

# 鉄道構造物の維持管理の現状と新しいリニューアル技術の開発

谷村 幸裕

我が国の鉄道は開業以来 140 年以上経過し、昨年は東海道新幹線が開業 50 周年を迎えた。そして、これまでに膨大な構造物が建設されてきたが、鉄道構造物は取替えが困難であり建設後長期間経過した構造物が増加している。近年、道路橋などでインフラの老朽化対策が課題となっているが、鉄道では比較的早くからこの問題が顕在化し、様々な取組みが実施されてきた。戦後間もないころから構造物の図面整理に始まり、定期的な検査や記録の保管などの体系が定められ、実施と見直しが繰り返されてきた。最近では、高経年構造物の抜本的対策として、リニューアル技術を開発するなど、更なる取組みを進めている。

キーワード：鉄道構造物，橋梁，トンネル，維持管理，補修，補強，リニューアル

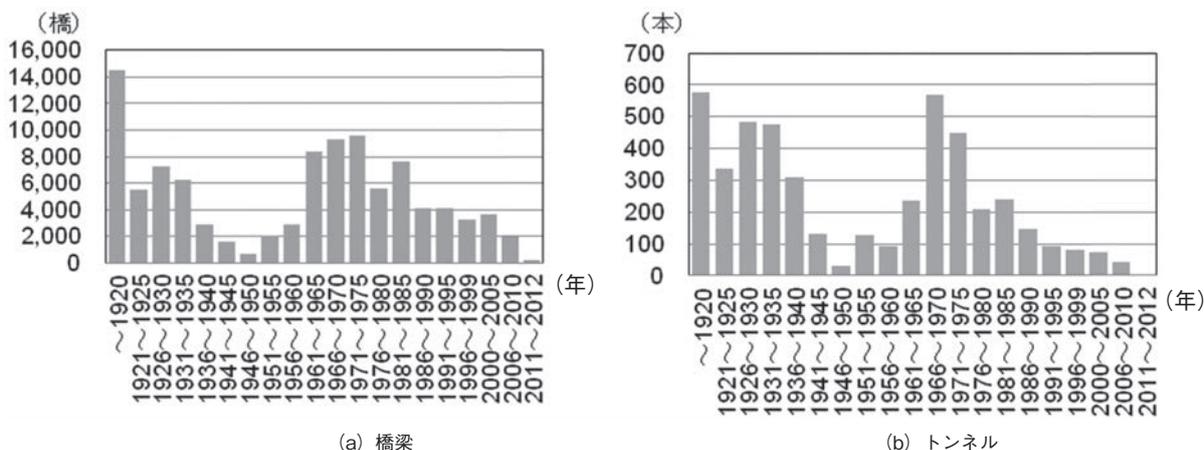
## 1. はじめに

我が国の鉄道は 1872 年の開業以来 140 年以上経過したが、この間、全国に鉄道網の整備が進められ、膨大な構造物が建設されてきた。複線化や高速化に伴う路線改良も進められてきたが、鉄道構造物は取替えが困難であり、建設以来そのまま使用し続けている構造物も多い。在来線では建設以来 100 年以上経過した構造物が少なからず存在し、新幹線においても昨年に東海道新幹線が開業から 50 周年を迎えるなど、建設後長期間経過した高経年の構造物が増加している。近年、道路橋などでインフラの老朽化対策が課題となっているが、鉄道では比較的早くからこの問題が顕在化し、構造物を適切に維持管理するための取組みが実施されてきた。

本稿では、鉄道構造物の現状と維持管理の概要について述べるとともに、最近開発された新しいリニューアル技術を紹介する。

## 2. 鉄道構造物の現状

図一 1 に鉄道橋梁およびトンネルの建設年度別の数量を示す<sup>1)</sup>。図より、構造物が比較的多数建設されていた時期が二つあるのが分かる。一つは、明治大正期から昭和初期の期間で、在来線の整備と改良が進められた時期である。もう一つは、戦後の高度経済成長期であり、新幹線の建設などが進められた時期である。橋梁、トンネルともに平均経年は 50 年を大きく超えており、橋梁の 1/3、トンネルの 1/2 は戦前に建設されたものを使用している状況である。鉄道構造物



