

門型構造を有する橋桁防護工のエネルギー吸収性能

鉄道総合技術研究所 正会員 ○小林 裕介 非会員 渡邊 友崇
正会員 齊藤 雅充 正会員 後藤 恵一

1. はじめに

鉄道の橋桁防護工(図1)は、1987年発刊の「橋桁防護工設計の手引¹⁾」(以下、手引き)に基づき設計され、梁の塑性変形によって車両の運動エネルギーを吸収することで、橋桁に自動車が衝突するのを防ぐものであり、門型構造が一般的である。

近年、法令改正により車両重量が増加しており、手引きの想定を超える衝突作用にも対応していく必要がある。より効果的な対策を講じる上では、橋桁防護工のエネルギー吸収量や損傷の位置・順序といったエネルギー吸収性能を把握することが重要である。特に、手引きでは、衝突箇所の梁の最大折れ角を 15° としているが、これは片持ち梁の最大折れ角²⁾を参考に設定したものであり、門型構造におけるエネルギー吸収性能は明らかでないのが実状である。

本研究では、門型構造のエネルギー吸収性能を把握することを目的として、重錘落下試験とFEM解析を実施し、FEM解析の妥当性を確認した上で、梁の変位と抵抗力の関係とその要因を分析する。

2. 重錘落下試験およびFEM解析

(1) 重錘落下試験

衝突を伴う動的な状態での橋桁防護工の応答性状を把握するため、重錘落下試験(以下、実験)を実施した。実験装置は図2のとおりとし、試験体を横倒しに設置し、重錘が試験体の梁中央に衝突するように自由落下させ、衝撃を加える構造とした。試験体の縮尺は $1/6$ とし、重錘の重量は 300kgf 、落下高さは 3.75m 、衝突時の重錘速度は 30.24km/h となるようにした。この条件は、実構造物において 20t の車両が 60km/h で衝突した場合に相当する。梁に作用する力は、柱のひずみから算出した。重錘変位は、高速度カメラで撮影した画像から計測した。

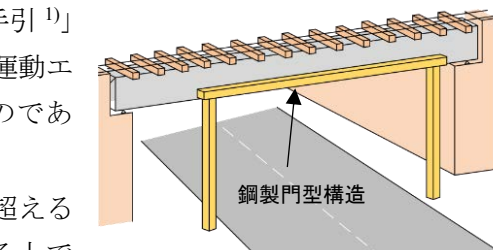


図1 橋桁防護工の構造



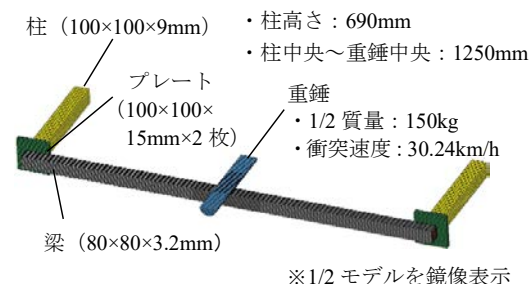
図2 実験装置

(2) FEM解析

梁の変形と抵抗力の関係を調べるため、実験を再現可能な解析モデルを構築した。解析モデルの妥当性を確認するため、門型構造の橋桁防護工と同じ条件で衝撃応答解析を実施するとともに、動的成分を取除くために同様の解析モデルを使用して静的非線形解析を実施した。

衝撃応答解析にはLS-DYNAを用いた。図3に示すとおり、試験体はシェル要素、重錘はソリッド要素によりモデル化し、重錘は梁に衝突する部分の近傍のみをモデル化した。静的非線形解析には、ADINAを用いた。

応力-ひずみ関係には、鋼材の材料試験で得られた結果を適用した。最大応力後は応力一定とし、幾何学的非線形、および、重錘と梁の接触を考慮している。



※1/2モデルを鏡像表示

図3 解析モデル

キーワード 橋桁防護工, エネルギー吸収性能, 重錘落下試験, FEM解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7280

(3) FEM 解析の妥当性

試験体に重錘が衝突したときの梁への作用力と重錘の変位の関係を図4、梁の変形状況を図5に示す。衝撃応答解析結果と実験結果を比較すると、柱に働く力の増減や最大荷重は両者で同様の傾向を示していることから、解析モデルや解析条件は、橋桁防護工の荷重-変位関係や変形挙動を十分な精度で再現可能であるといえる。

