1. トラックモデル

トラックやトレーラーのような大型貨物車両の構造の詳細なデータは、現在ほとんど公開されておらず、精密な車両モデルの入手は困難であり、有限要素モデルを用いた研究例はわずかである。そこで本研究では、トラックのモデルをカタログ等を参照して独自に作成した。大型貨物車両が防護柵に衝突する際、衝突現象に直接影響する車両の主要部品は、車体、サスペンション、タイヤ、積荷などである。そこで、車両モデルは車両総重量(GVW)14tの大型トラックを対象として、フレーム、エンジン、運転室、荷室、車輪など主要部品を中心にモデル化した。

2.2. 橋梁用高欄型防護柵モデル

橋梁用高欄型防護柵モデルは、土木研究所の実車実験で用いられた構造を、文献[1]をもとにモデル化した。作成した解析モデルを図-1 に示す。本研究では、以下の 3 点についてそれぞれ数ケースの解析を行い、解析モデルの妥当性を検討する。

(1) ひずみ硬化およびひずみ速度効果

本研究で対象とした防護柵のように鋼材が大変形を伴う場合、材料のひずみ硬化の影響は部材変形量などに大きく関わってくるものと考えられる。一方、一般に衝突現象においては、鋼材の力学特性にひずみ速度効果の影響が現れる。そこで、本研究では、これらの力学特性を考慮した場合とそうでない場合の計 4 通りについて解析を行い、実験結果と比較検討する。なお、ひずみ硬化開始ひずみは 0.0014、初期ひずみ硬化係数は 4.01Gpa とし、ひずみ速度効果については文献[2]を参考に降伏応力のスケーリング関係を決定した。

(2) 積分方法

本研究で作成した防護柵モデルのようなシェル要素を有する解析モデルの場合、面内積分および断面面積分の処理方法の違いによって大きく結果が異なると考えられる。そこで本研究では、面内 1 点・断面内 2 点積分と面内 2 × 2 ・断面内 5 点積分による 2 通りのみの解析結果を比較する。

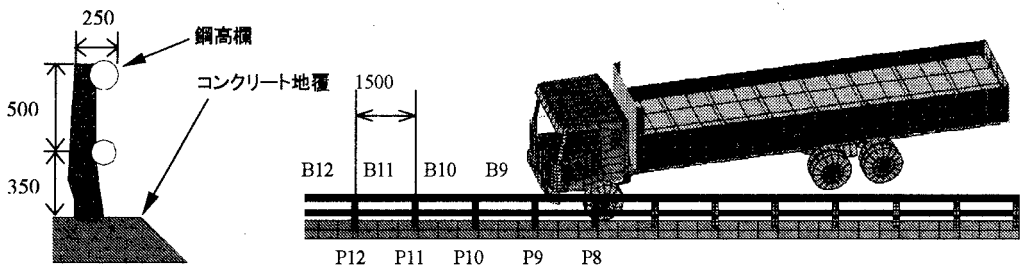


図-1 解析モデル

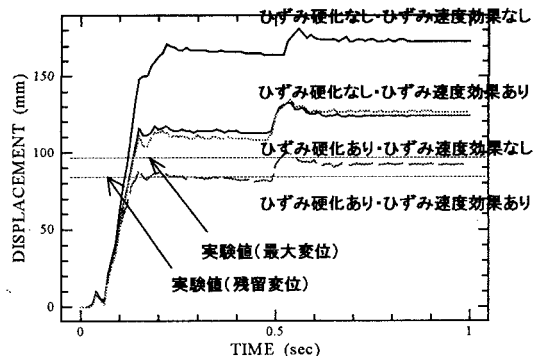


図-2 ひずみ硬化およびひずみ速度効果の影響

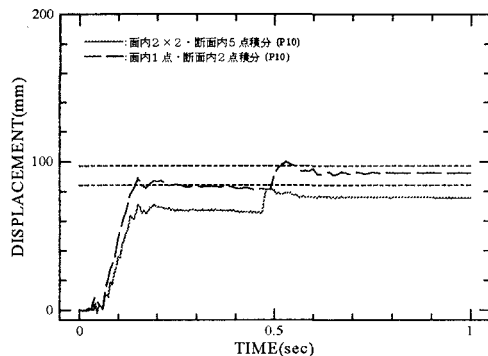


図-3 積分方法の相違による影響

(3) メッシュサイズ

本研究で対象としたような構造を有する防護柵については、一般にメッシュサイズを細かく設定するほど、正確な結果を得ることが可能になる。そこで本研究では、支柱ウェブ、支柱フランジおよび鋼管についてメッシュの分割方法を変え、実験結果と比較することで、最適なメッシュの分割方法を決定する。解析タイプ名は、(支柱ウェブ)–(支柱フランジ)–(鋼管)における分割数を意味する。なお、本研究では1-2-8分割、4-4-16分割、8-8-32分割の3ケースについて検討した。

3. 解析結果

(1) ひずみ硬化およびひずみ速度効果

解析結果を図-2に示す。なお、この解析結果は、最も変形の大きくなる支柱頂部(図-1のP10)の面外水平変位で比較したものである。実車実験では、最大応答変形量は97mm、残留応答変形量は84mmであり、ひずみ硬化およびひずみ速度効果の両方の影響を考慮した解析の結果が実験結果とよく一致している。

(2) 積分方法

解析結果を図-3に示す。この解析結果においても、最も変形の大きくなるP10における支柱頂部面外変形量で比較しており、面内1点・断面内2点積分に比べて、積分点を多くした場合の方が約15%程度減少している。シェル要素の場合、一般的には積分点を多く取りすぎると、実際よりも剛度が増加すると考えられている。本研究においては、今後の解析では面内1点・断面内2点積分を採用する。

(3) メッシュサイズ

解析結果を図-4に示す。なお、この解析結果は、メッシュサイズの違いによるエネルギー収支への影響を比較したものである。解析結果では、1-2-8分割モデルと比較して4-4-16分割モデル、8-8-32分割モデルでは車両、防護柵ともに吸収エネルギーが多少増加している。これはメッシュサイズを細かくしたことで、変形がより正確に計算されたものと考えられる。また、4-4-16分割モデルと8-8-32分割モデルの間には、車両および防護柵両者共に吸収エネルギーに大きな差はなく、ほぼ収束しているものと考えられる。この結果より、メッシュサイズについては、4-4-16分割程度のメッシュ分割でよいと考えられる。

4. おわりに

本研究では、大型車両が防護柵へ衝突する際の車両・防護柵の挙動を再現できる数値解析モデルの解析条件等の検討を行った。今後、これらの結果を高機能型防護柵モデルに生かし、解析および検討を行う予定である。

参考文献 1)建設省土木研究所ほか：鋼製高欄型S種防護柵の開発に関する共同研究報告書，共同研究報告書第74号，平成4年3月。

2)伊藤義人ほか：非線形衝撃応答解析を用いたひずみ速度効果に関する研究，鋼構造論文集，第3巻第11号，1996.9，pp.47-58。