

コンクリート構造物の補修工法 亜硝酸リチウムを使った 工法のご紹介

紹介する主な内容

1. はじめに
 - 塩害、中性化、アルカリシリカ反応(ASR)の劣化メカニズム
 - 亜硝酸リチウムとは
2. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術
 - 表面含浸工 『プロコンガードシステムS』
 - 断面修復工 『リハビリ断面修復工法』
 - ひび割れ注入工 『リハビリシリンダー工法』
 - 内部圧入工 『リハビリカプセル工法』
 - 各工法施工実績
3. 亜硝酸リチウム活用事例と効果検証・追跡調査
 - 塩害補修として
 - ASR補修として

1

極東興和株式会社

2

紹介する主な内容

1. はじめに
 - 塩害、中性化、アルカリシリカ反応(ASR)の劣化メカニズム
 - 亜硝酸リチウムとは
2. 亜硝酸リチウムを用いた補修技術
 - 表面含浸工 『プロコンガードシステムS』
 - 断面修復工 『リハビリ断面修復工法』
 - ひび割れ注入工 『リハビリシリンダー工法』
 - 内部圧入工 『リハビリカプセル工法』
 - 各工法施工実績
3. 亜硝酸リチウム活用事例と効果検証・追跡調査
 - 塩害補修として
 - ASR補修として

極東興和株式会社

3

極東興和株式会社

4

塩害の劣化メカニズム

【原因】

- ・種々の原因で塩化物イオンがコンクリート中に侵入
- ・侵入した塩化物イオンはコンクリート表面から内部へ浸透

【劣化の進行】

- ・塩化物イオンが鉄筋位置に到達
- ・鉄筋位置の塩化物イオン量が一定量（腐食発生限界）を超えると、鉄筋の不動態皮膜が破壊される
- ・そこに水、酸素が供給されることにより鉄筋が腐食

【性能低下】

- ・ひび割れ、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出など
- ・コンクリートと鉄筋との付着が低下
- ・鉄筋断面の減少



中性化の劣化メカニズム

【原因】

- ・大気中の二酸化炭素がコンクリート中に侵入
- ・二酸化炭素がセメント水和物と炭酸化反応
- ・細孔溶液中のpHが低下 (pH=11以下)

【劣化進行】

- ・中性化領域がコンクリート表面から内部に向かって進行
- ・中性化領域が鉄筋付近まで到達すると不動態皮膜が破壊
- ・そこに水、酸素が供給されることにより鉄筋が腐食

【性能低下】

- ・ひび割れ、コンクリートの浮き・はく離、鉄筋露出など
- ・コンクリートと鉄筋との付着が低下
- ・鉄筋断面の減少



極東興和株式会社

5

極東興和株式会社

6

アルカリシリカ反応 (ASR) の劣化メカニズム

【原因】

- ・コンクリート中は高アルカリ環境
 - ・コンクリート構造物は雨水や地下水などによる水分供給
 - ・コンクリートの骨材としての反応性骨材の使用
- ※この3つの条件が揃った時にASRが起きる

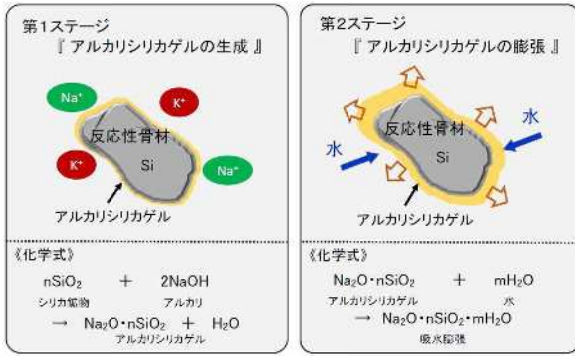
【劣化の進行】

- ・反応性骨材がアルカリ分と反応してアルカリシリカゲルを生成
- ・コンクリート内部へ水分が侵入
- ・アルカリシリカゲルの吸水膨張によりコンクリートにひび割れ発生

【性能低下】

- ・ひび割れ進展、白色ゲル析出、段差、異常変形など
- ・圧縮強度、静弾性係数の低下、鉄筋腐食、鉄筋破断など

アルカリシリカゲルの生成と膨張



反応性骨材は、粗骨材も細骨材も該当。

ASRの劣化事例



ASRによるひび割れはゲルの吸水膨張に起因し、鉄筋腐食とは無関係に進行する。ただし、ASRひび割れが起点となって鉄筋腐食が進行することもある。

亜硝酸リチウムとは

亜硝酸リチウム (Lithium Nitrite) ; LiNO_2

亜硝酸イオン

NO_2^-

不動態皮膜の再生により
鉄筋腐食を抑制

塩害・中性化 対策

リチウムイオン

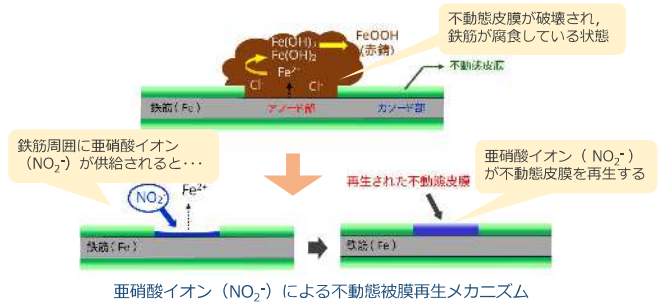
Li^+

アルカリシリカゲルを
非膨張化

ASR 対策

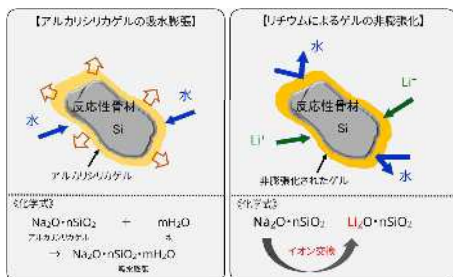
- ・ 亜硝酸イオン、リチウムイオンを含有するコンクリート補修材料
- ・ 原材料は「天然ガス」、「リシア輝石」
- ・ 外観は黄色の透明水溶液
- ・ 濃度は40% (限界濃度)
- ・ 塩害、中性化とASRの複合劣化に対応

亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制



- ・ 塩害、中性化はいずれも不動態被膜の破壊による鉄筋腐食の問題
⇒ 塩害、中性化対策とは、共に鉄筋腐食の抑制を図ること
- ・ 亜硝酸イオン (NO_2^-) の防錆効果に関する研究は1960年代から多数報告

リチウムイオンによるASRゲルの非膨張化



リチウムイオン (Li^+) によるアルカリシリカゲルの非膨張化

- ・ ASRは反応性骨材周囲に生成したアルカリシリカゲルの吸水膨張
⇒ ASR対策とは、ゲルの吸水膨張を抑制すること
- ・ リチウムイオン (Li^+) のASR膨張抑制に関する研究は1950年代から多数報告

紹介する主な内容

- はじめに
 - 塩害、中性化、アルカリシリカ反応(ASR)の劣化メカニズム
 - 亜硝酸リチウムとは
- 亜硝酸リチウムを用いた補修技術
 - 表面含浸工 『プロコンガードシステムS』
 - 断面修復工 『リハビリ断面修復工法』
 - ひび割れ注入工 『リハビリシリンダー工法』
 - 内部圧入工 『リハビリカプセル工法』
 - ASRリチウム工法』
 - 各工法施工実績
- 亜硝酸リチウム活用事例と効果検証・追跡調査
 - 塩害補修として
 - ASR補修として

➤ 亜硝酸リチウムを用いた工法ラインナップ

高圧式内部注入工 「AS Rリチウム工法」	騒音型内部注入工 「リハビリ カプセル工法」	ひび割れ低圧注入工 「リハビリ シリスター工法」	前面修復工 「リハビリ 断面修復工法」	養分補給工 「リハビリ補給工法」	養分補給工 「プロコンガード システムS」
NETIS No.CG-120005-A/R	NETIS No.CG-120005-A/R	NETIS No.CG-220003-A	NETIS No.CG-220003-A	NETIS No.CG-190024-A	NETIS No.CG-190024-A
構造物に小径の圧入孔 (φ20mm)を穿孔し、亜 硝酸リチウム水溶液を内 部注入することにより鉄 筋腐食を抑制する工法で す。 前孔深さは3000mm程 度まで比較的深くまで 可能なため、橋台壁、 地盤柱など部材の厚い 構造物に対し、主にA S R対策に用います。	構造物に小径の圧入孔 (φ10mm)を穿孔し、亜 硝酸リチウム水溶液を内 部注入することにより鉄 筋腐食を抑制する工法で す。 前孔深さは1000mm程 度まで比較的深くまで 可能なため、橋台壁、 地盤柱など部材の厚い 構造物に対し、主にA S R対策に用います。	塩害、中性化、AS Rに よって発生したひび割れ 注入材(セメント系)を低 圧注入してひび割れを充 填、阻害し、劣化因子の 侵入を抑制する工法で す。 充填材に先立って亜硝酸 リチウム水溶液を注入す ることにより、ひび割れ の先にある鉄筋に直接亜 硝酸リチウムを届け、鉄 筋腐食を抑制します。	塩害、中性化、AS Rに よって劣化したコンクリー トに対し、亜硝酸リチウ ム水溶液を含有したポリ マーセメントモルタル (鉄筋付着)とポリマー セメントペースト(モルタル 層)を塗布する工法で す。 コンクリート表面付近の 鉄筋腐食抑制効果および AS R阻強抑制を付与す ることが出来ます。	まず亜硝酸リチウム(ブ ロコン40)を塗布し、そ の上に表面から侵入して くる劣化因子の遮断を目 的に「プロコンガード S」(シラン・シロキサン 系)を塗布する工法です。 コンクリート表面内部の 鉄筋腐食抑制効果やAS R阻強抑制効果を付与す ることが出来ます。	まず亜硝酸リチウム(ブ ロコン40)を塗布し、そ の上に表面から侵入して くる劣化因子の遮断を目 的に「プロコンガード S」(シラン・シロキサン 系)を塗布する工法です。 コンクリート表面内部の 鉄筋腐食抑制効果やAS R阻強抑制効果を付与す ることが出来ます。
再劣化を許容しない			再劣化を許容する		

➤ 表面含浸工 (プロコンガードシステムS)

NETIS登録番号：CG-190024-A



REHABILITATION 劣化したコンクリート構造物の再生・補修工法

プロコンガード リハビリ工法

プロコンガードシステムS

劣化したコンクリート構造物の再生・補修工法として、鉄筋腐食抑制効果やAS R阻強抑制効果を付与することが出来ます。

① 劣化したコンクリート表面に、亜硝酸リチウム(ブロコン40)を塗布し、その上に表面から侵入してくる劣化因子の遮断を目的に「プロコンガードS」(シラン・シロキサン系)を塗布する工法です。

② コンクリート表面内部の鉄筋腐食抑制効果やAS R阻強抑制効果を付与することが出来ます。

➤ プロコンガードシステムSの工法概要



- ①コンクリート表面を下地処理する。
- ②亜硝酸リチウム系含浸材を塗布し、内部へ含浸させる。⇒ 鉄筋防錆、AS Rゲルの非膨張化
- ③シラン・シロキサン系含浸材を塗布し、撥水層を形成する。⇒ 劣化因子の遮断

期待できる性能、効果

基本性能：『シラン・シロキサン系含浸材による劣化因子の遮断』
付加価値：『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』
『浸透範囲にあるAS Rゲルの非膨張化』

適用範囲

コンクリート構造物全般 (RCおよびPC)

➤ プロコンガードシステムSの積算

- ・プロコンガードシステムSの積算はコンクリートメンテナンス協会歩掛に準拠
- ・1構造物あたり施工面積100m²以上の場合の積算例 (亜硝酸リチウム標準塗布量の場合)

100m ² 当り				
名称	単位	数量	単価	金額
土木一般世話役	人	2.0	28,700	57,400
特殊作業員	人	6.0	25,700	154,200
普通作業員	人	2.0	18,600	37,200
亜硝酸リチウム40%水溶液	kg	33.0	4,600	151,800
シラン・シロキサン系含浸材	kg	19.8	9,700	192,060
諸雑費	%	5.0		12,440
計				605,100
1m ² 当り				6,051

➤ プロコンガードシステムSの比較例

表面含浸材や表面改質材を塗布して劣化因子の侵入を遮断する。 それだけでいいの？

	けい酸系含浸材	シラン系含浸材	プロコンガードシステムS
概念図			
特長	組織の緻密化、改質	撥水効果、吸水防止	鉄筋腐食抑制、 表面付近のAS R非膨張化 撥水効果、吸水防止
長所	劣化因子を遮断 微細なひび割れは閉塞	劣化因子を遮断 実績が豊富	劣化因子を遮断 不動態皮膜の再生あり コンクリート表面付近のAS Rの非膨張化 補修周期を長くできる可能性あり
短所	不動態皮膜の再生なし AS R非膨張化の効果なし	不動態皮膜の再生なし AS R非膨張化の効果なし	2工程となる
経済性	4,500~5,000円/m ² 程度	3,500~4,000円/m ² 程度	6,051円/m ²

➤ 断面修復工 (リハビリ断面修復工法)

