

FRP製検査路の開発

Development of FRP Inspection Passage

渡部 隼* 竹田 誠*

Jun Watanabe Makoto Takeda

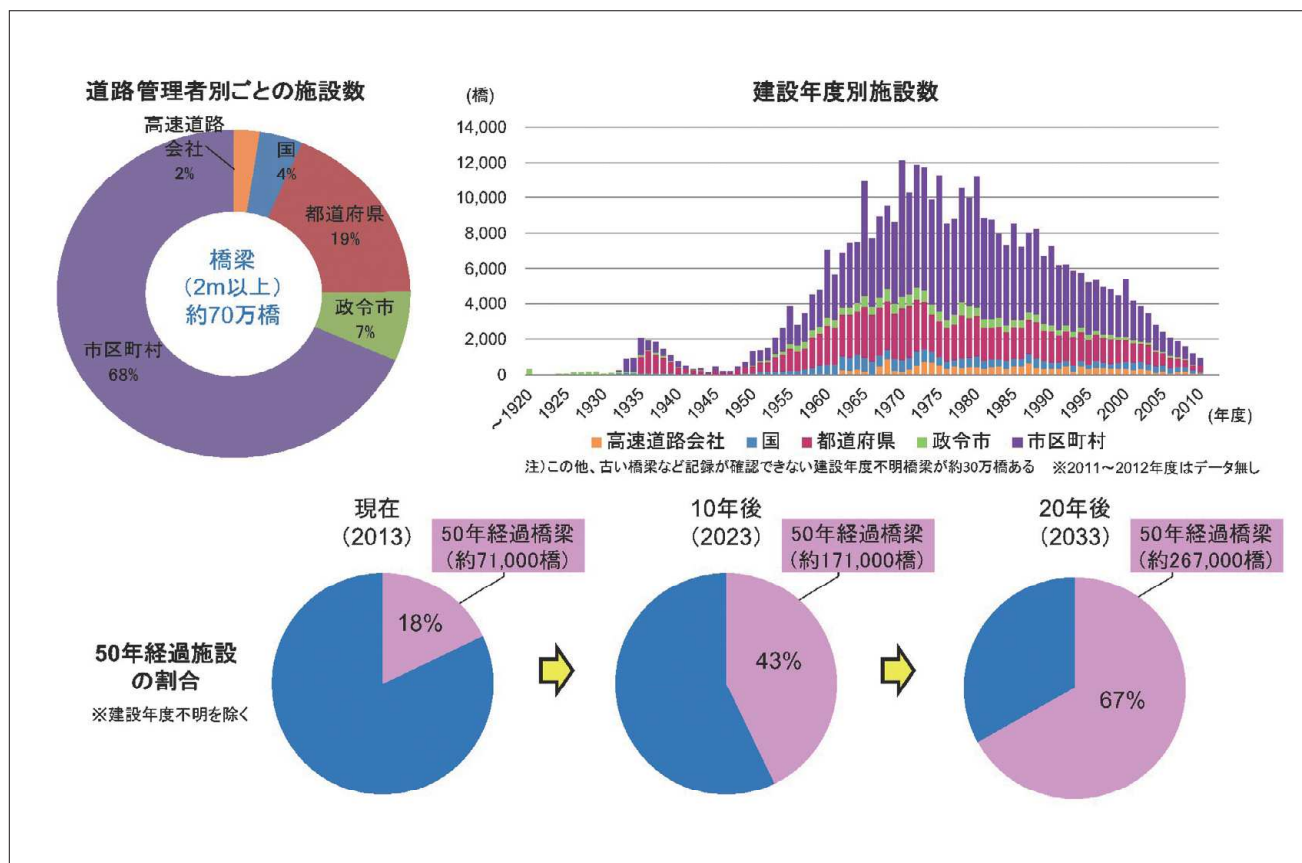
近年、橋梁などの道路構造物の老朽化が問題となっており、維持管理の重要性が高まっている。このような状況の中、国土交通省は長さ2m以上の道路橋について、5年に1回の頻度で近接目視点検を義務化する省令を2014年7月に施行した。しかしながら、点検用設備が不十分、あるいは腐食により使用できないため、点検の実施が困難な橋梁が散見される。そこで、軽量かつ耐食性に優れたFRP製検査路を開発した。本報では、FRP製検査路の構造および性能評価結果を報告する。

Recently, the aging of road structures such as bridge has become a problem, and the importance of maintenance is increasing. Under such circumstance, in July 2014, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism implemented a ministerial ordinance that mandates close visual inspection at a frequency of once every five years for road bridges longer than 2m in length. However, facilities for inspections are inadequate or can't be used due to corrosion, so bridges are difficult to inspect. Therefore, we developed FRP inspection passages which are light and have excellent anti-corrosion properties. In this paper, we report the structure and performance evaluation results of the FRP inspection passages.

