

橋桁衝撃検知装置の開発・現場導入・導入効果

○ [土] 御崎 哲一 [土] 坂本 保彦 (西日本旅客鉄道株式会社)

[土] 生駒 昇 (ジェイアール西日本コンサルタンツ)

Development of bridge girder shock detection device

○ Norikazu Misaki, Yasuhiko Sakamoto, (West Japan Railway Company)

Noboru Ikoma, (JR West Japan Consultants Company)

If we are informed that a car collided to an over-bridge girder, we have to confirm how the accident is and how much bridge girder is damaged.

However, it takes long time to make sure that the bridge is safe enough to pass trains.

Therefore we developed a method to detect "harmful" shock to bridge girder - deformation, damage or large moment.

1. We calculated bridge girder strength and assumed harmful bridge girder shock energy / impact strength.
2. We examined mechanism to judge harmful bridge girder shock energy / impact strength and prescribed the detection threshold.
3. We developed a method to detect a harmful shock without vagueness.
4. We designed it as a bridge girder shock detection system and introduced to a sight.

I report the above.

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，載荷試験，衝撃試験

Key Words : Bridge girder shock, Optical fiber, Disconnection, Protection circle steel tube, Cutting coil, Loading test, Impact test

鉄道の架道橋の鋼製橋桁に自動車衝撃事故の情報がいった場合、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、現場導入したので報告する。

1. はじめに ～～ 橋桁衝撃とは ～～

JR 西日本の京阪神近郊区間では、桁下制限高さを超えた自動車が防護工や橋梁側面に衝撃し、架道橋に被害を及ぼす事故(図-1)が近年増加傾向にあり、2006～2009 年度に 540 件にも達していた。また、2007 年 7 月 12 日には阪和線の東佐野～和泉橋本駅間において高所作業車が防護工をなぎ倒し、普通電車が脱線する事故が発生した(図-2)。

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わからず、以下の課題が発生する。

i) 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。

ii) 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。

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検知手法を検討し導入することとした。



図-1 防護工へ衝撃



図-2 乗上げ脱線例

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

光ファイバーは、自動車衝撃エネルギーと比較し強度が小さく、断線しても空气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と光ファイバーを切断させるコイルを挿入した。(図-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

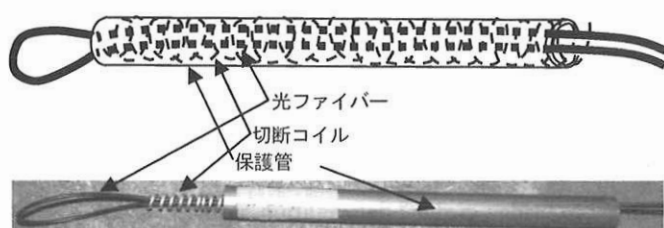


図-3 光ファイバー断線型センサー

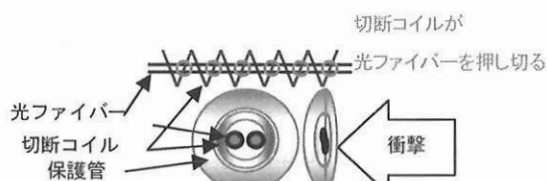


図-4 光ファイバー断線型センサー 横断模式図



図-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2点の検討が必要となる。

- ①橋桁側面方向の強度と検知する衝撃エネルギー
- ②光ファイバー断線式センサーが検知できるエネルギー

そこで、橋桁強度の計算、静的載荷試験を施行し、比較することで評価した。

(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。結果を表-1に示す。

表-1 橋桁側面方向の耐衝撃エネルギー・耐荷重

支間長	耐衝撃エネルギー	耐荷重
5m	450J	140kN
10m	970J	140kN
20m	2,100J	160kN

(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。その結果を表-2に示す。

表-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	3.5J/mm	0.8kN/mm
2.0mm	6.0J/mm	1.2kN/mm
3.2mm	9.0J/mm	2.0kN/mm

(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。

そこで、衝撃事例や衝撃跡を検証した結果、ユニックアーム、有蓋車等の衝撃が多く、幅は約100mmであった。

(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、表-1より450J, 140kNであり、幅約100mmの平型物が衝撃した場合、4.5J/mm, 1.4kN/mm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。表-3より、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。

表-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	4.5J/mm	>	3.5J/mm(1.2mm)	○
		<	6.0J/mm(2.0mm)	×
		<	9.0J/mm(3.2mm)	×
耐荷重	1.4kN/mm	>	0.8kN/mm(1.2mm)	○
		>	1.2kN/mm(2.0mm)	○
		<	2.0kN/mm(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、空气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、空气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. 現場導入

