

プレストレストコンクリート 構造物の補修の手引き [P C グラウト再注入工法]

2020 年 4 月

はじめに

PC 橋は、高強度コンクリートを使用し、PC 鋼材の緊張力によってプレストレスを導入してひび割れを抑制するため、耐久性に優れた構造物であり、我が国に初めてポストテンション方式PC 橋が建設されてから 60 年が経過した今日でも重要な社会インフラとして広く使用されている。一方、一部の既設 PC 橋では、PC グラウトの充填不足などの不具合も報告されており、特に道路橋において凍結防止剤の散布による塩害など建設当初に想定しなかった使用環境によって加速度的な劣化促進が懸念されている。そのような環境下において、PC グラウトの充填不足が要因となり上縁定着部などから塩化物や水分が浸入することで起きる PC 鋼材の腐食や破断が問題となってきている。こうした課題への対応として、公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会から 2016 年に「既設ポストテンション橋の PC 鋼材調査および補修・補強指針」(以下、指針という)が発刊され、PC 橋の調査から補修・補強にいたる方針が示された。

PC グラウトの充填不足による劣化損傷は、橋梁ごとに状況が異なり、その補修・補強は損傷状況に応じた柔軟な現場対応が求められる。PC グラウト再注入に関して、指針では述べられていなかった実務者が参考とする手引き書が必要と考えた。そこで、プレレスト・コンクリート建設業協会保全補修部会では、2015 年に「PC グラウト充填不足による PC 鋼材腐食の防止技術の検討ワーキング」を立ち上げ、「プレレストコンクリート構造物の補修の手引き [PC グラウト再注入工法]」(以下、本手引きという。)を作成することにした。

本手引きは、PC グラウト充填不足の調査計画立案や PC グラウト再注入の施工計画を作成する際に手元において活用できるように必要な情報を一冊にまとめた。また、発注者、コンサルタント、施工者等、様々な人が利用することを想定し、わかりやく記述するとともに明瞭かつ簡潔に記述するように努めた。

以下に、本手引きを作成した際の方針について列記する。

- ・ PC グラウト充填不足の調査・対策の手順を示し、実施すべきことを明確にする。
- ・ PC グラウト充填不足の調査と充填不足区間の特定に対して基本となる考え方を示す。
- ・ PC 鋼材の健全度評価や耐力評価に対して基本となる考え方を示す。
- ・ PC グラウト再注入の計画と施工に関する必要かつ有益な情報を記載する。
- ・ 最新の知見や有益な資料を巻末にまとめる。

本手引きによって、PC 技術者が PC 橋に適切な対策を施し、末永く使い続けることで、健全な社会資本の維持管理に貢献できれば幸いである。

一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会
保全補修委員会 保全補修部会

2020 年 4 月

目 次

第1章 総則	1
1.1 一般	1
1.2 用語の定義	4
第2章 PCグラウト充填不足が疑われる変状の確認	6
2.1 維持保全の方針	6
2.2 シース沿い変状の確認	8
2.3 水の浸入経路の確認	11
2.4 水の浸入に対する検討	16
第3章 調査対象橋梁の特定	17
3.1 調査対象橋梁の特定の手順	17
3.2 外観調査	18
3.3 書類調査	20
3.4 PCグラウト充填調査の優先度の判定	26
第4章 PCグラウト充填調査および対策要否の判定	30
4.1 PCグラウト充填調査の目的	30
4.2 PCグラウト充填調査箇所の選定	31
4.3 PCグラウト充填調査	33
4.3.1 PCグラウト充填調査の実施	33
4.3.2 PCグラウト充填度の分類	40
4.3.3 PCグラウト充填調査の結果整理	41
4.4 詳細調査	42
4.4.1 調査要領	42
4.4.2 PC鋼材の腐食・破断の調査	42
4.4.3 PCグラウトおよびシース内の塩化物イオンの調査	44
4.5 補強対策の要否判定	46
4.5.1 PC鋼材の健全度評価	46
4.5.2 PC部材の耐荷力評価	47
4.6 その他の検討事項	50
第5章 PCグラウト再注入の施工	52
5.1 PCグラウト再注入計画	52
5.2 充填不足区間における空洞量の推定	53

