

## 大規模橋梁の落橋防止システム構築についての一提案\* A Study on building of Falling Prevention system for large scale bridges\*

徳永法夫\*\* 今田康博\*\*\* 刑部清次\*\*\*\*

By Norio TOKUNAGA\*\*, Yasuhiro IMADA\*\*\*, Seiji OSAKABE\*\*\*\*

### 1. はじめに

平成8年12月に道路橋示方書<sup>1)</sup>(以下、道示)が改定され、従来のけたかかり長、落橋防止装置、および可動支承の移動制限装置で構成されていた落橋防止構造が再整理され、落橋防止システムと呼ばれる考え方が導入された。落橋防止システムは、けたかかり長、落橋防止構造、変位制限構造および段差防止構造の大きく4つから構成され、各構成要素の役割を明確にしている。

本論文では、落橋防止システムの中でも落橋防止構造に主眼を置き、長大橋に設ける落橋防止構造の問題点等を整理し、対応策について検討した。

### 2. 落橋防止構造と選定方法

道示では、落橋防止構造として以下に示す3種類を定めている。

- ① 上部構造と下部構造を連結する構造
- ② 上部構造および下部構造に突起を設ける構造
- ③ 2連の上部構造を相互に連結する構造

\*キーワード：落橋防止システム

\*\*正会員 工博 阪神高速道路公団神戸第2建設部  
神戸市中央区東川崎町1-3-3  
TEL (078) 360-8141, FAX (078) 360-8158

\*\*\* 阪神高速道路公団神戸第2建設部  
神戸市中央区東川崎町1-3-3  
TEL (078) 360-8141, FAX (078) 360-8158

\*\*\*\* 株式会社社長 西日本構造事業部  
大阪市西区新町2-20-6  
TEL (06) 6541-5800, FAX (06) 6541-5811

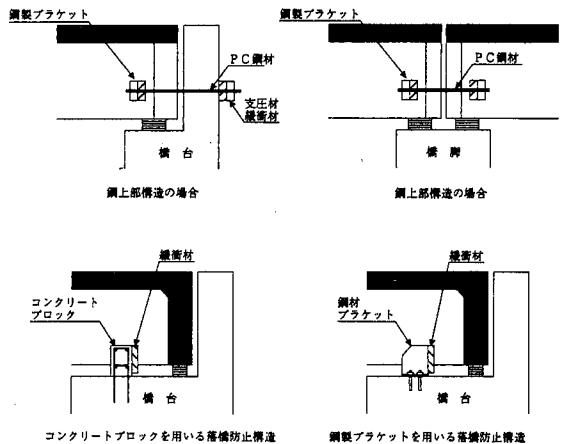


図-1 落橋防止構造の例

またその構造として、通常①および③ではPCケーブル・被服ゴムチェーン、②においては、コンクリートブロックあるいは鋼製ブラケットの落橋防止壁が採用されている。(図-1 参照)

上記形式の中で、落橋防止構造を選定するにあたり、上部工形式、河川条件を含めた現場の条件等から、経済性、施工性、都市部では景観性に配慮して、その形式を決定する。また、落橋防止構造は支承部付近に設けることが多く、支承部の点検や維持補修の障害となることが多いため、それらを踏まえた構造形式を採用することとしている。

さらに道示では、橋梁の規模および地震時の振動特性に着目し、次の2点に該当する場合は、2連の上部構造を相互に連結する構造は避けるのがよいと明記されている。

- ①隣接する上部工重量比が2倍以上である
- ②2つの設計振動単位の固有周期の比が1.5倍以上である

現在は、上記条件を満足する落橋防止構造を選定し、上部工ならびに下部工への影響を考慮し、補強設計・補強工事も同時に行われていると考えられる。

しかし、従来から設計ならびに工事を実施している橋梁は、橋梁の荷重規模が小さい橋梁であり、落橋防止構造本体が大型化することはない、さらに大規模な補強を必要としない橋梁であった。

一支承線上の反力が大きい長大橋については、設置する落橋防止構造も大型化し、上部工ならびに下部工に与える影響が大きくなり、補強等の工事が大規模となることが予想される。そのため、検討段階で留められているのが現状である。

そこで今回は、一支承上の反力が1000tf程度の大規模橋梁の落橋防止構造について検討を行った。

### 3. 検討対象橋梁と問題点

検討対象橋梁は、3径間連続ゲルバー形式鋼床版箱桁橋で、橋長は387mである。概要図を図-2に示す。

また本橋に隣接する上部工は、単純鋼床版箱桁（橋長68m）、2径間連続非合成箱桁（橋梁102m）であり、隣接する上部工重量比が2倍以上であったため、2連の上部構造を相互に連結する構造は採用できない条件であった。（表-1参照）

