

防護柵の効果的な維持管理手法

久保田小百合・池原圭一・小林 寛・木村 泰

1. はじめに

防護柵は、車両が衝突した場合に車両の逸脱防止など防護柵としての本来の機能（以下「防護柵の機能」という。）を発揮することが重要である。防護柵に経年劣化を含めた損傷（本稿では変形・欠損、ゆるみ・脱落、腐食をさし、以下「損傷」という。）があると、防護柵の機能を発揮しない場合があるため、損傷を確実に把握するための巡回・点検、損傷状況（損傷の程度）に見合った対策が必要となる。防護柵の損傷の把握は、既存の道路巡回の枠組みの中で行うことが多く、道路巡回では防護柵以外の道路の全般的な異常も確認している。そのため、設置環境によって異なる防護柵の損傷状況や部位を、道路巡回の枠組みの中で確実に把握することが求められる。また、防護柵の損傷対策については、損傷の種類や設置環境等によって必要な対策やその時機が異なり、特に腐食に関しては現場への適用性の高い対策を明確にすることが求められている。

本稿では、防護柵の効果的な維持管理手法の検討のため防護柵の損傷状況を設置環境別に調査し、損傷の種類や設置環境等に応じた損傷対策（特に腐食対策）と巡回・点検の枠組みを整理した。

2. 防護柵の損傷状況

防護柵等の損傷状況について、「一般的な環境（2路線）」、「海岸に近接する環境（2路線）」、「凍結防止剤を散布する環境（3路線）」の3つの設置環境を対象として、各路線の防護柵等設置延長5km程度を現地調査した。調査した防護柵等の内訳を図-1に示す。ガードレール（以下「Gr」という。）が全体の74%を占めており、以降のデータ整理や考察等の根拠データは、ほぼGrの調査結果をもとにしている。

2.1 損傷程度の区分

現地調査したGrの損傷状況を整理するため、「変形・欠損」、「ゆるみ・脱落」、「腐食」に着目し、「附属物（標識、照明施設等）点検要領¹⁾」等を参考に、損傷程度を表-1の3段階に設定した。

2.2 損傷状況の整理結果

設置環境別に調査したGrの損傷状況について、部材・部位ごとに表-1にもとづき区分し、その発生率を整理した。

「変形・欠損」と「ゆるみ・脱落」は、設置環境による明確な違いは見られなかった。「変形・欠損」の中で最も発生率が高いのはそでビーム（ビームの端部）であり、変形・欠損eは全路線の5%程度の発生率であった。そでビーム自体は防護柵の機能に影響する部材ではないことから、変形が確認されてもすぐには交換されないことが多いと考えられる。支柱とビーム、ビーム同士の連結部（ボルト・ナット）の「ゆるみ・脱落」の発生率（ゆるみ・脱落e）は全路線で0.3%であった。発生率は高くないものの、Grは車両衝突時の衝撃に対しビームの高さとビームの引張で抵抗するため、防護柵の機能の低下に直結することから、巡回・点検の際には「ゆるみ・脱落」に特に着目する必要がある。

次に設置環境別の「腐食」の発生率を表-2と図-2に示す。腐食eの発生率は、設置環境毎に大小はみられるものの、いずれの設置環境でも支柱基部の発生率が高い。特に「凍結防止剤を散布する環境」では発生率が非常に高い。

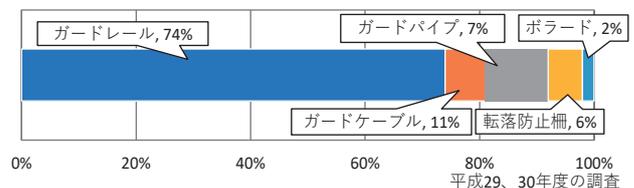


図-1 調査した防護柵等の内訳

表-1 損傷程度の設定（区分）

区分	変形・欠損	ゆるみ・脱落	腐食
a	損傷なし	ゆるみ・脱落がない	損傷が認められない
c	変形又は欠損がある	—	損傷が認められる さびは表面的であり、著しい板厚の減少は視認できない
e	著しい変形又は欠損がある 変形余地がない 歩道阻害や鋭利な破断面がある	ゆるみ・脱落がある	損傷が大きい 表面に著しい膨張（層状さび）が生じているか又は明らかな板厚減少が視認できる