NETIS登録番号：CG-220003-A



REHABILITATION 劣化したコンクリート構造物の再生・補修工法

プロコン40 リハビリ工法

断面修復工法

劣化したコンクリート表面に、亜硝酸リチウム(ブロコン40)を塗布し、その上に表面から侵入してくる劣化因子の遮断を目的に「プロコンガードS」(シラン・シロキサン系)を塗布する工法です。

① 劣化したコンクリート表面に、亜硝酸リチウム(ブロコン40)を塗布し、その上に表面から侵入してくる劣化因子の遮断を目的に「プロコンガードS」(シラン・シロキサン系)を塗布する工法です。

② コンクリート表面内部の鉄筋腐食抑制効果やAS R阻強抑制効果を付与することが出来ます。

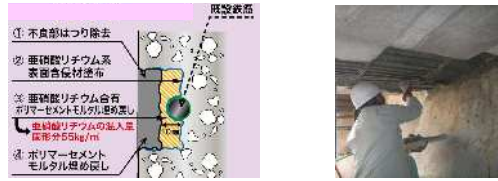
断面修復工（リハビリ断面修復工法）

実験により、鉄筋の裏側まではつらなくてもはつり面に塗布した亜硝酸リチウム水溶液が鉄筋の裏側に浸透することで鉄筋の不動態皮膜を再生してくれることが分かったため、リハビリ断面修復工法の内容を改訂

	これまでのリハビリ断面修復工法	これからのリハビリ断面修復工法
概念図		
概要	亜硝酸リチウム水溶液を含有したポリマーセメントモルタル(1層)にて断面修復	亜硝酸リチウム水溶液を含有したポリマーセメントモルタル(鉄筋付近)とポリマーセメントモルタル単体(Co表面付近)の2層構造にて断面修復
長所	1層構造なので施工工程が少ない	はつり量が少ない はつり作業や鉄筋防錆作業が容易
短所	はつり量が多い 鉄筋の裏側までのはつり、鉄筋の裏側を防錆するという作業が手間	2層構造による修復のため施工工程の増加
経済性	296,164円/m ² (はつり深さを100mmとする)	216,493円/m ² (はつり深さを70mmとする)

※鉄筋の裏側までのはつりが必要な場合は、これまでのリハビリ断面修復工法を使用することも可能。

リハビリ断面修復工法の概要



- ①かぶりコンクリートの不良部を鉄筋断面の半分が露出する程度はつりとる。
- ②露出した鉄筋の錆をケレンした後、亜硝酸リチウム水溶液を鉄筋表面およびはつり面に塗布する。⇒鉄筋防錆
- ③はつり面から10mmの範囲を亜硝酸リチウム含有のポリマーセメントモルタル(亜硝酸リチウム固形分で55kg/m³)で断面を修復する。⇒鉄筋防錆
- ④残りの範囲をポリマーセメントモルタルで断面を修復する。

期待できる性能、効果
 基本性能：『コンクリート脆弱部の除去と修復』
 付加価値：『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』
 『マクロセル腐食の抑制』
 『再拡散の防止』
 適用範囲
 コンクリート構造物全般（RCおよびPC）

リハビリ断面修復工法の積算

- ・リハビリ断面修復工法の積算は基本的に国土交通省歩掛に準拠
- ・1構造物あたり断面修復述べ体積0.1m³以上の場合の積算例（左官工法、鉄筋ケレン・防錆処理含む）
- ・はつり深さ70mm（鉄筋径φ16,かぶり60mm）と仮定

名称	単位	数量	単価	金額	0.1m ³ 当り
土木一般世話役	人	2.3	28,700	66,010	
特殊作業員	人	3.8	25,700	97,660	
普通作業員	人	2.5	18,600	46,500	
ポリマーセメントモルタル	kg	218.31	260	56,760	
亜硝酸リチウム40%水溶液	kg	4.18	4,600	19,228	
諸雑費	%	11.0		23,118	
計				309,276	
1m ² 当り				3,092,760	

※はつり深さ70mmで1m²当りに換算すると、216,493円/m²

リハビリ断面修復工法の比較例

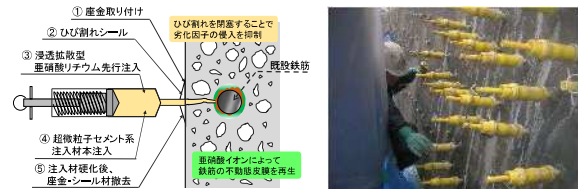
ポリマーセメントモルタルで劣化部分を修復する。それだけでいいの？

	断面修復工法	リハビリ断面修復工法
概念図		
特長	浮き剝離箇所の修復	断面修復材に亜硝酸リチウムを混入
長所	実績が豊富	はつり量が少ない 不動態皮膜の再生 マクロセル腐食の抑制 再拡散への対応
短所	はつり量が多い 補修界面部でのマクロセル腐食の懸念 再拡散による再劣化の懸念	施工工程の増加
経済性	290,046円/m ² (はつり深さを100mmとする)	216,493円/m ² (はつり深さを70mmとする)

ひび割れ注入工（リハビリシリンダー工法）



リハビリシリンダー工法の工法概要



- ①ひび割れに沿って自動低圧注入器を設置する。
- ②設置した自動低圧注入器を使用して亜硝酸リチウム水溶液を先行注入する。
⇒鉄筋防錆、ASRゲルの膨張抑制
- ③同じ自動低圧注入器を使用して超微粒子セメント系注入材を本注入する。
⇒ひび割れ閉塞、劣化因子遮断

期待できる性能、効果
 基本性能：『ひび割れ注入材による劣化因子の遮断』
 付加価値：『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』
 『リチウムイオンによるASRゲルの膨張抑制』
 適用範囲
 コンクリート構造物全般（RCおよびPC）

リハビリシリンダー工法の積算

- リハビリシリンダー工法の積算は基本的に国土交通省歩掛に準拠
- 1構造物あたりひび割れ述べ延長25m以上の場合の積算例(ひび割れ幅0.2~1.0mm、深さ120mmの場合)

名称	単位	数量	単価	金額
10m当り				
土木一般世話役	人	0.58	28,700	16,646
特殊作業員	人	0.96	25,700	24,672
普通作業員	人	0.71	18,600	13,206
亜硝酸リチウム40%水溶液	kg	1.17	4,600	5,382
超微粒子セメント系注入材	kg	1.08	1,400	1,512
シール材	kg	2.26	300	678
注入器具	本	40	360	14,400
諸雑費	%	20		10,904
計				87,400
1m当り				8,740

リハビリシリンダー工法の比較例

ひび割れに対し、ひび割れを閉塞して劣化因子の侵入を遮断する。それだけでいいの？

	エポキシ樹脂 (1種)	エポキシ樹脂 (3種)	リハビリシリンダー工法
概念図			
材料	エポキシ樹脂 1種注入材	エポキシ樹脂 3種注入材	亜硝酸リチウム + 超微粒子セメント系注入材
長所	付着性に優れる 湿潤面硬化型もある	付着性に優れる ひび割れ追随性がある	不動態皮膜の再生あり 注入した付近のASRの非膨張化 コンクリートと物性が近い
短所	不動態皮膜の再生なし ASR非膨張化の効果なし ひび割れ追随性がない	不動態皮膜の再生なし ASR非膨張化の効果なし	付着性に劣る ひび割れ追随性がない
経済性	8,500~9,000円/m程度	8,500~9,000円/m程度	8,740円/m

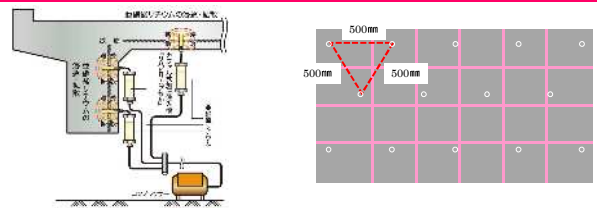
内部圧入工 (リハビリカプセル工法)

NETIS登録番号 : CG-120005-VR



REHABILIT PRO-COAT 40
 高性能非膨張性リチウム系内部圧入工
 熱帯地域用リチウム系内部圧入工
 リハビリカプセル工法

リハビリカプセル工法の概要



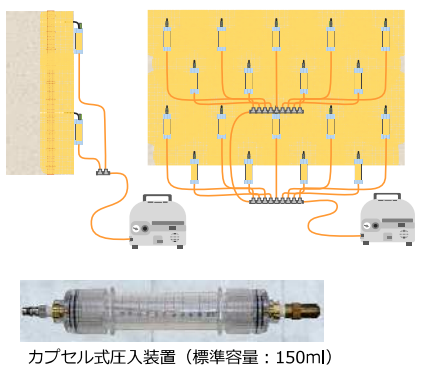
- コンクリートにφ10mm(深さは鉄筋かぶりによる)の削孔を500mm(標準)の間隔で行う。
- カプセル式圧入装置にて亜硝酸リチウムを部材表面部(鉄筋周囲)に内部圧入する。
→ 不動態皮膜の早急かつ確実な再生

期待できる性能、効果
 基本性能 : 『亜硝酸イオンによる鉄筋腐食の抑制』
 『ASRゲルの非膨張化』

適用範囲
 RC構造物全般 (PCIは適用範囲外)

リハビリカプセル工法の概要

- ① 下地処理工
- ② ひび割れ注入工
・断面修復工
- ③ 鉄筋探査工
・圧入孔位置出し工
- ④ 圧入孔削孔工
- ⑤ リハビリカプセル設置工
- ⑥ 注入ホース配置工
- ⑦ 圧入工
- ⑧ 圧入孔充填工
- ⑨ 表面保護工

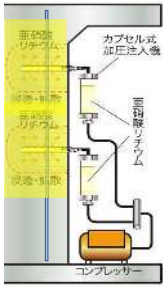


リハビリカプセル工法の施工状況

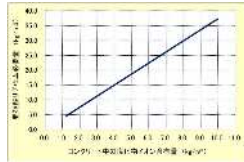


リハビリカプセル工法 亜硝酸リチウム必要量の考え方

- ・塩害の場合は、 $[NO_2^-]/[Cl^-]$ モル比 = 1.0 で必要量を定量的に算定する。
- ・中性化の場合は、一律で7.45kg/m³とする。
- ・圧入した亜硝酸リチウムがコンクリート表層部（鉄筋周辺）に浸透した状態を仮定して圧入量を決める。



- ・鉄筋腐食の抑制目的で使用することが多いため、圧入対象コンクリート範囲は、表層100~200mm程度となり、鉄筋かぶりに応じて構造物毎に設定する。
- ・最大削孔深さは400mm
- ・圧入による浸透には、1週間~10日程度を要することが多い。



リハビリカプセル工法の積算

- ・リハビリカプセル工法の積算はコンクリートメンテナンス協会歩掛に準拠
- ・1構造物あたり施工面積100m²以上の場合の積算例（塩害対策、塩化物イオン4.0kg/m³の場合）

名称	単位	数量	単価	100m ² 当り金額
下地処理工	m	100.0	2,463	246,300
鉄筋探査工	m	100.0	1,468	146,800
圧入孔位置出し工	m	100.0	1,036	103,600
圧入孔削孔工	m	46.0	8,293	381,478
パッカー・カプセル取付工	孔	460	5,525	2,541,500
圧入ホース配管工	孔	460	1,036	476,560
圧入工	孔	460	5,428	2,496,880
亜硝酸リチウム40%水溶液	Kg	251.16	4,600	1,155,336
圧入孔充填工	孔	460	1,184	544,640
表面保護工	m	100.0	4,461	446,100
計				8,539,194
1m ² 当り				85,392

注)浸透させる体積や塩害の場合、塩化物イオン量により亜硝酸リチウムの量が変わるので金額は変動する。

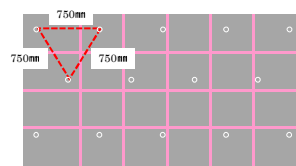
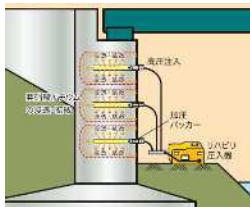
リハビリカプセル工法の比較例

	全断面修復工法	電気防食工法	リハビリカプセル工法
概念図			
特長	浮き剥離箇所以外も全て断面修復する	防食電流の通電により、鉄筋腐食を確実に停止	破壊された不動態皮膜を確実に再生修復する
長所	塩化物イオンも除去メンテナンスは不要	はつり範囲は最小限理論的信頼性が高い	はつり範囲は最小限メンテナンスは不要
短所	はつり深さはかぶり次第施工時の安全性に懸念	メンテナンスが手間	PCへの適用不可
経済性	150,000~200,000円/m ² 程度	90,000~150,000円/m ² 程度	70,000~90,000円/m ² 程度

内部圧入工（ASRリチウム工法）



ASRリチウム工法の概要



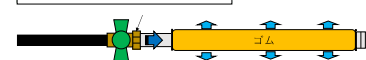
- ①コンクリートにφ20mmの削孔を750mm間隔（標準）で行う。
- ②圧入装置にて亜硝酸リチウムを部材全体に内部圧入する。
⇒ アルカリシリカゲルの非膨張化

期待できる性能、効果
基本性能：『リチウムイオンによるアルカリシリカゲルの非膨張化』

適用範囲
RC構造物全般（PCは適用範囲外）

ASRリチウム工法の概要

- ①下地処理工
- ②事前調査工
- ③ひび割れ注入工
- ④表面シール工
- ⑤鉄筋探査工
- ⑥圧入孔位置出し工
- ⑦圧入孔削孔工
- ⑧加圧パッカー装着工
- ⑨耐圧ホース配管工
- ⑩試験加圧注入工
- ⑪本加圧注入工
- ⑫圧入孔充填工
- ⑬表面シール撤去工
- ⑭表面保護工
- ⑮完成



