

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 鉄道構造物の維持管理とリニューアル技術

鉄道構造物は、適切な維持管理のもとで列車運行の安全の一翼を担っていますが、経年による劣化や環境変化による変状が生じ抜本的な延命対策が必要なものや、新たな機能の付加が求められるものなど、鉄道構造物を大規模に改修する「リニューアル」のニーズが高まっています。ここでは、まず経年変化が進む鉄道構造物の現状を紹介し、維持管理の重要性や基本的な考え方を説明します。次に、維持管理におけるリニューアルの位置付けや必要性を述べた上で、鉄道総研が実施してきたリニューアル技術に関する研究開発成果の概略を広く紹介します。



小島 芳之  
Yoshiyuki Kojima  
構造物技術研究部  
主管研究員  
[専門分野]トンネル、  
土木地質

## はじめに

鉄道は古い時代に建設された路線が多く、経年変化が進んだ構造物がたくさん使われています。これらは、適切な維持管理のもとで安全な列車運行の一翼を担っていますが、中には経年による劣化や環境変化に耐えきれず深刻な変状が生じ、補強などの対策を強いられるものも少なくないのが現状です。そのため、保守技術者が減少する中でいかに的確に維持管理するかは、鉄道の安全運行にとって重要な課題になっています。また、最近、都市鉄道や新幹線などでは、このような変状対策はもとより、耐震補強や抜本的な延命化のための大規模改修、利便性など新たな機能を付加する改築などの「リニューアル」の機運が高まっています。

### ☞ NATM

New Austrian Tunneling Methodの略。地山掘削後早期に吹付けコンクリートとロックボルトなどによる支保を施工して地山の緩みを抑制しながらトンネルを建設する工法。日本では、昭和51年に上越新幹線中山トンネルで採用されてから急速に普及し、山岳トンネルの標準工法になりました。

## 鉄道構造物の現状

図1は、日本の鉄道で供用中の橋りょう（延長1m以上）とトンネルの建設年代分布を示したものです。両者とも戦前と高度経済成長期に建設されたものが大半であることが分かります。2015年初の平均経年は、橋りょう59年、トンネル63年で、道路構造物より30年も古いこととなります。戦前に建設された鉄道構造物は、橋りょうでは上部工が鋼桁で下部工がれんが・石などのブロック積み構造が、トンネルでもブロック積み覆工で狭小断面のものが多く占めています。一方、高度経済成長期以降は、橋りょうでは鉄筋コンクリート（RC）構造やプレストレストコンクリート（PC）構造が主体で、トンネルでは主に延長10kmを超えるNATM（☞参照）による長大トンネルが増加しています。（図2）

このように、鉄道構造物は古いものが多く構造も多様ですが、これらをきめ細かく確実に維持管理して延命化させることは喫緊の課題です。また、最近では抜本的な改良のニーズも増加しており、新たなリニューアル技術の開発が期待されています。

