

行政情報

鉄道構造物の建設技術における 生産性向上の取り組み

神田 政幸

近年、建設工事での生産性向上が求められている。鉄道の建設現場、たとえば鉄道の複線化工事や連続立体交差化工事、あるいは地下鉄工事や整備新幹線建設工事においても同様に生産性向上、つまり省力化・省人化、そして工期短縮に結び付く取り組みが行われている。本稿では国土交通省が進める「i-Construction」を概観した後に、鉄道の建設現場の生産性向上策として、鉄道構造物を対象に「橋りょう・高架橋」、「土構造物」、「橋りょうと盛土の境界部」、「トンネル」の各分野での実用化技術を俯瞰して紹介する。

キーワード：生産性向上、i-Construction、鉄道、建設現場、橋りょう・高架橋、土構造物、トンネル

1. はじめに

我が国では、急速な少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少に直面し、建設分野の技能労働者の確保や、保有する技術力の維持・向上が求められ、これらの対策として生産システムの変革も含めた生産性の向上が注目されている¹⁾。学会などで指摘されるように²⁾、建設分野の生産性は過去の開発段階あるいは技術導入段階と比較して、飛躍的な向上がないまま現在に至る技術分野と言える。

本稿では、建設分野の生産性向上の取り組みとして、国土交通省が進める「i-Construction」を概観した後に、鉄道の建設現場の生産性向上策として実用化技術を俯瞰して紹介する。

2. i-Construction

統計によると、2019年12月では建設業の就業者は488万人であり、ピーク時の1997年の685万人から約30%減少した。さらに、建設業就業者の55歳以上は3万人増加し、29歳以下は約1万人減少する高齢化が継続的に進行している。このような背景により、建設業の生産性向上は急務な課題である。ICTの全面的な活用により、建設段階の調査・測量から設計、施工から、建設後の検査、維持管理・更新までのすべての建設・維持管理プロセスの生産性向上が目標である。国土交通省は、2016年を「生産性革命元年」と位置づけ、同年3月に「国土交通省生産性革命本部」を設置し、「i-Construction」を推進する20の「生産

性革命プロジェクト」を選定した。同年9月の政府の未来投資会議（議長：内閣総理大臣）において、建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指し、建設現場の生産性を2025年度までに2割の生産性向上の方針を宣言した³⁾。「i-Construction」のコンセプトは次の3つである。

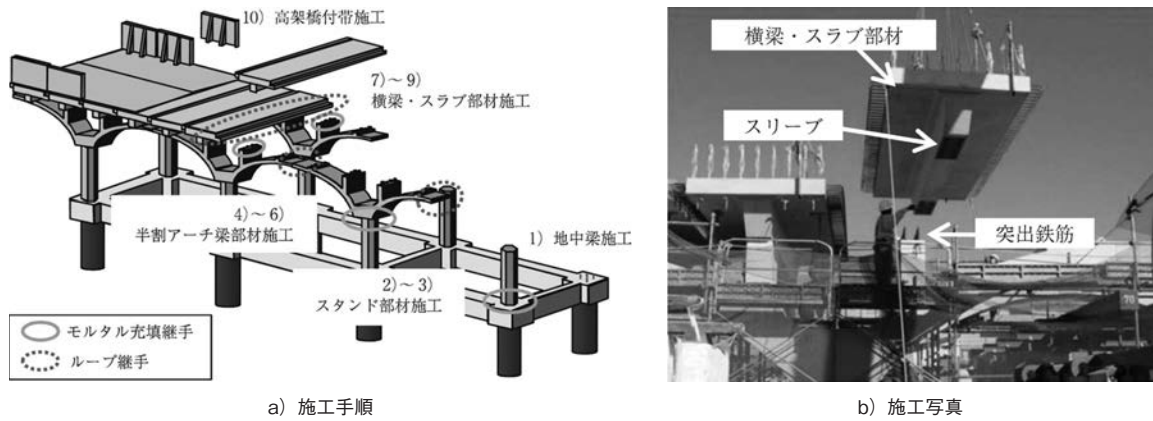
- 1：ICTの全面的な活用（ICT土木という）
- 2：規格の標準化
- 3：施工時期の標準化

