

東海道新幹線における土木構造物の維持管理および大規模改修による予防保全

丸山 真一

本年で開業 55 年を経過する東海道新幹線の土木構造物は、入念な検査・補修の積み重ねにより十分な健全性を保ち続けている。一方、短期間で全線の建設工事を行った経緯から、経年劣化が短期間に集中して発生することが懸念されたため、将来のいずれかの時点において、大規模な改修が必要であった。このため、JR 東海では、変状の発生を抑止する「予防保全」を目的とした大規模改修工事を 2013 年度より実施している。本稿では、東海道新幹線における土木構造物の維持管理および大規模改修工事の実施状況を報告する。

キーワード：大規模改修工事、維持管理、予防保全、鋼橋、コンクリート橋、トンネル

1. はじめに

東海道新幹線は 1964 年に世界初となる 200 km/h 超の高速運転として営業を開始し、本年 10 月に開業 55 周年を迎える。東京・名古屋・大阪の三大都市圏を結ぶ大動脈として、開業以来、日本の経済成長を支えてきた。現在では、285 km/h に最高速度を向上し、1 日あたり約 45 万人のお客さまにご利用いただいている。

この東海道新幹線の安全・安定輸送を支える土木構造物の健全性を、将来にわたり維持していくことは当社の責務である。これまで、日々の入念な検査やその結果に基づく補修・補強を着実に実施しており、土木構造物の健全性は十分に確保されている。

一方、将来のいずれかの時点において、経年劣化による大幅な設備の更新が必要となることに備え、自社の研究施設を中心に長年にわたって研究開発を続け、その成果として予防保全に有効な各種対策工法を確立し、2013 年度から大規模改修工事に着手した。

大規模改修工事は、工事期間を 10 年間（2013 年 4 月～2022 年 3 月）と計画しており、今年で 7 年目を迎える。本稿では、東海道新幹線における土木構造物の維持管理および大規模改修工事の概要を報告する。

2. 東海道新幹線における土木構造物の維持管理体制

東海道新幹線の土木構造物は、沿線に配置された 20 箇所を保線所において、2 年周期で実施する目視を

中心とした「全般検査」により、その健全性を確認している。全般検査の結果、詳細な確認が必要な箇所には、精密機器などを用いた精度の高い「個別検査」を実施する。

なお、当社には土木構造物の検査を専門に担当する組織として、東京・静岡・名古屋・大阪に新幹線構造物検査センター（以下、構検センター）がある。構検センターは、経年による鋼橋の疲労・劣化を捉えることを目的とした「鉄けた特別検査」を主に担っている。保線所と構検センターが行う主な検査と担当区分を表 1 に、検査の実施状況を写真 1 に示す。

表 1 主な検査と担当区分

構造物種別	検査内容	担当
鋼橋	全般検査（2 年周期）	保線所
	個別検査	
	鉄桁特別検査（8 年周期）	新幹線構造物検査センター
コンクリート構造物	全般検査（2 年周期）	保線所
	個別検査	
トンネル	全般検査（2 年周期）	保線所
	個別検査	
	特別全般検査（10 年周期）	



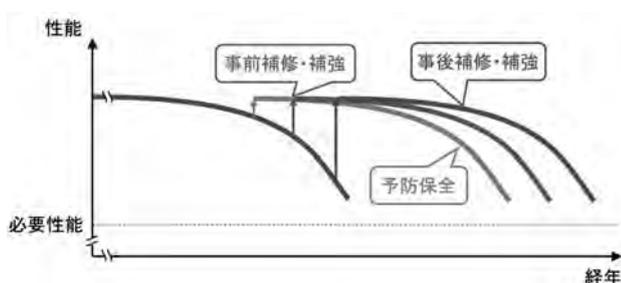
鋼橋 コンクリート構造物 トンネル

写真 1 検査の実施状況

3. 東海道新幹線における土木構造物の維持管理手法

東海道新幹線では、主に2つの考え方により維持管理を行っている。1つ目は「事前補修・補強」である。一般的な維持管理手法は「事後補修・補強」であり、これは、検査で変状が発見された場合、当該箇所のみを補修・補強するものである。一方で、東海道新幹線は、全線が標準設計でほぼ同時期に建設された経緯から、土木構造物の特定箇所に発生した変状は、他の同種構造物の同種箇所にも同様に発生する可能性が高い。このことから、当該箇所の補修・補強に加えて、同種構造物、同種箇所に対しても、計画的に補修・補強を実施している。