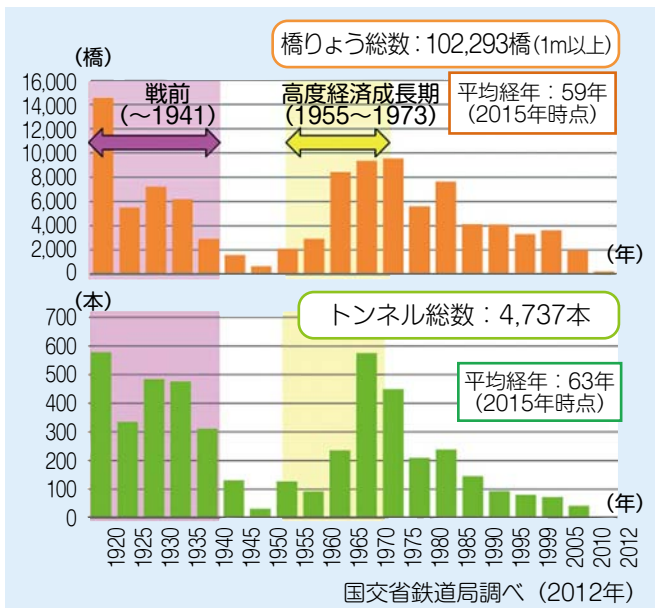


図1 橋りょう・トンネルの建設年代分布<sup>1)</sup>を修正



図2 安全に供用され続けている多様な鉄道構造物の例



図3 1999年コンクリート剥落事故の例<sup>2)</sup>

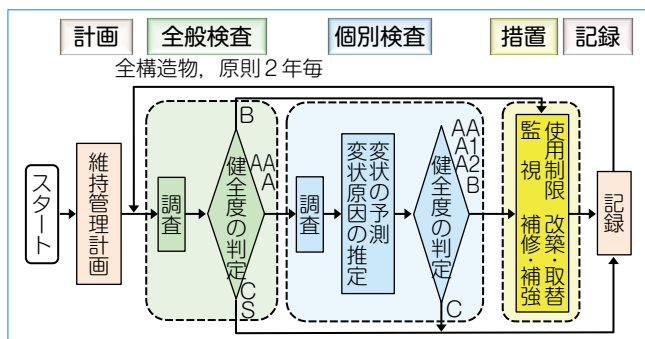


図4 構造物の維持管理の手順<sup>3)</sup>に加筆

### 維持管理をめぐる最近の動き

鉄道では、戦後まもなく構造物の維持管理に目が向けられ、1970年代に維持管理体制が整備されました。

しかし、1999年に新幹線トンネルなどで続発した深刻なコンクリート剥落事故<sup>2)</sup>(例えば図3)を教訓として、維持管理のあり方が強く問われ、検査体系の見直しや新技術の開発・導入が進みました。また、国交省により「鉄道構造物等維持管理標準」(2007年)が制定され、新たな維持管理体系が確立しました。そして、鉄道事業者の体制も見直され、その後の鉄道構造物の安全性は大きく向上したといえます。

一方、2012年の笹子トンネルでの天井板崩落事故を契機に、インフラの維持管理が喫緊の課題であることが全国で再認識されました。安倍内閣の「日本再興戦略」(2013.6)、アクション

プラン「安全・便利で経済的な次世代インフラの構築」、国交省の「インフラ長寿命化基本計画」(2013.11)など、国を挙げて推進体制が構築されていることは承知のとおりです。

また、鉄道構造物でも事故につながりかねない剥落事象が少なからず発生していることから、国交省鉄道局では「鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証会議」を開催し、2014年によりきめ細かな維持管理の必要性が提言されています。

さらに、開業50年を迎えた東海道新幹線大規模改修など、鉄道構造物の抜本的な延命化対策が、組織を挙げて計画的に取り組まれつつあります。

### リニューアルとは？

鉄道構造物の維持管理は、図4に示すように、計画～検査～措置～記録の

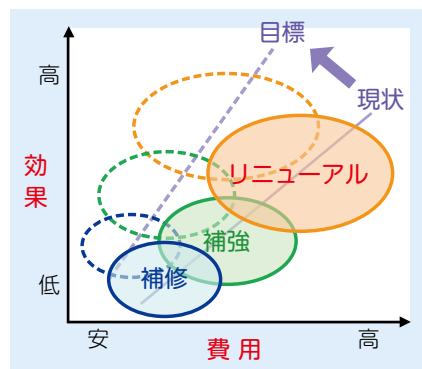


図5 補修、補強、リニューアルの関係

流れで進められます。「措置」は、ソフト面の措置(監視、使用制限)とハード面の措置(補修・補強、改築・取替)に分かれますが、リニューアルはおおむね「改築・取替」に相当します。

