

## 上下壁分離型コンクリート製防護柵に関する数値解析

大阪市立大学工学部土木工学科（現，富山市土木部）  
 ユニ.クリエイティブ.エンジニアリング  
 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻  
 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻

正会員 鈴木 圭  
 正会員 竹村 泰弘  
 正会員 小林 治俊  
 正会員 角掛 久雄

### 1. はじめに

現在供用されている車両用のコンクリート製防護柵（以下，一体型という）[1] は，車両に対して剛性が高いため搭乗者への衝撃が大きいこと，また破壊形式が脆性的で局所破壊を生じるためエネルギー吸収性能に欠けるなどといった問題点が指摘されている [2] .伊藤ら [3] は，防護柵設置基準 [1] が防護柵の性能を実車衝突実験にて照査するとしているが実験には多大の時間と費用とが必要とされることから，トラック実車衝突の数値シミュレーション法の確立をめざして，フロリダ型コンクリート製防護柵に対する数値解析を実施して，防護柵変位および車両挙動について実車衝突実験を十分な精度で再現できるとしているものの，車両衝突時のエネルギー吸収性能や内部応力・ひずみ，さらには破壊形式などについては議論を行っていない．

一方，上述した一体型防護柵の問題点を改善する目的で考案されたのが上下壁分離型防護柵（以下，分離型という）[4,5] である．この防護柵は，上部壁と下部壁およびこれを連結する緩衝部（上下鉄筋およびゴム緩衝材）から成る分離構造であり，これに類似した構造である壁高欄への振り子式自由落下による鋼球衝突実験（鋼球重量：1 tf，壁高：1 m，壁厚：25 cm，壁長：10 m）[4] では，図 1 に示すように，一体型と分離型との破壊状況の相違が確認されている．すなわち，一体型は同図(a) に示すように破壊モードは局所的な押し抜き型のせん断破壊モードであり，分離型は同図(b) に示すように上部壁の支持機構がスパン方向となるため上部壁のみの曲げ破壊モードである．著者ら[5] は，この分離型防護柵の基礎的な力学的特性を検討するために，

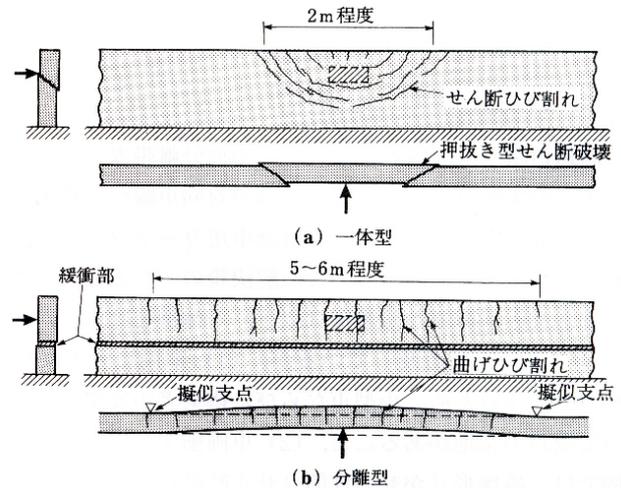


図 1 壁高欄への鋼球衝突実験での破壊形状[5]

単位長さ 1 m の供試体での実験および FEM 解析を行った．しかし実防護柵に比べスパンが大変短いため，図 1 に示す挙動が未確認である．そこで本研究では防護柵スパンを 2~6 m とした 3次元 FEM 解析を行い，主として図 1(b) に示されている曲げ変形について考察する．

