

# 異なる部材をつないで 構造物を効率的に建設する



中田 裕喜

Yuki Nakata

構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室  
主任研究員



轟 俊太朗

Shuntaro Todoroki

構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室  
主任研究員



田口 隆治

Ryuji Taguchi

構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室  
副主任研究員



渡辺 健

Ken Watanabe

構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室長

## はじめに

コンクリート構造物は、鉄筋や鋼材を配置した型枠内にコンクリートを流し込む（打込む）ことにより、つなぎ目を設けることなく任意の形を製作できることが特徴です。ただし、型枠の設置の都合やコンクリートの充填の確保、コンクリートの硬化にともなう変形などに備えるために、部材単位で順次コンクリートを打継いで構築されます。例えば「ラーメン高架橋<sup>1)</sup>」では、基礎、柱、はり、スラブなどの単位で打継がれます。この硬化したコンクリートに新たにコンクリートを打継ぐ箇所である接合面では、硬化したコンクリート表面に凹凸を設け、またあら

かじめ鋼材を橋渡ししておくことで、硬化後も力や変形を確実に伝達できます。一方、工場で製作したコンクリート部材や既設のコンクリート構造物、異種材料で製作した部材をつなぐ（接合する）場合、このような施工ができないため、接合面や「接合部<sup>2)</sup>」では「機械式継手<sup>3)</sup>」やアンカーなどを使用した特有の接合方法が求められます。実績の少ない接合方法の場合、性能や施工性を実験などであらかじめ検証しておく必要があります。また、適切な施工がなされたのかを確認できる方法であることが重要です。

ここでは、構造物のさまざまな条件に対して、こうした特有の接合方法を用いて建設された3つの事例と開発技術について紹介します。

### 1) ラーメン高架橋

一般に、基礎、地中はり、柱、上層はり、スラブなどで構成され、これらが剛結された構造の高架橋。鉄道高架橋の最も一般的な構造であり、ラーメンは「骨組み」を意味するドイツ語に由来しています。

### 2) 接合部

アンカーやずれ止め、継手などを介して、部材間の断面力を確実に伝達するために必要な接合面周辺の領域。

### 3) 機械式継手

スリーブやカプラーといった筒状の部品を介して鉄筋を機械的に接合する方法。複数の接合方式がありますが、プレキャスト部材同士の接合では、スリーブにモルタルなどの充填材を注入し、一体化するモルタル充填継手が一般に用いられます。

## プレキャストコンクリート部材をつなぐ

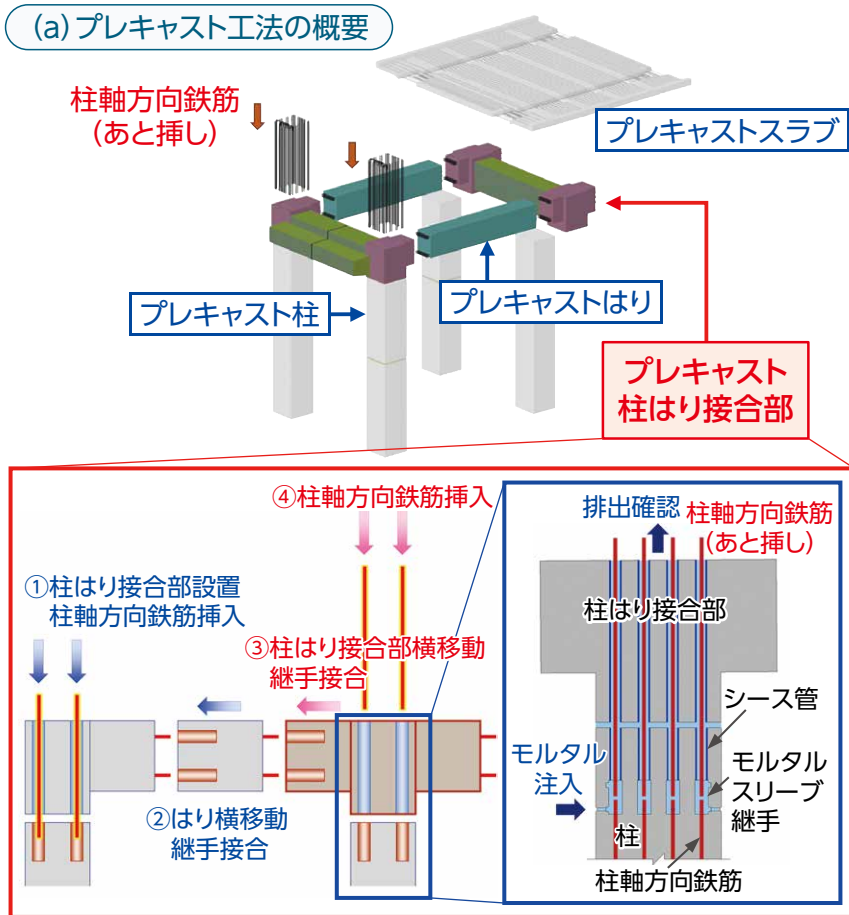
施工の省力化や工期短縮などを目的に、プレキャストコンクリート部材を用いた高架橋が開発、建設されています<sup>1)</sup>。プレキャストコンクリート部材は、工場で製作したコンクリート部材であり、高架橋のはりや柱などのパーツとなります。これらのパーツを現場で接合して高架橋などを構築する工法がプレキャスト工法と呼ばれます。