鉄道総研では、構造物の補修、補強、リニューアルのそれぞれについて技術開発を進めてきました。これらを費用と効果の関係図上で整理すると図5の

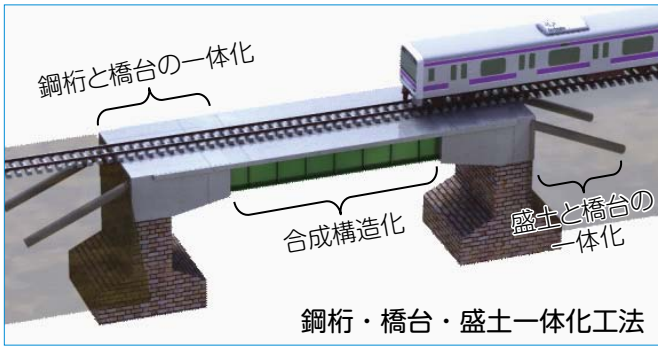


図6 橋りょうのリニューアル技術の例

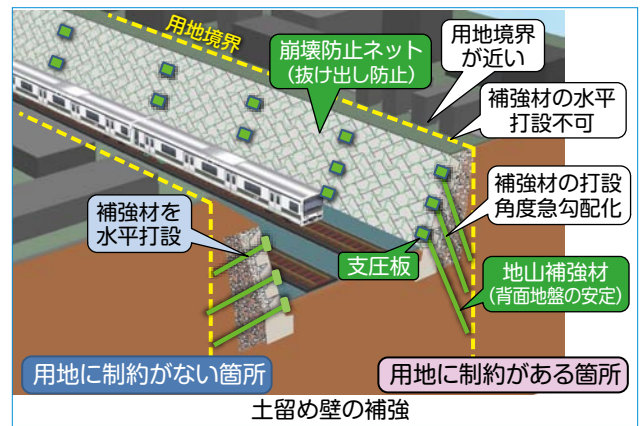


図8 土構造物のリニューアル技術の例

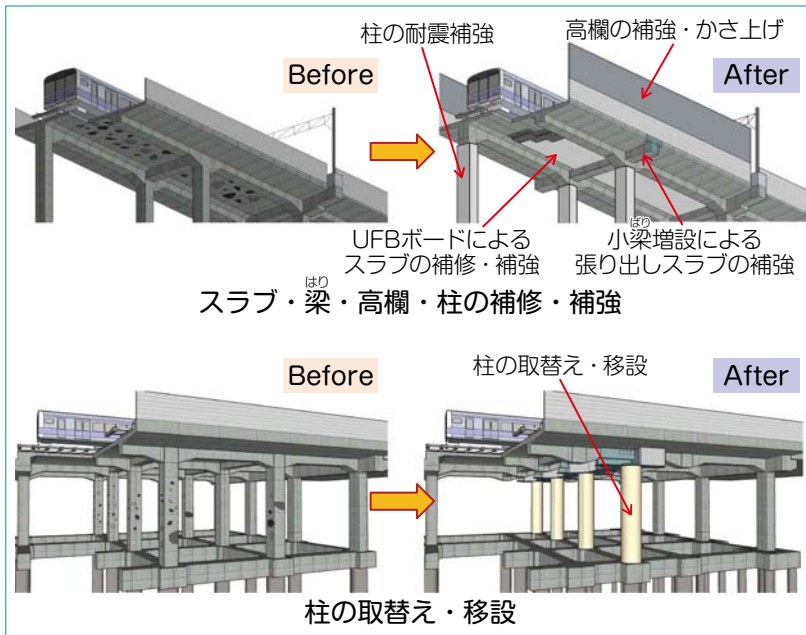


図7 高架橋のリニューアル技術の例

ようになりますが、構造物の特性に応じ低コストで高い効果を有する方法の確立を目指しています。

### リニューアル技術の開発

鉄道総研では2010～14年度にわたり鉄道の将来に向けた研究課題「構造物のリニューアル技術の革新」に取り組み、高架構造物と駅を対象として新たな技術を提案しました<sup>1), 4)</sup>。ここでは、これらを中心として「補修・補強」の領域に近い技術も含めて、構造種別ごとに一端を紹介しします。

