

構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究 鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介

設楽 和久・渡辺 真至

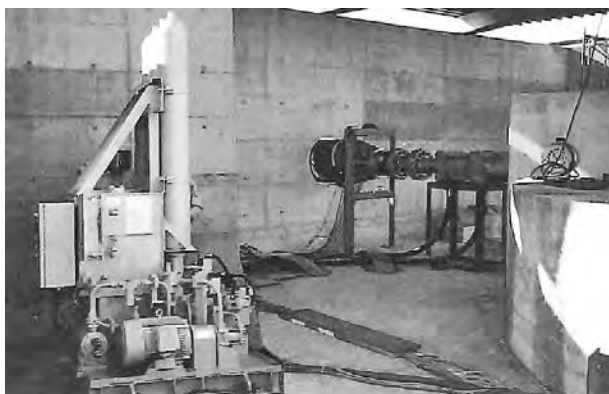
1. はじめに

施工技術総合研究所では、各種土木材料や道路構造物に関する性能評価試験および性能証明事業を第三者的立場で実施している。

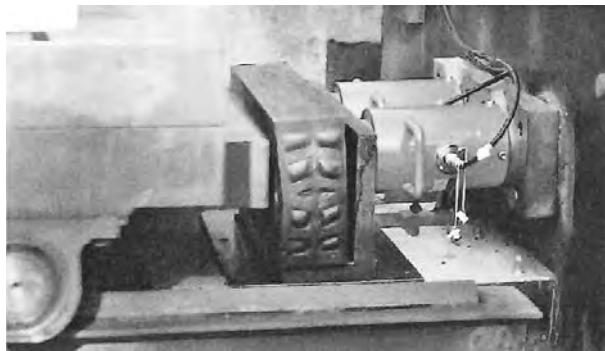
これまでに実施した構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究としては、次のようなものがある。

- ①最大加力速度 85 カインの高速加圧ジャッキを用い、地震時に想定される瞬間的な相対変位をガスパイプラインの鋼管（口径 600 mm）に生じさせ、地盤ばね特性を把握する実大規模実験（写真—1）。
- ②同高速加圧ジャッキを用いた鉄筋のガス圧接継手の高速引張による耐震性評価試験。
- ③斜路に設置したレール上に鋼製台車が下り降りる衝突試験装置を用いた、落橋防止装置の緩衝材の緩衝性能を確認するための衝突試験（写真—2）。
- ④斜路に設置したレール上に鉄球を転がして、落下物防止柵の許容変位量や吸収エネルギーの検証を行う実大規模の衝突試験（写真—3）。
- ⑤斜路に設置したレール上に鋼製台車が下り降りる衝突試験装置を用い、自動車衝突荷重を再現し、壁高欄の接合部の耐衝突性能を評価する試験（写真—4）。