ゴムの摩擦抵抗によって抜けを防止

ASRリチウム工法の施工状況



橋脚への圧入



橋台への圧入



圧入孔の削孔

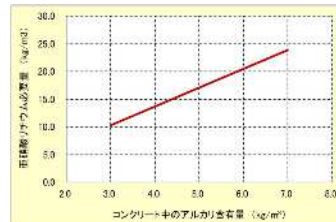


圧入装置

質量：70kg/台(乾燥質量)
寸法：長さ960mm×幅460mm×高455mm

ASRリチウム工法 亜硝酸リチウム必要量の考え方

- ASRの場合には、 $[Li^+]/[Na^+]$ モル比=0.8で必要量を定量的に算定する。
- 圧入した亜硝酸リチウムがコンクリート中にある**全ての反応性骨材**に到達した状態を仮定して圧入量を決める。
- 圧入対象コンクリート範囲は、**部材全体**となる。
- 最大削孔深さは3,000mm程度。
- 圧入による浸透には、**2週間～3週間程度**を要することが多い。



ASRリチウム工法の積算

- ASRリチウム工法の積算はASRリチウム工法協会歩掛に準拠
- 1構造物あたり施工面積100m²以上の場合の積算例 (橋脚、ASR対策、アルカリ総量4.0kg/m³)

名称	単位	数量	単価	金額
下地処理工	m	100.0	2,463	246,300
表面シール工	m	100.0	3,132	313,200
鉄筋探査工	m	50.0	1,468	73,400
圧入孔位置出し工	m	50.0	1,036	51,800
圧入孔削孔工	m	190.55	21,553	4,106,924
加圧ポンプ装着工	孔	103	20,683	2,130,349
耐圧ホース配管工	孔	103	5,181	533,643
試験加圧注入工	孔	103	17,713	1,824,439
本加圧注入工	孔	103	27,443	2,826,629
亜硝酸リチウム40%水溶液	Kg	1499.30	4,600	6,896,780
圧入孔充填工	孔	103	2,244	231,153
表面シール撤去工	m	100.0	5,567	556,700
表面保護工	m	100.0	4,461	446,100
計				20,237,417
1m²当り				202,374

注)アルカリ総量や削孔深さ、構造物の体積などにより亜硝酸リチウムの量が変わるので金額は変動する。

ASRリチウム工法の比較例

シナリオ	ひび割れ注入工法 + 表面被覆工法	ひび割れ注入工法 + 表面含浸工法	ひび割れ注入工法 + ASRリチウム工法
再劣化と再補修を繰り返す			再劣化を許容しない
概念図			
特長	水分侵入を抑制	水分侵入を抑制	ASRゲルを非膨張化
長所	ひび割れ追従性がある	モニタリング性に優れる	ASR膨張を確実に抑制
短所	ASR膨張は止まらない モニタリング性に劣る	ASR膨張は止まらない ひび割れ追従性はない	イニシャルコストが高価
経済性	イニシャルコスト：安価 LCC：高価	イニシャルコスト：安価 LCC：高価	イニシャルコスト：高価 LCC：安価

施工実績

表面含浸工	プロコンガードシステムS	534件
(※前身のプロコンガードシステムおよびプロコンガードシステムHPを含む)		
表面被覆工	リハビリ被覆工法	232件
断面修復工	リハビリ断面修復工法	360件
ひび割れ注入工	リハビリシリンダー工法	805件
内部圧入工	リハビリカプセル工法	113件
	ASRリチウム工法	125件

コンクリートメンテナンス協会
2022年6月末現在

紹介する主な内容

- はじめに
 - 塩害、中性化、アルカリシリカ反応(ASR)の劣化メカニズム
 - 亜硝酸リチウムとは
- 亜硝酸リチウムを用いた補修技術
 - 表面含浸工 『プロコンガードシステムS』
 - 断面修復工 『リハビリ断面修復工法』
 - ひび割れ注入工 『リハビリシリンダー工法』
 - 内部圧入工 『リハビリカプセル工法』
 - ASRリチウム工法 『ASRリチウム工法』
 - 各工法施工実績
- 亜硝酸リチウム活用事例と効果検証・追跡調査
 - 塩害補修として
 - ASR補修として

➤ 塩害補修の事例 ～進展期の予防保全として～



構造物：RC上部工（床版橋）
 場所：佐賀県
 劣化：塩害（進展期）
 補修：亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法
 「プロコンガードシステムS」

- 採用理由：
- ・鉄筋位置の塩化物イオン濃度が高い
 ⇒ 不動態皮膜の破壊、鉄筋腐食開始
 - ・予防保全段階ではあるが、劣化因子の遮断だけでは不十分
 ⇒ 鉄筋腐食抑制効果をもつ表面含浸工法

鉄筋腐食は開始しているものの、このままひび割れを発生させないことを目的とした予防保全として、『プロコンガードシステムS』が採用となった

➤ 塩害補修の事例 ～再劣化を許容しない維持管理シナリオを選定～



構造物：RC桁
 場所：徳島県
 劣化：塩害（加速期後期、再劣化）
 補修：亜硝酸リチウム内部圧入工
 「リハビリカプセル工法」

- 採用理由：
- ・過去の表面被覆工による塩害補修が再劣化
 ⇒ 従来工法では塩害劣化を阻止できない
 - ・過去に鋼板接着による曲げ補強も実施されている
 ⇒ 電気防食工法の適用が困難

これ以上の再劣化は許容しない維持管理シナリオを選択し、以後の鉄筋腐食を根本的に抑制する補修工法として『リハビリカプセル工法』を選択した

➤ 塩害補修の事例 ～構造物全体の鉄筋腐食抑制を図る～



構造物：RC橋脚
 場所：愛媛県
 劣化：塩害（加速期後期、内在塩分）
 補修：亜硝酸リチウム内部圧入工
 「リハビリカプセル工法」

- 採用理由：
- ・広範囲にコンクリートの浮き、剥離
 ⇒ そこは必然的に部分断面修復
 - ・問題は、断面修復部以外の範囲をどうするか？
 ・同じ腐食環境にあれば、将来的には鉄筋腐食が進行することは明らか
 ⇒ 断面修復部以外にも亜硝酸リチウムを供給して、構造物全体の鉄筋腐食進行を根本的に抑制する

浮き、剥離箇所：『リハビリ断面修復工法』
 それ以外の全体：『リハビリカプセル工法』
 2つの工法を併用

➤ 塩害補修の事例 ～構造物全体の鉄筋腐食抑制を図る～



浮き、剥離部にリハビリ断面修復工法

それ以外の範囲にリハビリカプセル工法

リハビリカプセル工法とリハビリ断面修復工法の併用

➤ ASR補修の事例 ～ASR膨張性が有害、水分遮断が困難など～



構造物：橋台、橋脚など多数
 劣化：ASR（進展期～加速期、膨張性が有害）
 補修：亜硝酸リチウム内部圧入工
 「ASRリチウム工法」

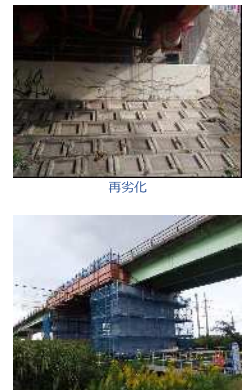
- 採用理由の例：
- ・過去の表面被覆工によるASR補修が再劣化
 ⇒ 従来工法ではASR進行を阻止できない
 - ・外部からの水分侵入を完全に抑制できない
 ⇒ 一般工法によるASR補修の限界
 伸縮装置部、橋台背面からの水分侵入など
 - ・交差条件等により構造物に近接するのも困難
 ⇒ 何度も補修工事を実施したくない
 跨線橋など

さまざまな理由により、再劣化を許容しない維持管理シナリオが有利となる場面がある
 ⇒ ASRリチウム工法の活用

➤ ASR補修の事例 ～ASR膨張性が有害、水分遮断が困難など～



水分侵入抑制が困難
 (橋台背面からの侵入)



再劣化

水分侵入抑制が困難
 (伸縮装置部)

交差条件によりアプローチ困難
 (跨線橋)

ASRリチウム工法後の効果確認

年度	名称	所在地	補修割合(%) 【施工前】	補修割合(%) 【施工後】	備考
2002	山形県庁舎 廊下	山形県	0.020	0.000	RC造
2002	山形県庁舎 廊下	山形県	0.047	0.020	RC造
2002	山形県庁舎 廊下	山形県	0.081	0.019	RC造
2002	山形県庁舎 廊下	山形県	0.065	0.020	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	0.080	0.019	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	0.080	0.020	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.020	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.019	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	0.113	0.008	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	0.100	0.013	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	0.100	0.013	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.007	RC造
2012	山形県庁舎 廊下	山形県	0.133	0.020	RC造
2013	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.018	RC造
2013	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.018	RC造
2013	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.003	RC造
2014	山形県庁舎 廊下	山形県	0.120	0.004	RC造
2014	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.006	RC造
2014	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.004	RC造
2014	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.008	RC造
2014	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.024	RC造
2015	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.018	RC造
2015	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.003	RC造
2016	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.018	RC造
2016	山形県庁舎 廊下	山形県	0.200	0.004	RC造
2016	山形県庁舎 廊下	山形県	0.081	0.007	RC造
2016	山形県庁舎 廊下	山形県	0.081	0.020	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	0.081	0.011	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	0.210	0.004	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.018	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.024	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.024	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	0.143	0.017	RC造
2017	山形県庁舎 廊下	山形県	0.072	0.017	RC造
2018	山形県庁舎 廊下	山形県	0.110	0.007	RC造
2018	山形県庁舎 廊下	山形県	0.200	0.003	RC造
2018	山形県庁舎 廊下	山形県	0.210	0.008	RC造
2018	山形県庁舎 廊下	山形県	0.134	0.033	RC造
2020	山形県庁舎 廊下	山形県	-	0.011	RC造
2020	山形県庁舎 廊下	山形県	0.100	0.022	RC造

JCI-DD2法,JCI-S-001法 判定基準: 0.05%を超えると有害
カタダ法 判定基準: 0.2%以上は潜在的に有害、0.1~0.2%は有害と無害な層材、0.1未満の場合は無害

ASR対策での内部圧入施工後には、ASR膨張性が無害域に低減されていることを確認している。

施工後の追跡調査 (ASR対策)



施工前 (2005年)



施工後4年 (2009年)



施工後14年 (2019年)

- RC橋台
- 香川県
- 2005年施工 (ASR補修)
- 施工後14年で再劣化なし

施工後の追跡調査 (塩害対策)



施工前 (2013年)



施工後1年 (2015年)



施工後6年 (2020年)

- RC橋脚
- 山口県
- 2014年施工 (塩害補修)
- 施工後6年で再劣化なし

おわりに ~あらためて、亜硝酸リチウムを用いた補修技術とは~

亜硝酸リチウムの効果

- ① 亜硝酸イオン ⇒ 鉄筋の不動態皮膜を再生
- ② リチウムイオン ⇒ アルカリシリカゲルを非膨張化

亜硝酸リチウムを用いた補修工法

【従来工法+亜硝酸リチウム】

- ・プロコンガードシステムS ⇒ 表層部
- ・リハビリ被覆工法 ⇒ 表層部 再劣化までの期間を延命
- ・リハビリ断面修復工法 ⇒ 断面欠損
- ・リハビリシリンダー工法 ⇒ ひび割れ

↓ 再劣化を許容しない場合

【亜硝酸リチウム内部圧入工】

- ・リハビリカプセル工法 ⇒ 塩害・中性化 **劣化進行を根本的に抑制**
- ・ASRリチウム工法 ⇒ ASR

⇒ 施工後は、経過観察、促進養生試験により再劣化の有無を確認



ご清聴ありがとうございました

発表者: 極東興和株式会社
技術本部 補修部 補修営業課
片平 勝師
MAIL katahira@kkn.co.jp
TEL 03-5974-5150

END

第二部

東北地方における亜硝酸リチウムを使用した施工実績紹介

東日本コンクリート株式会社

1

東北地方における亜硝酸リチウムを使用した施工実績

2

東北地方の施工実績

3

No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
①	2012年	秋田県にかほ市	にかほ市	平成24年度 社会資本整備交付金 白糸大橋橋梁補修工事	ASR	橋梁	新橋修復・表面修復
②	2013年	山形県上山市	山形県	一般県道富平平河橋 東宮新橋 橋梁補修工事	ASR	橋脚	ASRリチウム工法・リハビリシリンダー工法+新橋修復
③	2014年	秋田県にかほ市	にかほ市	平成26年度 白糸大橋橋梁補修工事(工区)	ASR	橋梁	新橋修復・表面修復
④	2014年	秋田県にかほ市	にかほ市	平成26年度 社会資本整備交付金 白宮橋橋梁補修工事	ASR	橋梁	新橋修復・表面修復
⑤	2016年	青森県大鰐町	JR東日本	大鰐温泉駅構内大鰐西橋橋梁補修工事	ASR	橋梁	ASRリチウム工法
⑥	2017年	宮城県岩沼市	岩沼市	平成29年度 橋りょう長寿化化整頓事業 西六角橋補修工事	ASR	橋梁	リハビリシリンダー工法+新橋修復
⑦	2018年	山形県上山市	東北地産	上山地区下郷工補修工事	ASR	橋台	ASRリチウム工法・リハビリシリンダー工法
⑧	2018年	山形県上山市	東北地産	念生地区橋梁補修工事	ASR	橋台・橋脚	ASRリチウム工法・リハビリシリンダー工法
⑨	2018年	福島県福島市	福島県	ぶくしま中町会館新築外装修繕外装工事	ASR	建築	リハビリシリンダー工法
⑩	2019年	岩手県一関市	岩手県	一般国道106号新南大橋橋梁補修工事	ASR	橋梁	リハビリシリンダー工法
⑪	2019年	岩手県一関市	岩手県	主要地方道工形室根線等合線橋梁補修工事	ASR	橋梁	リハビリシリンダー工法+表面修復
⑫	2021年	秋田県由利本荘市	秋田県	選抜メンテナンス工事 (橋梁補修) 03-F155-80	ASR	橋台	リハビリシリンダー工法+表面修復
⑬	2021年	青森県青森市	青森市	橋川用水管理 (下郷工) 更新工事	ASR	橋脚	リハビリシリンダー工法+新橋修復・表面修復
⑭	2021年	青森県五所川原市	青森県	小国川南郷合線化大28号工事	ASR	水門	ASRリチウム工法+リハビリカプセル工法
⑮	2022年	青森県五所川原市	青森県	小国川南郷合線化大31号工事	ASR	水門	ASRリチウム工法+リハビリカプセル工法