プレキャスト工法における鉄筋同士の接合では、スリーブをあらかじめコンクリート内に埋

め込むことで施工が可能な機械式継手を用いることが一般的です。片側の部材に埋め込まれたスリーブにもう一方の部材から突出する鉄筋を挿入し、鉄筋とスリーブの隙間や、つなぎ合わせる部材間の隙間（目地）にモルタルを注入することで、2つのプレキャスト部材を一体化します。部材を一体化するためには、モルタルを隙間なく充填することが重要です。ただし、柱とはりが交差する柱はり接合部では、鉛直方向の柱と水平方向の縦ばり、横ばりの3方向の部材接合をプレキャスト工法で成立させることが難しく、従来の工法では柱はり接合部を場所打ちコンクリートとしていました。

ラーメン高架橋のプレキャスト工法<sup>2)</sup>(図1(a))の接合では、柱はり接合部内にシース管をあらかじめ設置し、水平方向のはりの鉄筋を継手に挿入した後にシース管に柱の軸方向鉄筋をあと挿入することで3方向の部材接合が可能となり、柱はり接合部のプレキャスト化を実現しました。また、モルタルをスリーブに向けて注入するための入口（注入口）を1か所と、全てのスリーブにモルタルの排出口を設け、これらをシース管や塩化ビニル管でつないで経路を確保する構造としました(図1(b))。これにより、1か所の注入口から目地を介して全てのスリーブの排出口までモルタルが流れ込むこととなり、すべてのスリーブでモルタルの排出を確認することで、隙間のない確実なモルタルの充填管理

### (a) プレキャスト工法の概要



### (b) 柱はり接合部とはりにおける接合の詳細

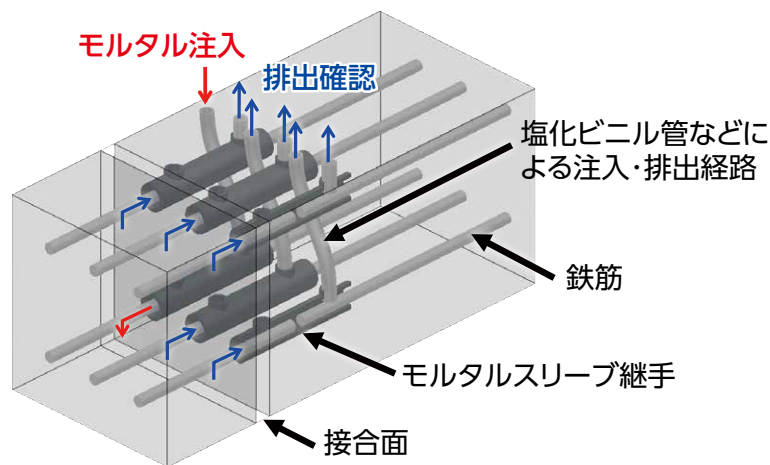


図1 プレキャスト工法<sup>2)</sup>での接合方法

が可能です。図2は、本プレキャスト工法を用いた北陸新幹線福井開発高架橋での施工事例ですが、柱周辺のみ<sup>かいほつ</sup>に支保工を設置してはりの高さ位置を確保し、柱はり接合部内にはりの軸方向鉄筋を差し込む状況です。