1 はじめに

近年、橋梁などの道路構造物の老朽化(図1)が問題となっており、補修や補強などを効率的に実施することで、事故リスクの低減および施設の長寿命化を図る取組みが進められている。2014年7月に施工された「道路

法施行規則の一部を改正する省令」において、長さ2m以上の橋梁(約70万橋)は、国が定める統一的な基準により、5年に1回の頻度で、近接目視により点検を行うことを基本とすることが規定された。新設の橋梁は、設計段階から適切に点検用設備を配置することで対応可能であるが、既設の橋梁は、点検用設備が不十分である

図1 橋梁の現状(国土交通省HPより引用)¹⁾

場合が多く、対応が困難であることが問題となっている。また、点検用設備としては、鋼製の検査路が一般的であるが、重量が重く、既設橋梁の構造によっては後から追加することができない場合や、沿岸部や融雪剤を散布する地域(図2)では、検査路が腐食する(図3)問題があり、軽量かつ耐食性に優れた検査路が求められている。

これらの課題を解決するため、FRP材を用いた検査路を開発した。



図3 腐食した鋼製検査路
(国土交通省 北陸地方整備局 橋梁点検ハンドブックから引用)³⁾

2 FRP製検査路の主な要求性能

FRP製検査路の主な要求性能は、以下のとおりである。

- ・部材応力度の照査に使用する安全率は3
- ・本体のたわみ量はL/100以下(L:検査路の支点間長さ)
- ・手摺りの外径はφ50mm以下かつ段数は3段とし、支柱に定着させる
- ・手摺りの耐衝撃性能に関して、安全帯を介して質量85kgのおもりを手摺りに固定し、自由落下させた際、おもりが地面に接触しないこと
- ・ボルトナットはステンレス鋼などの耐食性の高い材料とし、ゆるみ止め機能を有する構造とする
- ・床材は滑り止め対策を実施する
- ・有害な振動数(1.5~2.3Hz)の範囲外であること
- ・耐候性対策として、膜厚25μmのフッ素樹脂塗装を標準とする

3 FRP製検査路の構造

要求性能に対して効率的な断面形状とするため、FRP部材の成形方法は引抜成形を適用した。また、検査路の支間は最大で10.3m⁴⁾と表記されているが、まずは6.0mで設計を実施した。

