

支承部材の地震時落下防止対策に関する実験的検討

(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

大地震時には、橋梁支承部における取付ボルトの緩みや破断、部材の脱落などが発生することがある。損傷した支承部材が高架下に落下すると二次被害を引き起こす恐れがあり、二次被害のリスクを低減させるために落下防止対策が必要となる。一方、支承部周辺には、耐震・制震デバイスや落橋防止装置などが設置されているため、新たに落下防止装置を設置するスペースが制約される場合が多い。また、都市高速の場合は、設置箇所にアクセスするための交通規制が必要となり、設置作業時間も制限されることが多い。このような状況を踏まえ、著者らは、施工しやすくかつ設置に要するスペースが少ないポリエステル繊維製ネットとロープを用いた橋梁支承部材の地震時落下防止対策を検討してきた。本稿では、提案した落下防止対策の概要およびその性能を検証するための実験結果を報告する。

2. 落下防止対策の概要

図-1 に、本研究で提案した落下防止対策のイメージ図を示す。本対策は、支承の全周に巻くように繊維製ネットを設置し、ネットのエネルギー吸収性能を生かして脱落した支承部材をネット内に留めるものである。ネットにはラッセル編み構造のものを採用した。ラッセル編み構造のネットは、耐衝撃性が高く、また局所的に繊維が切断されてもそれ以上編みがほどけない特徴がある。支承上下部のネットの設置では、繊維製組紐ロープとアイボルトを用いて支承の上沓と下沓（もしくは、支承周辺の橋梁部材）にネットを固定する。本対策は、軽量でハンドリングしやすく、ネットと組紐ロープの両方が高い伸び性能を有するため、鋼製ワイヤを用いる一般的な固定方法と比べ、より高いエネルギー吸収性能が期待できることが特徴である。また、ネットと組紐ロープの両方とも、高い耐衝撃性および耐久性が要求される落石対策工に用いられているポリエステル繊維製のものを採用している。

3. 落下実験

(1) 実験概要

支承部材の衝突に対する本対策の落下防止性能や繊維製ネットの損傷特性などを把握するため、実大支承サイドブロックを用いた落下実験を実施した。写真-1 に落下実験の実施状況を示す。実験では、

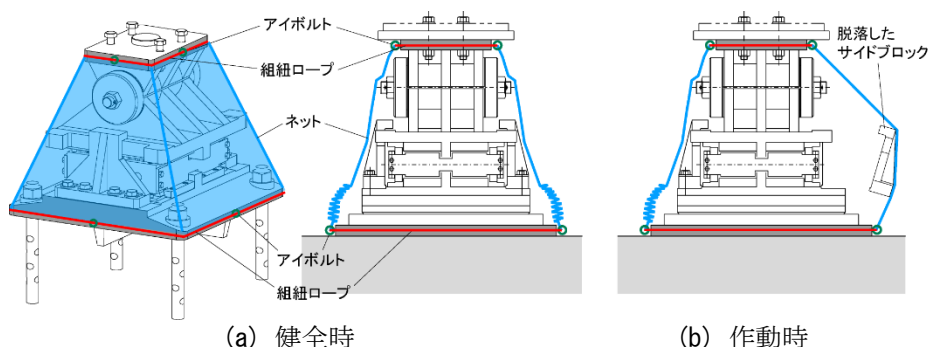


図-1 提案した落下防止対策のイメージ図

1.0m 四方のネットに所定の衝突速度で供試体のサイドブロックを衝突させ、ネットの損傷状況の確認と外周ロープの張力の計測を行った。サイドブロックは、タイプ A 支承とタイプ B 支承を想定したタイプ A 供試体とタイプ B 供試体の 2 種類とした。2 種類の供試体の質量は、支承標準設計図面に基いて算出した鉛直反力 3000kN までのタイプ A 支承とタイプ B 支承のサイドブロックの最大質量とし、それぞれ、22kg および 170kg とした¹⁾。実験に用いたネットは、目合 10mm の角目ネットと目合 50mm の菱目ネットの 2 種類とした。前者は、後者よりエネルギー吸収性能が劣るが、目合が小さいため、ボルトのような小部材の落下防止に適用可能である。対象とする支承部材の大きさや質量に応じて 2 種類のネットを使い分けることが基本であるが、組合せとして適用することも考えられる。また、実験では、ネットを固定する外周ロープの力学特性による