このうち、本稿では、新たに設置した鋼製台車を用いた衝突試験装置と、壁高欄接合部の衝突性能評価試験への取組みを紹介する。



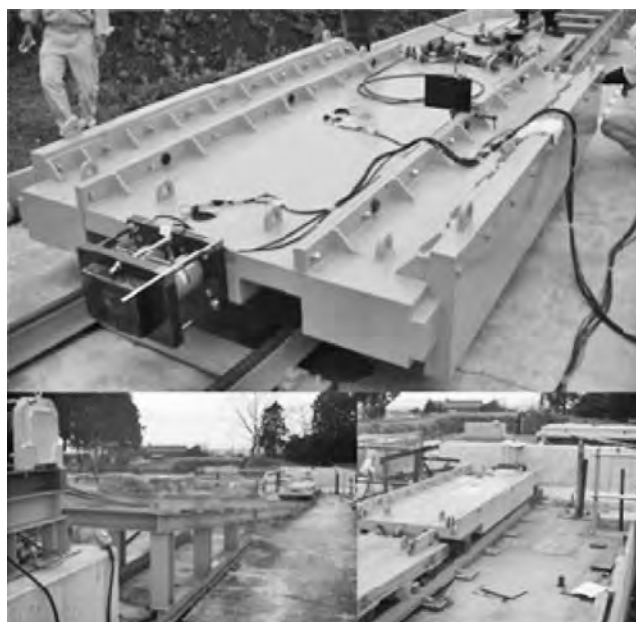
写真—1 高速加圧ジャッキを用いた地盤ばね特性実験



写真—2 落橋防止装置の緩衝材の衝突試験



写真—3 落下物防止柵の衝突試験



写真—4 壁高欄の衝突試験

2. 衝突試験装置の紹介

(1) 装置の概要

これまで壁高欄の衝突性能評価試験^{1), 2)}では、壁高欄の耐衝撃性（壁高欄の接合部の耐荷性能と構成部材の飛散防止性能等）を把握する目的で、衝突体として鋼製の重錘を用い、門型フレームやトラッククレーンに吊り下げられた重錘を天井クレーンやウインチにより所定の高さまで引き上げ、固定ネジやワイヤーを切断することで振り子状に自由落下させて、壁高欄に衝撃力を直角に与えていた。

今回新たに設置した台車による衝突試験装置は、斜路に設置した鉄道用の40 kg レールを介して、台車の重量と落下高さを変化させることにより、衝突エネルギーを任意に設定し衝突試験を行うことが可能となっている。台車を落下させる際は重錘落下と同様にワイヤーをカッターで切断する。試験装置の仕様を表—1に、外観を図—1に示す。

この試験装置は、図—2に示す地震時の落橋防止

表—1 鋼製台車を用いた衝突試験装置の仕様

項目	仕様
形式	衝突台車を用いたレール走行方式
衝突台車重量	最大 158 kN
斜路勾配	6.8° ($\tan^{-1} 12/100$)
最大落下高さ	1.6 m
最大衝突速度	5.82 m/s (21 km/h)
最大衝撃度	273 kJ

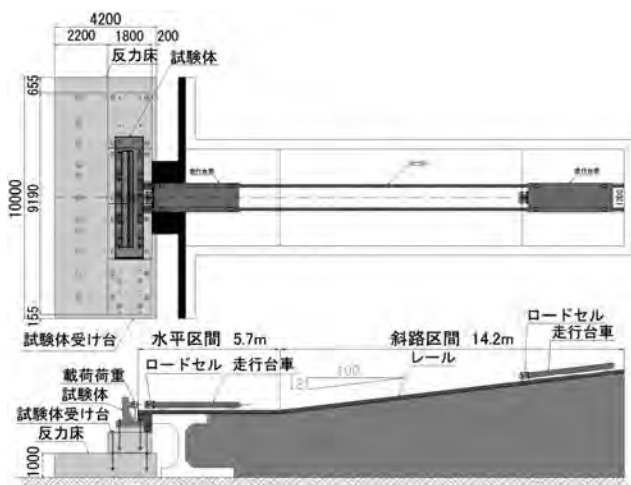
注) 衝撃度は、公益社団法人 日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説で示されている下記の算定式を用いて算出した。

$$I_s = (1/2) \cdot (W/g) \cdot v^2 \cdot \sin^2 \theta$$

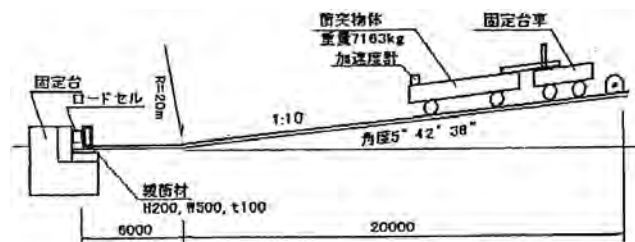
I_s : 衝撃度 (kJ), W : 全車両重量 (kN)

g : 重力加速度 (m/s^2), v : 衝突速度 (m/s)

θ : 衝突角度 (90 deg)



図—1 壁高欄の衝突試験装置の概要



図—2 落橋防止装置の衝突試験装置の概要

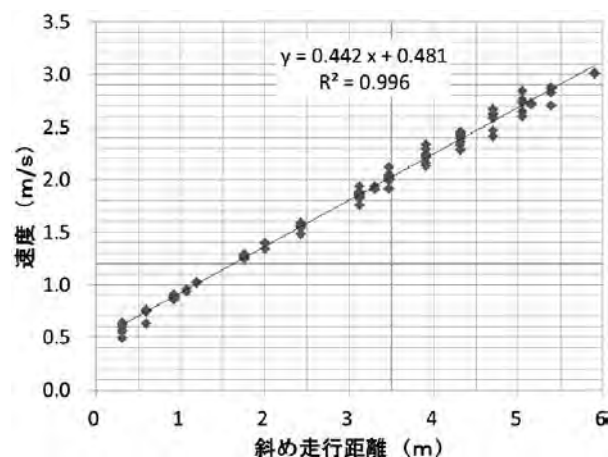
装置の衝突実験に用いていた試験装置³⁾を、壁高欄の衝突試験用に改造したものである。

