

地震時における桁端部の衝突現象に関する基礎的研究

宇都宮大学 学生会員 ○青田洸希 正会員 藤倉修一
学生会員 勝目進之介 正会員 Thay Visal

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震を契機として、我が国に免震設計が広く適用され始めた。免震設計とは変形性能が高い免震支承等の免震デバイスを用いて、上部構造を支持することにより、免震デバイスに変形を集中させることである。これにより、橋梁の長周期化を図り地震動との共振を避けることで、下部構造へ伝わる地震力を低減することができる。

しかしながら、橋梁が長周期化すると上部構造に桁遊間を超える変位が生じ、桁端部において橋台との衝突が懸念される。また、レベル2地震動に対して、桁と橋台の衝突が生じないように桁端部に大きな遊間を確保する場合、大変形に対応する伸縮装置を必要とする上、交通振動や騒音発生などの問題が生じる恐れがある。

これまでに、橋梁の衝突時の影響や、衝突を緩和するための緩衝材の研究について、いくつか行われている。その中でも、島ノ江¹⁾は、ゴム製緩衝装置を用いた衝突実験から、天然ゴムと高減衰ゴムを緩衝装置としたときの力学現象、特にエネルギー吸収率の違いについて明らかにした。越峠²⁾は、円筒型ゴム製緩衝装置を桁端部に設置した振動台衝突実験を行い、上部構造の応答加速度低減効果や円筒型緩衝装置の設計方法について検討した。

本研究では、橋梁上部構造の桁端部における衝突時の基本的な力学現象について明らかにすることを目的とし、橋梁上部構造模型を用いて反力壁への衝突実験を行った。

2. 衝突実験概要

(1) 試験体概要

衝突実験に用いた橋梁上部構造模型試験体および実験状況を図-1に示す。上部構造模型は、 $0.90 \times 1.60 \times 0.25\text{m}^3$ の鉄筋コンクリートブロックであり、下面の4カ所に車輪を設置し、衝突面には表-1に示した緩衝ゴムを設置している。これらの合計の重量は8.6kNである。各車輪は2本のボルトで固定し、反力床に鋼棒で固定した逆V字型のアンクル材レール上に設置した。緩衝

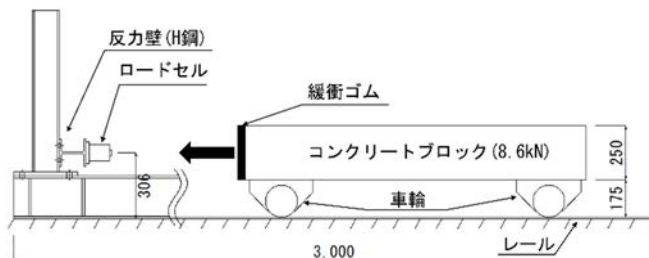


図-1 実験概要図(側面図)

表-1 緩衝ゴムの種類

項目	h45-t20	h45-t30	h60-t20	h60-t30
ゴム材質	クロロプレンゴム			
硬度(°)	45		60	
平面寸法(mm)	900×250			
厚さ(mm)	20	30	20	30

ゴムについては、上部構造模型の前面を覆うように8つのボルトで固定している。

反力壁については、最下部に2つのH鋼(H-200×200×8×12)を反力床と鋼棒を用いて固定し、その上に3つのH鋼(H-125×125×6.5×9)を用いて、2本の柱に1本の梁を組み合わせて高力ボルトで組み立てた。

実験に用いた緩衝ゴムの種類を、表-1に示す。ゴムの材質は、実際の橋梁で落橋防止構造などの緩衝材に用いられているクロロプレンゴムを採用した。硬度は60°と45°の2種類とし、それぞれで厚さ20mmと30mmの2種類を用いた。

(2) 衝突実験方法

衝突方法については、レール上の上部構造模型を単純に後方から押して、反力壁と衝突させた。各緩衝ゴムにおいて、複数回の試験衝突を行い、衝突直前の速度が200~900mm/sの間でおよそ100mm/s刻みとなる衝突ケースでの検討を行った。

計測項目について、上部構造模型の変位および加速度をそれぞれレーザー変位計および加速度計で、衝突荷重を梁部材中央に設置したロードセルを用いて計測した。それぞれの計測器の計測時間に関しては、1/1000秒間隔とした。