図一 1 構造物のストック量 (国交省調べ)<sup>1)</sup>

を取り替えるには多くの時間と費用が必要となるため、これからも現状の構造物を適切に維持管理し、さらに長い期間にわたって継続して使用していくことが必要とされている。

### 3. 鉄道構造物維持管理の取組み

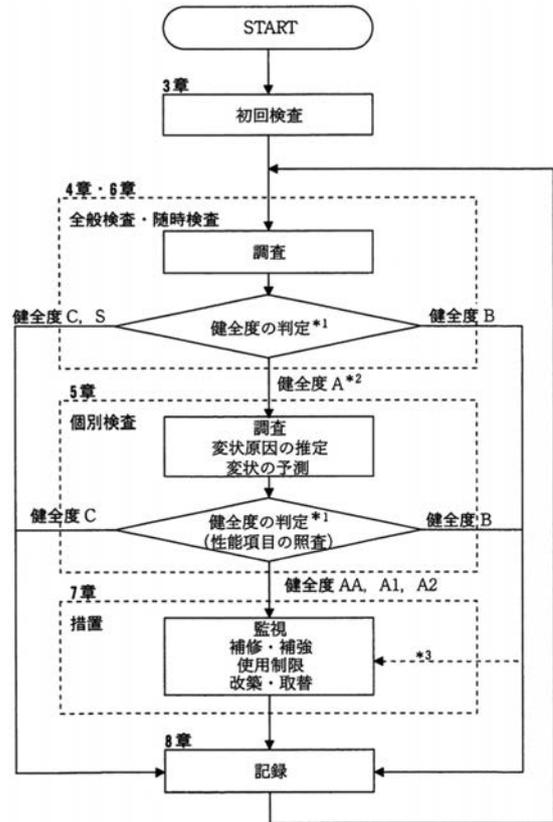
鉄道構造物の維持管理の取組みは、戦後間もなく、戦災で焼失した図面などの資料再整備で始まった。1956年に「建造物保守心得（案）」と「建造物の検査及び措置要領」が作成され、実態調査の結果により構造物の図面等が再整備され、維持管理の体制が作られた<sup>2)</sup>。その後、土木保守近代化計画が始まり、検査体制の強化、検査の高度化と効率化が図られた。1974年には「土木建造物取替の考え方」が作成され、検査や変状原因の究明、健全度の判定、措置といった建造物の補修の流れを体系立てて整理された。1987年には「建造物保守管理の標準」<sup>3)</sup>として改訂され、新たな知見の導入、健全度判定事例やチェックリストが追加された。

このような取組みにもかかわらず、1999年に山陽新幹線のトンネルで覆工コンクリートが剥落して車両の屋根を破損する事故が発生した。また、同時期に高架橋でもコンクリート剥落問題が顕在化して構造物の維持管理が社会問題となり、更なる取組みが求められた。一方、2002年に鉄道に関する技術基準を定める省令が性能規定化されたことから、その解釈基準を作成することとなり、「建造物保守管理の標準」をベースとし新たな知見を加えて、2007年に「鉄道構造物等維持管理標準（以下、維持管理標準）」<sup>4)</sup>が制定され、現在に至っている。

維持管理標準では、①～④の手順で維持管理を行うことが基本とされている（図-2）。

- ①構造物の新設や改築、取替えを行った際に、初期の状態を把握することを目的として検査を実施する（初回検査）
- ②構造物の供用開始後、変状の抽出を目的とした検査を定期的（通常2年毎）に実施する（全般検査）。それ以外に、異常時やその他必要と考えられる場合にも検査を実施する（随時検査）
- ③②の結果、詳細な検査が必要とされた場合等に検査を実施する（個別検査）
- ④③の結果、必要に応じて措置を実施する

それぞれの検査において、表-1の区分に従って健全度を判定している。Aランクと判定されると、必要な時期に適切な措置を実施することになる。措置



\* 1：健全度の判定は表-1による。\* 2：健全度 AA の場合は緊急に措置を講じた上で、個別検査を行う。\* 3：必要に応じて、監視等の措置を講じる。

図-2 構造物の標準的な維持管理の手順<sup>4)</sup>

表-1 構造物の状態と標準的な健全度の判定

健全度	構造物の状態
A	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、またはそのおそれのある変状等があるもの
	AA 運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状等があり、緊急に措置を必要とするもの
	A1 進行している変状等があり、構造物の性能が低下しつつあるもの、または、大雨、出水、地震等により、構造物の性能を失うおそれのあるもの
A2	変状等があり、将来それが構造物の性能を低下させるおそれのあるもの
B	将来、健全度 A になるおそれのある変状等があるもの
C	軽微な変状等があるもの
S	健全なもの