表-2 Grの設置環境別の腐食の発生率

損傷区分	部材	部位	一般的な環境	海岸に近接する環境	凍結防止剤を散布する環境
腐食e	支柱	基部	1.2%	7.3%	25.8%
		本体	0.0%	0.1%	3.1%
		蓋	0.0%	0.6%	0.1%
	ビーム	そで	0.0%	0.0%	15.4%
		本体	0.0%	0.2%	1.4%
	ブラケット	0.0%	0.5%	0.3%	
腐食c + 腐食e	支柱	基部	3.0%	24.3%	45.4%
		本体	0.2%	52.4%	17.4%
		蓋	46.4%	42.8%	24.0%
	ビーム	そで	12.5%	6.6%	19.0%
		本体	14.0%	52.1%	17.6%
	ブラケット	19.8%	53.3%	4.7%	

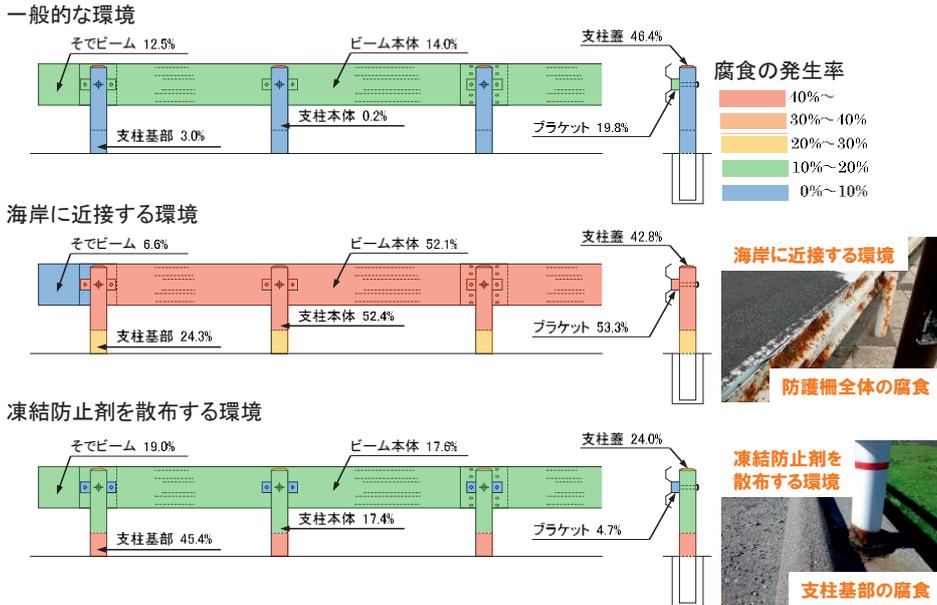


図-2 Grの設置環境別の腐食c+腐食eの発生率

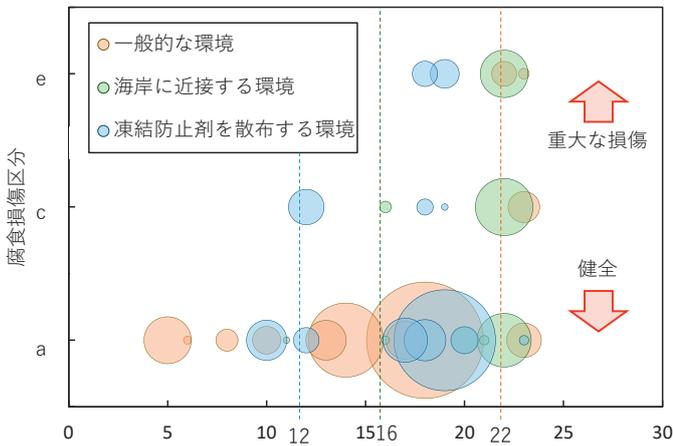


図-3 Grの設置経過年数と腐食の損傷程度

凍結防止剤は路面に散布され、滞留する雪とともに支柱基部に長く接することが発生率に強い影響を与えていると考えられる。腐食c+腐食eの発生率は、軽微な腐食(腐食c)が主体となり、「海岸に近接する環境」では、防護柵全体(支柱、ビーム及びブラケット)の発生率が高い。これは路側や歩車道境界に設置されたGrの背面かつ全高に、海からの飛来塩分が付着することによるものと考えられる。