4

No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
①	2012年	秋田県にかほ市	にかほ市	平成24年度 社会資本整備交付金 白糸大橋橋梁補修工事	ASR	橋梁	新橋修復・表面修復

5

6

No. ①

7

No. ①

8

No. ①

9

No.	施工年	施工場所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工場所	施 工 工 法
②	2013年	山形県上山市	山形県	一般国道要平河橋 実況新橋 橋梁補修工事	ASR	橋脚	ASRリナム工法+リハビリング工法+断面修復

10

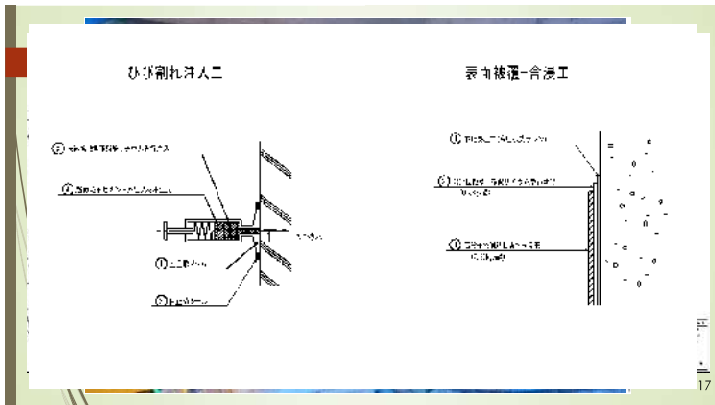
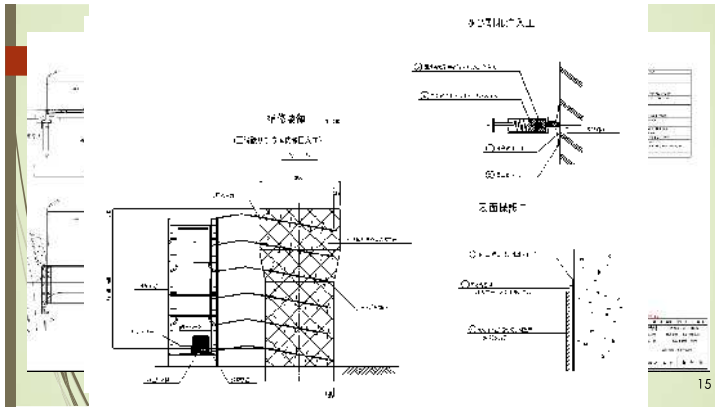
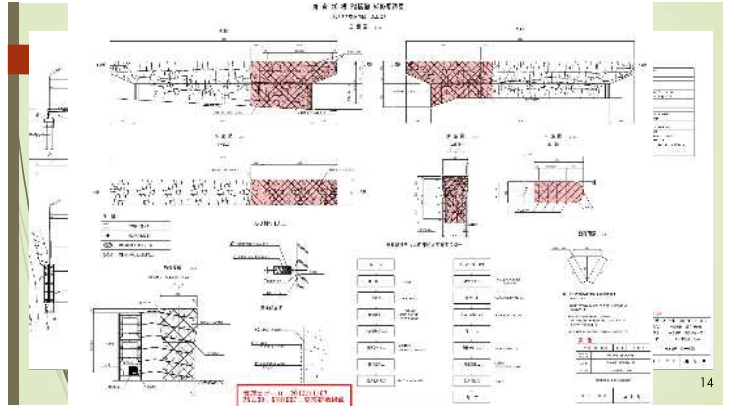
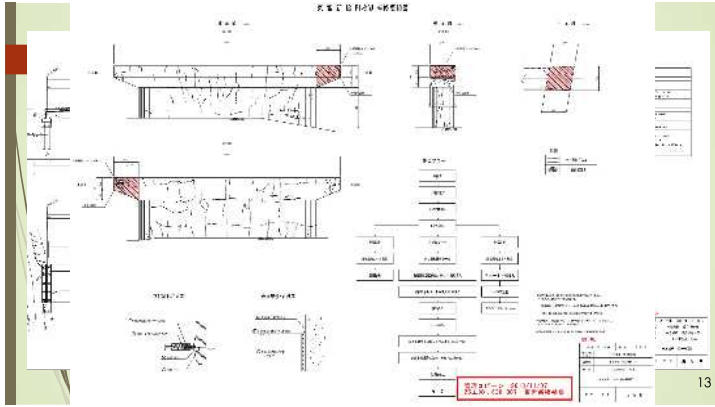
No. ② 施工年 2013年

工 法 リンダー工法+断面修復

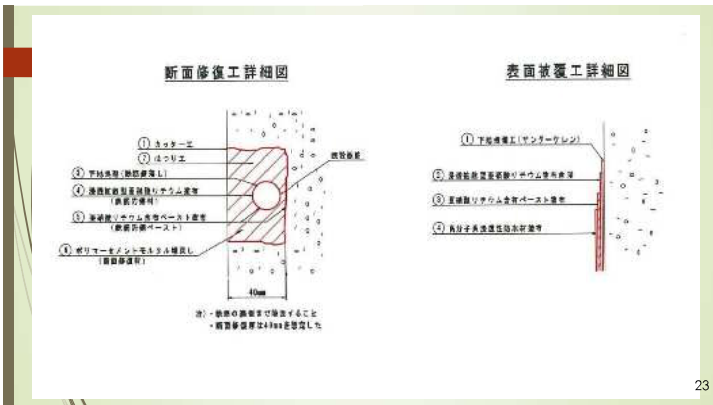
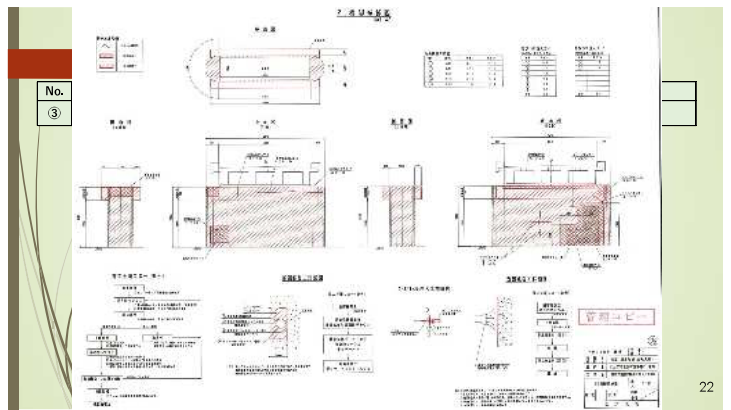
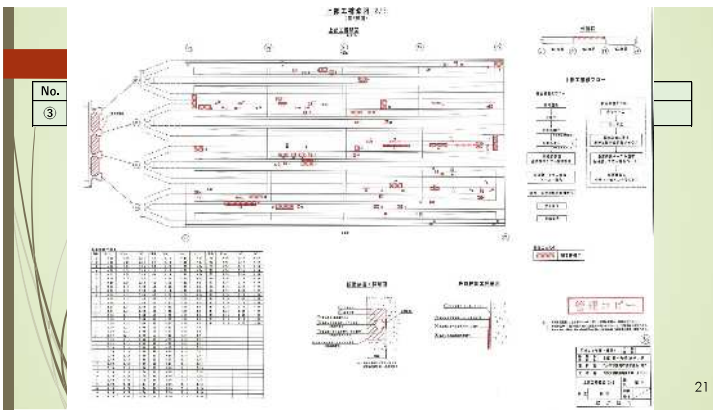
山形県上山市

11

12



No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
③	2014年	秋田県にかほ市	にかほ市	平成26年度 社会資本整備交付金 社会資本整備修繕工事(2工区)	ASR	橋梁	断面修復・表面修復



No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
④	2014年	秋田県にかほ市	にかほ市	平成26年度 社会資本整備交付金 社会資本整備修繕工事	ASR	橋梁	断面修復・表面修復

No. ④ 施工年 2014年

工工法

④

秋田県にかほ市

25

No. ④

26

No. ④

27

No. ④

28

No. ④

29

No. ④

断面修復工詳細図

表面被覆工詳細図

30

No.	施工年
⑥	2017年



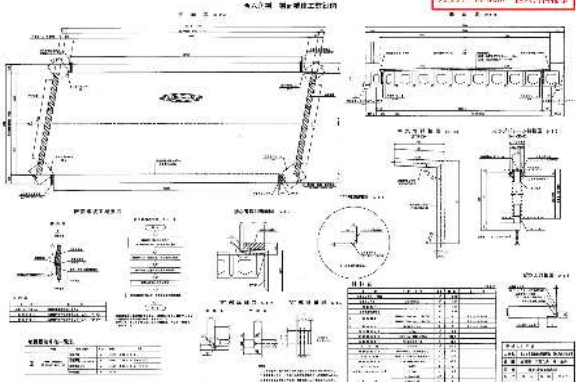
⑥

宮城県岩沼市

工法
リハビリ工法

37

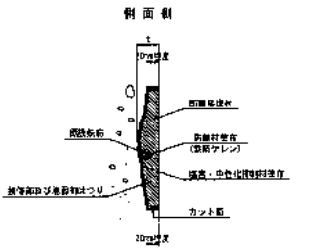
No.	施工年
⑥	2017年



工法
リハビリ工法

38

No.	施工年
⑥	2017年



工法
リハビリ工法

工事	仕様
埋管・中物比付埋管	連続埋管構造鋼管埋管
鉄筋付帯部	鋼筋埋管付帯部埋管
新設埋管	埋管埋管付帯部埋管

39

No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑦	2018年	山形県上市市	茨城県	上山地区下部工補修工事	ASR	橋台	ASRリペア工法・リハビリ工法

40

No.	施工年	施工箇所
⑦	2018年	山形県上市市



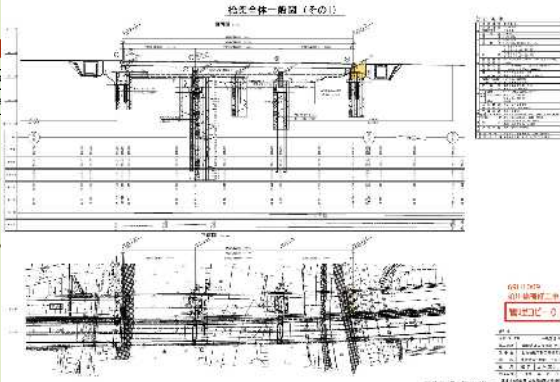
⑦

山形県上市市

工法
リハビリ工法

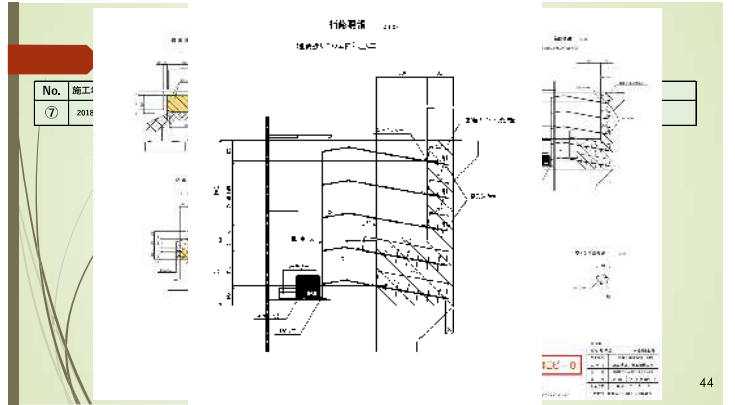
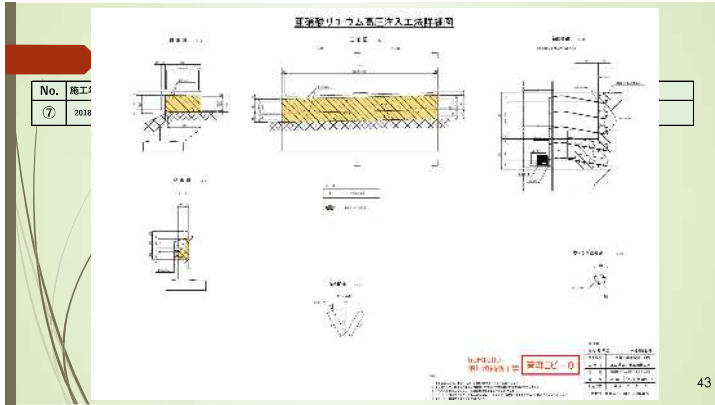
41