3. 梁のエネルギー吸収性能

(1) 変位

図4に示すように、門型構造の橋桁防護工の柱に作用する力は、梁中央の変位が70mmのときに最大となった。その後、梁と重錘の変位が一旦停止し、重錘が押し戻される形で載荷が終了した。梁の変位量は部材角24°相当であり、手引きの想定最大変位量15°相当より大きいものであった。なお、実験での重錘衝突箇所の腹板やフランジに大きな塑性変形が生じているものの、目視では割れやき裂は確認できなかった。

(2) 抵抗力

静的解析結果と実験結果を比較すると、梁には静的な力に加えて衝撃力によって大きな力が作用することがわかる。その後、梁の変位が増加するとともに動的成分が増減を繰り返しながら、変位の増加に伴って梁に作用する力が徐々に増加する傾向にある。この力の増加傾向は、静的解析結果でも80mm付近から確認できる。梁中央の変位の増加に伴って作用する力が増加する理由は、図6に示すように、梁の曲げ抵抗力に加え、梁の軸拘束力 N による抵抗力が付加されたことであると推察される。

(3) エネルギー吸収量

以上のとおり、門型構造を有する橋桁防護工の梁の変位と抵抗力がともに手引きの想定よりも大きくなることから、梁が吸収できるエネルギーは、手引きの想定よりも大きいと考えられる。

4. おわりに

手引きに基づいて構築された門型構造を有する橋桁防護工においては、梁の変位と抵抗力が手引きの想定よりも大きいことがわかった。このことから、梁が吸収できるエネルギーは、手引きの想定よりも大きいと考えられる。

一方で、橋桁防護工の柱にも大きな力が作用することが考えられ、構造によっては、梁よりも柱の降伏が先行して発生する場合も想定される。この問題については、別途対策方法を検討する。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：橋桁防護工設計の手引，1987。
- 2) 日本鉄道施設協会：落石対策の手引き，1978.11。

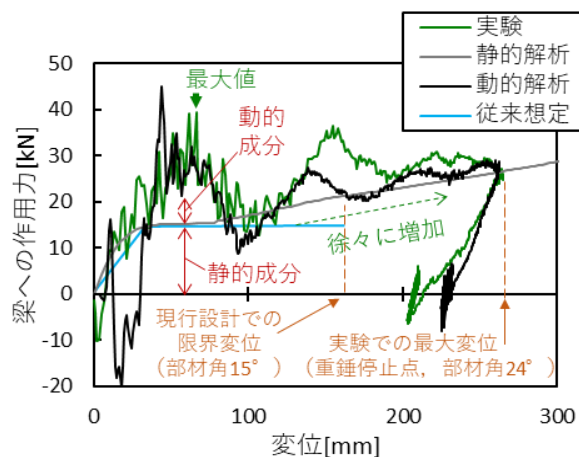


図4 荷重変位関係

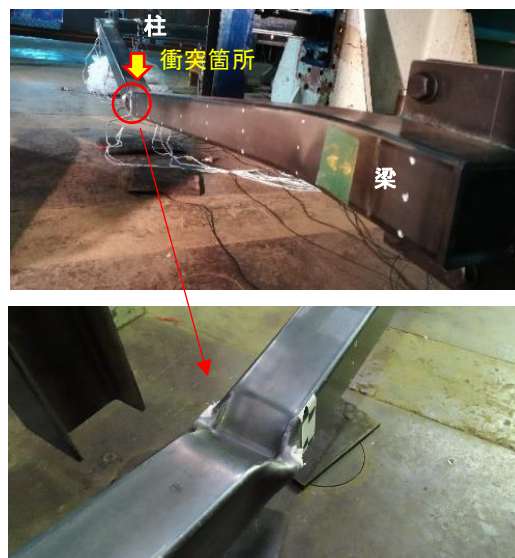


図5 梁の変形状況

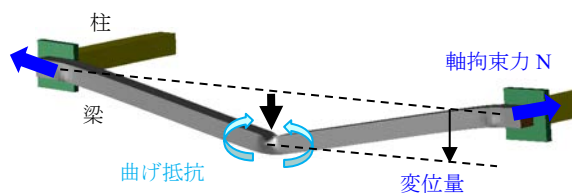


図6 梁の軸拘束による抵抗力