

既設高架橋の落橋防止システム整備に関する一試案

A tentative plan about the system for preventing the collapse of existing elevated bridge

徳永法夫¹ ・ 吉田高之² ・ 永瀬弘康³ ・ 矢野幸子⁴

By Norio Tokunaga¹ Yoshida Takayuki² Nagase Hiroyasu³ Yano Sachiko⁴

1. はじめに

道路橋示方書・同解説V耐震設計編(平成8年12月)(以下「道示」)¹⁾では、落橋を確実に防止するために「落橋防止システム」を設置するよう定めている。しかし、「道示」は新設橋梁を対象としたものであり、既設橋梁に対して「道示」の条文通りの落橋防止システムを画一的に適用し設置することは、既設構造物と新設の落橋防止システムとの取り合い構造、既設橋梁に対する補強方法、さらに経済性において問題となる。そこで、これらの問題点を考慮して「既設鋼橋に対する支承・落橋防止システムの選定要領(案)(平成10年4月)」(以下「選定要領(案)」)を作成し、既設鋼橋に対する落橋防止システムの適用・選定に関しての基本方針を取りまとめた内容を以下に述べる。

「選定要領(案)」では免震化・桁連結化を優先的に実施し、耐震上脆弱と考えられる既設鋼製支承(1本ローラー支承・ピン支承・ピボットローラー支承など)をタイプBの支承に交換したうえで、落橋防止システムを構築することを基本としている。しかしながら、この基本方針の遵守を第一に考えると、比較的新しく供用された路線では、健全な支承を交換することとなり、維持管理および経済性の面から見れば、当面は支承交換をせず、将来の支承交換時期に支承取替を行うことが好ましいといえる。

また、高架道路としての特性を考えれば、路線全

体の耐震性能を均一化することが重要であり、全路線に対して確実に耐震性能を一定のレベル以上に向上させる必要がある。

本論文は、以上を考慮して、比較的新しい路線に対して落橋防止システムを段階的に整備することで、路線全体の耐震性能を確保することを提案するものである。

2. 基本的考え方

まず、現時点では現況のタイプA鋼製支承を残存させることとして、将来の支承交換までの間の暫定的な落橋防止システムを構築する。また、将来の支承交換時期にはタイプB支承に取り替え、「道示」を満足する落橋防止システムを構築する。

段階的に落橋防止システムを整備するため、タイプA鋼製支承が残存している状態で「道示」に規定されるすべての落橋防止システムを画一的に適用する場合、以下の問題が発生する。

- ① タイプA支承に対応する落橋防止システムをすべて設置する場合、将来のタイプB支承への取替えにより、変位制限構造・段差防止構造が不要となる。
- ② タイプA支承に対応する変位制限構造・段差防止構造の構造形状・設置位置によっては、将来のタイプB支承への交換時の支承位置を侵す可能性があり、障害となる。

したがって、暫定的な落橋防止システムにおいては、「道示」および「選定要領(案)」を基本にして、将来のタイプB支承への交換の際に上記2点の問題が発生しないように、設置する落橋防止システムを限定する。また、将来不要となる落橋防止システムのうち現時点で設置するものについては、できる限り既設の構造物を流用することにより手もどりを

キーワード：土木施設維持管理、計画手法論

¹正会員、阪神高速道路公団 神戸第二建設部
(神戸市中央区東川崎町1-3-3 Tel 078-360-8141 Fax 078-360-8158)

²正会員、阪神高速道路公団 神戸第二建設部
(神戸市中央区東川崎町1-3-3 Tel 078-360-8141 Fax 078-360-8158)

³正会員、株式会社日本構造物設計事務所 大阪事務所 技術部
(大阪市西区阿波座1-6-13 Tel 06-6533-6621 Fax 06-6533-6622)

⁴正会員、株式会社日本構造物設計事務所 大阪事務所 技術部
(大阪市西区阿波座1-6-13 Tel 06-6533-6621 Fax 06-6533-6622)

防ぐこととする。なお、将来的にはタイプ B 支承への交換を行い、「道示」および「選定要領（案）」を満足する落橋防止システムを構築することとする。

3. 支承交換前の落橋防止システムの設計仕様

まず、目標とする耐震性能レベルを「落橋しない」ことに置き、支承交換時期までの暫定的処置として、「道示」および「選定要領（案）」をもとにした暫定的落橋防止システム設計仕様を提案する。

(1) けたかかり長

落橋を防止するために、もっとも重要であり有効であるけたかかり長は、「道示」の基準にしたがって、けたかかり長 $S_{B\theta}$ を確保するものとした。また、斜橋・曲線橋の端支点部についても、それぞれ斜橋に対するけたかかり長 $S_{B\theta}$ ・曲線橋に対するけたかかり長 $S_{B\phi}$ を確保することとした。