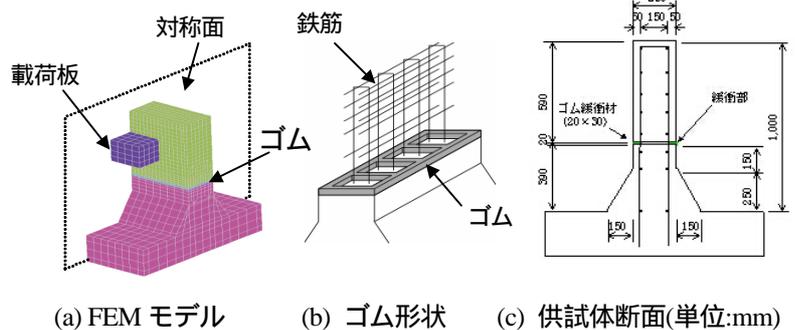


図 2 供試体モデル

### 2. 解析モデル

図 2 に示しているようにモデル供試体には緩衝部に上下方向複鉄筋およびゴム緩衝材を配置しており，スパン方向に左右対称の構造であることから 1/2 モデルを用いた（スパン方向の要素分割は短縮して描いている）.有限要素モデルとしてコンクリートおよびゴム緩衝材には solid 要素，鉄筋は beam 要素を用いた．そして鉄筋，

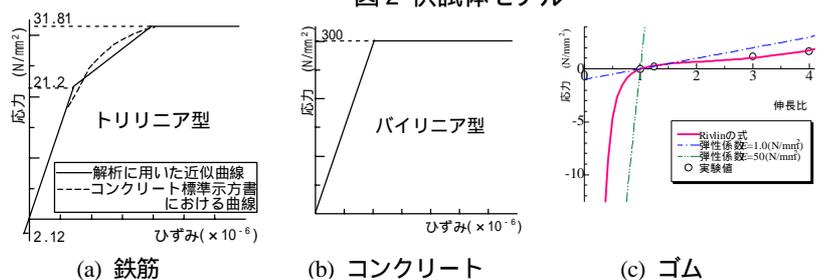
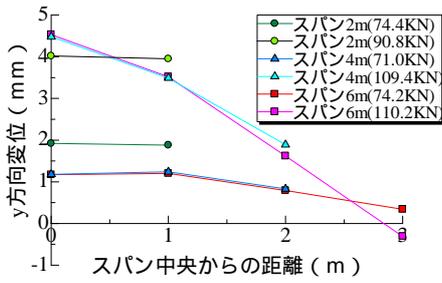


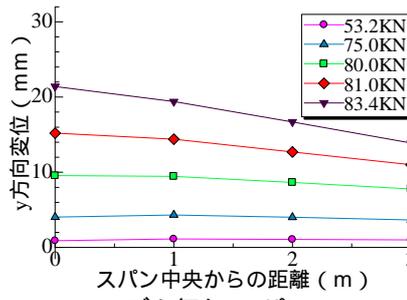
図 3 応力 - ひずみ関係

キーワード：コンクリート製防護柵，上下分離型，ゴム緩衝材，3次元 FEM 解析，曲げ破壊モード

連絡先：角掛久雄 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL/FAX：06-6605-2723

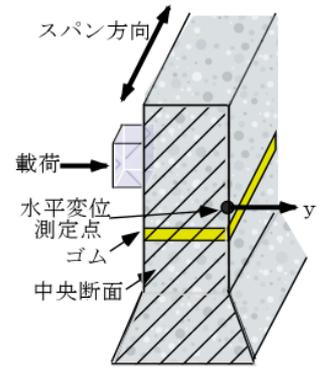


(a)ゴム有り



(b)ゴム無し(スパン 6m)

図 4 上部壁下端 y 方向の変形



コンクリートおよびゴムの応力 - ひずみ関係を図 3 に示す．コンクリートの引張強度には同図(b) に示すように 2.12 N/mm<sup>2</sup> (=21.2 × 10<sup>-1</sup> N/mm<sup>2</sup>) を用い，上下部壁とゴムは弾塑性体，底板と載荷板は弾性体として扱っている．その際コンクリートの降伏基準には Drucker-Prager の内接円，鉄筋は von Mises の降伏基準を用いた．そしてゴムの材料特性の決定には Rivlin の定式化に拠っている [5]．解析には汎用ソフト LS-DYNA [6]を用い，載荷板に水平強制変位を与えて数値解析を行なった．

