

# 防護柵基部が腐食した支柱の補強対策について

山戸 隆秀<sup>1</sup>・山本 佳顕<sup>2</sup>

<sup>1</sup>西日本高速道路(株) 関西支社 福崎高速道路事務所 (〒679-2204兵庫県神崎郡福崎町南田原2045)

<sup>2</sup>ケイコン(株) 本社 高速道路部 (〒613-0903京都府京都市伏見区淀本町225) .

高速道路3会社が管理する高速道路は、総延長約8,700Kmが供用されている。そのうち、約3,200Kmが供用30年を経過しており、高速構造物の老朽化や劣化対策が重要課題となっている。そこで、本文では防護柵基部の老朽化対策を取上げ、支柱を更新することなく、防護柵を復元し、経済的かつ簡単に施工でき、車両の路外への逸脱防止となる、新たな工法を開発したので報告する。

キーワード 道路構造物、老朽化対策、劣化対策、防護柵更新、新工法

## 1. 福崎高速道路事務所の現況

福崎高速道路事務所の管理区間は、中国自動車道の吉川 IC から佐用 IC 間 75.5Km と鳥取自動車道の佐用 JCT から佐用本線料金所間 1.0Km の合計 76.5Km を管理している。

中国自動車道は、開通後 38 年から 39 年を経過している、古い路線である。

特に、福崎 IC から佐用 IC 間については、冬用タイヤ指導区間であり、標高約 270m の切窓峠を通過することから、凍結防止剤の散布と除雪を毎年頻繁に行っている、重雪害対策区間である。

管内のガードレールに目を向けてみると、表-1 のように損傷比率は約 10% であるが、大半の中央分離帯の土工部は、ほぼ健全である。しかし、路肩と中央分離帯の橋梁部においては、一部の防護柵基部の腐食が著しく進行しており、衝突時の安全性が懸念される。

また、ガードケーブルについては、今後ガードレールに更新する予定である。

## 2. 防護柵の老朽化の特徴と更新工事の課題

設置後の経過年数が長く、老朽化している管内の防護柵の状況を下記に示す。

### (1) ビーム

表面に錆の発生は見られるが、深部への進行は見られない。

### (2) 土工部の支柱

土工部の地表面や排水溝付近の支柱基部は、腐食が著しく進行しており、断面欠損しているものが見られ状況である。しかし、地表面から離れるに従い、表面は錆びているが深部への進行(断面欠損)はしていない。

このことは、交通事故復旧工事の際に、抜き取った支柱を見ると地中部では、あまり腐食の進行は見られないことから確認できた。

防護柵種別	延長	本数
ガードケーブル・コンクリート防護柵	約 65.3Km	約 6,600 本
ガードレール	約 169.3Km	約 60,500 本
ガードレール損傷延長	約 16.2Km	約 7,500 本
合計	約 234.6km	約 74,600 本

表-1 管内の防護柵調査



写真-1 土工部損傷状況

(3) 橋梁部の支柱

橋梁部は、土工部同様、支柱基部や固定してあるボルトナットも腐食が著しく進行しているが、その他の部分は、比較的健全なものが多い状況である。原因として、凍結防止剤の散布回数が、土工部より橋梁部が多いことや、支柱基部に水が溜まりやすい構造となっていることが考えられる。



写真-2 橋梁部損傷状況

(4) 更新工事の課題

コンクリート基礎埋込み、土中打込みを問わず、腐食が著しいと引抜きが困難で、一本でも引抜けない支柱があると、その区間の防護柵工事がストップしてしまうため、最悪を想定した施工方法で、現場に当たることが必要となり、工事としてのリスクが高い。

このため、橋梁地覆タイプでは、ベースプレート付きの支柱を設置するが、製作と設置に多額の費用がかかる。さらに土工部でも、支柱とビームをともに更新することが多いが、腐食しているのは支柱だけで、両方更新するのは不経済であり、橋梁地覆タイプ同様、多額の費用がかかる課題がある。

3. 老朽化対策の方針

管内の防護柵の現状調査に基づき、老朽化対策の方針を立案した。

(1) ビーム

安全性というより、景観対策として考え、錆を押える腐食塗装を行う。

(2) 支柱

更新工事の課題の他、支柱取替えのためには、埋設物（光ケーブル・通信ケーブル等）の調査や立会確認が必要となることから、断面腐食部を補強して、新品と同等な強度を回復する。