の種類には、監視、補修・補強、使用制限、改築・取替えがある。措置に関する技術開発はこれまでも進められてきたが、今後、構造物の高経年化に伴い、部分的な補修・補強では対応できない構造物が増加することが考えられる。また、駅部などでは機能増強等の要求により、抜本的な構造変更を求められることも考

えられる。そこで、これらに対応するためのリニューアル技術の開発を進めてきており、次に、最近の成果の一部を紹介する。

#### 4. 高架橋のリニューアル技術

##### (1) 梁・スラブの補修・補強工法

高架橋の中間スラブは、軌道の直下に位置する重要な部材であるが、鉄筋の腐食により耐力の低下が懸念される場合や、列車通過時の騒音・振動の低減が求められる場合がある。これらの課題を解決するために、超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）ボードを用いた中間スラブの補修・補強工法<sup>5)</sup>を開発した。本工法は、スラブ下面にUFCボードを設置し、無収縮モルタルを充填して一体化するものである（図-3）。従来の全断面修復工法に比べて大掛かりな足場を必要としないため施工性を向上できること、大幅な耐力向上が期待できること、また、薄肉軽量のUFCボードを用いるため基礎への負担が小さいこと、スラブの剛性が高まることから振動や騒音の低減効果が期待できることなどの特徴がある。

高架橋の片持スラブは、その先端に設置された高欄や防音壁を支持する部材であるが、騒音対策として防音壁を嵩上げする場合に耐力が不足することがある。そこで、片持スラブの下面に小梁を増設して補強する工法<sup>6)</sup>を開発した。本工法により、高さ5m程度まで高欄の嵩上げが可能となる。

高架橋の梁に関してはアーチ型鋼材を用いて補強する工法（アーチサポート工法、図-4）<sup>7)</sup>を、高欄に関しては高じん性セメントボードを用いた補修工法（図-5）<sup>8)</sup>を既に開発しており、高架橋を構成する梁・スラブ等の部材の特性に応じた適切なリニューアルが可能となった。

##### (2) 柱の取替え・移設技術

高架橋柱は、高架橋の耐震性に影響する重要な部材

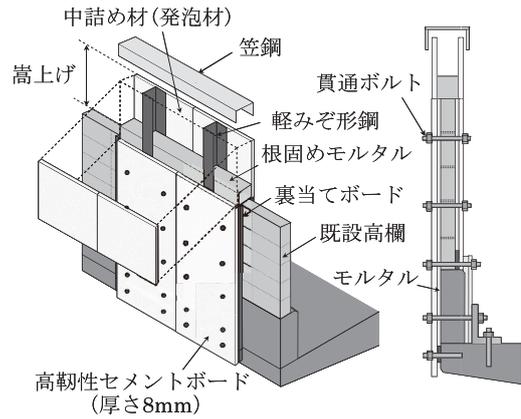


図-4 高欄の補修工法

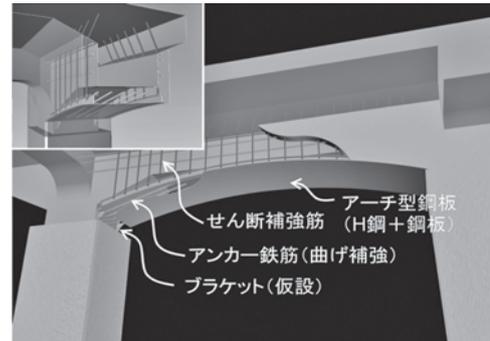


図-5 高架橋梁の補強工法（アーチサポート工法）

であり、これまでに様々な耐震補強工法が開発されてきた<sup>9)</sup>。一方、近年では高架下の空間を様々な施設として有効に活用するニーズが高まっているが、柱の位置によって高架下空間の利用が制限される場合があり、これを解消するには柱を移設する必要がある。そこで、コンクリート充填鋼管（以下、CFT）柱を用い、大規模な仮設物を必要としない柱の取替え・移設工法<sup>10)</sup>を開発した。本工法は、様々な条件の柱の取替えや移設に対応でき、既設の柱と柱の間にCFT柱を設置し、既設柱を撤去して柱間隔の拡大を図ることもできる（図-6）。既設高架橋の諸元や柱の移設位置によっては、柱以外の部分で補強が必要になる場合もあるが、増し杭による基礎の補強<sup>11)</sup>や前述の梁補強工法を用いることにより対応ができる。