接合面や継手を有する場合、曲げモーメントやせん断力に対して、部材の耐力や剛性、ひび



図2 新幹線高架橋での施工



図3 プレキャスト工法での正負交番荷重実験

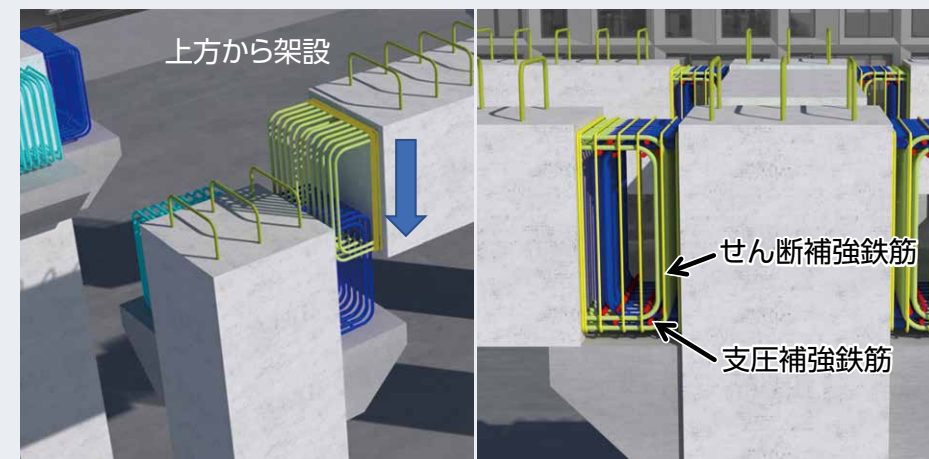
割れなどに及ぼす影響を明らかにして、設計に反映する必要があります。本工法では、実験によってこの影響の有無や程度を明らかにし（図3）、設計・施工方法として取りまとめています<sup>2)</sup>。

また、最近では、接合に機械式継手を用いないプレキャスト工法が開発されています（図4）<sup>3)</sup>。「はり」と柱の接合」では、接合部は場所打ちコンクリートとなりますが、柱側面から突出したコの字鉄筋に、はり端部から突出したコの字鉄筋を重ね合わせるようにしたものであり、はり部材を上方から架設することが可能です。「柱と基礎の接合」は、一組の鉄筋をある

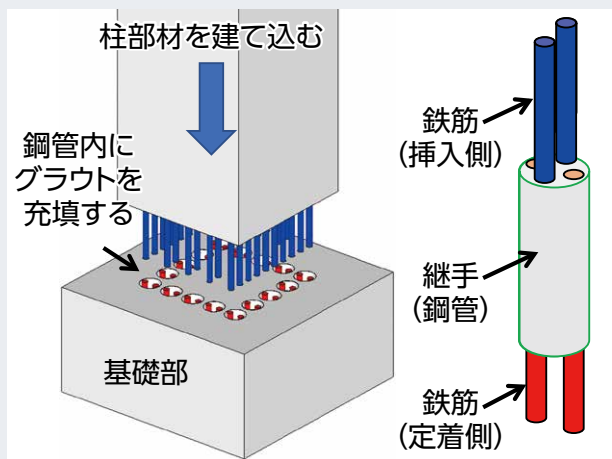
程度の離隔を確保した状態で重ね合わせ、それを取り囲むように鋼管を配置し、鉄筋を重ね合わせた範囲を拘束することで継手の強度を確保する構造です。鋼管内にはモルタルを充填して柱の軸方向鉄筋を差し込み、無収縮モルタルが硬化することで一体化します。いずれの接合も、施工性や性能評価に関する検証が行われています（図5）。

ほかにも種々のプレキャスト工法がありますが、建設地点における施工条件やコスト、性能などを踏まえて、最適な工法を選択することになります。

図4 最近開発されたプレキャスト工法<sup>3)</sup>による接合



(a) はりと柱の接合



(b) 柱と基礎の接合



(a) はりと柱の接合



(b) 柱と基礎の接合

図5 実物大模型による施工試験

### 新旧部材をつなぐ

駅部での利便性向上などのために、既設のコンクリート構造物を改築する事例が増加しています。図6は、開削トンネルやラーメン高架橋での改築のイメージですが、既設部材と新設部材を接合する方法として、あと施工アンカー工法<sup>※</sup>を用いることが多いです(図7)。「プレキャストコンクリート部材をつなぐ」と同様に、あと施工アンカー工法で接合した場合においても、接合面やあと施工アンカー(鉄筋)が新旧部材の耐力や剛性、ひび割れなどに及ぼす影響を考慮して設計する必要があります。しかし、新旧