No.	施工年
⑦	2018年



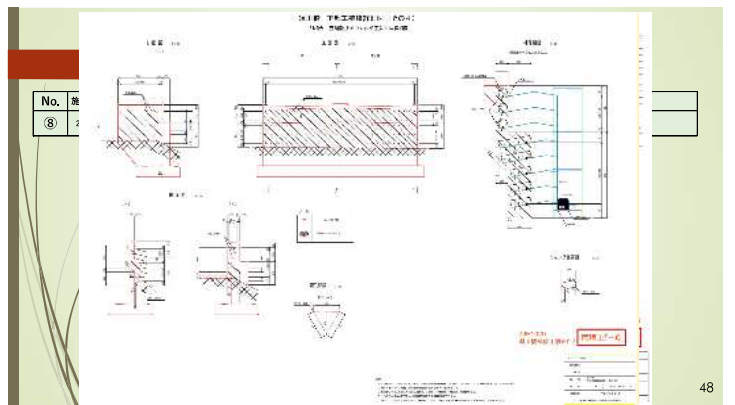
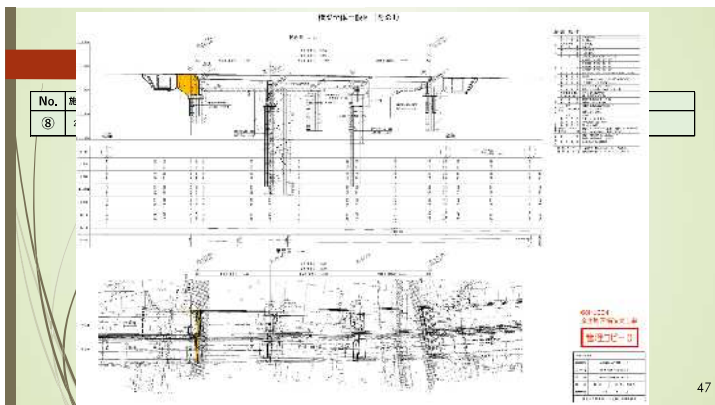
工法
リハビリ工法

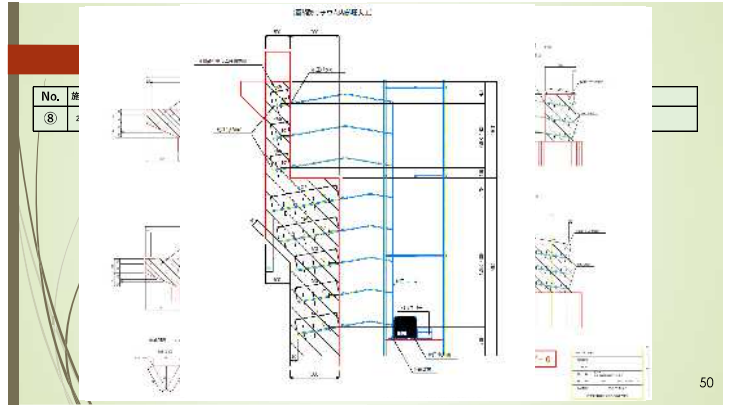
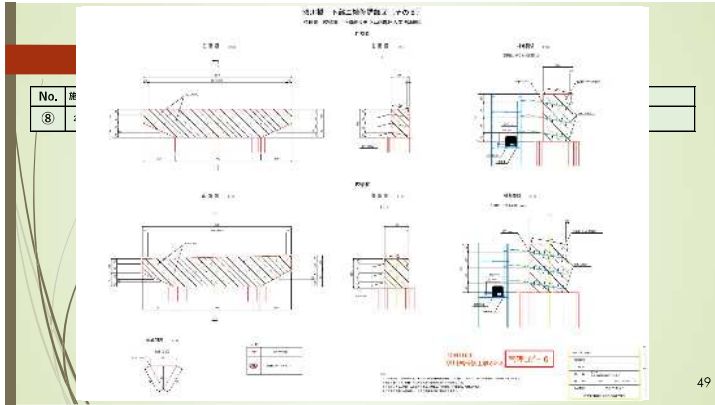
42



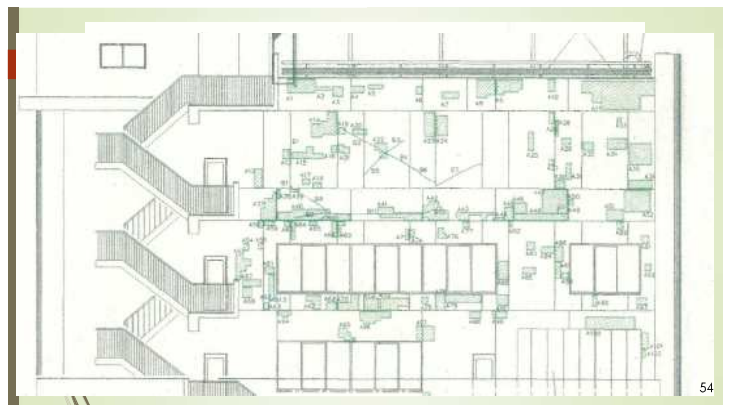
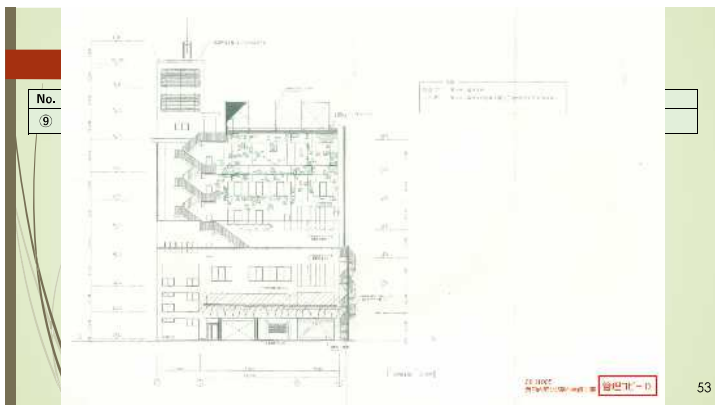
No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	実化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑧	2018年	山形県上山市	東北地盤	会生地区構造物工事	ASR	橋台・橋脚	ASRリウム工法・リハビリシリンダー工法

45





No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑧	2018年	福島県福島市	ふくしま中野会館西側外観遮水対策工事	ASR	建築	ラピッドラジアンダー工法	



No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑩	2019年	岩手県宮古市	岩手県	一般国道106号新沢大橋橋梁修繕工事	ASR	橋梁	リハビリサンダー工法

55

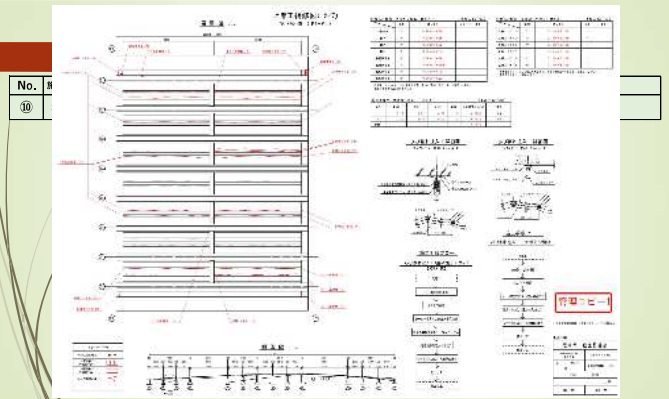
No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑩	2019年	岩手県宮古市	岩手県	一般国道106号新沢大橋橋梁修繕工事	ASR	橋梁	リハビリサンダー工法



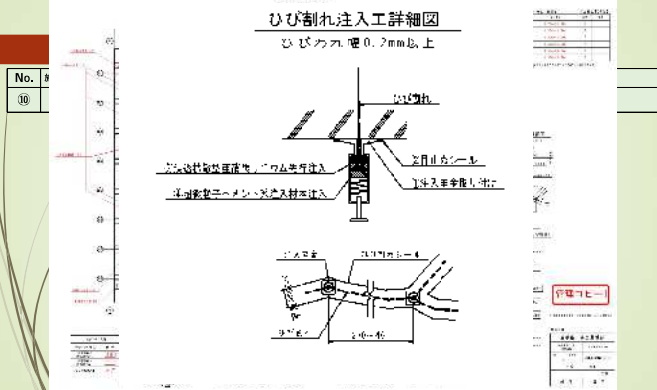
56



57



58



59

No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑪	2019年	岩手県一関市	岩手県	主要地方道江刺宮城線道合橋橋梁修繕工事	ASR	橋梁	リハビリサンダー工法+表面塗装

60

No.	施工年	施
⑪	2019年	岩手県

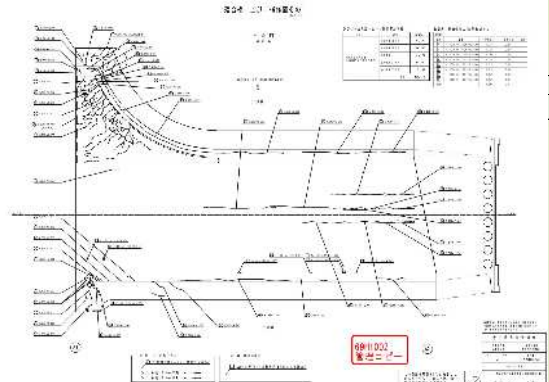




岩手県一関市

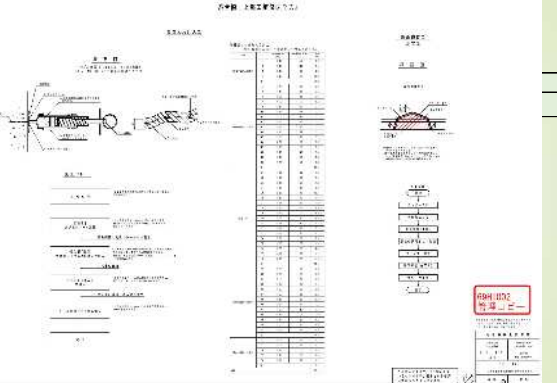
61

No.	施工年	施
⑪	2019年	岩手県



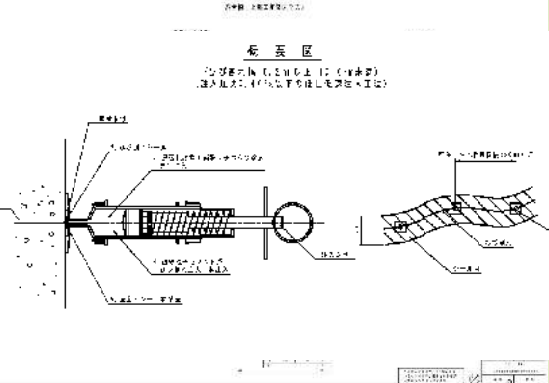
62

No.	施工年	施
⑪	2019年	岩手県



63

No.	施工年	施
⑪	2019年	岩手県



64

No.	施工年	施工箇所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
⑫	2021年	秋田県由利本荘市	秋田県	道路メンテナンス工事（橋梁補修）03-F155-00	ASR	橋台	リハビリシランダー工法・表面合衆