もう1つは、後述する大規模改修工事による「予防保全」である。これは、将来的に変状が発生する可能性のある箇所を対象に、構造物の性能を可能な限り現状維持することを目的として、変状の発生を抑制する対策を講じる手法である。「予防保全」は、構造物が健全な状態であるときに使用性能を当初の状態に回復させるため、費用が安価となり、コストダウンを図れることが大きな特徴である。「事後補修・補強」「事前補修・補強」「予防保全」のイメージを図—1に示す。



図—1 維持管理方針と性能の推移イメージ

4. 大規模改修引当金制度の創設

前述した維持管理の実施により、東海道新幹線の土木構造物は、十分な健全性を有しているものの、経年による老朽化の進行が課題とされ、いずれは抜本的な対策、すなわち設備の取替えか、それと同等の効果を有する大規模な改修が必要になると考えられた。

一方、大規模な改修工事には多額の資金が必要となる。そこで、鉄道事業者への支援を目的に、2002年6月、全国新幹線鉄道整備法の改正が行われ、国による財務面の支援措置として、「新幹線鉄道大規模改修引当金制度」が創設された。当社では、2018年から大規模改修に着手することを2002年に計画し、同年10

月には、国土交通大臣から、東海道新幹線の土木構造物の大規模改修引当金積立計画（工事費約1兆1,000億円、引当金総額5,000億円、工事期間2018年度から2027年度の10年間）の承認を得て、毎年333億円の引当金を計上してきた。

5. 「予防保全」による大規模改修工事

全線にわたる大規模な改修工事を実施する場合、東海道新幹線が果たしている社会的役割を考慮すると、列車の運休は困難であり、徐行も極力少なくする必要がある。

この課題を克服するため、自社研究施設を中心に10年以上にわたって研究開発を実施し、土木構造物の延命化に有効であり、工事実施時の列車運行支障の低減および工事費の縮減を可能とする新たな工法を開発した。これらの工法は、社外有識者からなる「東海道新幹線土木構造物調査委員会」において、審議・助言をいただき、試験施工等により各種の検証を行った後に実用化された。

2013年1月に、新工法を活用した大規模改修を当初計画より5年前倒しして着手することを決定し、引当金積立計画の変更申請（工事費約7,300億円、引当金総額3,500億円、工事期間2013年度から2022年度の10年間）を行い、同年2月に承認を受けた。

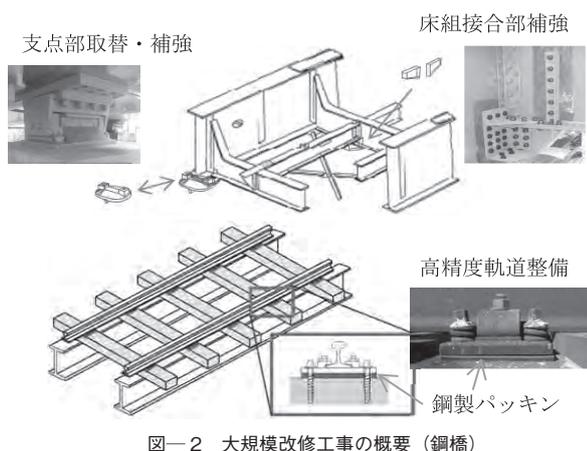
大規模改修では、鋼橋、コンクリート橋、トンネルの各構造物において「予防保全」として変状発生を抑制する対策を実施し、その後引き続き状態を観察のうえ、必要な箇所に部材取替等の全般的な改修を実施することとしている。