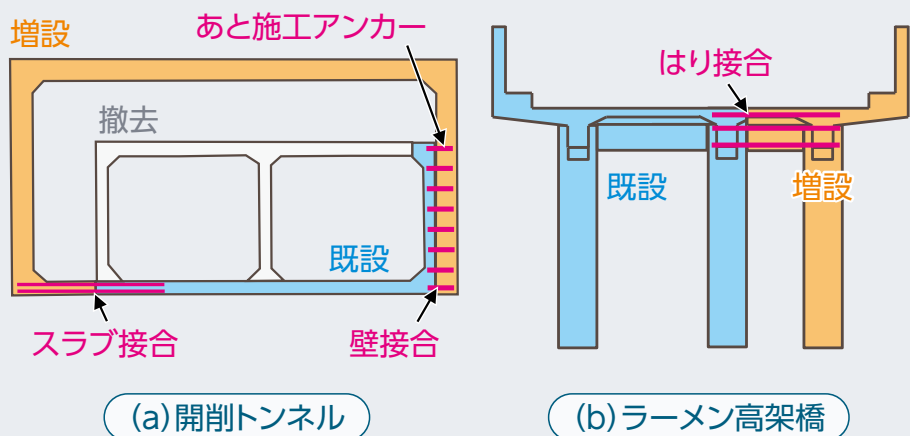
部材をあと施工アンカー工法によって接合する場合の標準的な設計法は構築されておらず、これらの影響が顕著とならないように、接合面のコンクリートを目粗しするとともに、多量のあと施工アンカー量を配置することが一般です。

あと施工アンカー工法では、既設部材を削孔して鉄筋を挿入する必要がありますが、既設部

#### ※ あと施工アンカー工法

既設部材を削孔して、その孔内に鉄筋を挿入、固着する工法の設計および施工の総称。新旧部材接合では、有機系または無機系の充填材を用いて鉄筋を既設部材に固着させる接着系アンカーを用います。