(2) 落橋防止構造

「道示」に従い、落橋防止構造を設置する。

設置する落橋防止構造のタイプは、ブロック型ゴム被覆チェーンまたは PC ケーブルで 2 連の上部構造を相互に連結する構造を基本とする。ただし、隣接する上部構造の形式または規模が著しく異なる場合には、ブロック型ゴム被覆チェーンにより上部構造と下部構造を連結する構造とする。また、構造的に連結構造の取付けが困難な場合には、上部構造および下部構造に突起を設ける構造（ストッパー型）を設置する。

(3) 橋軸方向変位制限構造

「道示」では、タイプ A 支承の場合「変位制限構造と併用されることにより、タイプ B の支承と同程度の耐震性を持つ」と規定しており、端支点・中間支点ともに橋軸方向の変位制限構造を設けることとしている。しかし、変位制限構造はタイプ B 支承への交換により不要となることおよび、中間支点部については支承が損傷しても橋脚や桁が大きく損傷しない限りは、橋軸方向への移動により上部構造が落下することはないことを考慮して、中間支点部の橋軸方向変位制限構造は省略する。端支点部に

については既設の桁間連結装置（平成 2 年・平成 6 年「道示」準拠）を変位制限構造の設計荷重によって照査を行ったうえで、変位制限構造として流用することとした。

(4) 橋軸直角方向変位制限構造

橋軸方向変位制限構造と同様に、「道示」ではタイプ A の支承を用いる場合は変位制限構造を必要としているが、変位制限構造はタイプ B 支承への交換により不要となる。また、一般の橋梁については、支承が損傷しても橋脚または桁が損傷しない限り橋軸直角方向の移動により上部構造が落下することはない。したがって、橋軸直角方向変位制限構造は省略する。ただし、「道示」13.8(1)に示す橋軸直角方向への落橋防止対策が必要な橋梁については、端支点部に橋軸直角方向変位制限構造を設置する。また、「道示」13.8(2)に規定する橋梁の中間支点部には、タイプ B 支承に交換しても直角方向変位制限構造を設置する必要がある。該当する橋梁については、現時点で支承を交換し、「道示」の規定どおりに設置する。

なお、連続橋の場合、斜橋・曲線橋の端支点部では、けたかかり長 $S_{B\theta}$ ・ $S_{B\phi}$ が非常に大きくなる場合があり、必要なけたかかり長が構造的に確保できない場合には、「平成 8 年度道路橋示方書・同解説に関する質問・回答集（1）（平成 9 年 9 月 建設省土木研究所）」²⁾に従い、橋軸直角方向変位制限構造の設計荷重を落橋防止構造の設計荷重に格上げして、回転に対する落橋を防止する。

(5) 段差防止構造

「道示」では、「支承高が大きい支承を用いる場合には設けることが望ましい。」とされている。また「選定要領（案）」では災害時における緊急車両の通行確保を重視して、支承高さ 50cm 以上のタイプ A 鋼製支承の場合には、段差防止構造を設けることとしている。しかし、段差防止構造は将来のタイプ B 支承への交換によってゴム支承になれば不要となる。また、現時点で段差防止構造を設置した場合、将来交換する支承の寸法によっては、段差防止構造が支承設置の障害になる可能性がある。したがって、現時点では段差防止構造の設置はせず、大

地震の発生後に路面に発生する段差は、土のう・覆工板・敷鉄板等を用いて処理することで緊急車両の通行を確保する。

(6) 単純橋の取り扱い

「道示」によれば、「できるだけ多径間連続構造とするのが望ましい」とされており、単純橋は連続橋に比べて耐震性能が劣ると考えられる。そこで単純橋は「選定要領（案）」に従い、桁連結可能なものは連結化を行い、連結不可能なものおよび、埋立て境界部または長大橋の取付け部などの連結化が好ましくない単純橋については、支承をタイプ B 支承に交換し、「道示」を満足する落橋防止システムを構築することで、他の連続橋と耐震性能レベルを合わせることとする。

4. まとめ

3 項に述べた支承交換前の落橋防止システムと「道示」の規定とをまとめたものを表 1 に示す。

表 1 支承交換前の落橋防止システム構成一覧（タイプ A 支承）

			支承交換前の落橋防止システム	「道示」
けたかかり長			○	○
落橋防止構造			○	○
変位 制限 構造	橋軸方向	端支点部	○	○
		中間支点部	×	○
	橋軸直 角 方 向	端支点部	△「道示」13.8(1)に規定する 橋（斜橋・曲線橋）のみ設置	○
		中間支点部	△「道示」13.8(2)に規定する 橋のみ設置 (タイプB 支承に交換済)	○
段差防止構造			×	必要に応じて設置

支承交換前の落橋防止システムは「道示」を満足していない項目もあるが、けたかかり長の確保・落橋防止構造の新設・橋軸直角方向変位制限構造の新設（斜橋・曲線橋のみ）および橋軸方向端支点部変位制限構造（既設桁間連結装置を流用）を整備することにより、タイプⅠ・Ⅱの地震動に対する落橋防止機能を確保することが可能となる。