「i-Construction」が目指す建設現場のイメージとして、①現場打ちの効率化や、②プレキャストの推進、および③建設現場のサプライチェーンの効率化が挙げられる⁴⁾。

以下では、鉄道の建設現場の生産性向上の実用化技術として、鉄道構造物を対象に「橋りょう・高架橋」、「土構造物」、「橋りょうと盛土の境界部」、「トンネル」の品質・性能が確保でき、上述の①、②に直結する省力化・省人化、施工工数の削減や工期短縮に寄与する建設技術を紹介する。

3. 橋りょう・高架橋

鉄道の連続立体交差化工事では、既設鉄道の安全性を確保し、鉄道近傍の狭隘な場所で時間的制約を受けながら、鉄道の橋りょう・高架橋を構築する。このような場合、工場製作のプレキャスト部材をラーメン高架橋の柱、はり、スラブに部分的、あるいはほぼすべてに適用することで、省力化及び急速施工による工期短縮を可能とする（図-1）⁵⁾。プレキャスト部材を用



図一 1 フルプレキャスト工法によるラーメン高架橋⁵⁾

いた高架橋の特徴は、現場打ち鉄筋コンクリートラーメン高架橋と比較して、①型枠組立、配筋や支保、コンクリート打設、養生などの現場作業が削減され、②部材が工場製作のため品質の変動が少なく、安定供給される。最近では、整備新幹線の建設現場において大幅な工期短縮を期待し、現場打ち鉄筋コンクリートラーメン高架橋に替えて、プレキャスト工法による高架橋建設工事が進められる場合がある。

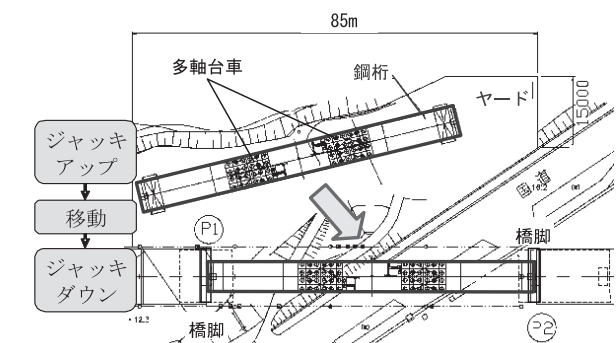
交通量の多い既設の道路を跨ぐ鉄道の橋りょうの建設の場合、現地の架設作業の時間的制約から鋼橋りょうを選択するが多い。特殊な例として、交差道路の交通止め時間を最小限に留める必要から、鋼橋りょうの一括架設工法が採用される。この場合、①鋼橋の鋼重量が400 ton 超で大型クレーンが使用できないこと、②地組み場所から架設現場まで移動可能な条件が必要になるとして、多軸式移動台車が用いられた(図一2)。同図の例では、多軸式移動台車(250 ton)を4台、ユニットジャッキ(150 ton)を8台使用し、夜22時に作業を開始し、約7時間で単純合成桁の架設作業を終えた⁶⁾。

4. 土構造物

鉄道の盛土や切土などの土構造物については、一般的に「橋りょう・高架橋」と比較して施工速度は速いものの、土の締固めや切土の掘削による現場の施工品質が、鉄道の土構造物の性能に影響することが知られている。また、盛土高や切土高が高くなるとのり面も比例して長くなり、鉄道用地の取得が難しくなることもある。これらに対して、面状補強材や地山補強材などの引張り補強材と鉄筋コンクリート壁面を連結し、急勾配化した盛土補強土擁壁や切土補強土擁壁が用いられてきた(図一3, 4)。特徴として、①のり面の急勾配化により鉄道用地を最小化し、盛土や切土の土工量を最小化するとともに、②鉄筋コンクリート壁面とこれらの補強材を連結することで、線路横断方向の構造物としての一体性が通常の盛土や切土と比較して増