6. 鋼橋の大規模改修工事

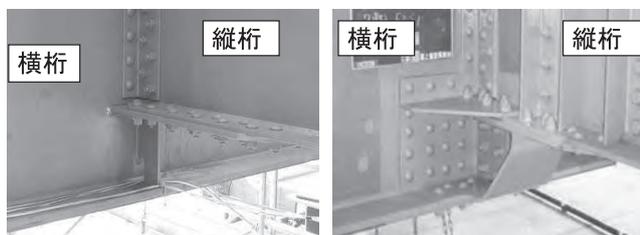
東海道新幹線の土木構造物のうち22.1kmは鋼橋が占める。東海道新幹線の鋼橋には、日本で初めて本格的に溶接構造が全面的に採用された。鋼橋は、コンクリート橋と比較して列車荷重による応答が大きいことや、開業時と比較して列車本数が著しく増加したことから、溶接部の疲労劣化が重要な課題である。特に、主要部材における縦ビード溶接部（以下、縦ビード）は長大であり、検査での着目点を絞りにくいという点、いったん亀裂が発生すると進展が速いことから、縦ビードからの疲労亀裂の発生を抑制することが肝要である。このため、実橋あるいは実物大の模型を用いた疲労載荷試験や三次元FEM解析により、床組接合部補強、支点部取替・補強、高精度軌道整備といった新工法を

研究開発し（図一2）、現在、継続的に施工している。

床組接合部補強は、床組接合部の亀裂発生を抑止を目的とした対策である。多年にわたる実態調査により、一部の下路トラス、下路プレートガーダーの床組接合部に、多数の疲労亀裂が認められた。このような亀裂は、縦ビードの応力を増大させ、縦ビードからの亀裂を誘発させる。これに対し、縦桁と横桁の交差部に舟形の補強材を取り付けることで、縦ビードに生じる応力を抑制する補強方法を策定し、継続的に施工している（写真一2）。

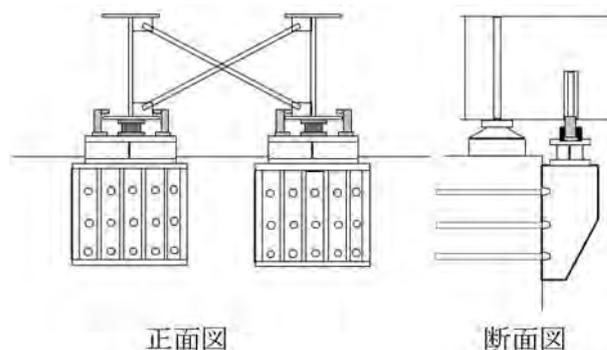


図一2 大規模改修工事の概要（鋼橋）



写真一2 床組接合部補強の対策前後

次に支点部取替・補強は、溶接接合されたソールプレートの疲労亀裂を未然に防止する対策である。実橋の応力測定により、支点部の機能低下は、縦ビードの応力を著しく増大させることが判明している。特に、ソールプレート溶接部から疲労亀裂が発生し、桁の破断へつながる可能性があることから、これに該当する全ての杓を取り替えている。他方、溶接接合ではないソールプレート杓については、全数を調査のうえ、ソールプレートの摩耗や、杓座の破損、杓の沈下等の変状に応じて、杓の取替や杓座の打直しといった簡易な修繕を実施している。なお、杓取替を行う際には、橋台の前面に予め鋼製の仮受工を施し、仮受を行っている（図一3、写真一3）。



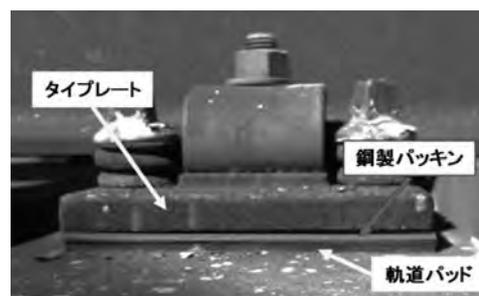
正面図 断面図

図一3 仮受けの概要



写真一3 仮受けの状況

また、高精度軌道整備は、縦ビードに発生する応力そのものを低減させる対策である。無道床橋りょうにおける軌道状態と桁の発生応力の関係を調査した結果、短い波長の軌道狂いを抑制することで、桁の縦ビードに発生する応力を低減可能であることが判明した。この結果を受けて、タイプレートとまくらぎの間に高さを微調整するための鋼製パッキンを挿入し、短波長の高低狂いを抑制する高精度な軌道整備を実施している（写真一4）。