キーワード 衝突現象、免震設計、緩衝ゴム、衝突荷重、衝突継続時間

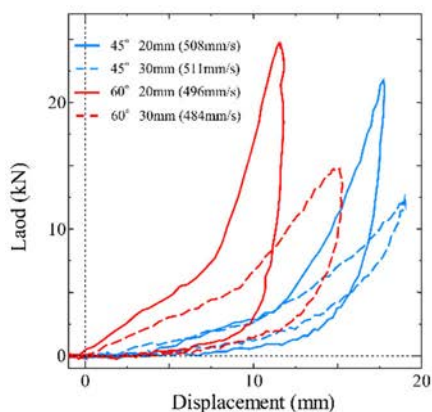


図-2 衝突荷重-変位曲線

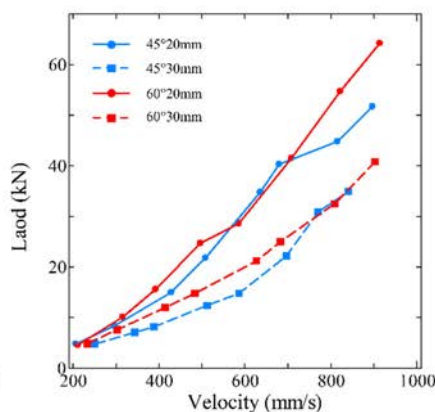


図-3 衝突直前速度-衝突荷重関係

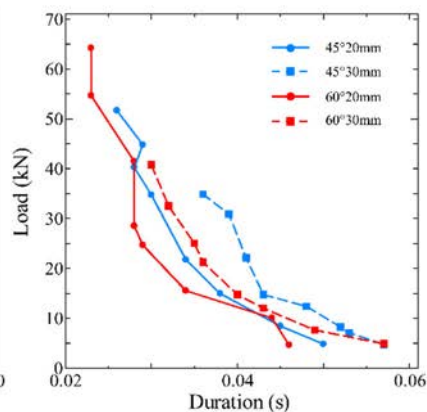


図-4 衝突荷重-衝突継続時間関係

3. 衝突実験結果

(1) 荷重-変位関係

図-2 に、衝突直前の上部構造速度が 500mm/s 程度の場合の各緩衝ゴムにおける衝突荷重-変位曲線を示す。青線と赤線はそれぞれ、硬度 45° と硬度 60°，実線と点線はそれぞれ厚さ 20mm と 30mm の緩衝ゴムを表している。また、横軸は上部構造変位、縦軸は衝突荷重を示す。図-2 より、緩衝ゴムの厚さによる衝突荷重への影響については、いずれの硬度においても 20mm の方が 30mm よりも衝突荷重が大きく、硬度 45° で約 1.8 倍、硬度 60° で 1.7 倍であった。緩衝ゴムの硬度による衝突荷重への影響については、図-2 より、より硬い硬度 60° の衝突荷重を硬度 45° と比較すると、20mm で約 1.1 倍、30mm で約 1.2 倍であり、より硬い緩衝ゴムのほうが衝突荷重は大きかった。

同様に、衝突速度を変えた実験を衝突直前速度が 200～900mm/s の間で行っており、図-3 に、衝突直前の速度と衝突荷重の関係を示す。横軸が衝突直前の上部構造速度、縦軸が衝突荷重である。図-3 から衝突直前速度が大きくなれば、衝突荷重は当然ではあるが大きい。また、図-2 で示したように緩衝ゴムの厚さが小さい方が衝突荷重は大きく、20mm の方が 30mm よりも衝突荷重は大きくなる傾向にあることがわかる。また、図-3 における緩衝ゴムの硬度による差については、全体的に硬度が大きいほど衝突荷重は大きい傾向ではあるが、その差はそれほど大きくはない。

(2) 衝突継続時間

図-4 は衝突荷重-衝突継続時間の関係であり、横軸は衝突継続時間、縦軸は衝突荷重である。ここで、衝突継続時間とは、ロードセルに荷重が作用している間の時間である。ここで衝突荷重を F とすると、以下の関係

が成り立つ。

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

m は上部構造模型の質量、 Δv は衝突前後の速度変化、 Δt は衝突継続時間である。この関係式より、衝突継続時間が短くなるほど衝突荷重は増加する関係にあり、図-4 においてもこの関係が確認できる。図-4 より、同じ衝突荷重で比較すると、緩衝ゴムの厚さが厚い方が、また、硬度については軟らかい方が、衝突時間が長くなる傾向であった。

4. 結論

本研究では、地震時を想定して、桁端部で上部構造が衝突する際の力学現象について明らかにすることを目的として、桁端部に緩衝ゴムを有する模型橋梁と反力壁を用いた衝突実験を行った。本研究を通して得られた結果を以下に示す。

1. 衝突速度が概ね等しい場合、緩衝ゴムが薄い方が衝突荷重は大きくなり、また、緩衝ゴムの硬度が高いほど衝突荷重は大きい傾向であった。
2. 衝突継続時間が長くなると衝突荷重は小さくなり、また、緩衝ゴムの厚さが厚い方が、また、硬度については軟らかい方が、衝突時間が長くなった。

参考文献

- 1) 島ノ江哲, 長谷川恵一, 川島一彦, 庄司学: 衝突力を受けるゴム製緩衝装置の動的特性, 土木学会論文集, No.675/I-55, pp.219-234, 2001.
- 2) 越峠雅博, 運上茂樹, 足立幸郎, 長尾和宏: 弾塑性型特性を有する円筒型ゴム製緩衝装置の衝撃緩衝効果に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.675/I-55, pp.99-112, 2001.