FRP製検査路の外観を図4、構造を図5に示す。本検査路の特長は以下のとおりである。

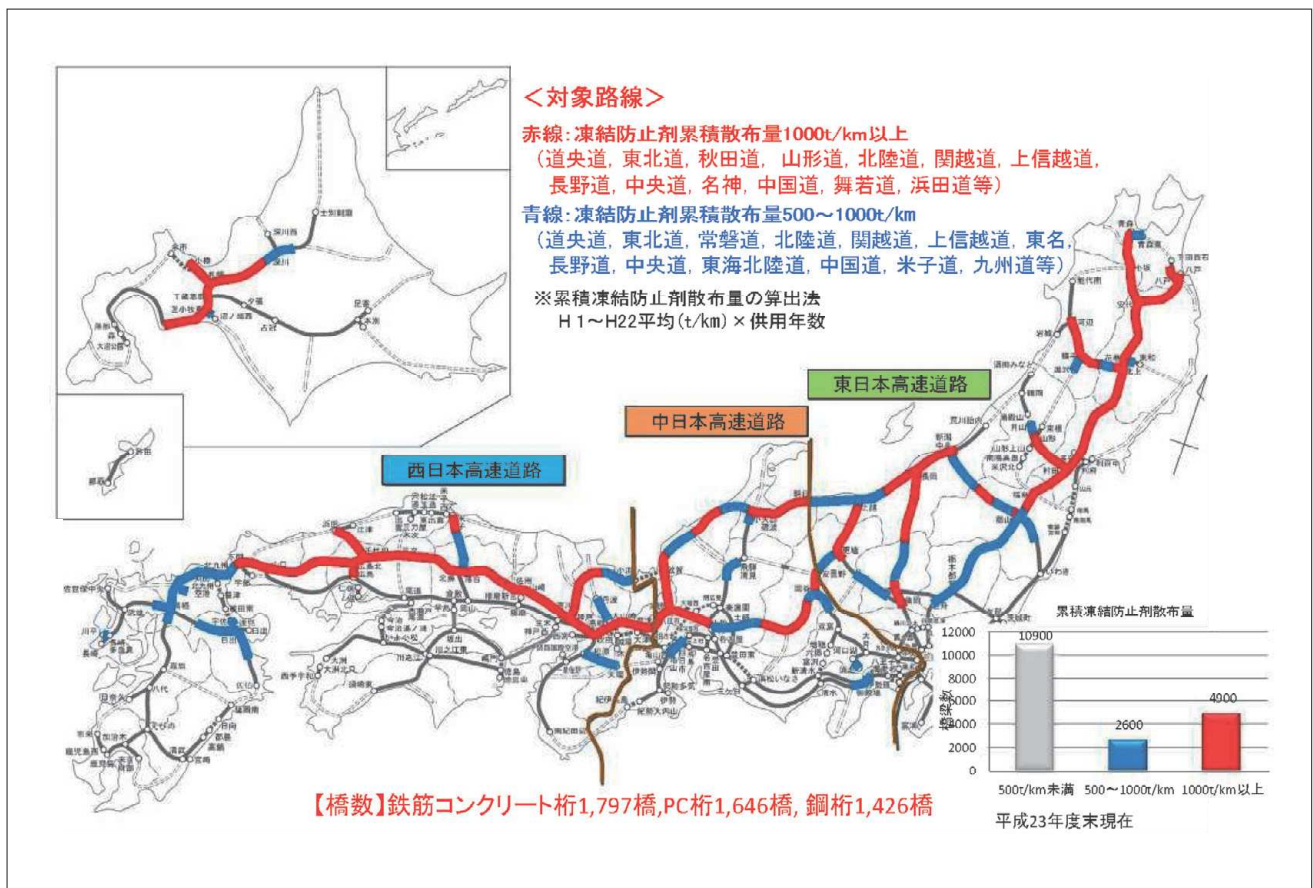


図2 高速道路の凍結防止剤累積散布状況(東日本高速道路株式会社HPより引用)²⁾

- ①主桁と床版の一体化によるシンプルな構造
効果：部品数削減によるコスト低減および施工性の向上
- ②主桁に横断勾配をつけることで、スリップの原因となる水たまりの発生を防止
効果：安全性の向上
- ③主要部材の材質をFRPとすることで、軽量かつ高耐久性を実現
効果：橋梁への負担軽減、施工性およびLCCの向上



図4 FRP検査路の外観

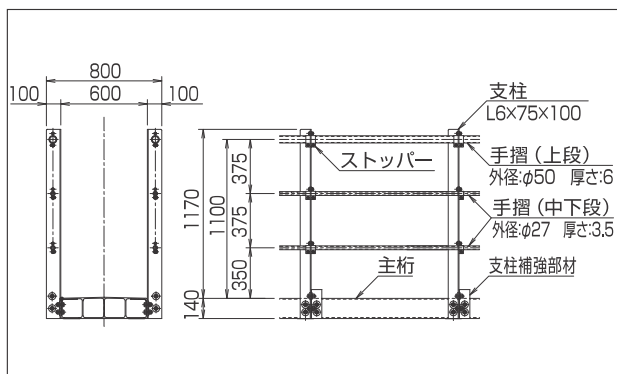


図5 FRP検査路の構造（支間L≤6.0mの場合）

4 FRP製検査路の性能評価

性能評価は、NEXCOの基準⁵⁾に準じて実施した。試験項目は以下の四項目である。

- ①検査路本体の静的載荷試験
- ②検査路本体の振動特性試験
- ③手摺の静的載荷試験
- ④手摺の衝撃載荷試験

4.1 検査路本体の静的載荷試験

検査路の主桁に砂のうを用いて3.5kN/m²の等分布荷重を載荷し、支間中央において、主桁下面中央部のたわみ量およびひずみを測定した。試験状況を図6および試験結果を表1にそれぞれ示す。最大たわみ量は24.9mm (L/241)

であり、許容値の60mm (L/100)を満足することを確認した。また、最大ひずみをもとに式(1)から主桁に発生する応力を算出した結果、9.2MPaであり、FRPの曲げ強度300MPaに対して安全率32.6を有していることを確認した。