そのため、下部工と連結する方式あるいは鋼製ブラケット等にて下部工から突起を設ける構造の2種類から採用する必要があった。

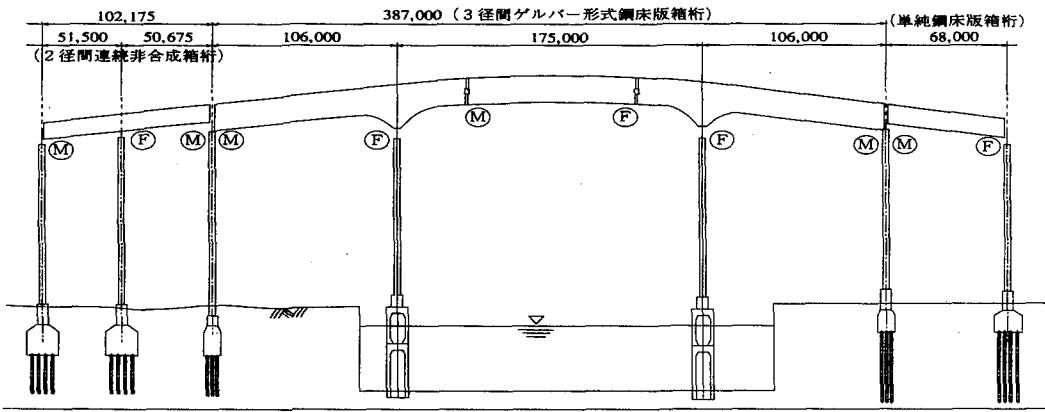


図-2 検討対象橋梁模式図

表-1 上部工重量等の諸条件

|               |                       |       |      |                              |       |       |                    |      |      |
|---------------|-----------------------|-------|------|------------------------------|-------|-------|--------------------|------|------|
| 死荷重反力(kN)     | 5465                  | 17992 | 4779 | 9624                         | 45169 | 45093 | 10047              | 9226 | 9229 |
| 上部工重量<br>(kN) | 28236<br>(2径間連続非合成箱桁) |       |      | 109933<br>(3径間連続ゲルバー形式鋼床版箱桁) |       |       | 18455<br>(単純鋼床版箱桁) |      |      |
| 上部工重量比        | 0.26                  |       |      | 1.00                         |       |       | 0.17               |      |      |

道示では、落橋防止構造の設計反力を下式により求めることとしている。

$$HF = 1.5 R_d \quad \text{..... (式-1)}$$

ここで、

HF：落橋防止構造の設計地震力

R<sub>d</sub>：上部工死荷重反力

式-1 より、検討対象橋梁の落橋防止構造設計地震力は以下の様になる。

$$HF = 1.5 \times 9624 = 14436 \text{ kN}$$

上記地震力を用いて、PC ケーブルにて連結する構造を採用した場合、平面形状 (1400×1000) ボルト本数が約 100 本必要なブラケットが最低 5 つ必要となることが検討結果からわかった。本橋は 2 主桁で、1 主桁のフランジ幅は 5m であるが、下フランジ全面を覆う構造となり、孔引き後の断面欠損が大きく、橋梁本体の大規模な補強が必要となる。また景観面においても、問題があると思われる。

さらに溶接により、ブラケットの取り付け方法も考えられるが、調質鋼を使用していたため、溶接後母材与える影響が大きいことから、採用は困難であると考えた。

次に、落橋防止壁を用いた場合についての検討を行った。

落橋防止壁を採用した場合、落橋防止構造設計地震力に相当する力が、横桁に直接作用することは、曲げ剛性が小さい端横桁が、過大な変形を起こすため、落橋防止構造の機能を果たす事ができない。

そこで、その問題解消のため、支間中央側にトラス構造部材を取り付け (以下、バックトラス) 外力をすべて主桁に伝達し、確実に落橋防止壁にて落橋を防ぐ構造を採用している。

本橋においても、上記方式に従い設計を実施した結果、トラス構造の部材断面 (400×400×13×21) が、橋軸方向に 20m 程度、重量にして約 20 t 程度必要となり、補強工事を含め問題があると思われた。(図-4 参照)

