

アルミニウム製品ニュース

一般社団法人 日本アルミニウム協会 土木製品開発委員会
東京都中央区銀座4-2-15 塚本素山ビル TEL.03-3538-0221(代)

No. 34
2024年1月

特集

アルミニウム合金製検査路

国土交通省は、道路・橋梁の老朽化対策として、平成26年7月より全国の橋梁（約70万橋）とトンネル（約1万本）に対して5年に1度、近接目視による点検を義務付けました。これにより橋梁の点検のため、検査員が容易に移動・近接できる検査路が必要となってきたため、高速道路の建設・管理に関する研究開発を行っている東・中・西日本高速道路は、「設計要領」に鋼製・FRP製に続いて「橋梁用アルミニウム合金製検査路」を平成29年に追加しました。今後は、橋梁用検査路へのアルミニウムの採用が飛躍的に拡大することが期待されます。本号では、アルミニウム合金製検査路の概要を紹介します。



中橋検査路（群馬県）

アルミニウム合金製検査路の技術基準の紹介



Inari Yutaro
稻荷 優太郎

略歴

2013年3月 東京工業大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻
修士課程 修了
2013年4月 東日本高速道路㈱ 入社
2016年7月 株高速道路総合技術研究所
道路研究部 橋梁研究室 研究員(出向)
2022年4月 東日本高速道路㈱ 技術本部 技術統括課 係長

1. はじめに

平成25年の道路法等の一部を改正する法律の施行に伴い、橋梁に対する5年に1度の定期点検が義務付けられた。定期点検では近接目視が原則であることから、既設橋への検査路の追加設置が必要となった。しかし、既設橋における検査路の設置は、施工条件に制約がある箇所が多いため、重量の軽い作業性に優れた検査路が望ましい。検査路の設置されていない橋梁については、特殊車両による計画的な点検の実施が求められるが、緊急時などに点検が困難な事例が見受けられる。

また、現在、検査路の大多数が鋼製であるが、沿岸地域や重雪氷地域では検査路が腐食し点検員の安全性が確保できていない事例がある。橋梁検査路は、上部構造検査路、下部構造検査路及び昇降設備で一般に構成される¹⁾。上部構造検査路、下部構造検査路共に、鋼製検査路の損傷事例としては床材の腐食が多い(写真1, 2)。いずれの腐食も、桁掛け違い部や桁端部等から供給される水の影響、沿岸地域における海塩粒子、凍結防止剤の塩化ナトリウム及び塩化カルシウムによって促進されると考えられ、橋梁検査路の耐久性向上には、鋼製より防食性が優れた材料を用いた検査路が望ましい。

以上の背景を踏まえ、防食性が高く、容易に設置が可能となる軽量な検査路が望まれていたことから、平成29年7月、NEXCO3社の技術基準^{1)~3)}(以下「NEXCO技術基準」という。)にアルミニウム合金製検査路が新たに規定された。



写真1 下部構造検査路の腐食 写真2 上部構造検査路の腐食

2. 既設アルミニウム合金製検査路の現状

写真3に示す検査路は、平成14年にNEXCO管内に設置された下部構造検査路である。海岸距離は10mであり、劣化環境の厳しい個所である。検査路を歩行したが、点検作業に支障をきたすようなたわみや振動は感じられなかった。異種金属接触部となる接続部(検査路本体-ブラケット間)は、クロロブレンゴムによる絶縁対策が行われており(写真4)、異種金属接触腐食は認められなかった。なお、NEXCO技術基準では、アルミニウム合金製検査路を新設する際には、異種金属接触腐食の防止対策は必須とした¹⁾。歩廊-主桁や主桁-支柱間、および支柱-横梁間の接続部についても目立った損傷は認められなかった。腐食環境が異なるものの、金慶橋同様にアルミニウム合金の防食性の高さが確認できる⁴⁾。

3. アルミニウム合金製検査路の技術基準の概要^{1)~3)}

アルミニウム合金製検査路の要求性能を表1、性能照査の試験方法を表2に示す。主な要求性能等については、アルミニウム合金土木構造物設計・施工指針(案)⁵⁾の規定を踏襲し、高速道路橋における検査路の設計施工条件を勘案して定めたものとなっている。以下に、アルミニウム合金製検査路の技術基準について概説する。制限値等の設定理由については文献5)を参照頂きたい。