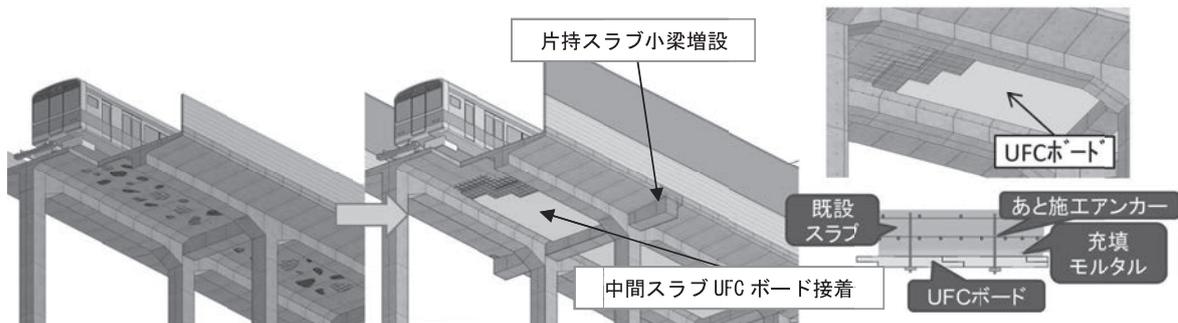
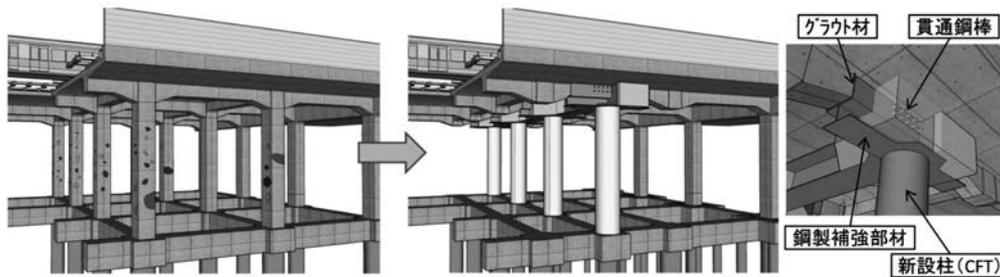
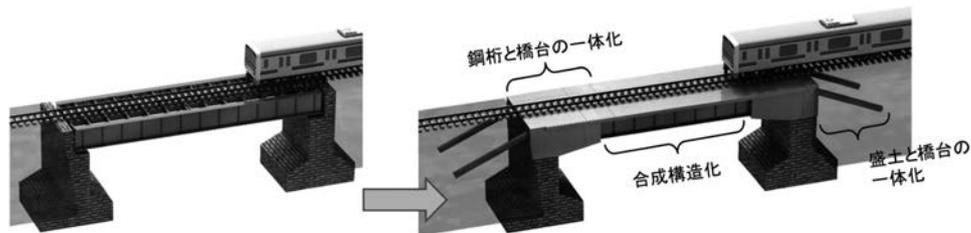