図6 検査路本体の静的載荷試験状況

表1 検査路本体の静的載荷試験結果

たわみ量	最大値 (mm)	24.9
	許容値 (mm)	60
最大ひずみ (μ)		458

$$\sigma = \varepsilon E \quad (1)$$

ここで、 σ ：曲げ応力 (MPa)

ε ：ひずみ (μ)

E：曲げ弾性係数 (20GPa)

4.2 検査路本体の振動特性試験

支間中央において、ダミーウェイト（質量85kgの砂のう）を手摺の高さ（主桁上面より1.1m）から自由落下させ、主桁の鉛直方向加速度を測定し、固有振動数を算出した。試験概要を図7、試験状況を図8、経過時間と加速度の関係を図9、周波数と振幅の関係を図10および試験結果を表2にそれぞれ示す。固有振動数は9.64Hzであり、有害な振動数（1.5～2.3Hz）の範囲外であることを確認した。

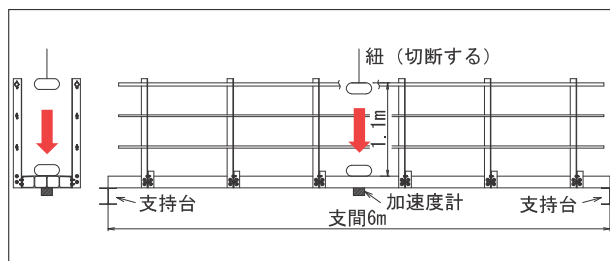


図7 検査路本体の振動特性試験概要



1) 落下前



2) 落下後

図8 検査路本体の振動特性試験状況

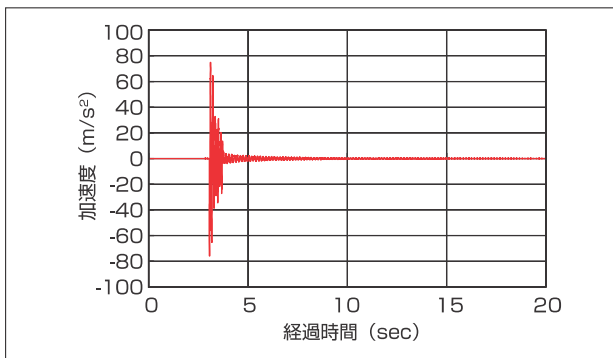


図9 経過時間と加速度の関係

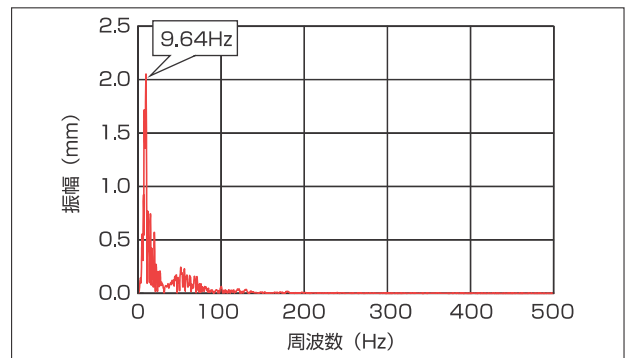


図10 周波数と振幅の関係

表2 検査路本体の振動特性試験結果

固有振動数	測定値 (Hz)	9.64
	判定基準 (Hz)	1.5 ~ 2.3 以外

4.3 手摺の静的载荷試験

上段の手摺に砂のうを用いて 0.59kN/m の鉛直荷重を
 載荷した場合とパイプサポートを用いて 0.39kN/m の
 水平荷重を載荷した場合のひずみを測定した。試験概要を
 図 11、試験状況を図 12 および試験結果を表 3 にそれぞ
 れ示す。最大ひずみをもとに式 (1) から手摺および支
 柱に発生する応力を算出した結果、手摺は 3.0MPa、支
 柱は 2.9MPa であり、FRP の曲げ強度 300MPa に対して、
 安全率 100 以上を有していることを確認した。