写真3 既設アルミニウム合金製検査路



写真4 異種金属接触腐食対策の一例

3.1 設計荷重

アルミニウム合金製検査路に作用させる設計荷重は、NEXCO技術基準における鋼製・FRP製検査路と同様に、検査路本体に3.5kN/m、手摺りに鉛直方向0.59kN/m、水平方向0.39kN/mを採用している。

3.2 使用材料

検査路に使用できるアルミニウム合金材は、表3に分類される。これは、歩道橋や道路橋等における主要な部材に対するアルミニウム合金材⁶⁾に加えて、防護柵に使用される材料^{7), 8)}としている。

3.3 表面処理

アルミニウム合金製検査路は、塗装等の表面処理を施さないことを標準とした。これは、アルミニウムは本来活性な金属であるが、その表面に数nmの極めて薄い自然酸化被膜が形成されるため、通常の大気条件下では塗装を施さずに使用できるためである⁶⁾。

3.4 異種金属接触腐食対策

アルミニウム合金製検査路を鋼材等の異種金属と組み合わせて使用する場合には、異種金属接触腐食対策を施すものとしている。具体的には、ボルトナットにSUS304等のステンレス鋼を用いる場合、アルミニウムとステンレス間の異種金属接触腐食を防止するために、亜鉛末系化成処理等の表面処理を施したボルトナット類を使用するか、絶縁用ブッシュ等を挿入し、絶縁を行うことを標準とした。また、ブラケットや受台に、ステンレス鋼材を用いる場合、絶縁シートや絶縁塗装または、絶縁ブッシュ等を用い、異種金属接触腐食に対する配慮を適切に行うものとした。

3.5 活荷重に対する安全性の照査

検査路本体及び手摺の安全性は、NEXCO試験方法440³⁾における静的載荷試験により照査するものとし、設計荷重に対して各部材の応力度が許容応力度以下であることを確認するものとした。

3.6 衝撃荷重に対する安全性の照査

手摺の衝撃荷重に対する安全性は、NEXCO試験方法440³⁾における耐衝撃性試験により照査するものとし、おもりが地面に接触しないことを確認するものとした。なお、試験方法は文献9)を踏襲し定めたものである。

3.7 使用性（たわみ）の照査

アルミニウム合金製検査路本体のたわみは、NEXCO試験方法440³⁾における静的載荷試験より照査するものとし、たわみがL/100以下であることを照査することとした。アルミニウム合金は、鋼材と同程度の強度を実現できるものの、弾性係数が鋼材の1/3程度と小さいため、活荷重3.5kN/m²を載荷した場合に、たわみが過大にならないことを照査するものとした。

3.8 使用性（振動数）の照査

アルミニウム合金製検査路の固有振動数が1.5～2.3Hzの範囲外であることを設計計算により照査することとした。

4. おわりに

本稿では、NEXCO技術基準におけるアルミニウム合金製検査路の照査について主な事項を示した。平成29年7月のNEXCO技術基準の改定以降、アルミニウム合金製検査路の設置事例が増えている。さらに、近年では橋梁にアルミニウム合金製常設足場を設置する事例も増えてきており、橋梁の維持管理の生産性向上に資すると考えている。高速道路橋の維持管理の観点から、アルミニウム合金土木構造物の更なる普及を願っている。

〔参考文献〕

- 1) 東・中・西日本高速道路㈱：設計要領第二集〔橋梁保全編〕、2017. 7.
- 2) 東・中・西日本高速道路㈱：構造物施工管理要領、2017. 7.
- 3) 東・中・西日本高速道路㈱：NEXCO試験方法、2017. 7.
- 4) 伊藤義人、守屋進、長澤大介、兼子彬、川畠達哉：56年経過したアルミニウム合金橋梁「金慶橋」の現状と耐久性、橋梁と基礎、2017. 9.
- 5) 稲荷優太郎：高速道路橋におけるアルミニウム合金製検査路の技術基準の概要、橋梁と基礎、2018. 4.
- 6) 土木学会鋼構造委員会：アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)、2015. 3.
- 7) 公益社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説、2016. 12.
- 8) 一般社団法人日本アルミニウム協会：アルミニウム合金製橋梁用防護柵設計要領、2010. 10.
- 9) 国土交通省：道路橋検査路設置要領(案)、H18. 3

