

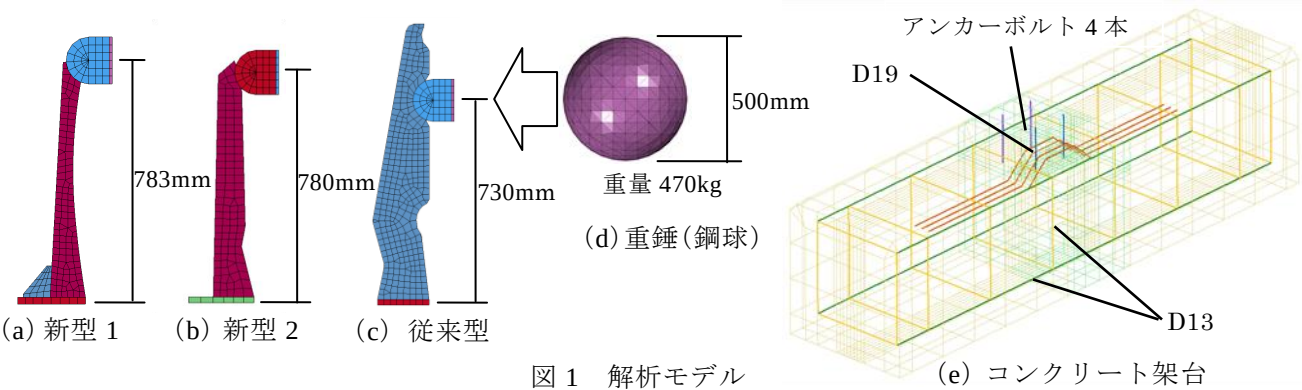
橋梁用防護柵の衝突性能に関する実験的・数値解析的研究

○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
名古屋大学大学院社会基盤工学専攻
(株) 住軽日軽エンジニアリング

学生会員
フェロー会員
学生会員
非会員

伊藤 誠慈
伊藤 義人
Thanh Huu LE
高堂 治

1. 諸言 平成 10 年の車両用防護柵の設置基準改訂に伴い性能照査型設計が導入され、数値解析によって実車衝突実験を補完することの有用性が示されてきた¹⁾。また、防護柵の設置基準は平成 10 年以降も改定が行われており、それに合わせて新たな形式の防護柵の開発や補強方法の見直しが行われている。これらの防護柵の部材に対する衝突性能や構造的挙動の検証は、今後、このような防護柵の実車衝突を補完するシミュレーションモデルの開発を行っていく上で、重要な課題といえる。そこで、本研究では、平成 16 年の防護柵設置基準の改定により、景観に配慮して開発された新型の鋼製橋梁用ビーム型 A 種防護柵の支柱を対象に、その衝突性能や構造的特徴について照査することを目的としている。



2. 実験条件と数値解析モデル 本研究で対象とした鋼製橋梁用ビーム型 A 種防護柵支柱の解析モデル（側面）を図 1 に示す。以下、図 1 (a) のタイプを新型 1、図 1 (b) のタイプを新型 2、図 1 (c) のタイプを従来型とする。新型 1 は平成 17 年に、新型 2 は平成 19 年に、従来型は平成 16 年以前に開発されたものである。従来型は新型の性能照査のために解析モデルのみを作成し、今回実験は行っていない。両新型と従来型の変形特性の違いとして、従来型は支柱の下部のくびれ部分に局部座屈が生じ支柱が変形するのに対し、両新型は背面の支柱フランジ部全体が横ねじれ座屈が生じ支柱が変形する。また、新型 2 については前面のフランジ下部にくびれ部を設けてあり、支柱の変形時にその部位が直線状に伸びる特徴がある。これらの 3 タイプに対して重錘衝突解析を行い得られた解析結果から、両新型について、重錘衝突実験結果と比較を行いモデルの妥当性を確認し、その後、両新型と従来型の解析結果を比較し、それらの衝突性能を明らかにする。対象とする衝突実験は、図 1 (d) に示す鋼球を振り子で防護柵支柱に衝突させる重錘衝突実験である。防護柵支柱の支持構造としては、4 本のアンカーボルトを使用したアンカー方式が採用され、基部の架台に固定されている。

表 1 実験及び解析のケース

ケース	支柱タイプ	基部 の架台	落下高さ (mm)	衝突速度 (mm/s)
a	新型 1	鋼	2150	6492
b	新型 2	鋼	2300	6714
c	従来型	鋼	—	6492
d	新型 1	コンクリート	2300	6714
e	新型 2	コンクリート	2300	6714

実験及び解析を行ったケースを表 1 にまとめる。解析には LS - DYNA Ver971 を使用した。各タイプの支柱には SS400 を使用しており、その材料特性については、降伏後の相当ひずみ－相当応力の関係を von-Mises 降伏基準に従う多直線近似等方弾塑性体モデルとし、伊藤ら（2004）が行った動的引張試験から得られたひずみ速度効果の影響を考慮している。架台のコンクリートについては、LS-DYNA の土質およびクラッシュパルフォーム材を使用し、コンクリートのひずみ速度効果については、伊藤らによって（2004）衝突を受ける