65

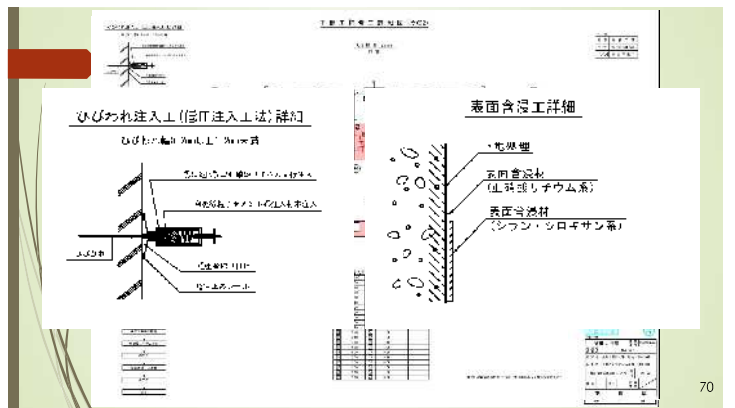
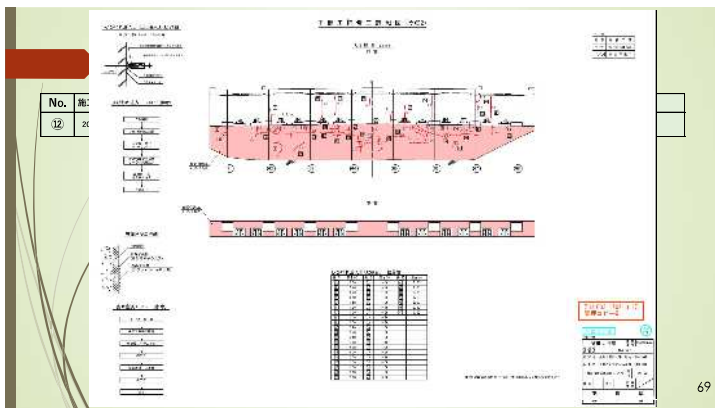
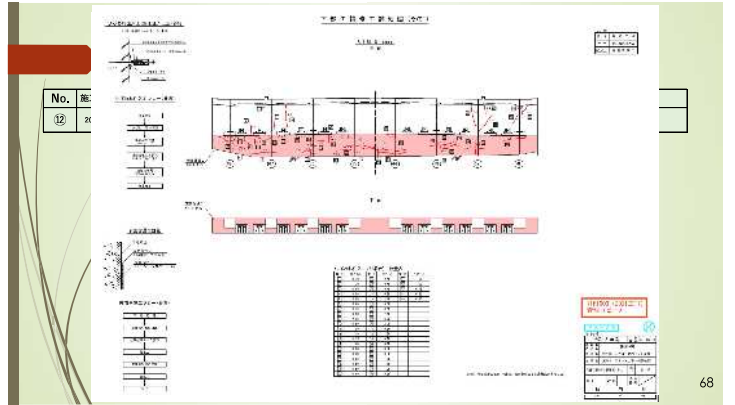
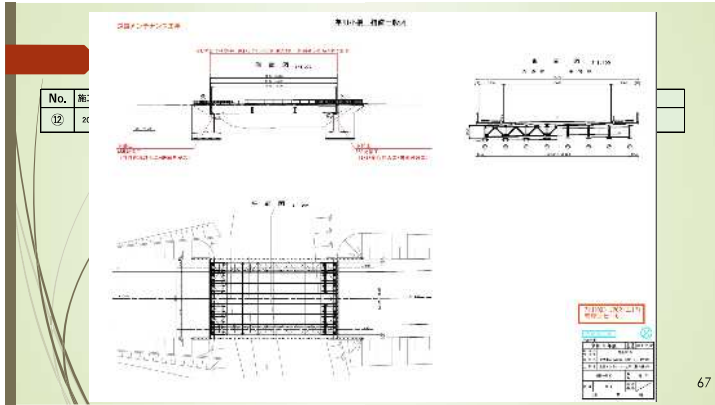
No.	施工年	施
⑫	2021年	秋田県





秋田県由利本荘市

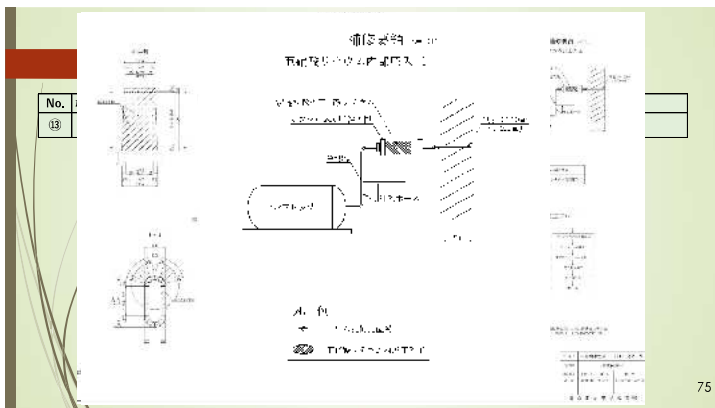
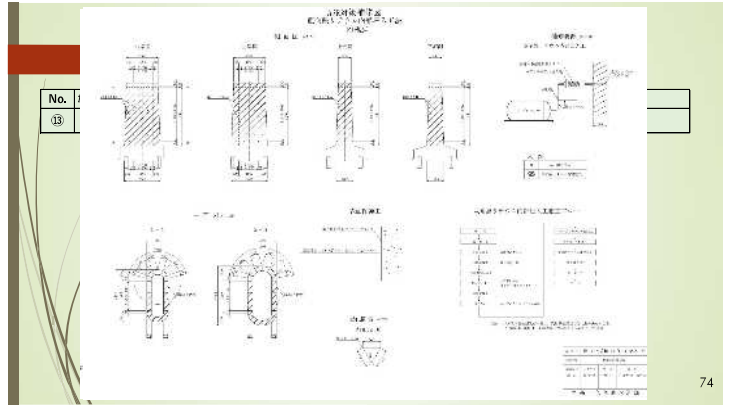
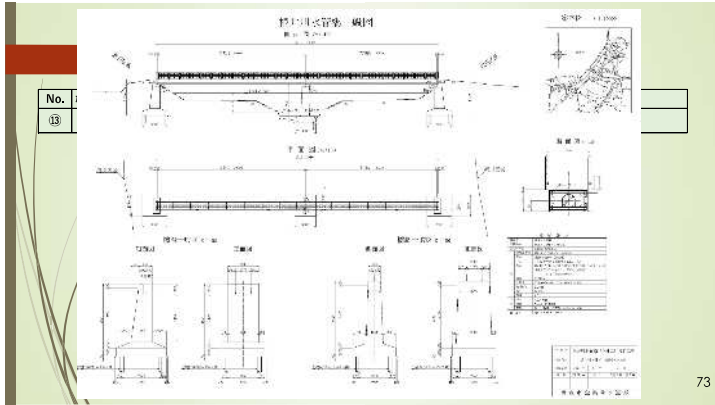
66



No.	施工年	施工箇所	発注者	工事件名	劣化要因	施工箇所	施工工法
13	2021年	青森県青森市	青森市	根井川水質浄化（下水道）更新工事	ASR	橋脚	リハビリシンター工法・高圧洗浄・表面被覆

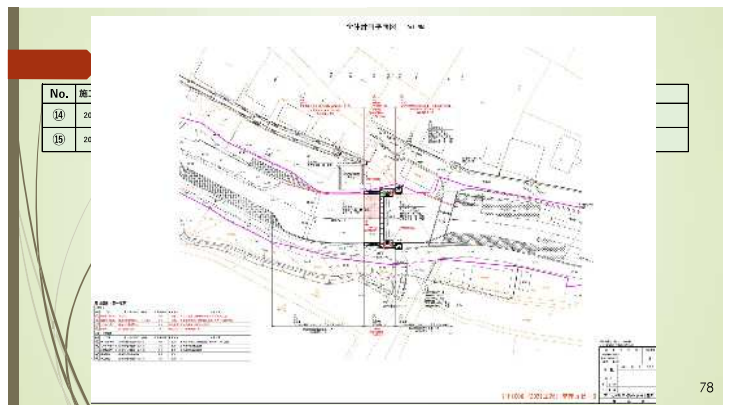
71

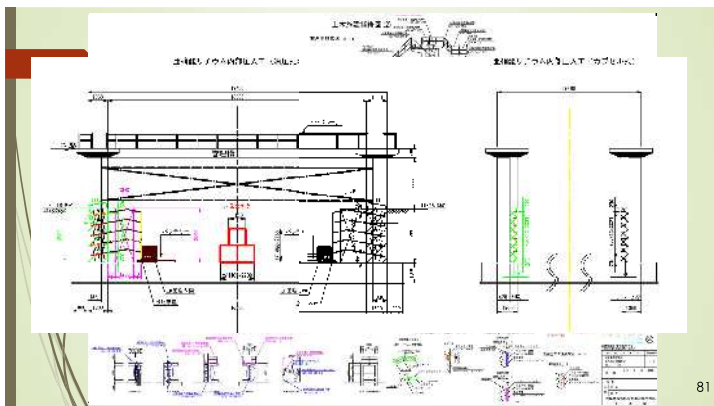
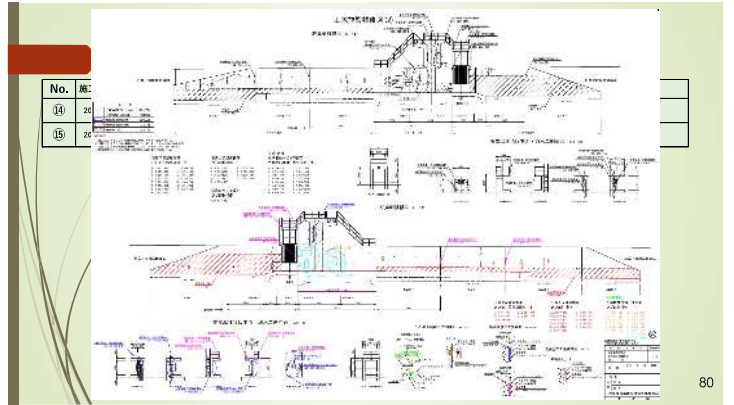
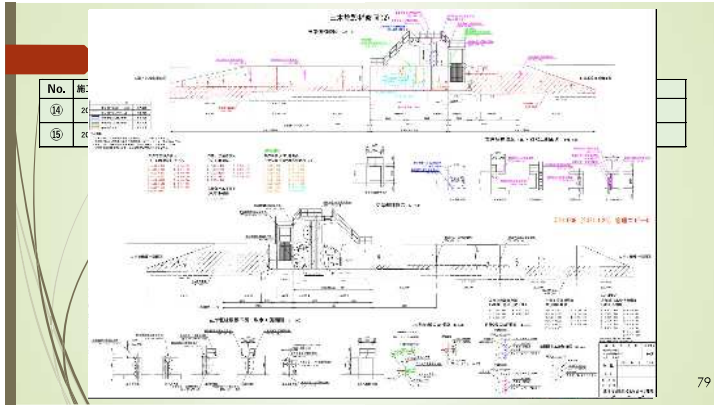




No.	施工年	施工場所	発注者	工 事 件 名	劣化要因	施工箇所	施 工 工 法
14	2021年	青森県五所川原市	青森県	小田川南部合流化大改修工事	ASR	水門	ASRリナム工法+リハビリカセル工法
15	2022年	青森県五所川原市	青森県	小田川南部合流化大改修工事	ASR	水門	ASRリナム工法+リハビリカセル工法

76





東北地方における亜硝酸リチウムを使用した施工実績紹介

ご静聴、ありがとうございました。

東日本コンクリート株式会社 伊藤 晴彦

82

床版取替えにおける 継手部の配筋を省いた継手工法 エルスジョイントのご紹介

- ◆開発背景
- ◆エルスジョイントとは
- ◆従来工法との比較例
- ◆施工手順

紹介する主な内容

◆開発背景

- ◆エルスジョイントとは
- ◆従来工法との比較例
- ◆施工手順

開発背景

高速道路の老朽化と大規模更新・修繕

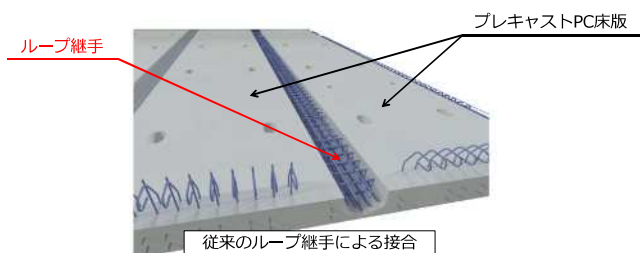
- 日本の高速道路は約**40%が供用後30年経過**しており、疲労や環境因子による劣化が顕著になっている。
- そこで現在、大規模更新・大規模修繕が計画されると共に、補修・補強工事が実行されつつあり、**床版取替工事が増加している**。



出典：高速道路高度の長期保全及び更新のあり方に関する技術調査委員会報告書 2014.1.22

開発背景

- **床版取替工事は、急速施工が要求される。**
- 取替えられる床版はプレキャストPC床版を用いるのが一般的であり、ループ継手に代表される鉄筋継手で接合される。
- 継手部における配筋の特徴からループ継手は継手内への鉄筋組立、間詰コンクリートの打ち込み・養生等が必要となり**施工に多く時間を要する**と共に、**一度に複数の技能工が必要**となる。



開発背景

従来工法の課題とニーズ

- 交通規制の**期間を短縮**したい
- 既設床版の**リニューアルを効率的**にしたい
- 床版の**クオリティを向上**させたい
- **メンテナンスを容易**にしたい

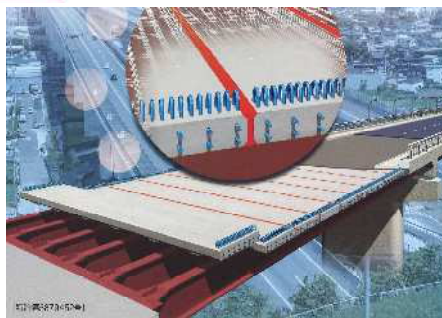


「継手部の配筋を省いた
プレキャストPC床版の合理化接合法」

ELSS Joint を開発

- ◆開発背景
- ◆エルスジョイントとは
- ◆従来工法との比較例
- ◆施工手順

ELSS Joint エルスジョイント



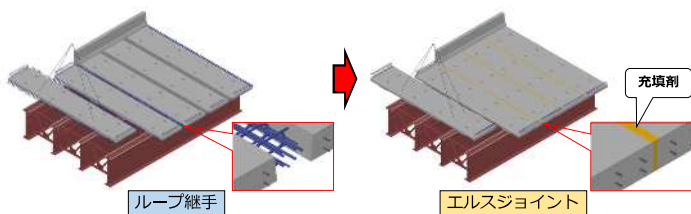
エルスジョイントは、日鉄エンジニアリング(株)と極東興和(株)が共同開発した工法で、P C床版の継手部にエポキシ樹脂モルタルもしくはポリマーセメントモルタルを充填することで接合する工法