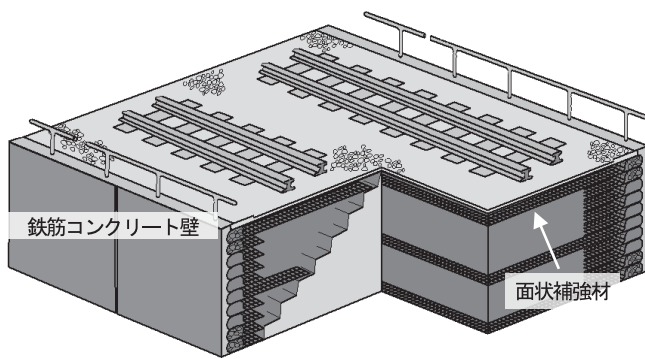


a) 完成した単純合成桁

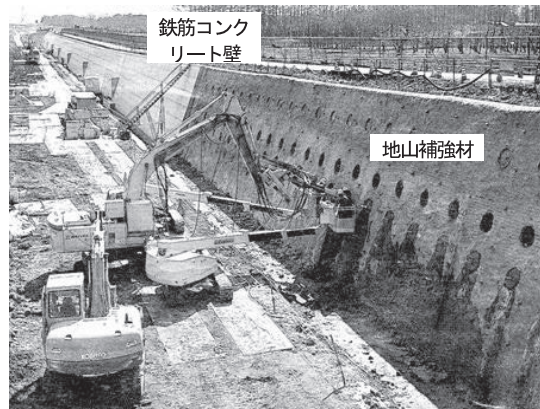
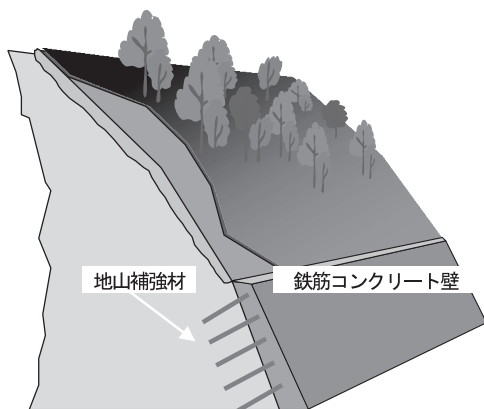