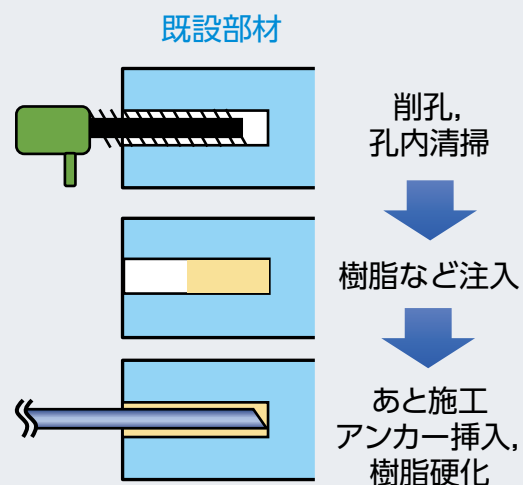
図6 改築における新旧部材の接合イメージ



(a) 開削トンネル

(b) ラーメン高架橋

図7 あと施工アンカーによる施工の概要



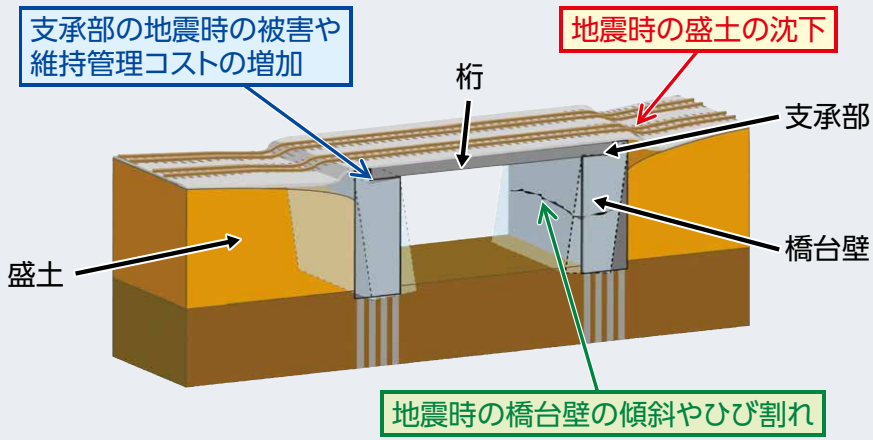


図8 従来の橋りょうの概要と課題

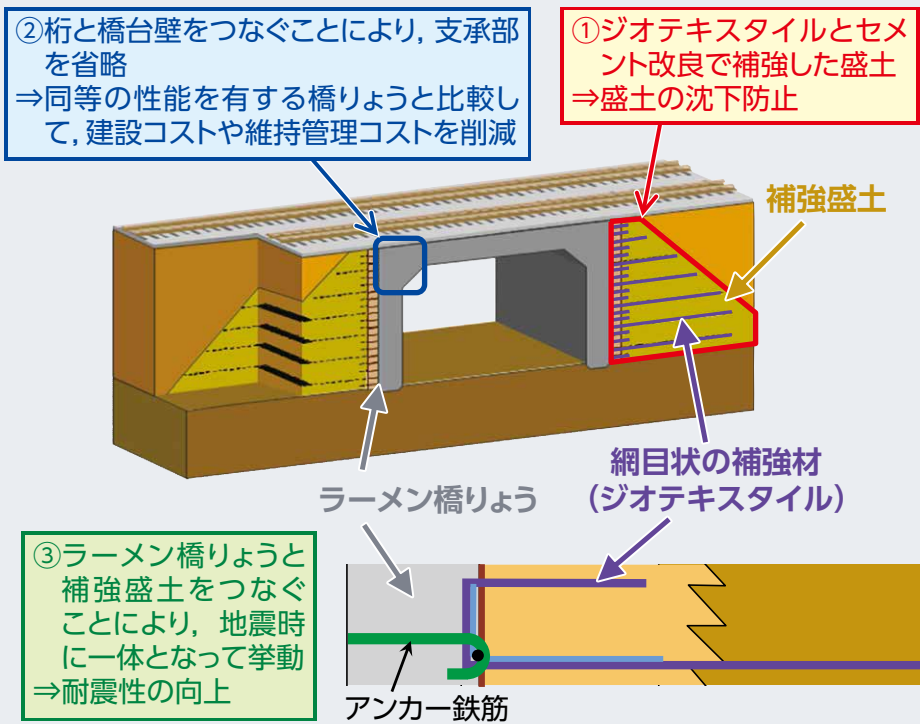


図9 補強盛土一体橋りょうの概要と特徴

図10 桁の構造をPC構造とした補強盛土一体橋りょう



材の鉄筋が多い場合には、計画した位置で削孔できない場合があります。また、上述のように、多量のと施工アンカーを配置することは、施工の困難さを招く要因となることもあります。最近では、多量のと施工アンカーの配置に頼らない、あと施工アンカーの量や配置位置などの接合状況に応じた設計が可能となるように、研究が進められています。

### 異種部材をつなぐ

桁、支承部、橋台壁、盛土からなる従来から用いられてきた橋りょうは、支承部に要するコストの削減、および地震時の盛土の沈下防止、橋台壁の傾斜やひび割れ防止など耐震性の向上という課題がありました(図8)。これらの課題を解決するために、桁、支承部、橋台壁、盛土を一体化した「補強盛土一体橋りょう」を開発しました<sup>4)</sup>。支承を省略して桁と橋台壁を接合してラーメン橋りょうとし、さらにジオテキスタイル<sup>®</sup>とセメント改良で補強した盛土とラーメン橋りょうを、ジオテキスタイルを介して接合した橋りょう形式です。盛土を