5. 3	PCグラウト再注入方法の選定	56
5. 3. 1	注入方式の選定	56
5. 3. 2	材料	63
5. 3. 3	機材	65
5. 4	PCグラウト再注入	68
5. 4. 1	一般	68
5. 4. 2	前処理	70
5. 4. 3	削孔	72
5. 4. 4	注入口・排出口の取付け	74
5. 4. 5	PCグラウト再注入作業	75
5. 4. 6	注入口・排出口のあと処理	79
5. 5	品質管理および施工管理	80
5. 5. 1	日常管理試験	80
5. 5. 2	各作業段階における施工管理	83
5. 6	PCグラウト充填状況の確認	87
第6章	PCグラウト再注入後の維持管理	90
6. 1	施工記録の整理・保存	90
6. 2	点検・モニタリング	90
付録資料		
付録ー1	PCグラウト充填調査および再注入事例(PC単純T桁橋)	91
付録ー2	PCグラウト充填調査および再注入事例(PC連続箱桁橋)	96
付録ー3	PCグラウト再注入工法の紹介(リパッシブ工法)	98
付録ー4	PCグラウト再注入工法の紹介(PC-Rev工法)	101
付録ー5	PCグラウト再注入工法の紹介(KKグラウト注入工法)	106

第1章 総則


1. 1 一般

- (1) 「プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き[PC グラウト再注入工法]」(以下、本手引きという。)は、ポストテンション方式PC橋において、PCグラウト充填調査およびPCグラウト再注入の計画・施工に利用することを目的とする。
- (2) 本手引きは、ポストテンション方式PC橋において主ケーブルを対象とし、そのPCグラウト充填調査およびPCグラウト再注入の計画・施工に適用する。

【解説】

(1) について

本手引きは、点検・調査・診断・対策実施というメンテナンスサイクルに沿って、PCグラウト充填不足が疑われる変状・損傷に始まり、調査橋梁の特定、PCグラウト充填調査、PCグラウト再注入の計画・施工、維持管理について記述したものである。

本手引きは、 図 1.1.1 に示す PC グラウトの充填調査・対策のフローに沿って記述されており、このフローを見ながら該当する各章および各節を参照されたい。

ここで、フローを簡単に説明する。フローは、大きく 4 つの判定および作業に分かれている。

まず、「PC グラウト充填不足が疑われる変状の確認」により、「シース沿い変状の確認」を行い、PC グラウト充填不足が疑われるか否かを判定する。

次に、「調査対象橋梁の特定」により、「外観調査」と「書類調査」の結果を基に「PC グラウト充填調査の優先度判定チェックシート」を使い、充填調査の優先度を「高」、「中」、「低」に分ける。

そして、「PC グラウト充填調査および対策要否の判定」により、「PC グラウト充填調査」を実施し、「PC グラウト充填調査の結果整理」により、充填不足の有無を確定する。充填不足の箇所に対して、「PC 鋼材の腐食・破断の調査」を行い、腐食・破断の有無および程度から、必要に応じて「PC 部材の耐荷力評価」を行い、所定の耐荷力があるか否かを判定する。

再注入計画は、「PC グラウト再注入計画」により、充填不足区間の空洞量を推定し、注入方式を選定する。再注入作業は、「PC グラウト再注入」により、前処理、削孔、注入口・排出口の取り付け、PC グラウト再注入作業、あと処理における留意点に注意し、施工を行う。管理は、「品質管理および施工管理」により、施工プロセスに沿った管理項目について確認方法、頻度、判定基準を定めて記録し、計画書どおり施工が実施されたことを保証する。また、チェックリストにより、エラーの未然防止を行う。充填状況は、「PC