コンクリート架台の変形が弾性域でほぼ収まる場合、ひずみ速度効果の有無は解析結果に影響を及ぼさないことが示されており、本研究では特に考慮していない。また、アンカーボルト及びコンクリート躯体内の埋め込み鉄筋については弾性体とした。各タイプの要素特性に関しては、支柱を、ねじれが問題となる解析に適応される Belytschko - Leviathan 要素によってモデル化し、鋼球、コンクリート等を 1 点積分 Solid 要素によってモデル化している。鉄筋とアンカーボルトについては、 Hughes-Liu Beam 要素を用いてモデル化した。鋼架台に設置されているケースでは、アンカーボルトをモデル化せず支柱底板の下面を完全固定とした。コンクリート躯体に設置されているケースでは、図 1 (e) に示すアンカーボルトとコンクリート架台をモデル化しコンクリート躯体の下面を完全固定とした。また埋め込み鉄筋とコンクリートの付着については、剥離を考慮せず完全付着とした。

3. 実験及び解析結果と結論 重錘衝突による最大変位発生時の各解析モデル（背面）の挙動を図 2 に示す。また、重錘衝突時の各ケースの水平方向の変位量と最大衝突水平荷重の解析値と実験値を表 2 に示す。変位量は防護柵支柱の主要横梁の位置で計測し、実験における衝突水平荷重は支柱に添付したひずみゲージより推定したものである。解析による衝突水平荷重は周波数を 100Hz と設定したローパスフィルタで処理をしたものである。

また、ケース a, b, c における各支柱が吸収した内部エネルギーの分担率を図 3 に示す。表 2 から、新型 1 については、ケース a, d 共に変位量と衝突荷重の解析値と実験値は概ね一致しており、精度の高いモデルと言える。新型 2 についてはケース b, e 共に解析値と実験値に少し差が見られるが、図 2 から新型 2 は想定した横ねじれ座屈等の変形が生じており、妥当性のあるモデルと言える。また、表 2 のケース a, b, c から新型は従来型に比べ、衝突に対し支柱自体の変位が発生しやすい代わりに、緩衝性に優れていると言える。また、図 3 から支柱のウェブ部とフランジ部の衝撃エネルギーの吸収率を比較した時、新型 2 はフランジ部がウェブ部に比べ大きくなっておりその差はそれぞれ約 26%と約 53%であった。それに対し、従来型はウェブ部がフランジ部に比べ大きくなっておりその差は約 19%であった。特に新型は両タイプともに背面フランジ部の吸収するエネルギーが前面フランジ部に比べ大きくなっており、その差はそれぞれ約 44%と約 8%である。以上から従来型は支柱下部のくびれ部分の局部座屈によって、また、両新型は背面のフランジ部の横ねじれ座屈によって、衝突エネルギーを吸収していることが数値解析的に示されたと言える。

参考文献 1) 伊藤義人，鈴木達：橋梁用防護柵の性能照査型統合設計システム，土木学会論文集，No.731/I-63，pp.353-366（2003）。

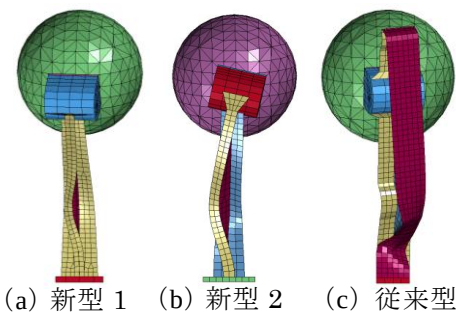
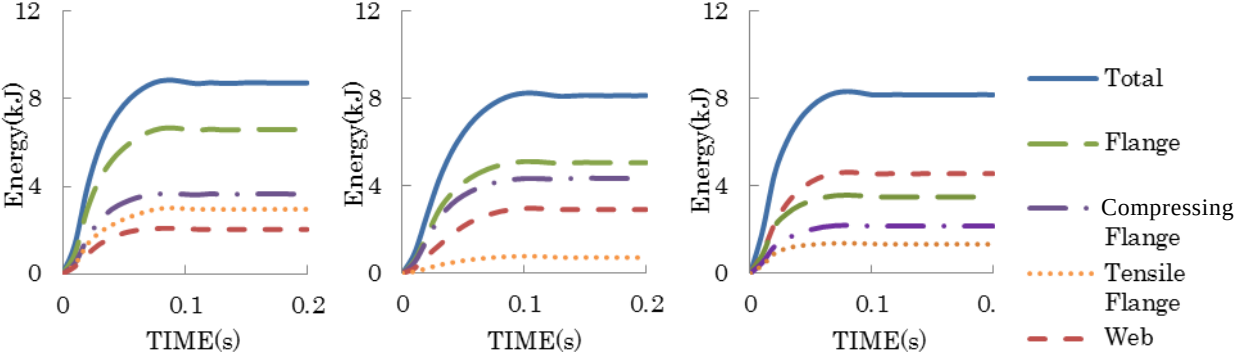


図 2 防護柵支柱モデル（衝突後）

表 2 実験及び解析結果

ケース		水平変位量 最大(mm)	衝突荷重 最大(kN)
a	実験値	295	39.8
	解析値	301	46.0
b	実験値	280	69.6
	解析値	242	56.4
c	実験値	—	—
	解析値	200	104.7
d	実験値	390	42.5
	解析値	350	58.4
e	実験値	320	42.2
	解析値	260	58.3



(a) 新型 1 (b) 新型 2 (c) 従来型

図 3 部材毎の内部エネルギー吸収