写真一4 高精度軌道整備の実施概要

7. コンクリート橋の大規模改修工事

東海道新幹線の土木構造物のうち約148 kmはコンクリート橋が占める。コンクリート構造物は大気中の二酸化炭素が侵入すると、コンクリート内のpHが低下するいわゆる中性化により内部鉄筋が腐食し、構造物の耐力が低下する。これまで中性化深さの継続的に計測してきた結果、中性化予測式である「 \sqrt{t} 則（ルー



写真一5 表面保護工の実施

ト t 則)」を適用すると、供用開始から 54 年後、すなわち 2018 年頃には、中性化がコンクリート内部の鉄筋位置まで進行するものと予測された。そのため、全線を対象に、コンクリート表面を樹脂系材料で被覆する表面保護工を 2000 年から実施している(写真一5)。

その後、2000 年以降に実施した表面保護工を目視検査した結果、梁部、中央スラブ部および桁部には表面保護工のひび割れは認められないものの、高架橋はね出し部下面の一部において、表面保護工にひび割れの発生が認められた。これらのひび割れは、直ちに東海道新幹線の安全輸送を脅かすものではないが、表面保護工にひび割れが発生している箇所は、中性化の抑止が不十分となり、その都度表面保護工の再施工が必要となることを認識した。

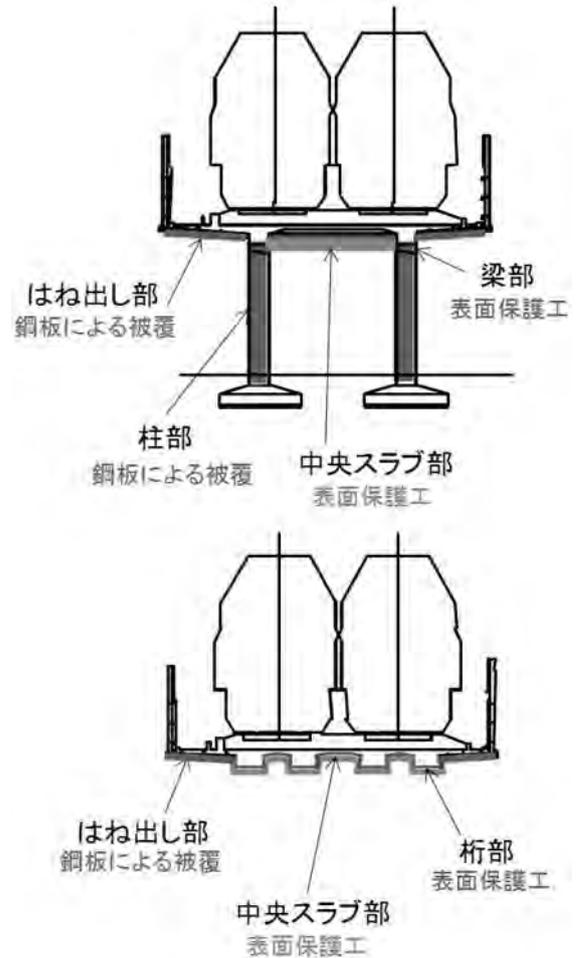
この検査結果に基づき、将来にわたって確実に中性化を抑止する対策として、はね出し部には鋼板によりコンクリート表面を被覆する工法を実施している(写真一6、図一4)。また、梁部、中央スラブ部および桁部に関しては、従来の表面保護工を引き続き実施している。なお、高架橋の柱全数約 38,000 本のうち、耐震性能が低い柱に対しては、兵庫県南部地震以降、耐震性能の向上を目的とした鋼板巻き補強工事を実施済みである。一方、鋼板巻き補強工事が未施工の柱は、将来の中性化による耐力低下が懸念されるため、中性化に対する予防保全として鋼板巻きを実施している。