いわゆる、「もったいない」の精神からの発想である。

4. 対策の具体化

支柱断面欠損部の補強工法について、下記の工法を検討した。

- ①支柱より太い鋼管を外側からかぶせる。
- ②支柱の内部を鉄筋モルタルで充填し、鋼管との複合構造とする。

①②の工法を検討すると、①では断面欠損部より下部を掘り出す必要があり、橋梁部では不可能であることから、②の方法を検討することにした。

鉄筋モルタルに必要な、鉄筋の配置・固定を行うため、支柱蓋を取り出すと支柱内部には、ブラケット固定用のボルトが貫通しており、ビームを取り外さないとボルトが抜けにくい構造となっている。要するに、鉄筋を配置・固定しようにも手が入らず、スペーサーの取り付けも出来ないことが判明した。

これに対処するため、二つの補強鉄筋を鉄線で連結して、U字型に加工したものを、U字型の脚部を挟めながら、ブラケット固定用ボルトを跨いで、挿入することにした。

この方法を行うことにより、U字型鉄線のばね効果により補強鉄筋は、支柱内部に固定され、深さ方向についても、ブラケット固定ボルトに支持されたU字型鉄線の長さにより、適正な位置に補強鉄筋を配置することができ、モルタル投入によっても、補強鉄筋がずれることがなかった。

さらに、鉄筋モルタルの長さについては、橋梁部の埋込み長 25 cmを前提に、その2倍の長さ 50 cmとした。

次に、補強のイメージ図、Uガード補強の材料表及び作業手順を示す。

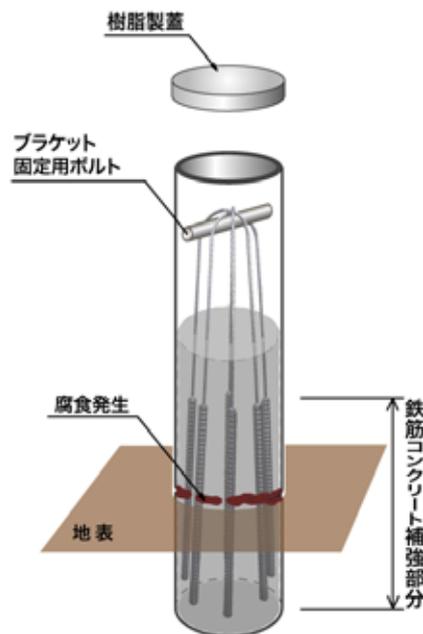


図-1 補強のイメージ図



名称	内容
① U字型補強鉄筋	Φ19mm, L=500mm (亜鉛メッキ)を鉄線でU字型に連結したもの3セット
② 混和剤	高性能減水剤
③ プレミックスモルタル	水2.5ℓを加えたものが、支柱1本分のモルタル(ock=34N/mm <sup>2</sup> )
④ 樹脂キャップ	ポリプロピレン
⑤ 説明書	1枚

表-2 Uガード補強の材料表

### 5. 強度試験確認

支柱の補強とはいえ、車両の路外への逸脱を防止する効果が確認できなければ、容易に採用することができない。このため、高速道路総合研究所交通研究室にも相談して、強度確認試験を実施した。

#### (1) 試験の目的と概要

強度確認試験の目的は、新品支柱とUガード補強した支柱（以下「補強支柱」という。）の強度を比較し、補強支柱が新品支柱と同程度以上の強度を有しているか確認することであり、静的試験と衝撃試験の二種類行うこととした。

なお、各試験に使用する供試体としては、路肩用のφ139.8mmと中央分離帯用のφ114.3mmの支柱とし、それぞれ新品支柱と補強支柱の地表部が、断面欠損していることを想定して、地表から50mm鋼管を切除した四本を準備した。

それから、支柱固定方法としては、断面欠損部の曲げモーメントが大きく出る橋梁部を想定し、コンクリートスラブのボイドに、木栓で固定することとした。

#### (2) 静的試験

静的試験とは、コンクリートスラブに固定した支柱に、コンクリートスラブ面から高さ60cmの位置で、油圧ジャッキを使用し水平載荷を行い、荷重変位曲線を得るもので、定量的な強度比較とたわみ性の確認を行った。