#### 橋りょう(図6)

橋りょうのうち、鋼橋は平均経年70年を超えています。支承部の変状、鋼材の腐食による桁の耐力低下、地震時の橋台背面盛土の沈下、列車走

行時の騒音・振動の発生など、さまざまな問題を抱えています。このため、補強や取り替えが必要となる場合があります。鋼橋を取り替える場合、従来、線路を横に移設した上で鋼桁を取り替える工事が行われます。しかし、この方法は大規模で長期の施工期間を要します。そこで、鋼橋を撤去することなく、耐震性向上、支承部の保守軽減、鋼桁の耐荷力・耐久性向上を同時に実現できる、鋼桁・橋台・盛土一体化工法を開発しました。

また、鋼桁をコンクリートとの合成構造化する工法や、鋼製橋脚の耐震上の弱点となるピロット支承部の耐震補強工法なども開発しています。

#### 高架橋(図7)

RC構造のラーメン高架橋は、昭和

初期から現在まで膨大な数量が建設され供用されていますが、スラブ、梁、高欄などで鉄筋腐食によるコンクリートの剥落などが問題となっているものも少なくありません。また、柱の耐震補強が必要なものもまだ残されています。これらの課題に対し次の工法を開発しました。

- ・中間スラブ：超高強度繊維補強コンクリート(UFCボード)やデッキプレートを用いた補強工法
- ・高欄：高じん性セメントボードを用い補強やかさ上げを行う工法
- ・片持ちスラブ：高欄のかさ上げに伴う片持ちスラブの耐力不足を補うため、柱と同じ間隔でRC小梁を増設して補強する工法
- ・柱：鋼板巻立て補強のほか、厳しい施工上の制約を考慮した各種耐震補強工法<sup>5)</sup>
- ・梁：アーチ型の鋼材を梁下面に設置して型枠とする補強工法「アーチサポート工法」

さらに、高架橋柱の合理的な取り替え・移設工法も開発しており、これらを適宜組み合わせることで、高架橋の抜本的なリニューアルが可能になります。

#### 土構造物(図8)

土構造物は、鉄道の路線延長の8割近くを占めますが、集中豪雨や地震時のり面崩壊などの防止技術に関する研究を進めており、壊れにくくしなやかな土構造物に生まれ変わるための技術を開発しました。

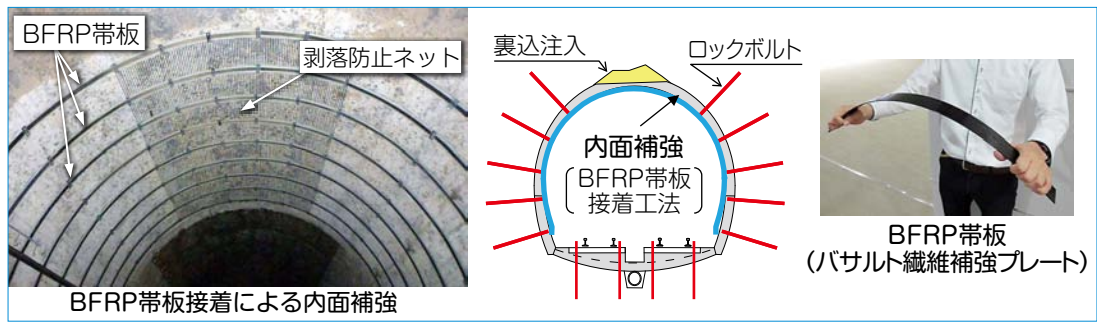


図9 トンネルのリニューアル技術の例

- ・土留壁：崩壊防止ネットと地山補強材により石積み壁を耐震補強する工法で、用地の制約箇所でも地山補強材の打設角度により対策可能。
- ・盛土：盛土中に補強材（ラディッシュアンカーなど）を挿入するとともに、セル状のプラスチック補強材（ジオセル）やネットなどでのり面を覆い盛土を補強する工法<sup>6)</sup>

### トンネル (図9)

山岳トンネルでは、地圧の影響を受けて変形や剥落を伴う変状が長期間進行する場合があります。

このような変状対策技術として、変状の程度に応じて裏込注入、ロックボルト、内面補強工などによる最適な補強パターンを選定する方法を開発するとともに、変形性能の改善と剥落防止に有効で内空阻害が少なく、施工性・耐久性に優れたBFRP（バサル繊維補強プレート）帯板を用いた内面補強工法を開発しました。