高架道路全線にわたって落橋せず、通行可能な状態であれば、段差防止構造がなく桁端部において段差が発生した場合でも、災害時における緊急車両の通行は、土のう・覆工板・敷鉄板等による処理で確保することができる。

現在の支承が耐用年数を経過し、支承をタイプ B 支承に交換を行った後の落橋防止システムは以下のとおりとなる。なお、支承の交換の際には、下部工に作用する反力を増大させることができないため、当面のところ、支承条件は現況から変更しないと仮定した。

けたかかり長：支承交換前に「道示」の基準にしたがって、必要なけたかかり長を確保している。なお、支承交換に伴って支承に生じる損傷時の相対変位は変わるが、支承条件が変わらないことから、支承の相対変位は大きく変わることはないと予想され、けたかかり長は支承交換前のけたかかり長と同程度であり、新たな橋座幅幅はないと想定している。

落橋防止構造：タイプ B のゴム支承の場合、「道示」では「ゴム支承の許容せん断ひずみに相当する移動量を確保することが望ましい」としているが、遊間・伸縮装置等桁端部の構造を改築する予定はないことから、

許容せん断ひずみ相当の移動量は橋梁構造上確保が不可能である。従って、落橋防止構造についても設計移動量の確保をする必要はないと想定している。

橋軸方向変位制限構造：端支点部の変位制限構造として既設桁間連結装置を流用しているため、移動可能量が小さくタイプ B 支承の機能を阻害する場合には、連結板を撤去する必要がある。タイプ B 支承の機能を阻害しない場合には、そのまま残存させる。

橋軸直角方向変位制限構造：「道示」13.8(1)に示す橋軸直角方向への落橋防止対策が必要な

橋梁についてのみ設置してあるため、支承交換以後にもそのまま使用する。また、「道示」13.8(2)に規定する橋梁については、暫定時に支承を交換し、直角方向変位制限構造を設置しているためそのまま使用する。

段差防止構造：支承交換後にゴム支承になれば段差防止構造の設置は必要ない。

以上に述べた支承交換後の落橋防止システムと「道示」の規定とをまとめたものを表2に示す。

表2のとおり、暫定的落橋防止システムを採用すれば、将来の支承交換によって、「道示」の規定を満足することが可能となり、さらに、支承の交換以外の対策を行う必要がなくなり、将来における手戻りを防ぐことが可能である。

なお、支承交換後の落橋防止システムについては、現時点での想定であり、実際の支承交換時には改めて検証する必要があるといえる。

5. 終わりに

本論文は1路線の高速道路全体の既設高架橋に対して、高架道路全体の耐震性能レベルの均一化、また路線全体での補強対象数・施工規模および将来の維持管理、費用対効果を考慮して、現時点では暫定的な落橋防止システムを構築し、将来の支承交換により「道示」を満足させるという段階的落橋防止システムの整備を提案するものである。この提案が、既設高架道路橋の落橋防止システムの整備において一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、平成8年12月
- 2) 建設省土木研究所：平成8年度道路橋示方書・同解説に関する質問回答集(1)、平成9年9月

表2 支承交換後の落橋防止システム構成一覧(タイプB支承)

			支承交換後の落橋防止システム	「道示」
けたかかり長			○	○
落橋防止構造			○	○
変位制限構造	橋軸方向	端支点部	○	×
		中間支点部	×	×
	橋軸直角方向	端支点部	○「道示」13.8(1)に規定する橋（斜橋・曲線橋）のみ設置	○「道示」13.8(1)に規定する橋（斜橋・曲線橋）のみ設置
		中間支点部	○「道示」13.8(2)に規定する橋のみ設置	○「道示」13.8(2)に規定する橋のみ設置
段差防止構造			×ゴム支承の場合不要	×ゴム支承の場合不要

既設高架橋の落橋防止システム整備に関する一試案

徳永法夫 ・ 吉田高之 ・ 永瀬弘康 ・ 矢野幸子

道路橋示方書は新設橋を対象としており、既設橋に対して条文を画一的に適用すると取付け構造や経済性において問題が発生する。これに対して、本試案は都市高速道路の既設橋を対象として、段階的な落橋防止システムの整備手法の提案を行ったものである。暫定処置として現況のタイプA鋼製支承に対応し、かつ将来のタイプB支承への交換の際に問題が出ないように現時点で設置する落橋防止システムを限定し、将来不要となる落橋防止システムを設置する場合は既設の構造物を流用することで手戻りを防ぐ。その後、将来の支承交換を行うことにより道路橋示方書を満足させることとした。

The highway bridge specifications are intended for the newly built bridges. When the system for preventing the collapse of bridge is applied to the existing bridges as stipulated in the text, various problems occur in the bridge building structure and the economic efficiency.

This tentative plan is intended to prepare the system that can satisfy the highway bridge specifications by temporarily consolidating the system that deals with the current type A steel bearing as a means to improve the system for preventing the collapse of bridge on a step-by-step basis that is applied to the existing bridges on the urban expressway whereby the current type A steel bearing can be replaced by the type B steel bearing in the future.