これら設置環境別の主要部材の腐食は、防護柵の機能の低下に直結することから、巡回・点検の際に特に着目する必要がある。

2.3 設置経過年数と腐食の損傷程度の関係

Grの設置経過年数と腐食の損傷程度を図-3に整理した。Grの設置年情報が確認できたのは全体の3割程度と少ないながらも、「海岸に近接する環境」や「凍結防止剤を散布する環境」では、設置から10年を超えると腐食が見られ、15~20年を経過すると腐食eが生じていた。一方、「一般的な環境」では大半が10~20年経過しても健全であり、20年経過後にごく一部の支柱の基部で腐食c又は腐食eが生じていた。このGrの設置箇所を確認すると、局所的に凍結防止剤を散布する橋梁、高架などの箇所であった。

3. 防護柵の損傷対策

防護柵の損傷対策について、突発的に起きる車両衝突による「変形・欠損」、防護柵の機能の低下に直結する「ゆるみ・脱落」は、損傷が確認された段階で対策を講じる必要がある。

一方、「腐食」は経年的に変化するものであり、通常は再塗装や洗浄が効果的である。また、「凍結防止剤を散布する環境」や「海岸に近接する環境」では、防護柵に付着した塩分が鋼製材料の腐食を促進させることから、従来から防錆・防食効果を高めた対策技術が提案されている。対策技術の現場への適用性について、補修時に対策する場合(以下「補修対策」という。)と更新時(新設時を含む。)に対策する場合(以下「更新対策」という。)の2つの対策場面を想定して検討した。

3.1 腐食対策の検討

腐食対策は従来からの再塗装に加え、防錆・防食効果を高めた対策技術を整理した。対策技術は、NETIS等をもとに、技術の詳細内容を把握でき、防護柵の性能(特に支柱変形特性)を大きく低下させるおそれがなく、防護柵に適用実績のある技術を選定した。選定した対策技術として、シート貼り付け(樹脂系等の防食テープを支柱基部に巻き付け

る。)、高耐食塗装(各部材にフッ素系等の高耐食塗装を施す。)の概要を図-4に示す。

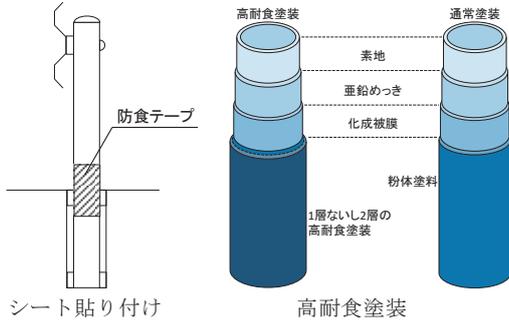


図-4 対策技術の例(腐食)

防護柵の機能の低下に直結し、腐食の発生率が高い損傷部位は、凍結防止剤を散布する環境の「支柱基部」及び海岸に近接する環境の「防護柵全体」が挙げられる。それぞれについて、機能低下を招くおそれのある腐食の発生年数と対策場面別の腐食対策を表-3に整理した。

表-3 対策場面別の腐食対策

設置環境	一般的な環境	海岸に近接する環境	凍結防止剤を散布する環境
主な損傷部位	なし	防護柵全体	支柱基部
機能低下を招くおそれのある腐食の発生年数	50年後程度※1	10年後程度※2	10年後程度※2
補修対策	必要なし	全体再塗装	支柱再塗装 シート貼り付け
更新対策	必要なし	全体に高耐食塗装	高耐食塗装支柱 シート貼り付け支柱

※1 一般的な溶融亜鉛めっきの付着量と大気汚染の少ない山間、田園地域の年間腐食減量測定値の最多頻度値をもとに算出した。

※2 「図-4 Grの設置経過年数と腐食の損傷程度」をもとに設定した。

3.2 腐食対策の現場への適用性の検討

表-3の「海岸に近接する環境」と「凍結防止剤を散布する環境」を対象に、防護柵の腐食対策の現場への適用性について、①経済性、②維持管理性、③実行性の検討を行った。①、②は、溶融亜鉛めっきに通常の塗装を施した一般的な対策のものを無対策として、各対策技術と比較し評価した。具体的検討内容及び検討条件を表-4に、①、②で検討するライフサイクルの考え方を図-5に、対策場面別の検討結果を表-5に示す。なお、補修対策は腐食cとなった部材に、更新対策は腐食eとなった部材に適用し、補修対策、更新対策を実施する段階に至る期間は設置環境や適用する腐食対策によって異なる。