グラウト充填状況の確認」により、注入作業中から注入作業後において充填確認を行い、確実に PC グラウト充填が実施されたことを証明する。

注意点として、フローは、効率的に PC グラウト充填不足を見つけることを目的に、シース沿い変状の確認を出発点にしている。そのため、シース沿い変状が発生する前の PC グラウト充填調査・点検等については、管理者の維持管理方針により、別の決められた手順を参照されたい。

(2) について

ポストテンション方式 PC 橋における PC グラウトの対象は、大きく以下の 4 つに分類される。

- ① 主ケーブル (PC 鋼線, PC 鋼より線, PC 鋼棒)
- ② 床版および横桁横締め PC 鋼材 (PC 鋼線, PC 鋼より線, PC 鋼棒)
- ③ せん断 PC 鋼棒
- ④ 架設 PC 鋼材

本手引きの記述は、構造的に最も重要な主ケーブルを対象とする。主ケーブルの定着位置は、主桁端部に定着する端部定着と主桁上面に定着する上縁定着、定着突起、部材内の固定定着等がある。特に、上縁定着は、上縁の定着用箱抜き部のあと埋めコンクリート部分からの浸水により、主桁や PC 鋼材に損傷が生じることがあるため、維持管理において重要な着目箇所である。

主ケーブル以外の PC 鋼材への適用に関しては、記述の主旨を理解して本手引きを適切に参照して頂きたい。ただし、床版横締め PC 鋼材は、活荷重の影響ならびに橋面からの浸水の影響を直接受ける部材であり、せん断 PC 鋼棒は、PC グラウト充填不足による突出の第三者被害を生じる可能性があることから、変遷や留意事項を記述することとした。

本手引きに記載されていない事項は、「PC グラウトの設計施工指針」(公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会)や「PC グラウト&プレグラウト PC 鋼材 施工マニュアル 2013 改訂版」(一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会)に準じるものとする。