表1 アルミニウム合金製検査路の要求性能

項目	要求性能
検査路本体のたわみ	有害な損傷がないこと。 L/100以下であること。
検査路本体のひずみ	JISに規定される引張強さの1/2.2以下かつ0.2%耐力の1/1.85以下であること。
手摺のひずみ	JISに規定される引張強さの1/2.2以下かつ0.2%耐力の1/1.85以下であること。
手摺の耐衝撃性	おもりが地面に抵触しないこと。

表2 性能照査の試験方法

試験項目	試験概要
検査路本体の静的載荷試験	検査路のたわみ及びひずみを確認する。
手摺の静的載荷試験	手摺の使用性を確認する。
手摺の衝撃載荷試験	安全帯のフックを手摺にかけた状態で、検査路外への転落を想定し、手摺の耐衝撃載荷性能を確認する。

表3 アルミニウム合金製検査路に使用できる材質

規格番号	材質
JIS H 4000	A5052P-0, A5052P-H34, A5052P-H112 A5083P-0, A5083P-H32, A5083P-H112 A6061P-T6, A6061P-T651
JIS H 4040	A6061BE-T6 A6063BE-T5
JIS H 4080	A6061TE-T6 A6063TE-T5, A6063TE-T6
JIS H 4100	A5083S-0, A5083S-H112 A6061S-T6 A6063S-T5, A6063S-T6 A6N01S-T5, A6N01S-T6
JIS H 5202	AC3A-F AC4A-F AC4C-F, AC4C-T6 AC4CH-T6 AC7A-F
JIS Z 3232	A5183, A5356

BEI-2023国際会議参加

14ヶ国+1地域からの研究者や実務家が参加しているBridge Engineering Instituteが主催するBEI-2023が、イタリア・ローマ市内のROMA EVENTIで2023年7月17日から20日まで開催されました。当委員会では委員2名を派遣し、アルミニウム合金橋やアルミニウム合金製防護柵の異種金属接触腐食に関する研究発表をしました。全体会議では4件の基調講演があり、3日に渡る16個のパラレルセッションでは、66論文が発表されました。土木専門誌「橋梁と基礎」2023年10月号（株式会社建設図書刊）には、参加報告が掲載されました。以下の株式会社建設図書HPより同誌2023年10月号を購入できます。

<https://www.fujisan.co.jp/product/546/b/2445471/>

会場外での参加者写真



アルミニウム合金製検査路の概要

1.はじめに

高度経済成長期以降に整備されたインフラの老朽化が日本各地で問題となっている。日本国内の道路橋（2m以上）は約70万橋であり、建設後50年を超えた橋梁の割合は約4割、10年後には約7割となる。急速に老朽化が進む中で通行止めや通行規制を行う橋梁が増加傾向にある。

平成24年3月発行の「道路橋示方書」¹⁾では橋梁の維持管理の確実性および容易さを考慮することが示され、計画時や構造設計上配慮することが明確化された。また平成26年7月に「道路法施工規則の一部を改正する省令」が施行され、5年毎の近接目視による点検が義務化された。

橋梁に付随し点検のために設置される検査路は、一般に形鋼を組み合わせ、溶融亜鉛メッキを施した構造が採用されている。しかし、海岸部や凍結防止剤を散布する地域では、この検査路の腐食劣化が顕在化しており、より防錆力の高い検査路が求められるようになっている。鋼製検査路の腐食状況を写真1に示す。