φ114.3mmについては、新品支柱、補強支柱とも近似の荷重-変位曲線を描いており、静的荷重に対して良好な補強効果が確認できた。

また、φ139.8mmについては、初動において鋼管内部とグラウトとの付着不良と見られるズレが発生しているが、その後において補強支柱は、新品支柱を上回る強度を発揮し、なおかつ荷重-変位曲線の勾配が近似していることから、補強支柱は、静的な荷重に対しやや丈夫になったが、しなやかさは、同等の特性を持っているということが確認できた。次に、補強支柱補強図、試験・破壊状況及び試験結果を示す。



写真-3 作業手順

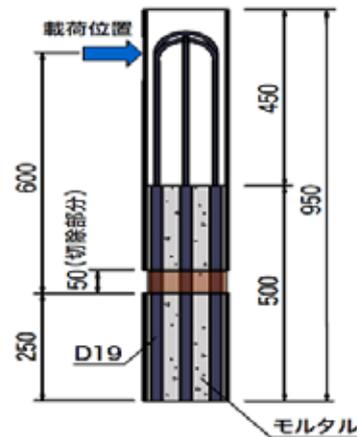


図-2 補強支柱詳細図



写真-4 静的試験状況



写真-5 補強支柱の破壊状況

(3) 衝撃試験

衝撃試験とは、車両衝突時のような衝撃荷重を受けたときの破壊性状を、定性的に比較することを目的に行った。衝突荷重としては、10kNの重錘を6m振り下げ長で、門型クレーンから吊り下げ、0.35mの高さから落下させてコンクリートスラブに固定した、供試体に衝突させた。

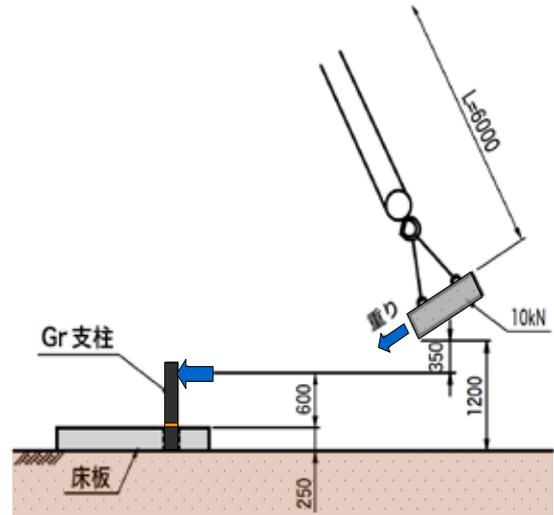


図-5 衝撃試験詳細図

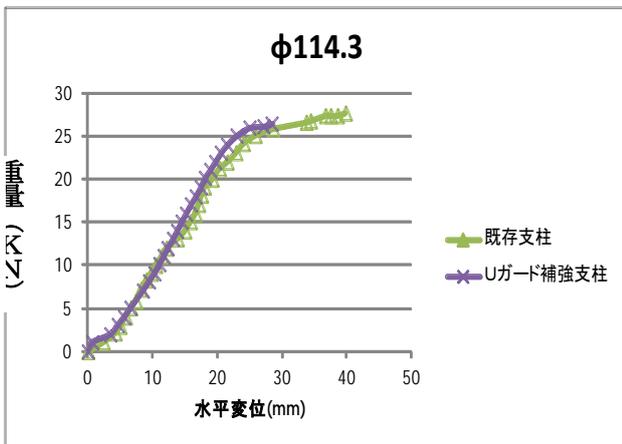


図-3 荷重変位曲線 (φ114.3 中央分離帯用)



写真-6 10kNの重錘を0.35m引き上げた状況

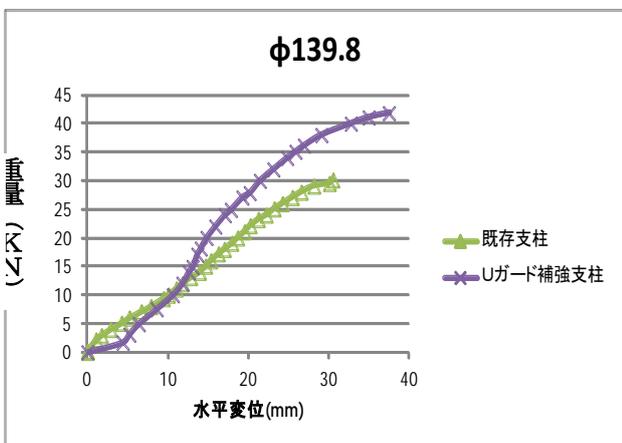


図-4 荷重変位曲線 (φ139.8、路肩用)