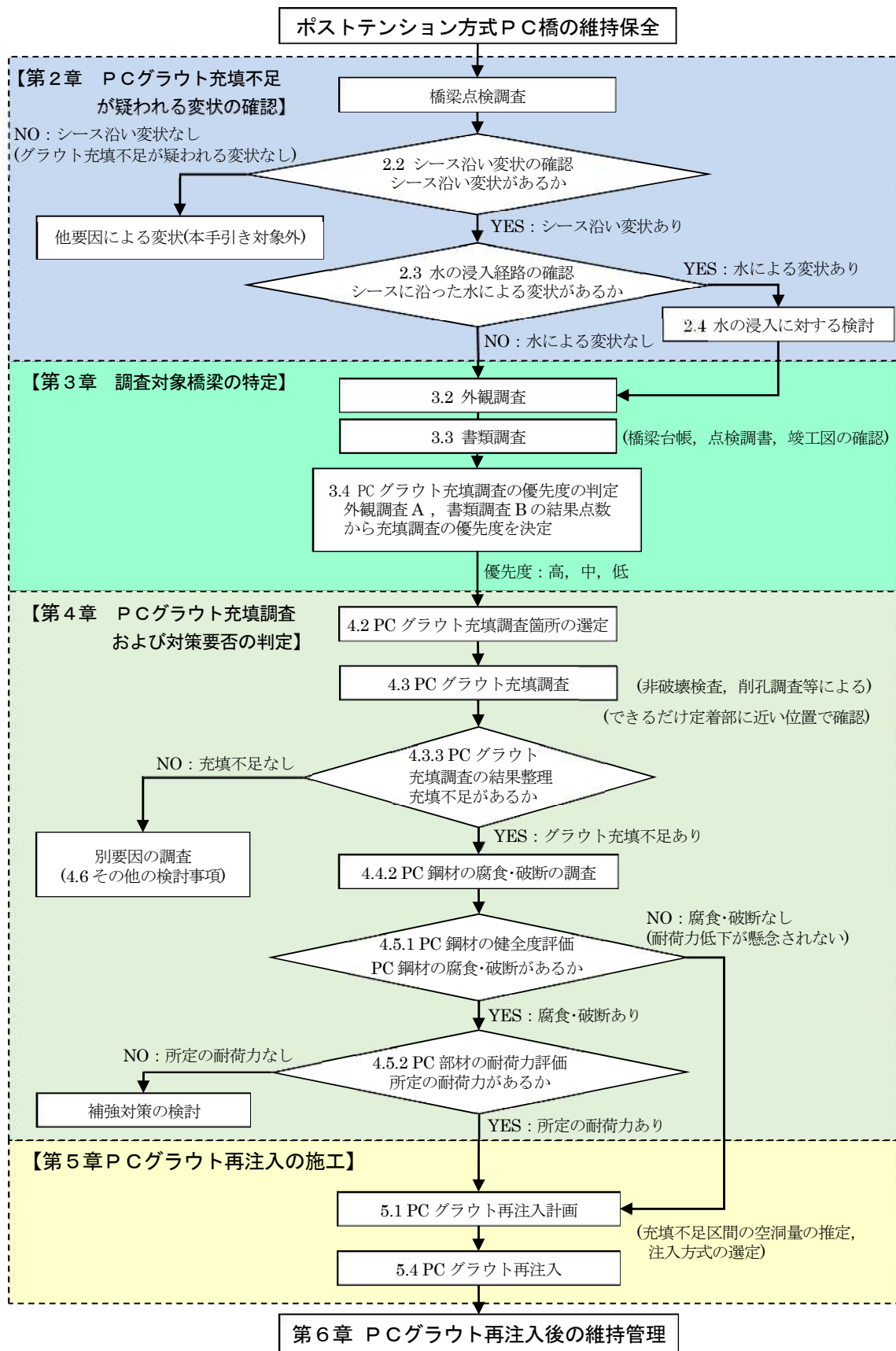


図 1.1.1 PC グラウトの充填調査・対策のフロー

1. 2 用語の定義

本手引きで用いる用語を次のように定義する。

- (1) **PC グラウト充填不足**：PC シース内の PC グラウトの充填が不十分であり，PC 鋼材が露出している状態をいう。
- (2) **シース沿い変状**：PC シースに沿ったひび割れ，エフロレッセンス，水しみ等の変状のことをいう。シースに沿ったひび割れは，発生部位により，「主桁下面シース沿いひび割れ」「主桁側面シース沿いひび割れ」と呼ぶ。
- (3) **主ケーブル**：主桁ウェブや床版に配置された橋軸方向の PC 鋼材をいう。PC 鋼材の種類には，PC 鋼線，PC 鋼より線，PC 鋼棒がある。
- (4) **上縁定着**：主桁上面に箱抜きを設けて PC 鋼材を定着する方法をいう。
- (5) **端部定着**：主桁端面に切欠きを設けて PC 鋼材を定着する方法をいう。
- (6) **ウォータージェット削孔 (WJ 削孔)**：ノズルから噴射された超高压水の力により，コンクリートを削孔する技術をいう。

【解説】

(1) について (PC グラウト充填不足)

PC グラウト充填不足の模式図を図 1.2.1 に示す。本手引きにおける PC グラウト充填不足の定義は，PC 鋼材がシース内で PC グラウトから露出している状態にあることを指すこととした。

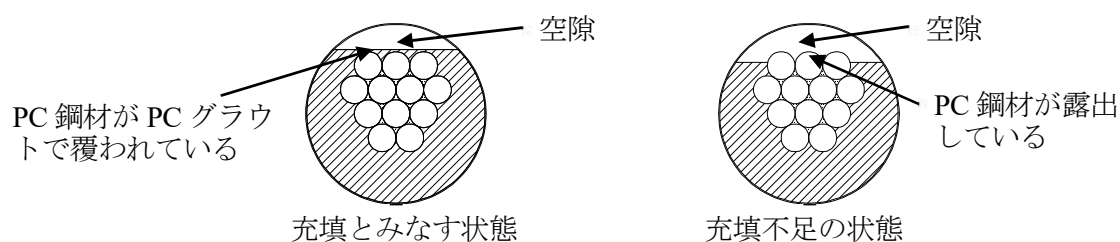


図 1.2.1 PC グラウト充填不足の模式図

(2) について (シース沿い変状)