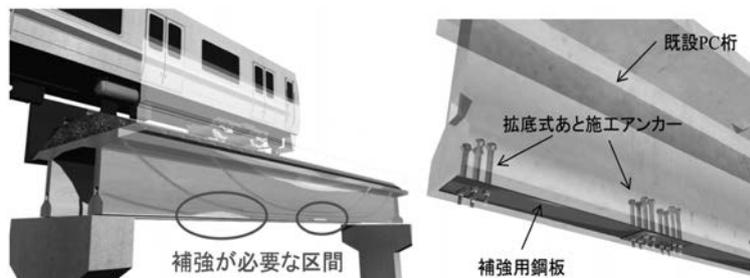
図-3 高架橋スラブの補修・補強工法



図一六 高架橋柱の取替え・移設工法



図一七 鋼桁・橋台・盛土一体化工法



図一八 PC桁の鋼板接着補強工法

## 5. 橋梁のリニューアル技術

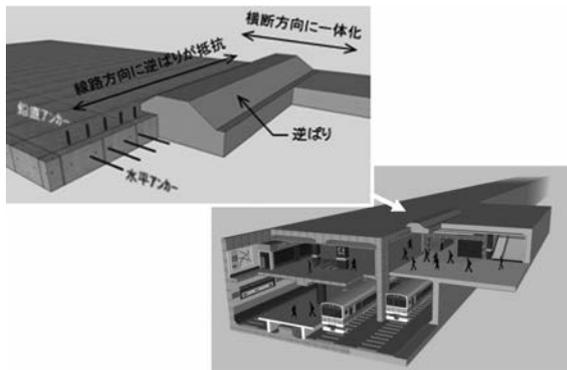
鉄道橋梁は、明治大正期にはその殆どに鋼桁が用いられていたが、昭和初期に鉄筋コンクリート（以下、RC）の実用化が進み、1960年頃にプレストレストコンクリート（以下、PC）技術が開発された。そして、騒音問題と維持管理コスト削減の観点から、それ以降はRC桁かPC桁が用いられるようになった。このような背景から、現在使用されている鋼桁は、建設後長期間経過したものが多く存在する。そこで、鋼桁の支承部を無くし鋼桁・橋台を一体化し、橋台・背面盛土を地山補強材で連結させ、鋼桁をそのまま存置した状態で再生させる鋼桁・橋台・盛土一体化工法<sup>12)</sup>を開発した（図一七）。この工法により鋼桁は延命化し、橋台の耐震性も大幅に向上できる。また、鋼桁の補強や騒音低減策として、まくらぎを撤去しコンクリート床版と鋼桁を一体化する合成構造化工法<sup>13)</sup>を開発した。これらについて、実大試験橋梁を用いた施工実験、載荷試験を実施し、補強効果を確認している。

また、PC桁においては、グラウト充填不良による鋼材の腐食、破断やそれに伴う桁の耐力低下が懸念さ

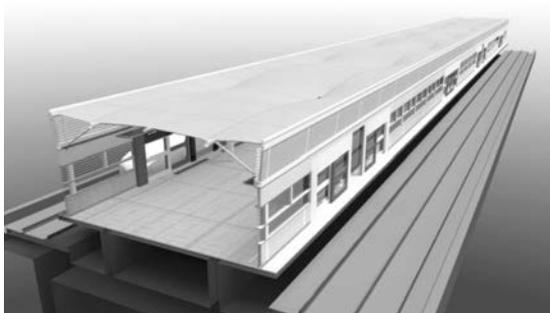
れているが、これを補うための補強工法を開発した<sup>14)</sup>（図一八）。本工法は、あと施工アンカーとして確実な定着が期待できる拡底式アンカーを用いた鋼板接着工法であり、部分的なグラウト充填不良に対応できる合理的かつ経済的な工法である。狭隘な桁下空間でも比較的容易に補強できる方法であり、実物大模型を用いた実験により、所定の補強効果が得られることを確認している。

## 6. 地下駅のリニューアル技術

既設トンネルで新たに大きな開口部を設ける場合、既設トンネルの補強が必要であったが、これを不要とした新旧トンネルの接続工法<sup>15)</sup>を開発した（図一九）。本工法では、既設トンネルの上床版を抱き込むように逆梁を設置し、水平と鉛直の十字に配置したアンカーで新旧トンネルを接続する。本工法で提案する構造は、線路横断方向に新旧トンネルを一体化するだけでなく、線路方向に逆梁を設置することで荷重の分散を図り、開口による既設トンネルへの負担の増加を抑制している。実物大模型の載荷試験などを実施し、新旧



図一 地下駅の新旧トンネル接続工法



図一 高架駅ホームのシェルター化工法

トンネルが一体的に挙動することや、接続部が十分な耐力を有することを検証するとともに、実用的な設計法をとりまとめた。これにより、比較的大きな開口を設けても既設トンネルを補強する必要がなくなり、地下駅の改良工事などにおいて大幅なコストダウンを図ることができる。