b) 多軸式移動台車による桁架設

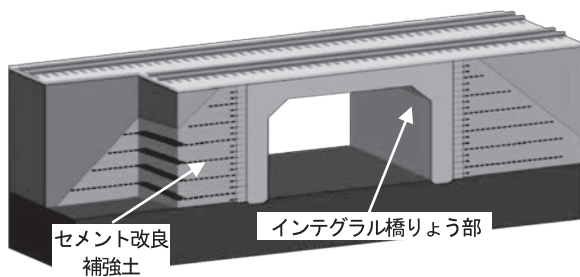
図一 2 単純合成桁の一昼夜での架設⁶⁾



図一三 盛土補強土擁壁



図一四 切土補強土擁壁



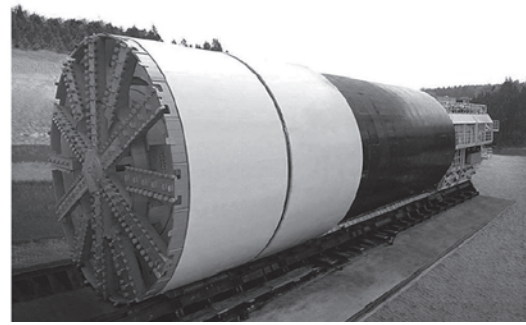
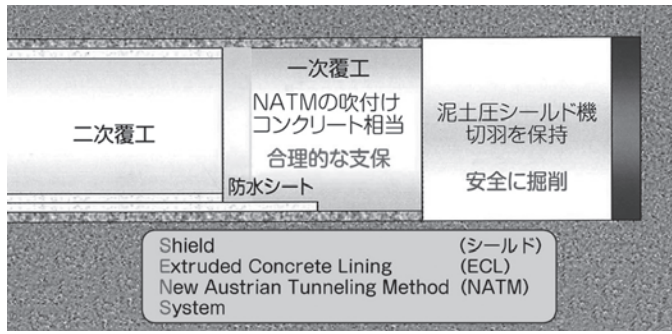
図一五 補強盛土一体橋りょう (GRS 一体橋りょう)⁷⁾

強される。また、③盛土や切土構築後に鉄筋コンクリート壁面と一体化する施工工程のため、一体化後の支持地盤や切土のり面の変位・変形を極力抑制し、設計では考慮していないが線路方向の地盤の強度変動による盛土や切土の変形を、鉄筋コンクリート壁面で抑制する効果も期待できる。

5. 橋りょうと盛土の境界部

盛土内に位置する桁、橋台からなる桁式橋りょうに対して、桁・橋台・背面盛土を一体化するコンセプト

を基本に、鉄筋コンクリート構造のインテグラル橋りょうとセメント改良された背面の補強盛土からなる新しい構造形式の橋りょうを補強盛土一体橋りょう (GRS 一体橋りょう: Integral Bridges with Geosynthetics-Reinforced Soils)⁷⁾ と呼ぶ (図一五)。この構造形式の橋りょうの特徴は、①背面盛土構築後にインテグラル橋りょうを構築し背面盛土と一体化するため、一体化後の沈下を抑制しインテグラル橋りょうに生じるひび割れの可能性を極力低下させる施工工程であること。また、②支承レス構造であり、支承のメンテナンスコストを省略できること。③橋台裏の背面盛土が平



図一六 SENS 工法 (Shield Extruded Concrete Lining New Austrian Tunneling Method System)⁸⁾

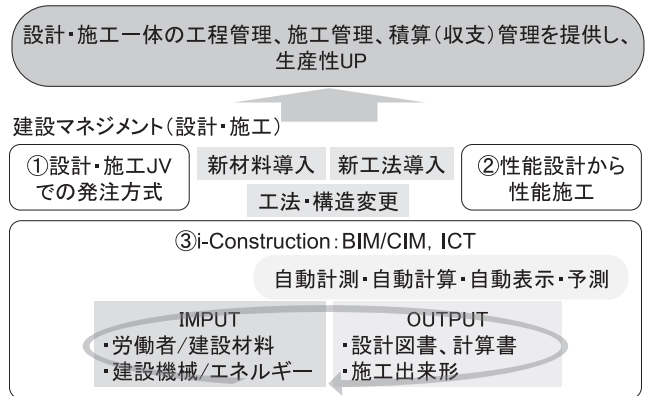
常時、異常時に抵抗し、弱点箇所となる支承部がないことにより、橋りょう・背面盛土の耐震性が飛躍的に向上することがある。GRS 一体橋りょうは、RC 桁、PC 桁や合成桁を用いることで、対象スパンに合わせて橋りょうの構造計画が可能であり、また多スパン化により適用範囲の拡大が行われている。

6. トンネル

SENS 工法 (Shield Extruded Concrete Lining New Austrian Tunneling Method System) は、密閉型シールドマシンにより掘削と切羽の保持を行い、掘進と並行してシールド後方で場所打ちの一次覆工コンクリートを打設し、その後、二次覆工を施工してトンネルを構築する工法である (図一六)⁸⁾。シールド工法 (Shield)、場所打ちライニング工法 (ECL)、山岳工法 (NATM)、施工システム (System) の頭文字から SENS 工法と呼ぶ。NATM 単独では施工が困難な地山に対して、通常は地盤改良・支保などの補助工法を併用する 경우가多く、コスト増や工期増となる課題があった。このような地山でのトンネル建設に対して、SENS 工法は補助工法を省き密閉型シールドマシンにより安全な掘削機構と、現場での経済的な覆工作製機能を有した工法と言える。