写真-7 重錘を鋼管支柱に衝突させた状況

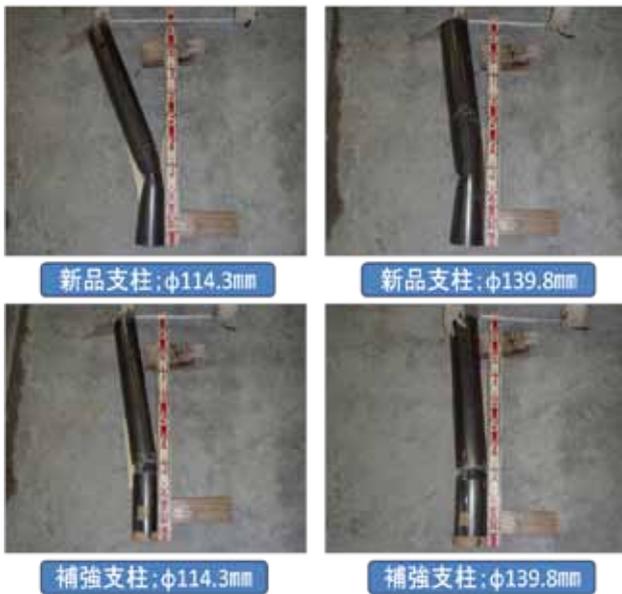


写真-8 衝撃試験の結果

下記に、各支柱の折れ曲がり角度、切込み部（実験前50mm）の長さの結果等を示す。

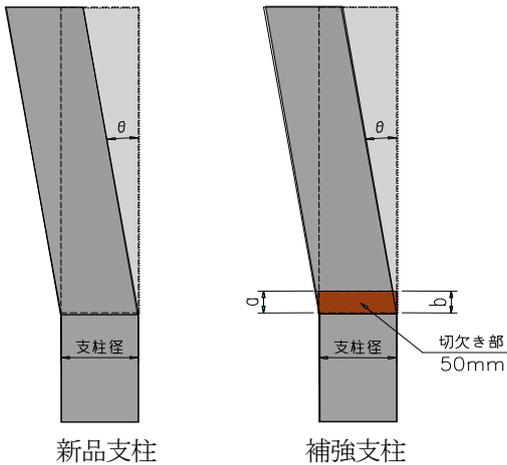


図-6 測定位置図

		$\theta (^{\circ})$	a(mm)	b(mm)
φ 114.3 中央 分離帯用	既存支柱	21	—	—
	補強支柱	9	40	59
φ 139.8 路肩用	既存支柱	8	—	—
	補強支柱	4	45	57

表-3 測定結果

これによると衝突荷重を受けた場合、補強支柱は新品支柱に比べ、半分程度の曲がりを示し、粘り強さの向上が確認できた。

さらに、鋼管切除部のモルタルの破砕状況は、圧縮側（a）が破砕されているが、細かい破片が20~50cm程度飛散した程度で、破片による二次災害の恐れはないと考えられる。

## 6. 試験施工

本工法の現場への適応性を見るために、中国自動車道の福崎 IC から山崎 IC 間（下り線）の KP90 付近において、2011 年 12 月に試験施工を行った。

試験施工の目的は、施工性と経済性の評価及び作業内容の確認である。

### (1) 施工性・経済性の確認

施工性は、2 日間で 30 本の施工を行ったが、慣れれば 1 日 30 本程度の施工は、可能と思われる。また経済性は、更新工事に比べ直工費で約半分程度であり、経済的となることが確認できた。

### (2) 作業内容

新設時の支柱内への打込み土砂の上昇は、地表下 70 cm 程度までであり、砂を投入して底上げが必要な場合が多いことが、支柱蓋を外すと確認できた。



写真-9 完成状況

## 7. おわりに

本工法は、補強鉄筋をU字型に加工し、鋼管上部から挿入固定し、モルタルを投入し補強完成という「Uガード」は、非常に簡単な工法であり、熟練な作業員を必要としないもので、経済性・施工性に優れ、かつ防護柵支柱の更新工事を行うことなく、補強が可能となった。

Uガードは、点検で発見した防護柵支柱の腐食部を直ちに補強することができ、お客様への安全性の向上に貢献できるものと思われる。

以上