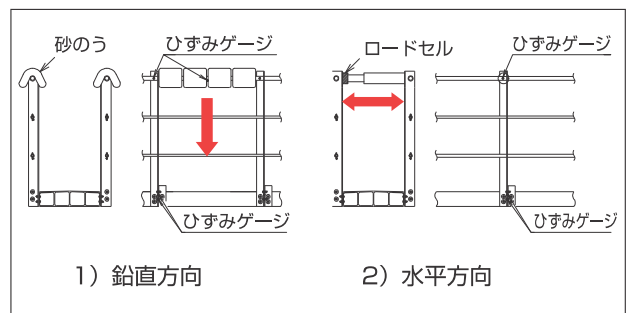


図 11 手摺の静的载荷試験概要



1) 鉛直方向



2) 水平方向

図 12 手摺の静的载荷試験状況

表3 手摺の静的載荷試験結果

鉛直方向載荷時 最大ひずみ (μ)	手摺	150
	支柱	36
水平方向載荷時 最大ひずみ (μ)	手摺	9
	支柱	144

4.4 手摺の衝撃載荷試験

支間中央において、ダミーウエイト（質量 85kg の砂のう）を図 13 に示す位置から自由落下させ、手摺、支柱および主桁の破損状況を確認した。併せて、動ひずみ測定器（DC-104R：東京測器研究所）を用いて主桁におけるひずみの挙動を確認した。なお、ひずみゲージの貼り付け位置（図 14）は、検査路の形状を決める過程で実施した試験の破壊箇所とした。試験状況を図 15 および経過時間とひずみの関係を図 16 にそれぞれ示す。試験後に、手摺、支柱および主桁を取り外して状態を確認

（図 17）したが、不具合は確認されなかった。また、式 (1) から主桁に発生する応力を算出した結果、39.3MPa であり、FRP の曲げ強度 300MPa に対して安全率 7.6 を有していることを確認した。

