

橋桁衝撃検知装置の開発

西日本旅客鉄道(株)	正会員	○御崎 哲一
西日本旅客鉄道(株)	正会員	坂本 保彦
西日本旅客鉄道(株)	正会員	山口 義信
ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)	正会員	生駒 昇
ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)	正会員	横尾 正幸

鉄道の架道橋の鋼製橋桁に自動車衝撃事故の情報が入った場合、状況や損傷度合いの確認が必要であるが、時間がかかり列車運行上問題があった。そこで橋桁に変形・破損が生じる等、列車の運行保安に影響する衝撃のみを検知する方法を開発したので報告する。

1. はじめに ～ 橋桁衝撃とは ～

鉄道が道路上空で交差している架道橋では桁下制限高さを超えた自動車による衝撃事故が後を絶たず、列車の安全運行確保に苦慮している。その場合有効な検知方法がなく、事故情報は当事者や警察からの通報に頼っている。また通報では橋桁本体か防護工のいずれに衝撃したか分からないため、以下の課題が発生している。

(1) 橋桁本体の衝撃を即座に認知できず、必要な運転規制の手配が遅れる。

・・・最悪、脱線につながる場合もある。(Fig.1)

(2) 防護工のみの衝撃であっても、通報で橋桁本体への衝撃を判断できない場合、不要な運転規制が生じる。

・・・京阪神地方で認知している衝撃事故だけで年間数十件程度発生。(Fig.2)

以上の課題を解消するため、列車運行を脅かす橋桁本体の衝撃を検知する手法を検討することとした。

2. 橋桁衝撃検知手法として、光ファイバーをセンサー化するための検討

光ファイバーの特性を調査した結果、自動車衝撃エネルギーと比較し強度が小さいこと、光ファイバーが断線しても空気中に光路が確保され、未検知となる可能性があることが判明した。そこで、実用仕様を検討した。

2.1 光ファイバー断線機構

光ファイバーの断線機構として、鋼の保護管に光ファイバーを導入し、その管内に光ファイバーを切断させるコイルを導入した。(Fig.3,4,5) 本機構のメリットは以下の2点である。

- ・保護管厚さを調整することにより、対応する衝撃強度を調整できる
- ・衝撃発生時、切断コイルが光ファイバーに食込み、光路を確実に遮断する

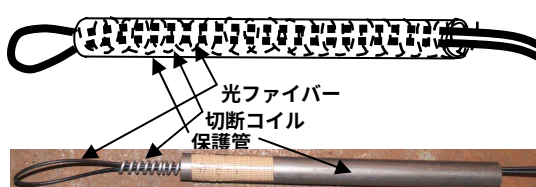
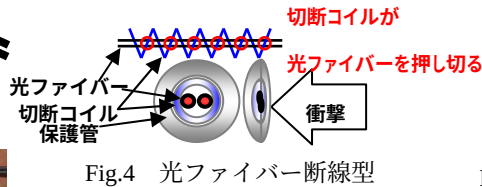


Fig.3 光ファイバー断線型センサー

Fig.4 光ファイバー断線型
センサー 横断模式図Fig.5 切断コイルが光ファイバー
に食込んでいる様子

2.2 エネルギー評価

自動車衝撃は橋桁の側面で発生する。有害な自動車衝撃を検知するには、以下の2点の検討が必要となる。

- ・橋桁側面方向の強度算出と検知しなければならない衝撃エネルギーを推定する
- ・光ファイバー断線式センサーが検知できるエネルギーを算出する

そこで、橋桁強度の計算、静的载荷試験を施行し、比較することで評価した。

キーワード 橋桁衝撃, 光ファイバー, 断線, 保護管, 切断コイル, 静的载荷試験

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 西日本旅客鉄道(株) 鉄道本部技術部 TEL 06-6376-8136

(1) 橋桁強度の計算

一般的な 5m, 10m, 20m の橋梁において, 耐衝撃エネルギー・耐荷重を算出した. 結果を Table.1 に示す.