【コンセプト】

・安全性、使用性、耐久性を損なうことなく施工省力化、脱・技能化、工期短縮を実現

【ポイント】

・従来の継手部は配筋作業・コンクリート充填作業が必要。
⇒床版を充填材料のみで接合することで、安全性・耐久性・走行性を損ねることなく、ループ継手の課題を解決。



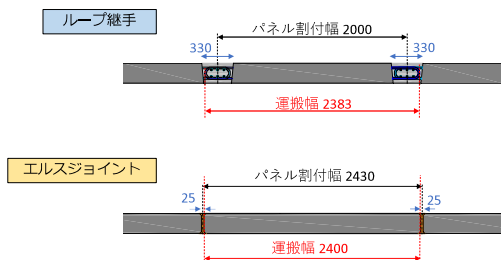
① すぐれた生産性

- ・プレキャスト床版から接合用鉄筋が突出しない構造
⇒プレキャスト部材の型枠を簡素化でき、かつ配筋も容易で工場製品として生産性に優れる。
- ⇒現地でのプレキャスト床版の据付作業が容易。
- ・継手部の目地幅が狭いため接合部の型枠構造を簡素化でき、配筋作業も不要
⇒接合部の施工における労務工数を削減できる。



② すぐれた施工性

- ・継目部に鉄筋を配置しないためパネル幅全体を運搬可能な最大幅 (2.5m) まで広げることが可能
⇒プレキャスト床版の必要枚数を標準的なループ継手より85%程度まで減らすことが可能
- ⇒プレキャスト床版の架設日数を短縮、現地施工の工程短縮



③ すぐれた維持管理性

- ・現行の鉄筋コンクリート床版と同等以上 (100年相当以上) の疲労耐久性
- ・繰り返し荷重に対して継手部が先行して破壊する機構であるため床版本体の損傷を最小限に抑える。
- ・継手部の再施工、損傷した床版のみの取替えも可能

④ すぐれた品質

- ・継手幅は25mm程度と狭く、他の継手構造と比較して高品質である工場製品率が高くなる。
- ⇒品質に優れた床版が構築できる。

◆各種試験結果

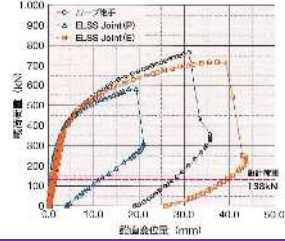
①静的荷重試験

エポキシ樹脂モルタル、ポリマーセメントモルタル、両者とも設計荷重(138kN)に対して十分な耐力を有しており、ループ継手構造と同等の静的耐力を有していることを確認した。

■試験状況



■荷重変位関係



②輪荷重走行試験

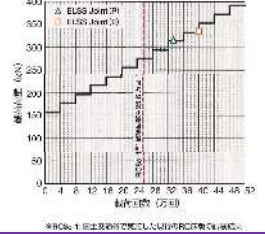
・道路橋示方書に示される階段状荷重の輪荷重走行試験

ポリマーセメントモルタル(314kN/33.4万回)
エポキシ樹脂モルタル(333kN/40万回)
各充填材について上記の数値で破壊しており、現行のRC床版(275kN/25.6万回)を超える疲労耐久性を有していることを確認した。

■道路橋示方書に示される階段状荷重の輪荷重走行試験状況



■荷重ステップと破壊回数



・高速道路を想定した輪荷重走行試験

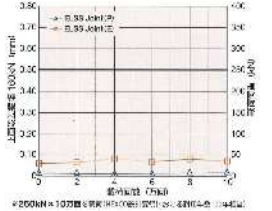
NEXCO試験法442

高速道路の床版に求められる疲労耐久性(耐用年数100年相当の荷重走行後に漏水しない)を有していることを確認した。

■NEXCO試験法442試験状況



■荷重回数と継手部における段差量



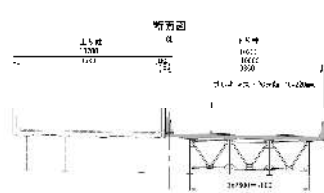
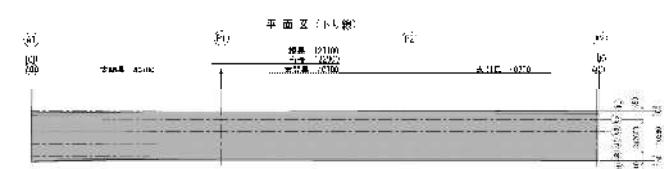
■漏水試験



- ◆開発背景
- ◆エルスジョイントとは
- ◆従来工法との比較例
- ◆施工手順

従来工法との比較例

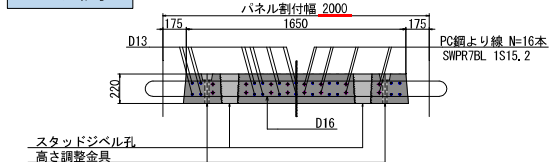
床版更新モデル橋梁の概要



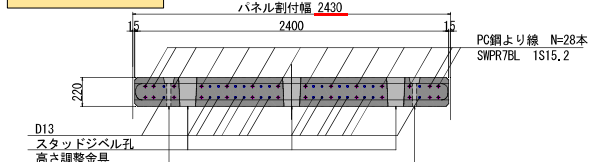
諸元	
構造形式	鋼3径間連続非合成鉄桁橋
橋長	123.100m
支間割	3 × 40.700m
全幅員	10.660m
取替床版	プレキャストPC床版 (PRC構造)

従来工法との比較例

ループ継手



エルスジョイント



従来工法との比較例

主要数量比較

		ループ継手	エルスジョイント	比較
プレキャスト床版		61枚	50枚	↓11枚 (約20%減)
間詰め	材料	49.4m ³	4.6m ³	↓44.8m ³ (約90%減)
	鉄筋	8.851t	0.000t	↓8.851t (100%減)
	型枠	201m ²	36m ²	↓165m ² (約80%減)

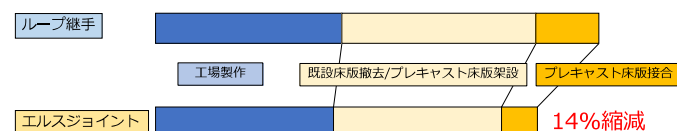
従来工法との比較例

エルスジョイントとループ継手の現場工程の試算

工種	1か月			2か月			3か月			4か月		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
交通運用切替												
既設床版撤去/プレキャスト床版架設												
プレキャスト床版接合												
橋面工												
交通運用切替												

■ ループ継手構造 ■ エルスジョイント 11%短縮

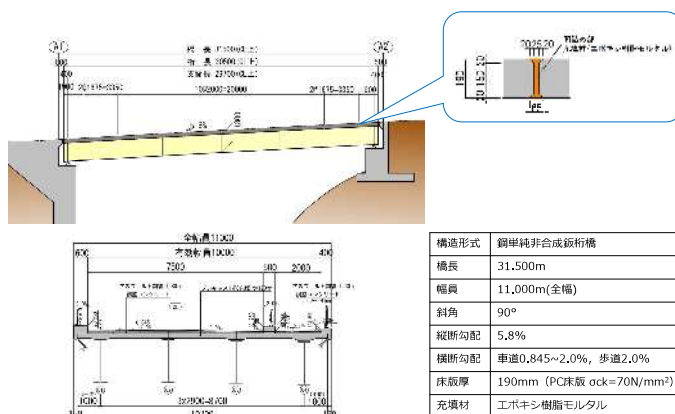
エルスジョイントとループ継手の生産性(労務工数)の比較



紹介する主な内容

- ◆ 開発背景
- ◆ エルスジョイントとは
- ◆ 従来工法との比較例
- ◆ 施工手順

施工手順



施工事例の紹介



施工事例の紹介



※写真は前頁の配筋状況の床版とは別の床版です。



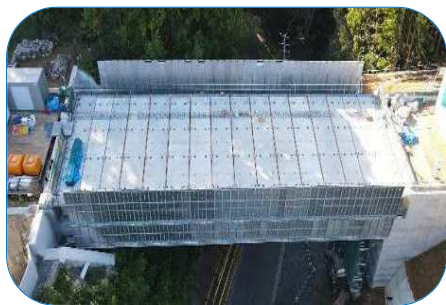
施工事例の紹介



施工事例の紹介



施工事例の紹介



施工事例の紹介



施工事例の紹介



<参考>
ポリマーセメントモルタル充填の場合



施工事例の紹介



まとめ

- ・近年、高速道路の老朽化が進み、床版取替工事が増加している。
- ・取替用床版としてはプレキャストPC床版をループ継手で接合する工法が一般的であるが、継手部における配筋の特徴から、施工に多く時間を有するほか、一度に複数の技能工を有するという課題がある。

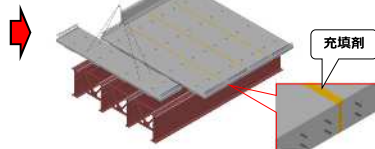


エルスジョイント

床版を充填材料のみで接合することで、安全性・耐久性・走行性を損ねることなく、ループ継手の課題を解決した。

導入の効果として以下が見込める。

- ① すぐれた生産性
- ② すぐれた施工性
- ③ すぐれた維持管理性
- ④ すぐれた品質



ご清聴ありがとうございました

発表者：極東興和株式会社
技術本部 補修部 補修営業課
片平 勝師
MAIL katahira@kkn.co.jp
TEL 03-5974-5150

第四部

ELSS Joint (エルスジョイント) を用いた プレキャストPC床版の施工



東日本コンクリート株式会社
PRIDE to the BRIDGE

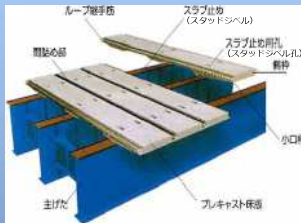
報告内容

1. プレキャスト床板の特徴
2. エルスジョイント採用の経緯
3. プレキャストPC床板への変更
4. 施工報告

1. プレキャスト床板の特徴

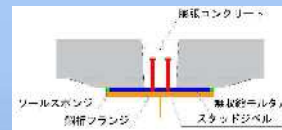
- コンクリート床版の大部分を工場で製作（品質向上、工程短縮）
- 構造形式は床版全体をRC、または橋軸直角方向（床版支間方向）をPC構造

【プレキャスト床版の構造例（ループ継手構造）】



鋼桁とプレキャスト床版の接合

- 鋼桁上フランジと床版の隙間には、無収縮モルタルを充填する。
- 鋼桁と床版の接合は、スタッドジベルにて接合する。
- 床版のスタッドボルト孔は膨張コンクリートにて後埋めする。



鋼桁とスタッドジベルの接合



床版に設置したスタッドジベル孔



プレキャスト床版間の接合

(一般的な接合法)

- 床版間に鉄筋を配置し場所打ちコンクリートで一体化する工法
- 橋軸方向にPC鋼材を配置し、プレストレスの導入により接合する工法

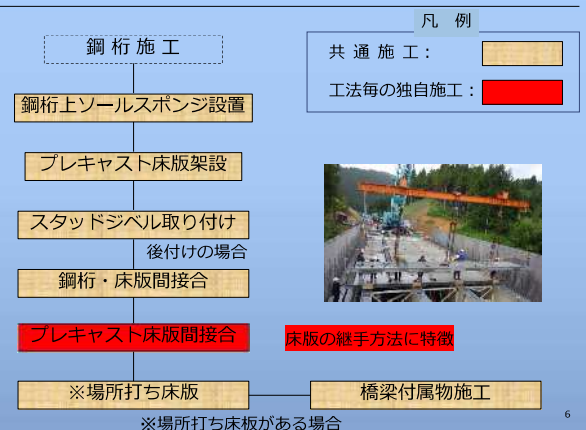
【鉄筋を配置し接合する例】



【プレストレス導入により接合する例】



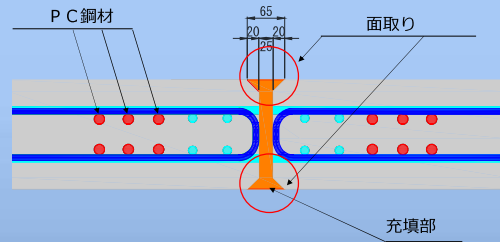
プレキャスト床版の施工フロー



ELSS Jointの特徴 (エルスジョイント)

- 床版間の接合は専用材料の充填のみ
(継手構造の簡素化。鉄筋やP C鋼材は使用しない)
- 床版間の接合幅25mm程度
(プレキャスト比率が高く現場施工を低減)
- 床版割付幅を最大2.5mまで拡大可能
(割り付け枚数を削減→プレキャスト床版の製作・架設工程の短縮)
- P C鋼材により床版剛性を強化
(従来のP C床板よりP C鋼材本数を増加し、接合部の負担低減)

ELSS Joint 接合部の構造



採用可能な材料の特性値			
充填材料	充填材料の圧縮強度 (N/mm ²)	充填材料の引張強度 (N/mm ²)	充填材料の引張弾性係数 (N/mm ²)
エポキシ樹脂系	24以上	2.0以上	10000以上
ポリアセチレン系	24以上	2.0以上	10000以上