### 駅 (図10)

大都市部の駅では、利便性や快適性の向上、空間創造などを目的としたリニューアルの需要が高まっています。

そこで、高架駅ホームについて、ホーム空間の快適性の向上を実現できるホームのシェルター化工法を開発しました。

また、地下駅を切り広げて大規模に拡幅する際のリニューアル技術として、接続部の空間を広く取れかつ安価に施工可能な新旧トンネルの接続工法を開発しました。

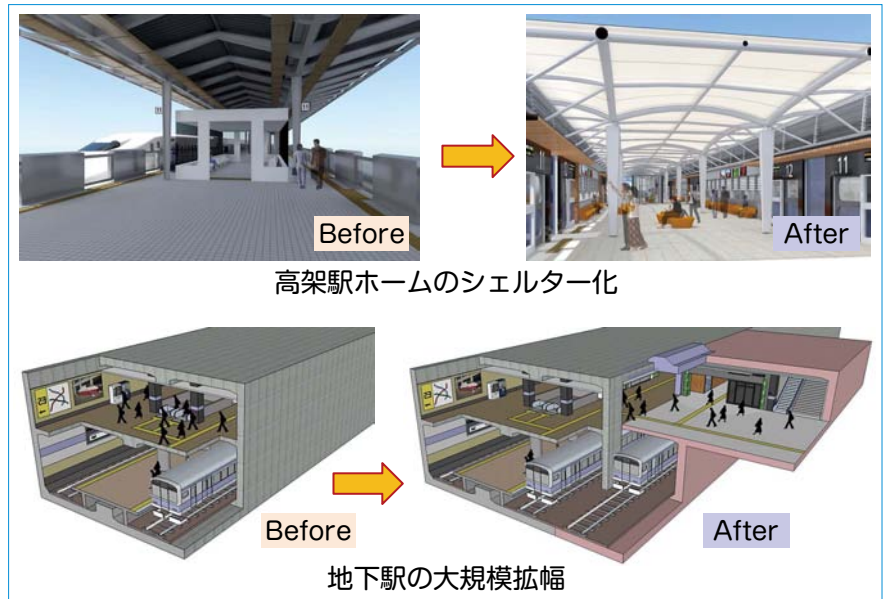


図10 駅のリニューアル技術の例

### おわりに

リニューアルには次のようにさまざまなものがあり、今後、その機運はますます高まると予想されます。

- ・老朽化が進んだ構造物の性能・機能向上のための抜本的な改修
- ・耐荷性能や耐震性能の向上を指した構造形式の変更
- ・付加価値として使用性や環境適合性向上のための抜本的な改修
- ・走行空間や駅空間の拡大（駅空間の切り広げ、狭小トンネルの拡幅）

ここで紹介したリニューアル技術は、いずれも実用性の高い成果と考えていますが、今後はこれらの成果のブラッシュアップとともに、上述のような多様なニーズにお応えできるようにさまざまな視点から研究開発を進めてゆきたいと考えています。

なお、本研究の一部は、国土交通省

鉄道技術開発費補助金を受けて実施したものです。RRR

### 文献

- 1) 舘山勝：鉄道構造物の経年劣化克服に向けたリニューアル技術、第26回鉄道総研講演会、2013
- 2) 運輸省鉄道局：トンネル安全問題検討会報告書、2000
- 3) 市川篤司：鉄道構造物の新しい維持管理体系、鉄道総研報告、Vol.19、No.12、2005
- 4) 谷村幸裕：構造物のリニューアル技術の革新、RRR、Vol.72、No.7、2015
- 5) 岡本大、堀慎一、谷村幸裕：既設高架橋の耐震性を向上する、RRR、Vol.70、No.3、pp.20-23、2013
- 6) 原田道幸、清川伸夫、小島謙一、島田貴文、田村幸彦、矢崎澄夫、横田弘一、南都和美：ジオセルと地山補強材による一体のり面工の特性について、ジオシンセティクス技術情報、Vol.31、No.1、pp.7-12、2015