本橋桁衝撃検知装置を、防護工への試験設置(図-6)を経て現場導入した。設置箇所の事例写真を図-7に、概略図を図-8に示す。故障等の不具合もなく稼動している。

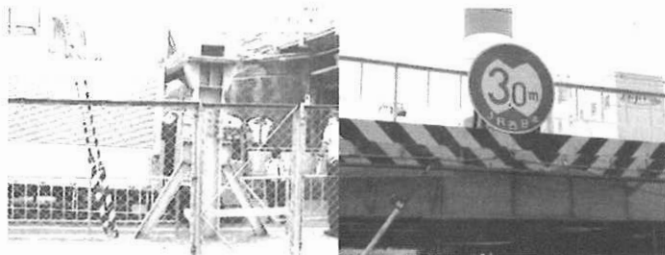


図-6 試験設置箇所の事故状況写真

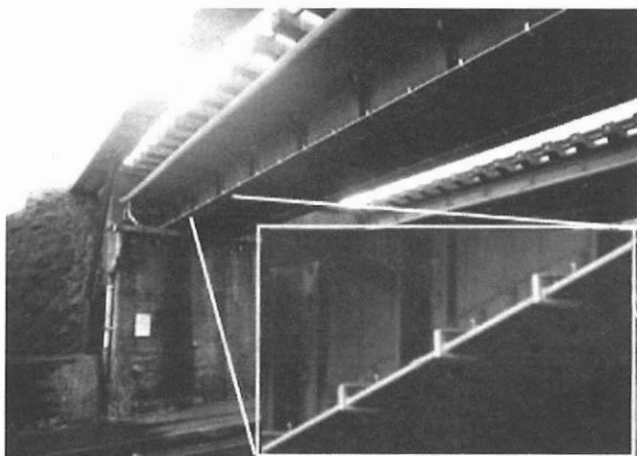


図-7 橋桁衝撃検知装置 設置箇所写真

5. 導入箇所の選定

橋桁衝撃事故の発生する架道橋はかなり偏っており、全ての架道橋に設置しなくともかなりの効果を見込めた。そこで、本橋桁衝撃検知装置を導入する架道橋を、図-9に示すように防護工衝撃回数と列車本数を掛け合わせた数量が1,000本・回を超えることを基準として選定した。