### ジオテキスタイル

土の補強などを目的として土中に敷設する格子状の繊維シート。

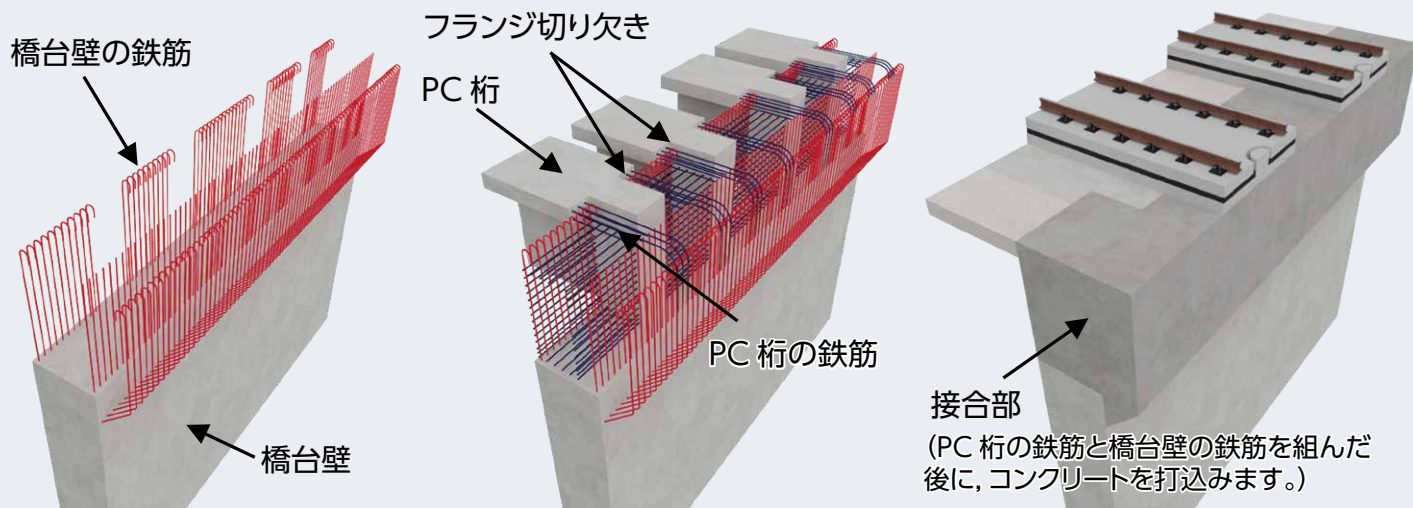


図11 PC桁と橋台壁の接合方法

補強することによって盛土の沈下を防止する(図9①)ほか、構造的に分離していた異種の部材をつなぐことにより、以下の優位性を有します。

- 桁と橋台壁をつなぐことにより、地震時に弱点箇所となる支承部を省略することによって、建設コストのほか、地震後の調査や修復などにかかる維持管理コストを削減できます(図9②)。
- 補強盛土とラーメン橋りょうをジオテキスタイルでつなぐことにより、地震時にそれらが一体となって挙動することによって地震時の応答が小さくなるなどして耐震性が向上します(図9③)。

補強盛土一体橋りょうの桁の構造には、20m以下の片側1車線の道路などとの交差点において鉄筋コンクリート構造、20mを超える場所においてプレストレストコンクリート(PC)構造(図10)、および鉄骨鉄筋コンクリート構造が適用できるようになっています<sup>4)</sup>。

本橋りょうの構造を成立させるには、部材同士の接合方法の開発が必要となります。例えば、桁の構造をプレストレストコンクリート構造とした際には、プレストレストコンクリート桁と橋台壁の接合方法が開発されています<sup>5)</sup>(図11)。桁はあらかじめ工場で作製し、クレー

ンで現場に構築されている橋台壁の上に架設します。桁と橋台壁との接合部に生じる力を伝達できるように、通常のプレストレストコンクリート桁とは異なりフランジに切り欠きを設け、桁と橋台壁の鉄筋を組んでコンクリートを打込んで桁と橋台壁を接合する方法となります。

## おわりに

コンクリート部材同士を接合する事例や開発技術を紹介しました。鉄道構造物においては、コンクリート部材同士だけでなく、種々の材料、形状を有する部材との接合もあります。これらの構造に対し、さらなる進歩、適用拡大が期待されています。

補強盛土一体橋りょうの開発の一部は、鉄道総研が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) 田所敏弥, 中田裕喜, 岡本大: プレキャストコンクリート部材を用いて高架橋を建設する, RRR, Vol.77, No.6, pp.8-11, 2020
- 2) 鉄道総合技術研究所: モルタルスリーブ継手を用いたプレキャストラーメン高架橋の設計・施工指針, 2015
- 3) 安保知紀, 鈴木裕隆, 田所敏弥, 石橋忠良: 5日での構築を目指したプレキャスト鉄道高架橋の開発, セメント・コンクリート, No.892, pp.34-39, 2021
- 4) 鉄道総合技術研究所, 鉄道建設・運輸施設整備支援機構: 補強盛土一体橋梁(GRS一体橋梁)の設計・施工指針, 2017
- 5) 轟俊太郎, 岡本大, 西岡英俊, 玉井真一, 米澤豊司, 石井秀和: PCT形桁を用いた補強盛土一体橋梁の設計法, 鉄道総研報告, Vol.30, No.12, pp.23-28, 2016