壁高欄の衝突試験では、床版の張り出し部上に設置された状態を再現するため、壁高欄を設置する反力床は、転倒、滑動、支持力の設計計算を行い、想定される衝撃力に対し、十分な安全率を確保した強固な基礎構造とした。反力床は、鉄筋コンクリート製で長さ4.2 × 幅10 × 高さ1 mの大きさとし、さらにその下側にほぼ同程度の平面形状の鉄筋コンクリート製の直接基礎を地盤中に0.6 m 根入れさせた。また、反力床の上面には、反力床内に定着板（縦165 × 横165 × 厚さ32 mm）・総ネジPC 鋼棒（φ32 mm × 長さ900 mm、許容引張力：500 kN/本）・カップラーを450 ～ 1,000 mm ピッチで格子状に埋め込み配置した。この反力床の定着用のカップラーに、試験体床版部に設けた穴φ80 mm を介して、総ネジPC 鋼棒を挿入し定着・固定することで、各種形状の試験体に対応できるようにした。

(2) 衝突試験装置の特徴

鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の特徴は次のとおりである。

台車を衝突させる方法は、専用の軌道レール上に台車を走行させるので、衝突速度や衝撃度の再現性が非常に高く、衝突試験の精度が高い。走行台車の斜め走



図—3 鋼製台車の衝突速度の再現性

行距離と衝突速度の関係は図—3のとおりであり、斜め走行距離との関係は直線関係にあり、相関が高くバラツキが少ない。

また、レール上を走行するため、計画どおりの走行位置を確保でき、衝突点がずれにくい。

壁高欄に衝突した後は跳ね返りにより、台車は水平部のレール上に戻ってくるが、この際に2度目の衝突を避けるために、台車を吊り上げているワイヤーにストッパーを取り付けてあり、2度目の衝突が防止できる。これによって、衝突エネルギーに応じた段階的な衝突試験が可能となっている。

衝突時の安全装置として、台車サイドに脱線防止用のフレームを設置してある。

3. 壁高欄接合部の衝突性能評価試験への取り組み

(1) 試験の背景

道路橋プレキャスト壁高欄の耐衝撃性評価に関する試験・研究の取り組みを紹介する。道路橋の壁高欄は場所打ちコンクリートで構築されることが一般的であったが、近年では、安定した品質、強度、耐久性の向上、現場作業の省力化、工期短縮等を考慮して、工場で製作されるプレキャスト製の壁高欄も見受けられるようになってきた。RC床版の更新事業におけるプレキャスト壁高欄の適用を考えると、現場打ちコンクリート壁高欄と比較し、現場作業を省力化でき、施工条件によっては、工期短縮等の効果が期待される。

しかし、プレキャスト壁高欄と床版の接合方法およびプレキャスト壁高欄同士の接合方法は様々な構造が検討されている状況であり、工事で採用するにあたっては、施工性や経済性、耐久性等を確認することが必要である。

(2) プレキャスト壁高欄の要求性能と性能評価方法^{4), 5)}

剛性防護柵の要求性能は、公益社団法人 日本道路協会の「防護柵の設置基準・同解説（平成28年12月）（以下、「道路協会基準」）」に定められており、以下に示す4つの性能を満足しなければならない。

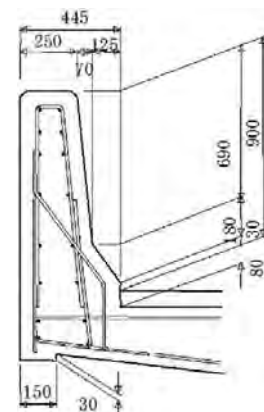
- ①車両の逸脱防止性能
- ②乗員の安全性能
- ③車両の誘導性能
- ④構成部材の飛散防止性能