3. 解析結果

最初に，スパン長の影響をみるため，ゴム緩衝材の有る場合での上部壁下端の水平変位を図 4(a)に示している．スパン 2m の場合は，スパン中央と端部でほぼ同じ変位であることから剛体的に変形している．同 4m では，端部の変位がスパン中央の約 50%であり，スパン方向に曲げ変形が生じている．そして同 6m の場合ではさらにスパン方向の曲げ変形が顕著になり，変位が 0 の擬似支点が現れている．このスパン 6m モデルの曲げによるひずみ分布を荷重約 92kN の場合について図5に示しており 楕円で囲んだ部分にひび割れが生じている．このひび割れ領域はさらに荷重約 120kN まで約 2m 幅でスパン方向に広がるがそれ以後の荷重段階では広がりが無くなる．

次に，スパン 6m でゴム無しモデルの下端の変形を図 4(b)に示すが，図 4(a)に示したスパン 6m でゴム有りモデルの結果とは明らかに変形状・量とも異なっている．これは，ゴム無しモデルでは緩衝部の鉄筋のみで上下壁間の作用力を伝達するのに対し，ゴム有りの場合は荷重増加に伴い鉄筋と共にゴムの抵抗が大きくなるため，上部壁は擬似支点を有する曲げ変形を起こすからである．

最後に，一体型と分離型の中央断面での上部壁下端での荷重 - 変位曲線を図 6 に，壁体の高さ方向変位分布を図 7 に示した．これより一体型が分離型に比して耐力では圧倒的に大きいことが分かる．

4. まとめ

本数値解析によれば上下壁分離型防護柵で緩衝部にゴムを有する場合には，スパン長が 6m 程度になれば上部壁に曲げ変形を発生することが明らかになった．

参考文献

[1]日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，1999，[2]建設省土木研究所：高速化対応型コンクリート製防護柵に関する共同研究報告書，1998，[3]伊藤，服部，劉，草間：コンクリート製防護柵の車両衝突数値解析に関する研究，構造工学論文集，土木学会，Vol. 50A，pp. 1295-1303，2004，[4] 阪神高速道路公団，東洋技研コンサルタンツ：コンクリート高欄破壊実験報告書，1971.12，[5] 竹村，岡田，角掛，小林：上下壁分離型コンクリート製たわみ性防護柵に関する基礎的研究，コンクリート工学，Vol. 42，No. 2，pp. 33-40，2004，[6] 日本総合研究所：LS-DYNA Ver. 950 使用の手引き，1999

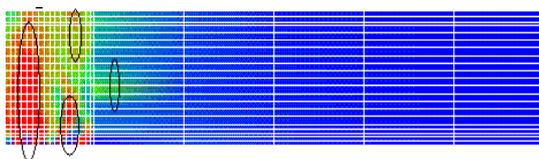


図 5 スパン方向のひずみ分布

(ゴム無し，スパン 6m，荷重 92.4 kN)

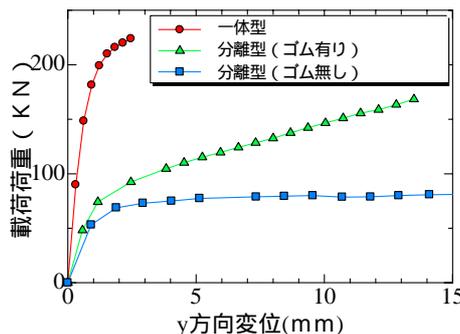


図 6 上部壁下端の荷重 - 変位曲線

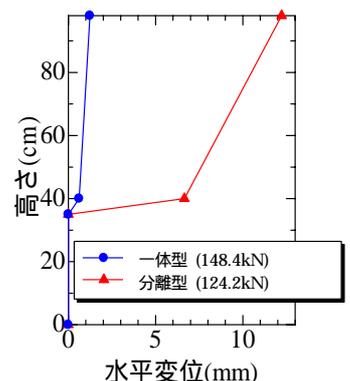


図 7 壁体の変位分布