7. おわりに

本稿では、鉄道の建設現場の生産性向上策として実用化技術を俯瞰して紹介した。最後に鉄道の建設現場での飛躍的な生産性向上につながる、今後の取り組みの方向性について私見を示す。国土交通省の「i-Construction」では、今後目指す建設現場のイメージとして示された3つのうち、3番目として建設現場のサプライチェーンの効率化があげられている。これは、建設現場の生産システムのシームレス化と言える。従来から建設現場では設計・施工分離の生産システムがとられ、これ



図一七 建設現場の生産システムのシームレス化

を各担当者同士による人海戦術的に情報共有により、次の工程を行ってきた。これを改め工程間の連続性を重視し、現場での自動計測・自動計算・自動表示・自動予測・自動(評価)判断によって、「設計・施工一体の工程管理、施工管理、積算等の収支管理」による生産性向上を図るものである (図一七)。設計・施工の建設マネジメントにおいて、①設計・施工JVでの発注方式による契約行為の効率化と、②性能設計から性能施工による品質管理や施工管理の効率化、さらに③BIM/CIM, ICT管理による自動化による効率化の3つからなる。これにより新工法や新材料などの新しい技術の導入、工種・構造変更が容易となる生産体勢に変わることが想定され、生産システムの変革をダイナミックに展開させることにつながると期待される。工程のところどころでは、人的な判断が必要となる場面が必要であるが、自動化による人的判断の支援・サポートが前提となる。当然であるが、鉄道構造物の建設に関わる技術基準も、「i-Construction」のコンセプトに合致させたものに改訂されていくことが想定される。

生産性2割アップを目標とする2025年まで残された時間は限られている。鉄道の建設現場の飛躍的な生産性向上につながるように、鉄道事業者・ゼネコン・建設等のコンサルタントと研究機関が連携して、生産

性向上策の実用化例を増やすことが、今後も継続的に求められると考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 例えば、土木学会平成 28 年度会長特別タスクフォース WG1：2050 年の社会と建設産業のシナリオ，土木学会誌，Vol.102，No.6，pp.6-7，2017.
- 2) 石橋忠良：コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案，土木学会誌，Vol.102，No.6，pp.14-15，2017.
- 3) 橋本亮：国土交通省における i-Construction の推進に向けた取り組み，建設マネジメント技術，No.6，pp.8-15，2018.
- 4) 東川直正：基調講演資料「i-Construction の推進について」，第 1 回 i-Construction の推進に関するシンポジウム，土木学会建設マネジメント委員会 i-Construction 特別小委員会，2019.7 〈<http://committees.jsce.or.jp/cmc/system/files/公開用資料.pdf>〉
- 5) 上田清弘，安東崇容，永尾拓洋：プレキャストアーチ構造を採用した

鉄道高架橋の施工について，コンクリート工学，Vol.50，No.7，pp.615-620，2012.

- 6) 南邦明，横山秀喜：東北新幹線・九州新幹線における種々の制約条件下での鋼鉄道橋の架設，橋梁と基礎，No.12，pp.13-20，2011.
- 7) 進藤良則：津波で被災した橋梁基礎を再利用した GRS 一体橋梁の施工，特集東日本大震災からの復旧・復興（その 1）- 道路，鉄道，港湾，空港，基礎工，Vol.43，No.7，pp.54-57，2015.
- 8) 焼田真司，丸山修：最近の鉄道トンネル建設技術，RRR，Vol.72，No.9，pp.8-11，2015.

【筆者紹介】

神田 政幸（こうだ まさゆき）
（公財）鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部長