## 7. 高架橋駅のリニューアル技術

ホームのシェルター化により快適性を向上する技術を開発した(図一10)。本工法では、屋根を膜屋根に取り替えること、および、壁が雨よけとなるので、屋根の設置範囲をホーム直上のみにも縮小できることから、屋根の大幅な軽量化を実現し、既設高架橋上への設置が可能となった。また、膜材は太陽光を透過するので、シェルター化の欠点の一つである照度低下の防止にも寄与する。一方、夏季温熱環境の悪化を低減するには、十分な換気量を確保するための開口部を設ける必要があるが、模型実験などによりホーム上の気温を外気温よりも過度に高くないようにするための開口量を明らかにしている。

## 8. おわりに

今後も構造物の高経年化に伴い、さらに様々な課題

が発生してくると考えられるが、構造物を長く使い続けられるよう維持管理技術の研究開発を積極的に進めていきたい。

## 謝 辞

なお、本研究の一部は、国土交通省の技術開発費補助金を受けて実施した。また、中間スラブの補修・補強工法およびアーチサポート工法は東急建設(株)との共同研究、高じん性セメントボードを用いた高欄の補修工法は株大林組との共同研究の成果である。

本研究において多大な協力を頂いた関係各位には、この欄を借りて謝辞を申し上げる。

JICMA

## 【参考文献】

- 1) 国土交通省鉄道局：鉄道構造物の維持管理の現状、第1回鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証会議 資料1、<http://www.mlit.go.jp/common/000995186.pdf>, 2013.4
- 2) 構設史編集研究会編：鉄道構造物を支えた技術集団—国鉄構造物設計事務所の足跡—、日本鉄道施設協会、2009.
- 3) 財団法人鉄道総合技術研究所：建造物保守管理の標準・同解説、1987.4
- 4) 国土交通省監修、財団法人鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)、丸善、2007.1
- 5) 白井貴之、笠倉亮太、渡辺勉、仁平達也：超高強度繊維補強コンクリートによるRCスラブの補強工法の開発、コンクリート工学年次論文集、Vol.36, No.2, pp.1243-1248, 2014.
- 6) 鬼頭直希、仁平達也、岡本大、黒岩俊之、笠倉亮太：増設したRC小梁がRC張出しスラブに及ぼす補強効果、第21回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL2014)、Vol.36, S2-13-3, 2014.12
- 7) 田所敏弥、谷村幸裕、轟俊太郎、前田友章、前田欣昌：アーチ型鋼材を用いたラーメン高架橋梁の補強工法の開発、鉄道総研報告、Vol.25, No.2, pp.17-22, 2011.2
- 8) 橋本学、松本光矢、谷村幸裕、野村敏雄、福井真男：高靱性セメントボードによる既設高欄の補修・補強工法、土木学会第65回年次学術講演会、V-595, 2010.9.
- 9) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：既存鉄道コンクリート高架橋柱の耐震補強設計指針、2013.12
- 10) 齊藤雅充、上村寿志、池田学、杉本一朗、上村寿志、谷口望、依田照彦：既設高架橋接合部に着目したCFT柱によるリニューアル技術、鉄道総研報告、Vol.28, No.8, pp.11-16, 2014.8.
- 11) 西岡英俊、松浦光祐、齊藤雅充：シートパイルを用いた増し杭と既設フーチングの一体化工法、日本鉄道施設協会誌、第53巻第4号、pp.309-311, 2015.4
- 12) 神田政幸、須賀基晃、横山知昭：鋼桁・橋台・盛土一体化による旧式橋梁の耐震補強、鉄道総研報告、Vol.26, No.4, pp.29-34, 2012.4
- 13) 吉田善紀、谷利晃、杉本一朗：既設鋼橋のリニューアルのための合成構造化の開発、鉄道総研報告、Vol.26, No.4, pp.17-22, 2012.4
- 14) 渡辺健、堀慎一、轟俊太郎、谷村幸裕：プレストレストコンクリート桁に対する部分鋼板補強工法の開発、鉄道総研報告、Vol.27, No.6, pp.31-36, 2013.6.
- 15) 仲山貴司、津野究、牛田貴士、焼田真司、室谷耕輔：既設開削トンネル側壁の開口に関する構造解析手法の検討、土木学会論文集F1、Vol.71, No.1, pp.29-40, 2015.

## 【筆者紹介】

谷村 幸裕 (たにむら ゆきひろ)  
(公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部  
部長