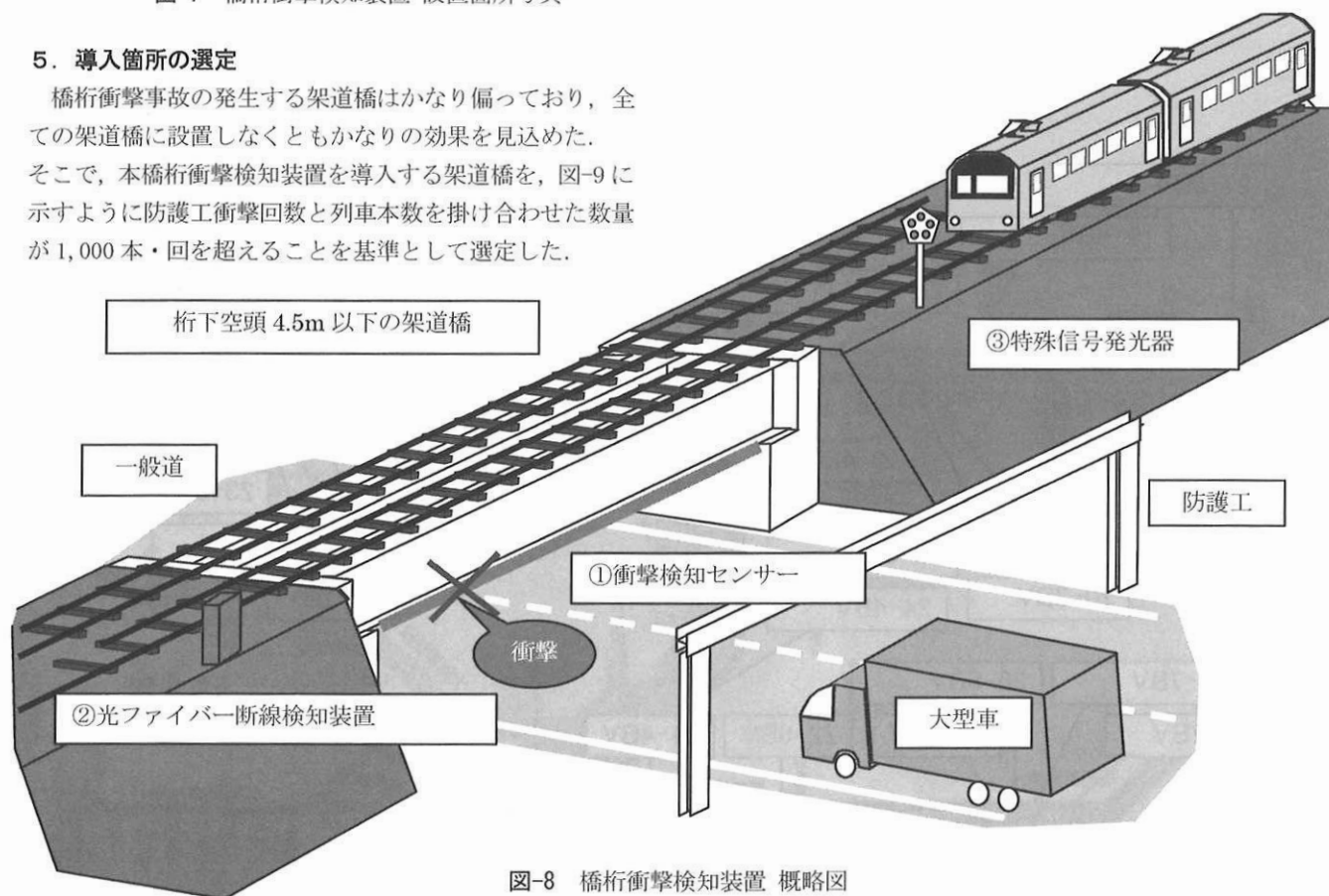


図-8 橋桁衝撃検知装置 概略図

6. 導入効果

2007～2012年度に35架道橋に設置(図-10)し、当初設置から4年経過した。橋桁・防護工衝撃事故による列車抑止回数は半減、振替代行輸送や人件費等のコストを年間数億円削減できた。

実例を挙げて以下にその影響度合いを紹介する。

● 実例1 (防護工衝撃のみ)

- ①発生日時：2010年4月23日 18:04頃
- ②発生箇所：大阪環状線 K駅～S駅 間
- ③列車影響：運休47本、遅延23本 遅延時分2～45分
- ④影響人員：57,000人
- ⑤損傷部位：防護工
- ⑥損傷程度：かすり傷、塗膜剥がれ
- ⑦通報経路：運転者→110番→輸送指令→施設指令→現場

● 実例2 (橋桁損傷有)

- ①発生日時：2008年12月17日 17:15頃
- ②発生箇所：東海道本線 O駅～T駅 間
- ③列車影響：運休54本、遅延134本 遅延時分5～46分
- ④影響人員：119,020人
- ⑤損傷部位：防護工・橋桁本体
- ⑥損傷程度：梁の湾曲、せりあがり、桁受部アンカー損傷
- ⑦通報経路：通報(第3者)→110番→一斉放送→現場

当社の列車は、長距離運転し、多様な線区に相互乗り入れするため、一度列車抑止が発生すると、事故発生箇所から遠く離れた場所まで長時間影響するが、上記「影響」は、衝撃箇所近傍の運休・遅延した列車によるものである。

先にも述べたが、事例1のようにほとんどの衝撃事故は防護工であり、列車抑止する必要はない。しかしながら、本当に橋桁本体に衝撃していないか判断できないため、列車抑止せざるを得なかったため、お客様に多大なご迷惑をおかけする結果になった。

事例2では、本当はすぐに列車抑止をしなければならないにもかかわらず、通報後になってしまい、橋桁本体の損傷確認のため、長時間の列車抑止が発生してしまった。

本橋桁衝撃検知装置を導入することにより、年間100件以上あった橋桁・防護工衝撃事故による列車抑止回数は半減、お客様への影響をかなり抑えることができた。

7. 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、さらに複数箇所へ導入予定であるが、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

- 1) 御崎 哲一 他：橋桁衝撃検知装置の開発 2008年度土木学会全国大会第63回年次学術講演会 I-508, 2008.9
- 2) 財団法人鉄道総合技術研究所：橋桁防護工設計の手引 1987.9.21