シース沿いひび割れの模式図を図 1.2.2 に示す。PC グラウト内に未充填部分が存在すると定着部から水みちができ，シース内の漏水が凍結融解を繰り返すことでシースに沿ったひび割れが発生することがある。また，ひび割れに沿ってエフロレッセンスや水しみが見られることがある。そのため，手引きでは，これらの変状を総称して「シース沿い変状」と呼ぶことにする。PC グラウト充填不足を発見する際の重要なサインであり，本手引きにおいて PC グラウト充填調査橋梁の絞込みの判断材料としている。ただし，別要因によっ

でもシース沿いひび割れが発生することがあり（2.2 解説を参照），注意が必要である。

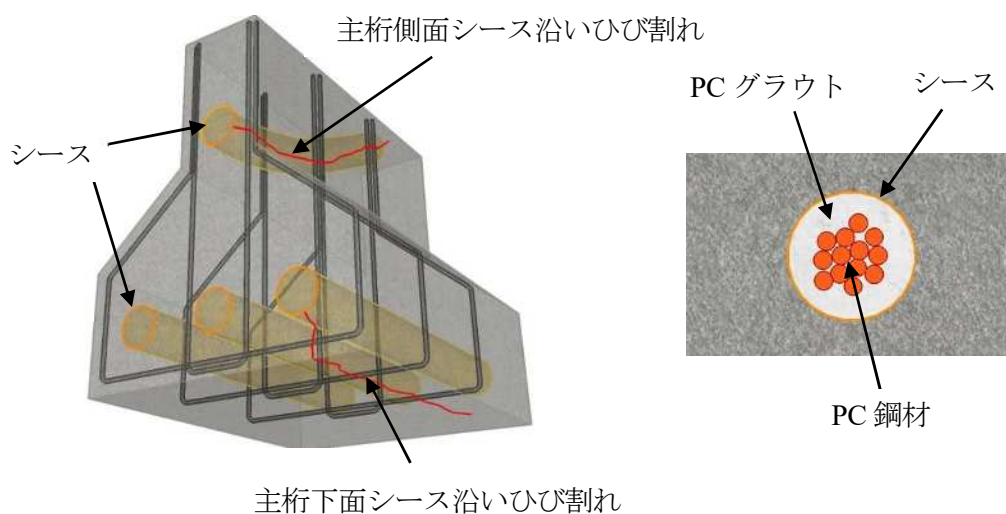


図 1.2.2 ポストテンション方式T桁橋のシースおよびシース沿いひび割れ

(3) について（主ケーブル）

本手引きで取り扱う主ケーブルは，コンクリート部材内に配置された橋軸方向の PC 鋼材であり，現場にてシース内に PC グラウトを注入してコンクリートと PC 鋼材を一体化させた内ケーブル方式の PC 鋼材である。また，本手引きでは，PC 鋼材，定着部，シースを含めた総称として「主ケーブル」と呼ぶことがある。なお，PC 鋼材は，裸線のもの指しており，エポキシ樹脂等による被覆 PC 鋼材は含まれない。

(4) (5) について（上縁定着，端部定着）

PC 鋼材の上縁定着と端部定着の模式図を図 1.2.3 に示す。上縁定着された橋梁において，床版上に塩分を含んだ滞水が上縁定着箱抜き部のあと埋めコンクリートの打継目から定着部やシース内に浸入することで PC 鋼材を腐食させた事例がある。