Table.1 橋桁側面方向の耐衝撃エネルギー・耐荷重

支間長	橋桁側面方向の耐衝撃エネルギー	橋桁側面方向の耐荷重
5m	約 450J	約 140kN
10m	約 970J	約 140kN
20m	約 2,100J	約 160kN

Table.2 光ファイバー破断時のエネルギー・荷重

保護管厚さ	破断エネルギー	破断荷重
1.2mm	約 35J/cm	約 8kN/cm
2.0mm	約 60J/cm	約 12kN/cm
3.2mm	約 90J/cm	約 20kN/cm

(2) 静的載荷試験

光ファイバー断線式センサーの保護管厚さを変化させた場合の破断エネルギー及び破断荷重を静的載荷試験によって算出した. その結果を Table.2 に, 静的載荷試験の一例を Fig.6 に示す.

(3) 衝撃対象の想定

光ファイバー断線式センサーの特徴として, 衝撃する幅の違いにより, 保護管が潰れ吸収する幅が変化するので, 検知するエネルギーが異なることがある. そこで, 衝撃事例を検証した結果, 最大の幅を持つものはユニックアームで, 幅は約 10cm であった. この幅は橋桁本体や防護工の衝撃跡ともほぼ一致している.

(4) 光ファイバー断線式センサーの保護管厚さの決定

5m の橋桁の場合, 耐衝撃エネルギー・耐荷重は, Table.1 より 450J, 140kN である. この力は, 幅約 10cm の平型物が衝撃した場合, 45J/cm, 14kN/cm に相当する. 有害な橋桁衝撃を検知するためには, センサー強度をそれより小さくすることが必要である.

Table.3 の照査結果より, 橋桁衝撃検知センサーとして管厚 1.2mm の保護管を用いる事を決定した.

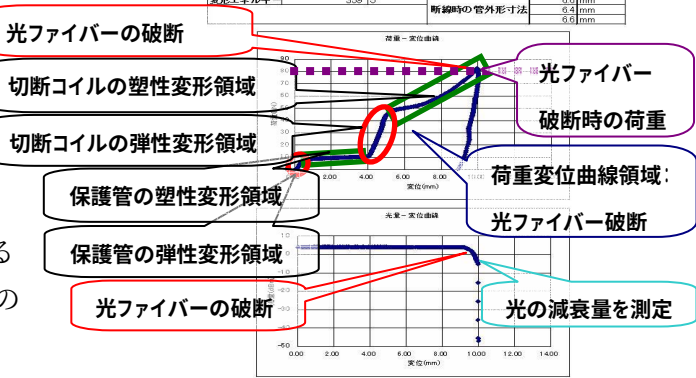


Fig.6 静的載荷試験結果

Table.3 光ファイバー断線式センサーの照査結果

	橋桁強度	大小	光ファイバー断線式センサー強度(管厚)	照査結果
耐衝撃エネルギー	45J/cm	>	35J/cm(1.2mm)	○
		<	60J/cm(2.0mm)	×
		<	90J/cm(3.2mm)	×
耐荷重	14kN/cm	>	8kN/cm(1.2mm)	○
		>	12kN/cm(2.0mm)	○
		<	20kN/cm(3.2mm)	×

3. 光ファイバーの断線を検知する機構

踏切障害物検知装置の原理は, 空気中に光路が形成され遮ると検知する仕組みである. そこで, 空気中の光路の代わりに光ファイバーでその経路を確保することで光ファイバーの断線検知を実現させた.

4. 試作・試験設置

本橋桁衝撃検知装置は, 橋桁本体に設置し安全運行を確保する装置として開発したものである. ただ, 実際の自動車衝撃を期待するため, 防護工へ試作した橋桁衝撃検知装置を試験設置した. (Fig.7)

設置から1年経過し, 防護工への衝撃事故は過去4回捕捉した. 現在のところ, 故障等の不具合もなく稼動している.

5. おわりに

列車の安全運行確保に用いるため, 未検知は許されず, 過剰検知や誤検知も極力減らさなければならない. また, フェールセーフが確保されているか, 雷害や悪戯といった外部要因による影響は排除できるかも考慮し, さらにコストを勘案した結果, 光ファイバー断線式センサーとなった.

今後, 数年にわたり数十箇所に導入予定であるが, より良いものへと進化させていきたいと考えている.

本装置により, 列車の安全運行に寄与し, 不要な列車抑止を発生させないように, 心から願うものである.

参考文献

・財団法人 鉄道総合技術研究所(1987.09.21) 『橋桁防護工設計の手引』



Fig.7 試験設置箇所の橋桁防護工への自動車衝撃事故状況写真