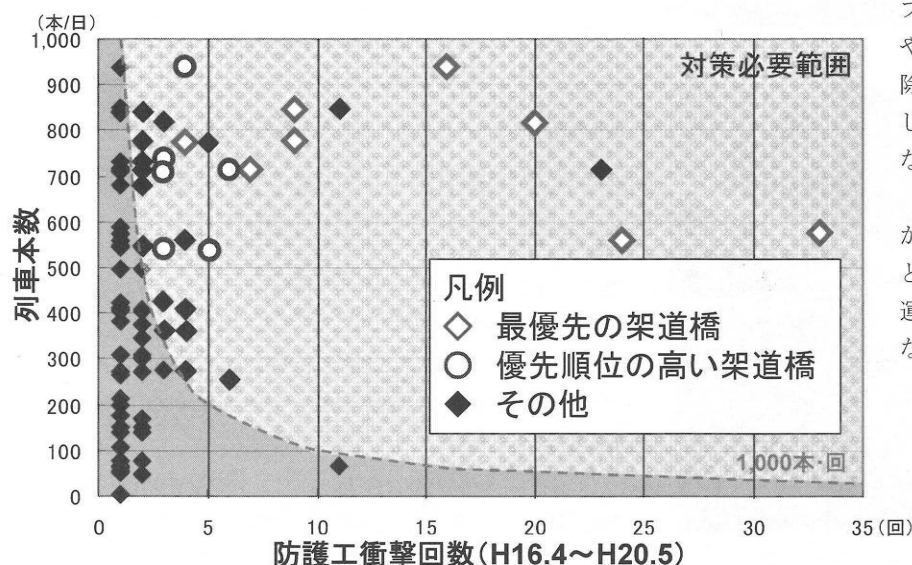


図-9 防護工衝撃回数と列車本数の関係

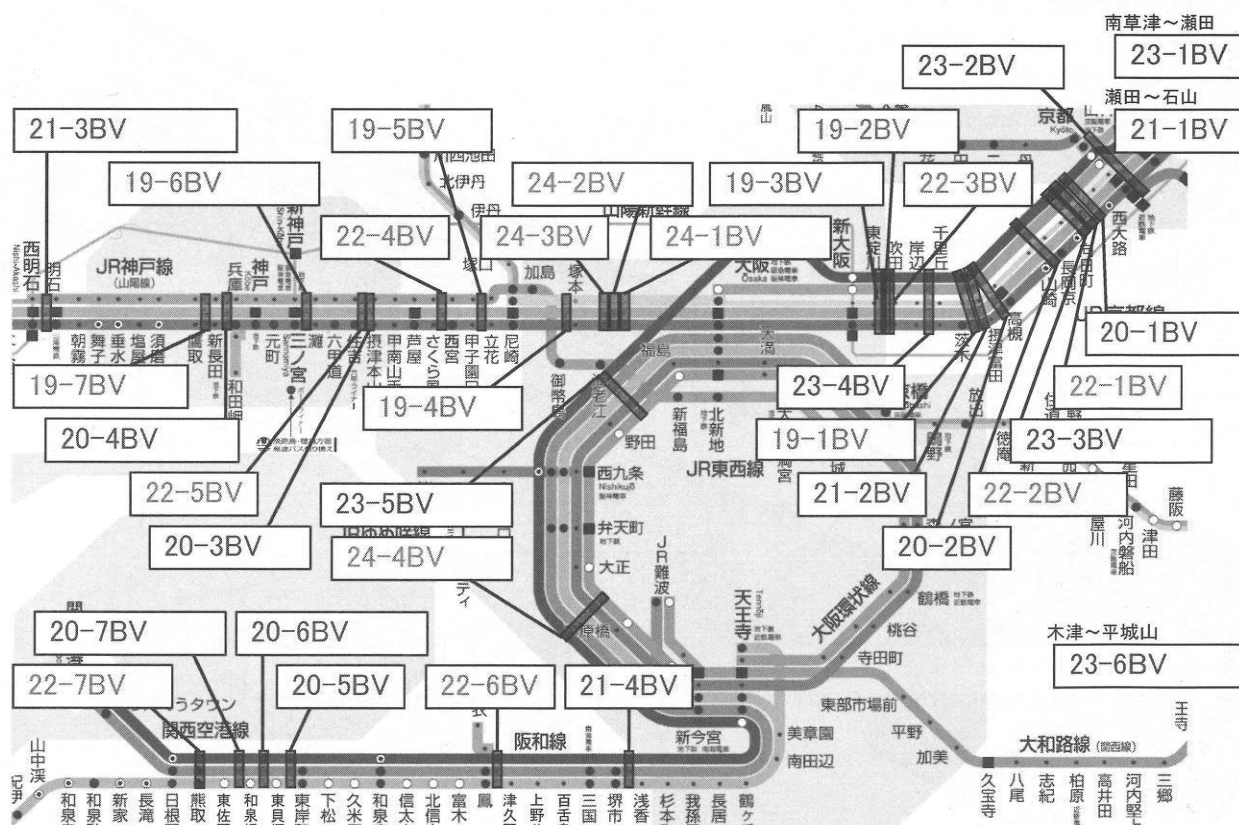


図-10 2007～2012年度 橋桁衝撃検知装置設置箇所（橋梁名は番号化）