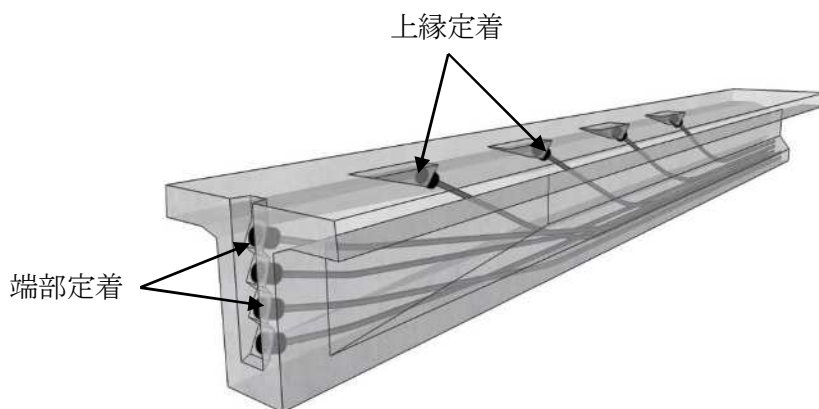
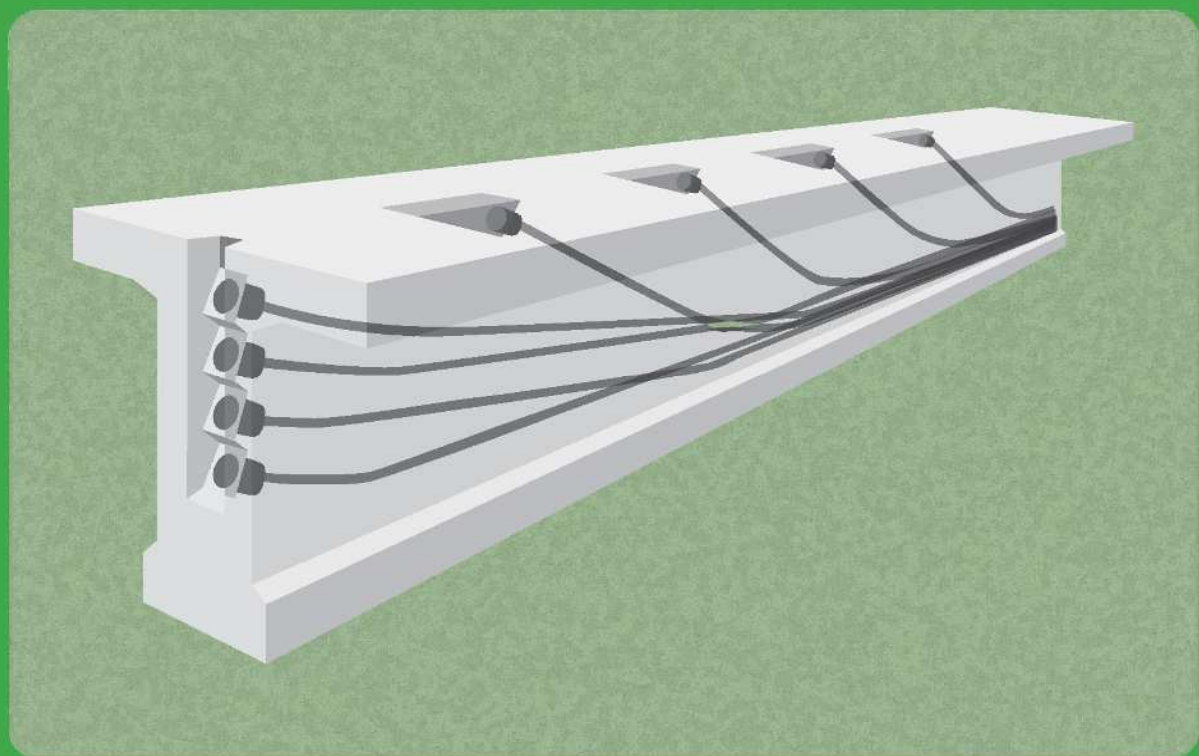


図 1.2.3 ポストテンション方式T桁橋の上縁定着，端部定着

プレストレストコンクリート 構造物の補修の手引き 〔PCグラウト再注入工法〕



2020年 4月