また落橋防止壁本体も、下部工の梁天端に取り

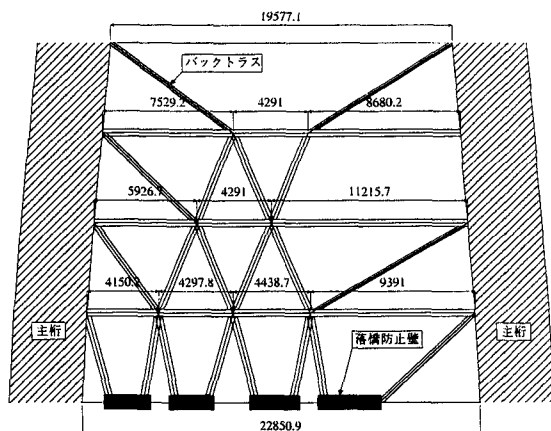


図-4 バックトラス構造

付けるため、地震後橋脚天端に大きな力が作用する可能性があり下部工への影響もある。

以上より、いずれの工法を用いても一支承線上の反力が大きい場合、落橋防止構造は問題が多いことがわかる。

#### 4. 対応策

いずれの工法を採用した場合でも問題は多いが、本検討では落橋防止壁について対応策を検討する。

落橋防止壁の最大の問題は、桁に取り付けるバックトラスであり、最も影響が大きいバックトラスの設置について検討した。

ここで、バックトラスは以下の理由により設置されていると考えた。

- ① 落橋防止壁から伝わった荷重を、確実に主桁に伝え、上部工の損傷 (特に端横桁) をできる限り抑えることができる。
- ② 端対傾構等横桁本体の補強が不可能である場合でも、バックトラスが確実に力を伝えるため、構造上問題はない。

しかし、以下の問題を含んでいる。

- ① 上部工重量が小さい場合バックトラスは小さく、施工上問題も少ないが、上部工の荷重規模が大きい場合は、バックトラス構造が大きくなり、

工事に伴い本体工に対して望ましい構造とさええない。

- ② 確実に落橋防止壁に外力が伝わるため、橋脚梁に同様なせん断力、曲げモーメントが働き好ましくない。
- ③ 工事費が増大し、さらに工事中的交通規制等の影響が大きい。

近年、桁同士の衝突を緩和する目的<sup>2)</sup>から、ベルダンパーと呼ばれる減衰機能が高い緩衝材が開発され、道路公団等で採用されている。この高減衰機能に着目し、補強工事が少ない落橋防止構造の検討をした。

ベルダンパーは、ゴムの10倍以上の剛性を有する熱可塑性ポリエステルエラストマー（ベルブレン；東洋紡績製）で構成されており、クロロブレンゴムの倍の吸収エネルギー特性を有している<sup>3)</sup>。

また、ひとつあたりの吸収エネルギーが明確にされているため、ベルダンパーの個数を任意に選ぶことにより、その効果を調整できるメリットを有している。

この緩衝材を使用することにより、従来のクロロブレンゴムの緩衝材に比べ大きな吸収エネルギーを期待でき、上部工および下部工に働く地震力を抑えられる。この緩衝材を用いて落橋防止壁で最も問題となるバックトラスの省略が以下の理由で可能であると考えた。

- ① 吸収された後の力は小さいため、従来から実施されている小規模な橋梁と同程度となり、大規模な補強工事は必要なくなる。
- ② 端横桁弱軸周りの曲げ剛性で抵抗するのではなく、小さな力となるためせん断力で抵抗する構造と成り得る。

さらに、下部工への影響も少なり緩衝材のみの施工となるため、工事中に与える影響も最小限に抑えられる利点もある。

## 5. 結論

以上より、熱可塑性ポリエステルエラストマー

で構成された緩衝材を用いて、大規模橋梁落橋防止壁の設計方法の一提案を次に示す。

- ① 設計地震力は、道示における落橋防止構造の設計力  $H_F = 1.5 R_d$  を用いて落橋防止壁を設計し、下部工天端との取り合いを見る。
- ② 取り合い上、不可能な場合は、ベルダンパーによる効果を考慮した設計を行う。なおベルダンパーの個数は、動的解析を実施し、その結果を踏まえ設計を行う。
- ③ 落橋防止壁は、下部構造への影響を少なくする取り付け構造を採用する。たとえば、コンクリート壁を採用した場合、塑性ヒンジができる配筋とするなどを行い、下部工への影響をできる限り抑える。

上記提案を踏まえ、今後詳細に検討を行いたいと考えている。

最後に、本検討では近年開発された熱可塑性ポリエステルエラストマーを用いて、大規模橋梁の落橋防止壁への対応について検討してきた。しかし、今後も様々な新技術・新工法が開発され、問題を解消していくと考えられる。今回紹介した一例が、今後大規模橋梁の落橋防止システム構築への一助となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、平成8年12月
- 2) 水口、戸塚、春日、玉置：2枚壁式橋脚を有する多径間連続ラーメン橋の耐震設計に関する一考察、フレストレストコンクリート、Vol.39, No.5, 1997.9
- 3) 野々村、鎌田、上島、野島：落橋防止装置用熱可塑性エラストマー緩衝材の圧縮変形挙動、土木学会第53回年次学術講演会 I-B158, 1998
- 4) 野島、石田、上東、野々村：緩衝材を併用した落橋防止システムの検討、土木学会第53回年次学術講演会 I-B159, 1998