

地震作用による支承部材の落下を防止するための対策に関する基礎検討

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○張 広鋒 深山 大介
首都高速道路株式会社 正会員 松原 拓朗 久保田 成是

1. はじめに

近年の地震において、支承部の損傷としてボルトの破断や部材の脱落が多く確認されている。脱落した支承部材は、高架下に落下すると歩行人や通行車両に第三者被害を引き起こす恐れがある。また、仮に橋脚上に留まったとしても、余震による落下の恐れがあり、地震後の緊急点検や応急復旧作業の阻害要因にもなる可能性がある。そのため、高架下の利用状況などにより、支承部材の落下を回避するための落下防止対策が必要となる。しかし、現在のところ、このような目的の落下防止対策に関する研究が少なく、統一的な設計手法はまだ確立されていない。このような状況を踏まえ、著者らは、主に既設橋梁の支承部材の落下防止を目的として、施工が容易でかつ耐久性の高い落下防止対策の研究開発を行っている。本研究では、研究開発の第一歩として、落下防止対策の設計外力や対象部材を検討するための基礎資料の収集を目的に、外力の評価に関する考え方を整理するとともに、近年の大地震において脱落が生じた支承部材および支承の各構成部材質量の整理・分析を行った。

2. 落下防止対策の設計外力に関する考え方

落下防止対策の外力の評価方法として、支承部材の落下時の衝撃エネルギーを静荷重に置き換える方法や衝撃エネルギーをそのまま用いる方法が考えられる。前者の場合においては、道路橋の落橋防止構造の設計のように、支承部材の重量と設計水平震度を用いることが考えられる。後者の場合においては、支承部材の落下時の速度を把握する必要がある。実地震時において支承部材の落下速度を測ることがほぼ不可能であるが、支承部材の落下高さと水平の飛び距離が分かれば、落下時の飛び出し速度の目安を評価することが可能と考えられる。しかし、今までは、実地震における落下事例が少なく、落下部材の水平飛び距離に関する調査結果も行われていないと考えられる。今後、支承部材が落下した地震被害の現地調査などにより、飛び出し速度を検討していく必要がある。また、落下防止対策の対象

部材については、支承全体を対象とすることが最も安全側となるが、対象部材の質量が大きくなると、対策工の構成部材や取付部に高い耐力が必要となり、取付部の耐力の確保や狭隘箇所

3. 落下防止対策対象部材の検討

(1) 近年の大地震における支承部材の脱落状況

落下防止対策の対象部材を検討するための基礎資料の収集を目的に、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震および平成 28 年（2016 年）熊本地震における支承部材の脱落事例の整理・分析を行った^{1),2)}。表-1 に、構造形式毎の主な脱落部材および損傷が生じた橋梁例を示す。整理では、支承部材が脱落して橋脚上に留まった事例と高架下に落下した事例

表-1 脱落が生じた支承部材の一覧

支承の構造形式	支承部材	橋梁例
ゴム支承 ゴムパット支承	・ サイドブロック、取付ボルト ・ 支承本体、せん断キー	・ 仙台東部道路 ・ 大切畑大橋
線支承 BP-A 支承 BP-B 支承	・ ビンチプレート、セットボルト ・ サイドブロック、取付ボルト ・ 上沓ストッパー、上沓、すべり板	・ 大黒JCT連絡路 ・ 秋津川橋
ピン支承 ピンローラー支承 ピボット支承 ピボットローラー支承	・ サイドブロック、取付ボルト ・ ピンキャップ、ピン、ボルト ・ リング、ボルト ・ ローラーカバー、ローラー	・ 国田大橋 ・ 白川橋 ・ 木山川橋