このような背景から、耐食性に優れ、且つ使用性、施工性にも優れる高機能な次世代の検査路への要求が高まっていた（図1）。

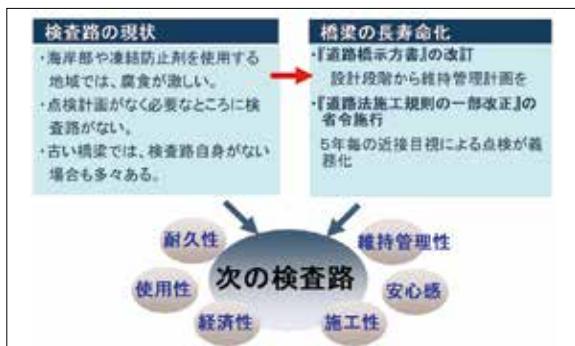


図1 次世代の検査路への要求

2.アルミニウム合金製検査路の特長

（1）耐久性

アルミニウム合金は、酸に対してもアルカリに対してても活性の高い金属であるが、大気中の酸素と反応してその表面に自然酸化皮膜が形成され、自己防護するので高い耐食性を持っている。この酸化皮膜を人工的に形成させることによりさらに耐食性を高めることが可能である。土木・建築製品に用いられる代表的な表面処理としては陽極酸化塗装複合皮膜（俗に言うアルマイト処理）がある。陽極酸化塗装複合皮膜処理した製品は、飛来塩分濃度が高くかつ紫外線量も多い南西諸島において、設置後30年以上経過しても良好な状態を保っている（写真2）。



写真1

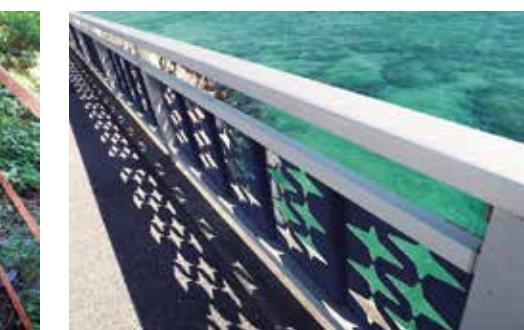


写真2

（2）施工性

アルミニウム合金は比重が鉄の約1/3と軽量であるため、アルミニウム合金製検査路は従来の鋼製検査路に比べて約50%の重量低減となる。そのことにより人力施工が可能である。写真3に高所作業車を使用した上部工検査路の施工状況を示す。対傾構に取り付けた検査路受台へ検査路ユニットを載せる作業にはチェーンブロック等も必要とせず、盛替え不要なため作業性が良い。

またアルミニウム合金製検査路では歩廊梁と手摺横梁にボルトレール構造を採用している製品が多く、これも施工性の向上に寄与している。ボルトレール構造はアルミニウムの特長である押出成形加工によるアルミ押出形材特有の構造であり、カーテンレールと同じ構造である。

ボルトレール溝の中にボルト頭を部材端部からスライドして差しこみ、任意の位置にボルトを移動できるため、手摺支柱位置を自在に決定できる（図2）。



図2 アルミ押出形材特有の「ボルトレール構造」

このボルトレール構造を採用することにより、以下に示す多くのメリットが生まれる。

①製作工数の削減

歩廊梁、爪先板および手摺部材のボルト孔明けが不要となり、製作工数が削減できる（図3）。



図3 製作工数の削減

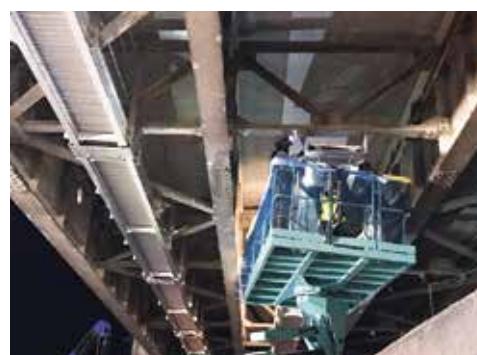


写真3 アルミニウム合金製検査路の人力施工

②現場での誤差調整が可能

現場での支柱位置の調整が容易にできる。また、現場での部材の機械切断が容易であり、且つ切断後の防錆処理が不要である。

③点検者の安全性への配慮

歩廊面、手摺にはボルト頭などの突起が一切無いため、点検時の引っ掛かりやつまずきがなく安全に点検ができる。また歩廊面について、床材上面に押出成形によりに凹凸を設け、さらに通行方向に直交するように配置することにより滑り止め効果を持たせている（写真4）。