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター技術研究所 TEL 03-3578-5751



写真-1 実験の実施状況



写真-2 ネットの損傷状況（左：A-R-4、右：B-R-4）

表-1 実験ケースおよび実験結果の一覧

実験 ケース	供試体の 種類	外周ロープ の種類	ネット種類、 目合	落下距離 (m)	衝突速度 (m/s)	外周ロープ 最大張力 (kN)	サイドブロックの落下状況 とネットの損傷状況
A-R-2	タイプ A	組紐ロープ	角目, 10mm	0.2	2.0	1.1	捕捉, 損傷無
A-R-4	タイプ A	組紐ロープ	角目, 10mm	0.8	4.0	3.0	捕捉, 局所的な破断有
B-R-2	タイプ B	組紐ロープ	菱目, 50mm	0.2	2.0	2.8	捕捉, 損傷無
B-R-4	タイプ B	組紐ロープ	菱目, 50mm	0.8	4.0	3.6	捕捉, 局所的な破断有
A-W-2	タイプ A	鋼製ワイヤ	角目, 10mm	0.2	2.0	2.1	捕捉, 損傷無

※ケース名：供試体の種類 - 外周ロープ種類（W：ワイヤ，R：組紐ロープ） - 衝突速度（m/s）

影響を把握するために、繊維製組紐ロープの他、鋼製ワイヤを用いた実験ケースも実施した。一方、本実験では、便宜的に衝突速度を 2.0m/s および 4.0m/s の 2 ケースとし、サイドブロックの落下高さを調整してネットとの衝突速度がこれらの値になるようにした。今後、実務設計における衝突速度の考え方について検討する予定である。

(2) 実験結果

表-1 に、実験ケースおよび実験結果の一覧を示す。衝突速度を 2.0m/s とした A-R-2 と B-R-2 の両実験ケースでは、サイドブロックの落下を防止することができ、ネットにも損傷が生じなかった。衝突速度を 4.0m/s とした A-R-4 と B-R-4 の両実験ケースでは、サイドブロック角部が当たった箇所周辺に繊維の破断が局所的に生じたが、ネットの損傷範囲は大きく広がらず、サイドブロックの落下を防止することができた。写真-2 にネットの損傷状況を示す。ここで、ネットのエネルギー吸収性能に着目してみると、目合 50mm の菱目ネットを落石防止工に使用する場合の吸収エネルギーの規格値は 50kJ（最小ネットサイズ：幅 2.0m×長 5.0m）であるが、今回の実験では、1.36kJ の衝撃エネルギー（B-R-4）によって繊維が局所的に切断されている。このようなことがあるため、サイドブロックのような鋭利な角部を有する落下物に対しては、ネットのエネルギー吸収性能が十分に発揮できずに局所的に切断されることがあり、実構造に適用する場合の取付方法や使用できる条件に注意が必要となる。なお、外周ロープの張力については、最も大きかった B-R-4 の場合で 3.6kN であり、外周ロープに使用した φ9mm の組紐ロープの引張耐力 (7.2kN) の半分程度である。また、外周ロープに組紐ロープを使用した A-R-2 の張力は、鋼製ワイヤを使用した A-W-2 の 1/2 倍程度である。

4. まとめ

本研究では、ポリエステル繊維製ネットとロープを用いる支承部材の地震時落下防止対策を提案し、実大支承サイドブロックを用いた落下実験による有効性の検証を行った。検討結果より、提案した落下防止対策は、2.0m/sまでの衝突速度を条件として、鉛直反力3000kNまでの支承のサイドブロックの落下を防止することが可能と考えられる。今後、実務設計を行うための検討を行う予定である。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および前田工織株式会社から多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

1)張 広鋒, 深山 大介, 松原 拓朗, 久保田 成是：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，土木学会第73回年次講演会，pp. 777-778，2018. 9