これらの性能を満足することの確認は、車両用防護柵性能確認試験方法（日本道路協会：防護柵の設置基

準・同解説 平成28年12月）（以下、道路協会試験法）にしたがって、大型貨物車および乗用車を用いた実車衝突試験を行うことが必要である。

実車衝突試験により上記の性能が確認された壁高欄の構造は、日本道路協会の車両用防護柵標準仕様・同解説の標準図集⁶⁾や東・中・西日本高速道路(株)の防護柵標準図集⁷⁾等々に示されており、フロリダ型壁高欄は要求性能を満足することが確認された構造である。

したがって、本研究でプレキャスト壁高欄の接合構造の評価方法を検討する際には、フロリダ型壁高欄の外観形状と同一であることを条件として検討することとした。設計要領第二集橋梁建設編 平成27年7月 東・中・西日本高速道路(株)の5. 防護柵に示されている現場打ち鉄筋コンクリート製のフロリダ型壁高欄の標準横断面図を図—4に示す。



図—4 フロリダ型剛性壁高欄の断面図（SB種）⁸⁾

次に、構造物用の剛性防護柵の場合は、基礎部構造諸元の設計が行われる。この設計では、①種別による衝突荷重の算定、②照査断面での構造計算、③対象構造物に与える影響照査が行われる。

さらに、道路協会基準に示されている標準仕様のプレキャストコンクリート製防護柵を用いる場合で、床版との接合部に新たな接合構造を採用する場合には、道路協会基準等に明示されていないが、接合構造の耐荷力を確認するために、静的載荷試験が行われるのが一般的である。

現在、新たに開発されてきているフロリダ型プレキャスト壁高欄は、外観形状が道路協会基準等の標準図集と同一であるが、床版との接合部やプレキャスト壁高欄同士の接合部の構造が特殊なものとなっている。接合部には無収縮モルタルが使われるケースもあり、この周辺に自動車衝突した際の飛散防止性能を確認する必要がある。

このようなことから、新たに開発される構造物用のプレキャスト壁高欄に求められる性能としては、以下の2点が挙げられる。

- ①床版との接合部やプレキャスト壁高欄同士の接合部の自動車衝突時の耐荷性能（接合構造が一体性を保つこと、鉄筋ひずみが許容値内であること、ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以内であること）
- ②壁高欄設置後に、接合部に施工されるモルタル等の間詰め材の自動車衝突時の飛散防止性能や応力伝達性能

このような点を踏まえ、現行の現場打ち壁高欄を対象に、鋼製台車を用いた衝突試験を実施しており、この結果を踏まえ、プレキャスト壁高欄の接合構造の性能試験方法を検討しているところである。

4. おわりに

施工技術総合研究所は、敷地面積 15 万 m² という広大な土地に、ここで紹介した試験装置以外にも特色ある多くの試験装置を保有し、各種建設材料や構造物についての試験を通して、その評価を行っている。

今後も社会のニーズを踏まえて試験設備の充実を図るとともに、中立公正な立場から性能を評価し、実際の現場で求められる材料や技術の研究、開発に貢献していきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 緒方紀夫, 木曾茂, 西田宏司: 橋梁のコンクリート製防護柵の耐荷力に関する試験検討 ハイウェイ技術 No.4 (1996.4)
- 2) 青木圭一, 上平謙二, 神崎隆男, 田中嘉一, 高木絹華, 田村辰也: 急速施工と項耐久性を目指した新たなプレキャスト壁高欄の開発と衝突安全性能, 橋梁と基礎 (2013.3)
- 3) 窪田賢司, 菅野匡, 上東泰, 石田博: 緩衝効果を有する落橋防止装置の衝突実験及び効果の検証, 土木学会第 52 回年次学術講演会 (平成 9 年 9 月)
- 4) 日本道路協会: 防護柵の設置基準・同解説 平成 28 年 12 月
- 5) 建設省土木研究所道路部交通安全研究室, 日本道路公団試験研究所, (社)セメント協会ほか: 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 平成 10 年 6 月
- 6) 車両用防護柵標準仕様・同解説 平成 16 年 3 月 (社)日本道路協会
- 7) 防護柵標準図集 平成 23 年 7 月 東・中・西日本高速道路(株)
- 8) 設計要領第二集橋梁建設編 5. 防護柵 平成 27 年 7 月 東・中・西日本高速道路(株)

【筆者紹介】

設楽 和久 (しだら かずひさ)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部
課長



渡辺 真至 (わたなべ まさし)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部
上席研究員