（3）経済性・維持管理性

アルミニウム合金製検査路は前述した高い耐久性により将来的な取替えが不要である。表面処理は無処理またはアルマイト処理であるため塗装の塗替えをする必要がなく、維持管理コストも低減できる。また前述したボルトレール構造を採用することにより製作工数が削減でき、イニシャルコストの低減が可能である。このことからライフサイクルコストおよびイニシャルコストを含めたトータルコストで、従来技術より約55%の削減が可能である。

3. アルミニウム合金製検査路の安全性

平成29年7月、NEXCO3社の技術基準^{2)～4)}にアルミニウム合金製検査路が新たに規定された。その中でアルミニウム合金製検査路の要求性能と性能照査方法が示されている。

検査路本体及び手摺の安全性は、NEXCO試験方法440³⁾に示された静的載荷試験により設計荷重に対して各部材の応力度が許容応力度以下であることを確認する（写真5、6）。



写真4
点検者の安全性に配慮した
歩廊面、手摺



写真5
検査路本体の静的載荷試験



写真6
手摺の静的載荷試験

手摺の衝撃荷重に対する安全性は、NEXCO試験方法440³⁾に示された耐衝撃性試験によりおもりが地面に接触しないことを確認する（写真7）。

アルミニウム合金製検査路メーカー各社はこれらの試験を実施し、安全性の確認ができた製品を提供している。

4. おわりに

前述したように、道路橋の老朽化は進んでおり、予防保全的管理が重視されている。そのためには定期的な点検が欠かせないが、いまだ検査路が設置されていない橋梁も数多く残っている。また老朽化した検査路も同様である。写真8、9は平戸大橋（長崎県平戸市）の改修工事に伴い、老朽化した鋼製検査路をアルミニウム合金製検査路へ取り替えた事例である。アルミニウム合金製検査路は軽量なため既設橋梁に設置する場合の橋梁本体への負担が軽減するというメリットもある。

アルミニウム合金製検査路は従来の検査路から耐久性、施工性、使用性、維持管理性、経済性、安心感を向上させた「次世代の検査路」として有用な技術である。

〔参考文献〕

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、I共通編、平成24年3月
- 2) 東・中・西日本高速道路㈱：設計要領第二集〔橋梁保全編〕、2017.7.
- 3) 東・中・西日本高速道路㈱：構造物施工管理要領、2017.7.
- 4) 東・中・西日本高速道路㈱：NEXCO試験方法、2017.7.



写真7
手摺の耐衝撃試験



写真8, 9
平戸大橋へのアルミ合金製検査路設置状況

アルミニウム合金製土木製品

数々の優れた特性（耐久性、耐食性、軽量性、美観性、加工性等）を持つアルミニウム合金は、その多くの特性により各種土木製品に使用されています。



西神中央パークアベニュー シェルター（兵庫県）



神戸空港連絡橋（兵庫県）



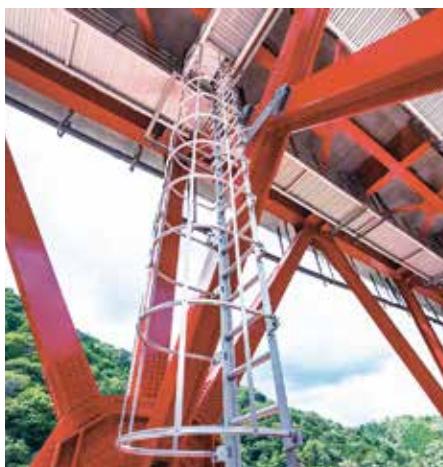
西神駅前歩道橋（兵庫県）



天王洲大橋検査路（東京都）



正雀高架橋残存型枠（大阪府）



千種川橋検査路梯子（兵庫県）



シンボルロード照明柱（千葉県）



戸破高架橋（富山県）



湯川橋防護柵（長野県）

土木製品開発委員会構成会社

AA Gエンジニアリング株式会社

JFE建材株式会社

積水樹脂株式会社

YKK AP株式会社

三協立山株式会社

日鉄神鋼建材株式会社

株式会社LIXIL

株式会社S D A T

日軽エンジニアリング株式会社

株式会社U A C J