8. トンネルの大規模改修工事

東海道新幹線の土木構造物のうち約 68.6 km はトンネルが占める。一般にコンクリート覆工はトンネル周壁の力学的バランスの上にその健全性を保っているが、コンクリートの乾燥収縮や掘削時およびその後の地山の緩み等により、ひび割れ等の変状が発生することがある。東海道新幹線のトンネルにおいても、コンクリート覆工に軽微なひび割れが発生していることが認められた。一方、東海道新幹線のトンネルの大半は建設当時主流であった「矢板工法」で施工されたため、トンネルの覆工裏に空隙が生じやすい。覆工裏に空隙

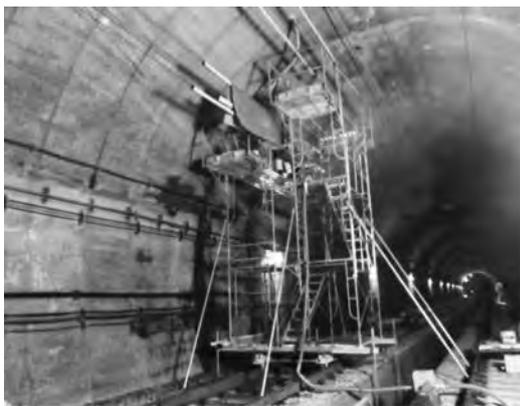


写真一6 はね出し部鋼板被覆の施工例

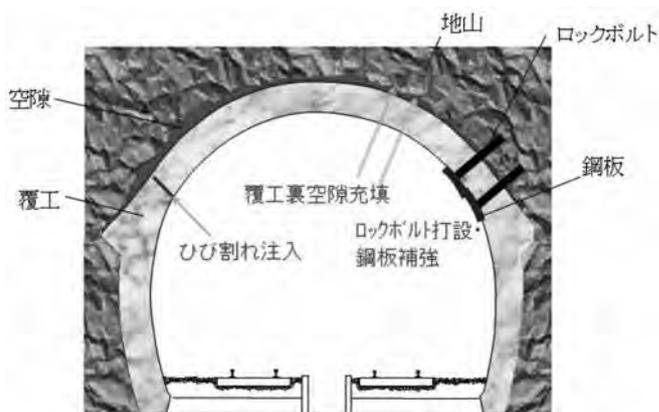


図一4 大規模改修工事の概要(コンクリート橋)

があると地山との一体性が損なわれるため、コンクリート覆工の耐力が低下する。さらに、在来線や他の新幹線と比較して列車走行による振動、空気圧変動の影響が大きく、またその回数が多いため、これらの複合作用によるひび割れの進行も懸念されていた。これに対し、ひび割れの進行の抑止、およびコンクリート覆工の剥落防止を目的に、覆工裏の空隙を充填し、並行して既存のひび割れを樹脂材料で埋めることで覆工と地山を一体化させ、覆工の耐力を増加させる工法を実施している(写真一7)。さらに、覆工裏空隙充填の際に覆工厚が薄いと確認された場合には、部分的に



写真一七 覆工裏込注入



図一五 大規模改修工事の概要（トンネル）

ロックボルト打設・鋼板補強を付加的に施工している（図一五、写真一八）。

9. おわりに

本稿では、東海道新幹線における新幹線土木構造物の維持管理および現在施工を進めている大規模改修工事について報告した。

2013年に着手した大規模改修工事も7年目を迎え、着実に施工が進んでいる。将来にわたり我が国における基幹的交通インフラの役割を東海道新幹線が担っていくため、引き続き大規模改修工事を着実に推進する。

JCMA

《参考文献》

- ・関雅樹, 森川昌司, 吉田幸司: 東海道新幹線土木構造物の大規模改修工事 (I章: 総論), JREA pp.55-58, 2013.8
- ・荒鹿忠義: 東海道新幹線土木構造物の検査 保守体制と維持管理の取組み 土木施工 10月号 pp.34-36, 2014.10
- ・齋藤修, 古野剛司: JR 東海における新幹線橋梁の維持管理および大規模改修による予防保全, 橋梁と基礎 8月号 pp.109-112, 2018.8



写真一八 ロックボルト

[筆者紹介]

丸山 真一 (まるやま しんいち)
東海旅客鉄道(株)
新幹線鉄道事業本部 施設部 工事課
課長代理