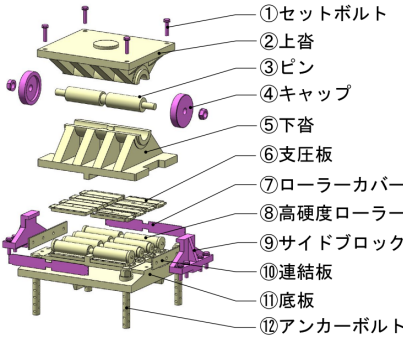


図-1 ピンローラー支承の構造図

表-2 対象支承タイプの一覧

No.	支承タイプ	鉛直反力の最大値	部材グループ I	部材グループ II
1	バット型固定ゴム支承	2,500 kN	サイドブロック, 取付けボルト	全部材
2	ボルト・せん断キー併用型固定ゴム支承	2,500 kN	サイドブロック, 取付けボルト	全部材
3	鋼桁用BP支承 (固定)	1,200 kN	ピンチプレート, ピンチボルト	全部材
4	鋼箱桁用BP支承 (固定)	6,000 kN	サイドブロック, 取付けボルト	全部材
5	鋼桁用ピン支承	15,000 kN	ピンキャップ, ボルト, ピン	全部材
6	鋼桁用ピンローラー支承	15,000 kN	サイドブロック, 取付けボルト, ローラー, ローラーカバー, ボルト	全部材
7	鋼桁用ピボット支承	15,000 kN	リング, ボルト	全部材
8	鋼桁用ピボットローラー支承	15,000 kN	サイドブロック, 取付けボルト, ローラー, ローラーカバー, ボルト	全部材

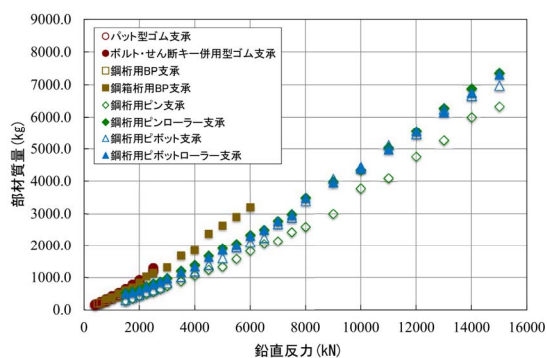


図-2 全部材 (グループ II) の質量

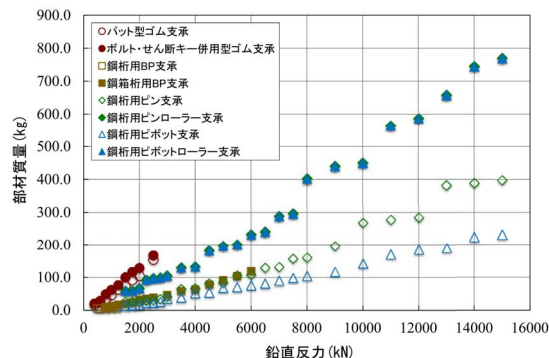


図-3 グループ I の部材の質量

例の両方を対象とした。表中の太字の支承部材は、他の地震も含めた近年の大地震において脱落が多数確認された部材である。図-1 に参考としてピンローラー支承の構造図を示す。図中の紫色の部材は近年の地震において脱落が多く確認された部材である。分析の結果、地震力の影響を受けやすいサイドブロックやピンキャップ、ローラーカバーおよびそれらの取付ボルトが脱落するリスクが高いことが分かる。脱落の損傷パターンは、破断によって部材の一部が脱落に至った場合があるが（例えば、上沓ストッパー）、多くの場合は、部材を固定するためのボルトの破断、もしくは、他の部材の脱落に伴う脱落である（例えば、サイドブロック、ピン、ローラー、せん断キー）。一方、これらの損傷を生じさせた外力については、上部構造の慣性力のほか、地盤変状が主要因と思われる場合もあった（例えば、大切畑大橋のゴム支承本体の脱落）。地盤変状に起因する外力が大きく、支承部に過大な損傷が生じることがある。

(2) 常用支承の各構成部材質量の整理・分析

検討では、表-2 に示す支承を対象として、首都高速道路および日本道路協会の標準設計図集^{3), 4)}を用いて鉛直反力毎の各部材の質量を整理した。表中のグループ I は、落下防止対象の一つの検討ケースとして、近年の地震において脱落が確認された部材のグループである。図-2 と図-3 に、全部材であるグループ II とグループ I の鉛直反力毎の部材質量を示す。支承の鉛直反力の増加に伴ってより大きな部材が必要となり、部材の質量も増加する。両図の比較より、グループ I だけを考慮する場合の質量は、全部材質量の約 1/10 程度であることが分かる。

4. まとめ

本研究では、地震時における支承部材の落下防止対策を構築するための基礎的な検討を行った。今後、これらの検討結果に基づき、落下防止対策の設計外力を定量的に評価するとともに、対策工の適切な構造形式や構造ディテールを検討する予定である。なお、本研究を進めるに当たって、一般社団法人日本支承協会技術委員会から多大なご協力を頂いた。ここに記して関係各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震による道路橋等の被害調査報告，国総研資料第814号，土研資料第4295号。
- 2) 日本橋梁建設協会：熊本地震橋梁被害調査報告書，平成28年10月。
- 3) 首都高速道路公団：支承標準設計図集，昭和48年度版，平成9年度版。
- 4) (社)日本道路協会：道路橋支承便覧，2004。