【補修対策の検討結果】

全ての対策(全体再塗装、支柱再塗装及びシート貼り付け)で無対策に対して①経済性は優れているが、②維持管理性は劣る結果となった。また、③実行性は交通規制や現地での補修作業の精度の確保

表-4 具体的検討内容及び検討条件

検討条件	
想定供用期間	50年(一般的な路線の機能低下を招くおそれのある腐食の発生年数)
防護柵種別	Gr-B-2B
設置延長	100m(評価する区間長20m)
検討内容【評価方法】	
①経済性	想定供用期間(設置~50年)において、腐食c(腐食e)(ライフサイに至る度に、設置時と同じ対策技術で補修(更新)をすくるコスト)る場合の費用。【各対策技術の費用を無対策の場合(腐食eに達したら更新)の費用で除して評価。】
②維持管理性	想定供用期間における補修又は更新の回数。【各対策技術(対策頻度)術を施した回数を無対策の場合(腐食eに達したら更新)の回数で除して評価。】
③実行性	①と②の評価を踏まえ、道路管理者等から意見収集

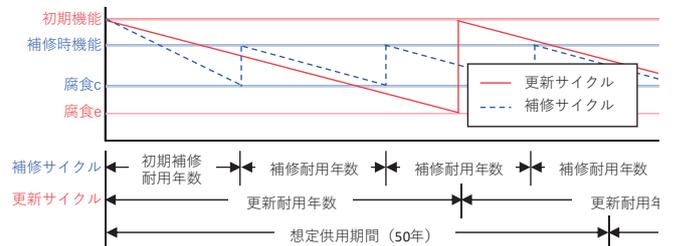


図-5 ライフサイクルの考え方

表-5 対策場面別の検討結果(評価結果)

対策技術	海岸に近接する環境(防護柵全体)		凍結防止剤を散布する環境(支柱基部)		
	(無対策)	全体再塗装	(無対策)	支柱再塗装	シート貼り付け
①経済性	(1)	◎	(1)	◎	◎
②維持管理性	(1)	×	(1)	×	△
③実行性	-	問題あり	-	問題あり	問題あり
更新対策	無対策		高耐食塗装支柱		
	(1)	◎	(1)	◎	◎
	(1)	◎	(1)	◎	◎
③実行性	-	問題なし	-	問題なし	問題なし

①、②の評価は、無対策を1として◎:0~0.5、○:0.5~0.9、△:0.9~1.1、×:1.1~とした。

に問題があるとの意見を道路管理者から得た。補修対策の現場への適用性は低い結果となった。

【更新対策の検討結果】

全ての対策(全体高耐食塗装、高耐食塗装支柱及びシート貼り付け支柱)で、無対策に対して①経済性及び②維持管理性に優れ、③実行性の問題もない結果となった。新設においても予防として採用を検討したいとの意見を道路管理者から得た。

4. 防護柵の巡回・点検

4.1 巡回・点検時の基本的な留意点

防護柵の機能を維持し続けるためには、防護柵の特徴を理解し、その留意すべき点をよく知った上で、日常の巡回・点検を継続的に実施することが重要である。防護柵の機能を維持するための留意点は、防護柵の高さ及びとおりが一定である必要があり、具体的には高さの保持、連結・連続性の保持※1、ブロックアウト量の保持※2が重要となる。また、主要

部材が車両の衝突に抵抗するための強度（支柱曲げ強度、ビーム引張強度）を確保する必要がある。

そのため、防護柵の巡回・点検は、突発的に起きる車両衝突による「変形・欠損」、数年をかけて進行する連結部（ボルト・ナット）の「ゆるみ・脱落」及び経年的に変化する各部の「腐食」を、適切に把握できる頻度で行う必要がある。

4.2 巡回・点検の枠組み（案）

現状の道路巡回における通常巡回や定期巡回の実施状況と、これら巡回の中で効果的に防護柵等の巡回・点検を行うための枠組み（案）を道路管理者の意見を踏まえて整理した（表-6）。