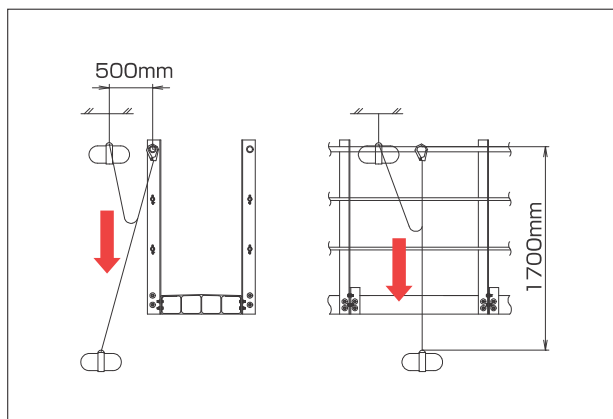


図 13 手摺の衝撃載荷試験概要

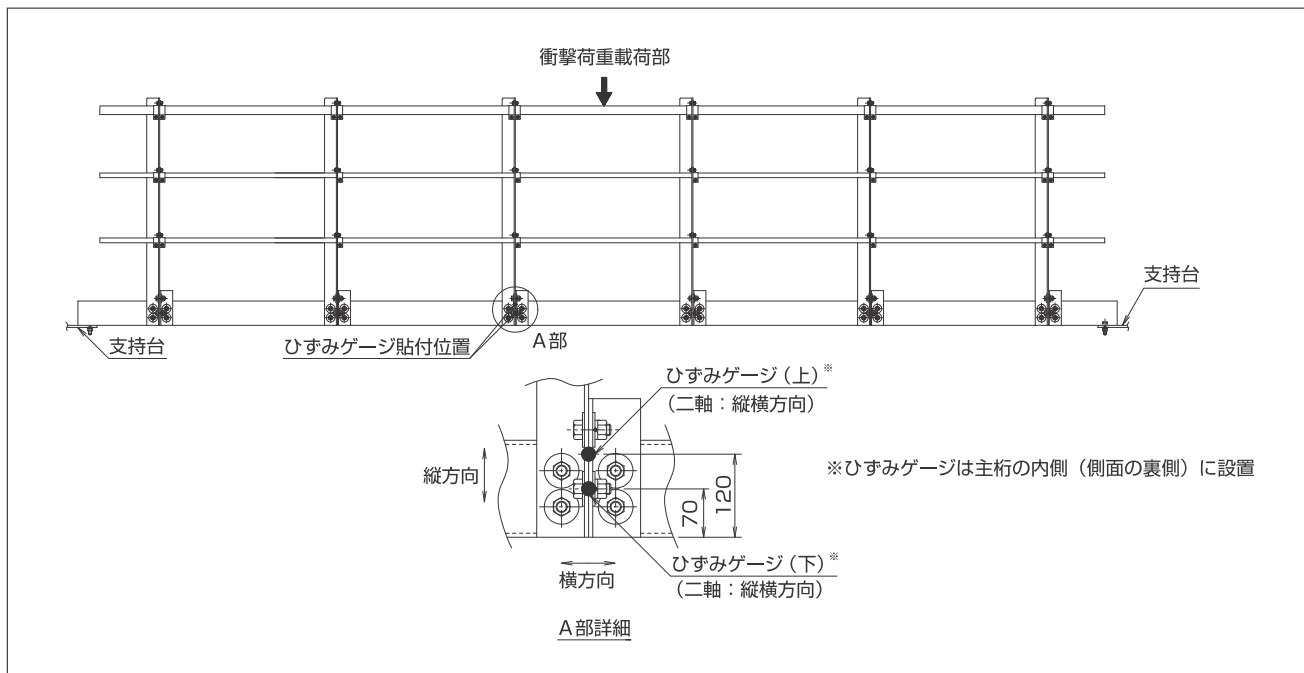


図 14 ひずみゲージの貼付位置



1) 落下前



2) 落下後

図 15 手摺の衝撃載荷試験状況

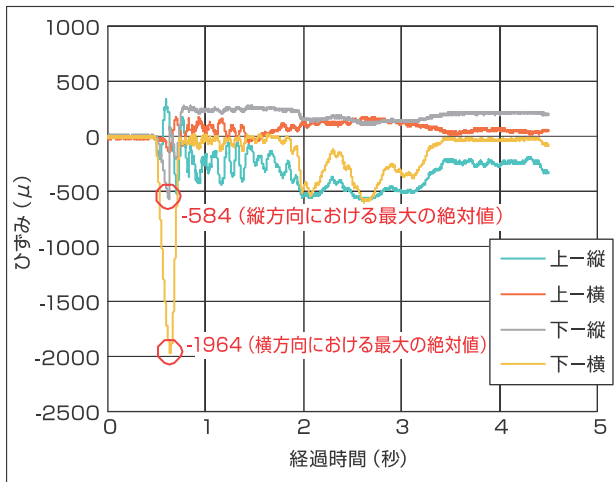


図16 経過時間とひずみの関係

1) 全体



2) 手摺
(衝撃荷重載荷部)



3) 支柱
(支柱固定部)



4) 主桁
(支柱固定部)

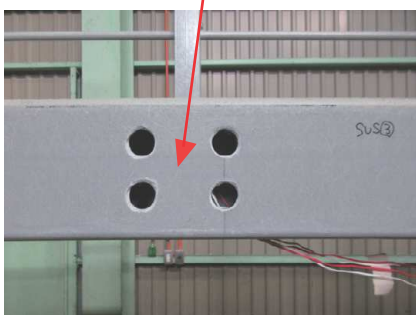


図17 手摺の衝撃試験後における各部材の状態

5 まとめ

軽量かつ耐食性に優れた検査路の開発を目的に、支間6.0m仕様のFRP検査路の試作評価を行った結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 「NEXCO 試験方法 試験法 440-2015 FRP製検査路に関する試験方法」に準拠し、試験を行った結果、全ての項目において要求性能を満足することが分かった。
- 2) ひずみからFRP検査路の構成部材における発生応力を算出した結果、最も条件が厳しい手摺の衝撃载荷試験においても、安全率7.6を有していることが分かった。

6 おわりに

支間6.0m仕様のFRP検査路について、2018年7月にNETIS登録が完了した。

今後、施工性の検証を進めると共に、支間が6.0mを超える仕様の検査路の開発に取り組み、ニーズにあったFRP検査路を確立することで、橋梁の機能保全に貢献していきたい。

参考文献：

- 1) 国土交通省：道路構造物の現状（橋梁）
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1_1.pdf
- 2) 東日本高速道路株式会社：第2回高速道路の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会資料(議事5-1)
https://www.e-nexco.co.jp/pressroom/committee/pdfs/02_reference02.pdf
- 3) 国土交通省 北陸地方整備局：橋梁点検ハンドブック
<http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugi/file/mijika/kyoryo-handbook-A5.pdf>
- 4) 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社：設計要領、第二集 橋梁保全編（2017）、pp.7-84
- 5) 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社：NEXCO 試験方法、第4編 構造関係試験方法（2017）、pp.84-87

執筆者：

渡部 隼

2008年入社

FRP関連の開発に従事



竹田 誠

1999年入社

FRP関連の開発に従事