「通常巡回」は、現状と同様にパトロール車内から車両衝突による大きな変形を把握するのが良いと考えられる。

「定期巡回」は、徒歩等により防護柵の機能の低下に直結する連結部（ボルト・ナット）のゆるみ・脱落や外観から容易に把握できる腐食を把握するのが良いと考えられる。ただし、ゆるみ・脱落の発生率が少ないこと、腐食を確実に発見できること^{※3}、実行性があることを考慮し、頻度は1～5年の範囲で計画的に行うこととした。設置環境別の着目すべき腐食は、表-2の整理結果を踏まえて、一般的な環境では支柱蓋、海岸に近接する環境では防護柵全体（支柱、ビーム及びブラケット）、凍結防止剤を散布する環境は支柱基部、そでビームとした。加えて防護柵の状態を外観から把握して詳細点検の必要性を判断することとした。

「詳細点検」は、定期巡回等で必要と判断された時点で実施し、徒歩による近接目視により、通常巡

表-6 巡回・点検の枠組み（案）（Grの例）

	現状の道路巡回 [※]		防護柵等の巡回・点検（案）			
	手法	頻度	手法	着目すべき損傷状況と部位	頻度	
通常巡回	パトロール車内からの目視を主体	交通量に応じた頻度（1~3日に1回）	現状と同様	・車両衝突による大きな変形（ビーム、そでビーム、支柱等）	交通量に応じた頻度（1~3日に1回）	
定期巡回（簡易点検）	徒歩等により行う	原則年1回	現状と同様	・連結部（ボルト・ナット）のゆるみ・脱落 ・外観から容易に把握できる腐食 ・詳細点検の必要性を判断。	1~5年に1回（各年で、重点項目を設定するなど、計画的に実行）	
				<table border="1"> <tr> <th>一般的な環境</th> <th>海岸に近接する環境</th> <th>凍結防止剤を散布する環境</th> </tr> <tr> <td>・支柱蓋の腐食</td> <td>・防護柵全体の腐食（支柱、ビーム、ブラケット）</td> <td>・支柱基部、そでビームの腐食</td> </tr> </table>		一般的な環境
一般的な環境	海岸に近接する環境	凍結防止剤を散布する環境				
・支柱蓋の腐食	・防護柵全体の腐食（支柱、ビーム、ブラケット）	・支柱基部、そでビームの腐食				
詳細点検	なし	なし	徒歩で近接目視	・各部の腐食、変形 ・定期巡回が困難な路線の連結部（ボルト・ナット）のゆるみ・脱落	通常巡回と定期巡回で必要とされた時点で実施	

※「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案）」による。

回や定期巡回では把握することが難しい腐食、変形等に着目して行うのが良いと考えられる。

5. おわりに

本成果をもとに、防護柵の巡回・点検において着目すべき損傷状況や部位、損傷の特徴に応じた損傷対策に関して、（公社）日本道路協会の「防護柵の設置基準・同解説（令和3年3月）」が改訂された。なお、「防護柵の設置基準・同解説」では、Gr以外のボックスビーム、ガードケーブル、剛性防護柵等の防護柵についても、学識者、メーカー等の意見を踏まえて、巡回・点検時の留意点、着目すべき損傷状況が整理されている。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・技術課：附属物（標識、照明施設等）点検要領、2019

※1 ボルト・ナットのゆるみ・脱落、ガタツキがないこと。

※2 支柱と横梁（Grの場合はビーム）前面の間隔が確保されていること。（これにより、支柱に衝突しにくくなる。）

※3 2.3において、腐食cは設置後10年超、腐食eは15~20年で生じていたため、防護柵の機能低下を招くおそれのある腐食eを確実に発見できる頻度として、最長を5年とした。

久保田小百合



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路交通安全研究室 研究官
KUBOTA Sayuri

池原圭一



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路交通安全研究室 主任研究官
IKEHARA Keiichi

小林 寛



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路交通安全研究室長、博士（工学）
Dr. KOBAYASHI Hiroshi

木村 泰



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路交通安全研究室 現 社会資本マネジメント研究センター会資本マネジメント研究室 研究官
KIMURA Yasushi