(エポキシ樹脂または
ポリマーセメントモルタル)
品質管理項目
圧縮強度 24 N/mm²以上

2. エルスジョイント採用の経緯

工事概要

橋梁名 : 崎山橋

工事場所 : 宮城県石巻市
(国道398号 相川復興道路)

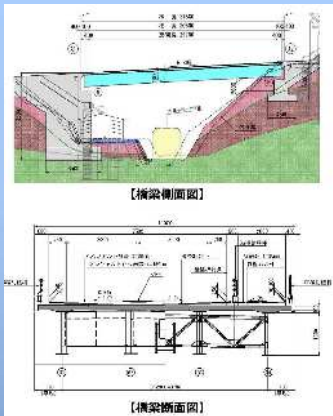
発注者 : 宮城県東部土木事務所



構造形式 : 鋼単純非合成鈹桁橋
(橋長31.5m 全幅員 : 11.0m)



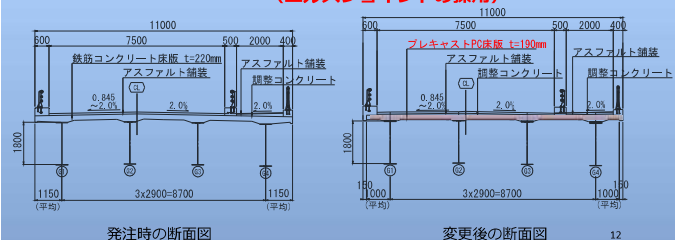
[施工前 現地写真]



プレキャストPC床版 (エルスジョイント) の採用理由

早期開通の要求→引き渡し時期の遅れ→上部工工事の工程短縮

場所打ちRC床版 ⇒ **床版のプレキャスト化** を提案
(エルスジョイントの採用)



発注時の断面図

変更後の断面図

エルスジョイントの提案理由

場所打ち床版→**プレキャスト床版**に変更

プレキャスト床版のメリット

- ・ **工期の大幅短縮**
床版施工期間の短縮
- ・ **品質・耐久性の向上**
工場製品の使用
- ・ **ライフサイクルコストの縮減**
耐久性向上による維持管理費の縮減

+

エルスジョイントの採用

- ・ **継手構造の簡素化**
継手鉄筋不要、型枠構造簡素化、労務工数の削減
- ・ **工場製品率の向上**
継手部の目地幅削減→工場製作割合が高まる
- ・ **維持管理の向上**
損傷した継手、床版のみ交換可能（ランニングコストの削減）

13

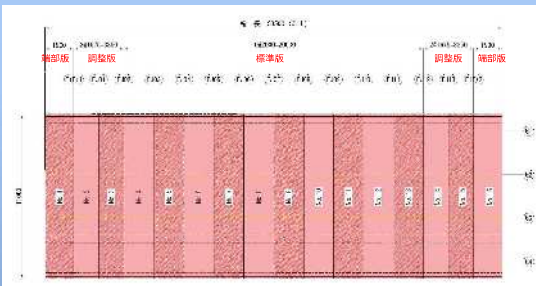
3. プレキャストPC床板への変更

(場所打ち床板からエルスジョイントを用いたプレキャストPC床板への変更)

14

プレキャストPC床板の割付け

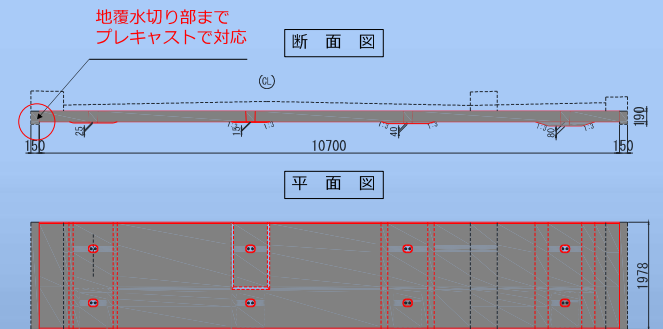
- ・ 間詰部を除き**床板全てプレキャスト化**
(工程の短縮、支点部の耐久性向上)
- ・ 床版の分割は最大幅2mを標準とし、端部側に調整版を配置



プレキャストNo.2~15 床板厚190mm
床版端部版 No.1、16 " 190~205mm

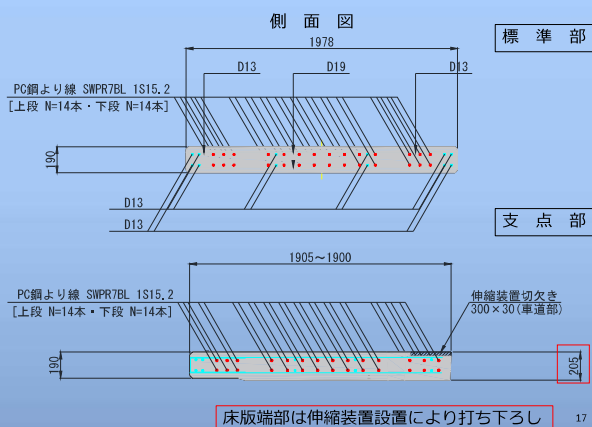
15

プレキャストPC床版構造図1



16

プレキャストPC床版構造図2



床版端部は伸縮装置設置により打ち下ろし

17

床版構造変更による各部材への影響

■ 鋼桁への影響

⇒ スタッドジベルの追加等
(構造的変更は、なし)

■ 支承・下部工への影響

⇒ 変更なし

○ ELSS Joint

✗ ループ継手

ループ継手の最小版厚は
220~240mm

エルスジョイントの採用により、
床板厚を220mm→190mmへ変更
床版から上部の荷重削減により、主桁・下部工への影響を低減。

18

4. 施工報告

4-1. 試験施工

4-2. 現場施工

19

4-1. 試験施工の実施

「ELSS Joint」の施工は当社初の試み
施工に当たり懸案事項を抽出

- 1) 無収縮モルタル充填時の接合部への浮き上がり防止
(性能の違うモルタル同士の境界設置方法を確立)
- 2) 底版型枠の施工方法
(施工性、施工スピード、仕上がり具合の検証)
- 3) エポキシ樹脂モルタルの特色把握
(練り混ぜ方法、充填性、縦断勾配5.8%での仕上げ)

⇒ 施工特性を確かめるために試験施工を実施

20

試験施工の実施

試験体

鋼 桁・・・H鋼を現場同様の条件で設置
床 版・・・鋼桁上の支点部分を実寸製作



鋼桁を模したH鋼
(現場同様に縦断勾配5.8%)

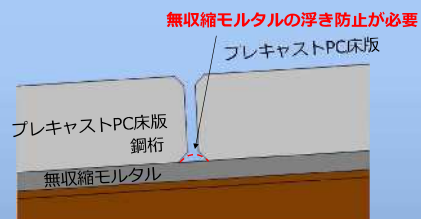


G1,G3,G4の支点部を
モデルとした試験体

21

1) 無収縮モルタル充填時の接合部への浮き上がり防止対策

桁・床版間の無収縮モルタル打設

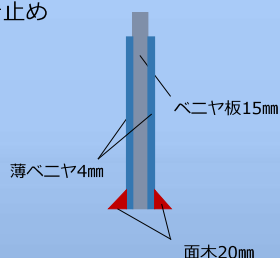


エポキシ樹脂充填空間への無収縮モルタルの
浮き上がりが懸念された

22

1) 無収縮モルタル充填時の接合部への浮き上がり防止対策

無収縮モルタルの継手部への浮き止め



ベニヤ板・薄ベニヤ・面木を併用した防止板を考案

23

試験施工状況



24

2) . 底版型枠の施工方法

底版型枠簡素化に向けた施工の比較



【材料】

- 型枠A
 - ・合板
 - ・縦さん
 - ・横さん
- 型枠B
 - ・シールテープ
- 型枠C
 - ・シールテープ
 - ・横さん

25

2) . 底版型枠の施工方法確立

底版型枠の比較結果



シールテープのみで施工が成立すれば、最も施工スピードが速く工期短縮にとっても有効だが・・・

充填材の自重に耐えられず出来形不良

26

3) . エポキシ樹脂モルタルの特性把握

練り混ぜ方法の検討

①練り混ぜ方法

- ・ペール缶ミキサー
- ・ハンドミキサー



比較結果

- ・ペール缶ミキサー：ペール缶自体が回転し自動で充填材を攪拌。空気の混入が少ない。
- ・ハンドミキサー：充填材の年度が非常に高く、機械の動力が負け練り混ぜ者に負担。

練り混ぜにはペール缶ミキサーの使用を決定

27

3) . エポキシ樹脂モルタルの特性把握

充填性

②練り上がり温度

- ・18.5℃
- ・20.1℃
- ・21.2℃



試験結果

- ・フロー試験を行ったが、温度によるフロー値に差はなかった
- ・粘度が高く、ゆっくりと充填されていく。流動性は良い。
- ・水を使用しないため、隙間からの液だれは無い。

充填性は良好。自重だけで隅まで充填可能

28

3) . エポキシ樹脂モルタルの特性把握

充填作業の比較

③仕上がり具合

縦断勾配5.8%での天端仕上げ



試験結果

- ・仕上げ後に1～2mm程度の沈下あり
- ・縦断の低い方へ流れやすい
- ・粘着性が高く、余盛による仕上げは困難
- ・硬化後の研磨機による研磨仕上げは容易

縦断勾配が大きい場合は継ぎ目に段差が生じやすい

29

試験結果のまとめ 1

■無収縮の浮き上がり防止

浮き上がり防止板の設置により、無収縮モルタルとエポキシ樹脂充填箇所の境界区分を設けることは可能。
架設時に予め設置しておくことで接合間隔25mmを保持する標尺としても利用。

■床板接合部の底版型枠設置

合板とさん木による組立がベスト。さん木は合板の隙間防止程度に使用。架設前に床板形状に合わせた型枠加工による工程短縮。

注意事項

型枠には剥離剤を事前に塗布する。樹脂の接着性が高いため、合板の脱型が困難！

30

試験結果のまとめ 2

■作業性（硬化速度）

硬化速度が速いため（30分程度）、練り混ぜ後は直ちに充填をおこなう。

■充填作業

充填性が非常に高く、自重での充填が可能。

■仕上がり（天端）

1, 2mmの**沈下が見られた**。コンクリートと比較し余盛の仕上げが困難。高めの仕上げとし、継ぎ目の**段差処理は研磨機が有効**

31

4 - 2. 現場施工

プレキャストP C床板の製作

製作工場

東日本コンクリート株式会社
巨理P C工場



床版製作状況



床版保管状況

32

プレキャストP C床板の架設

200Tクローラークレーンにて架設
床版重量 約10.5t/枚



プレキャストP C床板の運搬状況



床版架設状況

33

プレキャストP C床板の架設

◇プレキャストP C床板の架設動画



34

プレキャストP C床板の架設完了



35

「ELSS Joint」の施工

◇底版型枠の設置

- ・型枠は架設前に床板形状に合わせて加工
- ・ノロ漏れ防止に隙間テープを貼り付け



隙間テープによるノロ漏れ防止



型枠設置状況

36

「ELSS Joint」の施工

◇エポキシ樹脂モルタルの充填

- ・ペール缶ミキサー 2 台で練り混ぜ

主剤+硬化剤投入
練り混ぜ

フィラー（微粉末）投入
練り混ぜ



エポキシ樹脂モルタル
「ELSS充填剤(E)」



充填材練り混ぜ状況



充填材流し込み状況

37

エポキシ樹脂モルタルの充填状況



38

充填後の表面仕上げ

◇養生

- ・充填後の養生は養生シートにて直射日光を遮断
(散水養生はおこなわない)

◇表面仕上げ

- ・床板と充填部の平坦性は、研磨機にて仕上げ



39

床版工の実施工工程

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PC床版架設工	■		■							
スタッドジベル溶接		■	■							
形取型枠確立		■	■	■	■	■	■			
無収縮モルタル打設				■	■					
ジベル孔コンクリート打設						■	■			
エポキシ樹脂モルタル充填								■	■	
仕上げ作業									■	■

40

完成後の安全性確認

・実構造物の挙動、安全性確認の実施

完成後に載荷荷重試験による「ひずみ」・「変位」を計測
設計手法の妥当性と実構造物の安全性を証明

・完成後の定期点検を実施

工事完成後は年に1回の点検を実施中。異常なし



41

おわりに (今後の展望)

- ・高速道路橋などの更新での使用を目的に開発された床版継手だが一般道路橋の更新・新設工事にも適用可能。
- ・継手部の構造が充填材のみと簡単な接合方法であり、施工に必要な労働者数の削減、熟練技能者不足に対応可能、労働生産性の向上が期待出来る。
- ・充填材は定量を自動攪拌機での練り混ぜにより、品質にばらつきの少ない充填材を隔々まで充填可能。
- ・工場製品による耐久性の向上と、構造的な面でメンテナンス性の向上も期待できる。

42



ご清聴ありがとうございました

劣化因子を遮断する 超緻密高強度繊維補強コンクリート

令和4年11月30日in青森
株式会社ビー・ビー・エム

J-THIFCOM

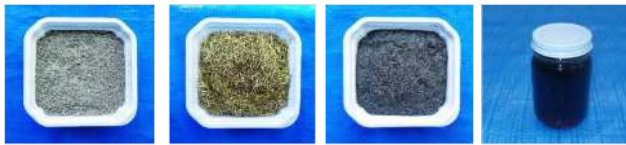
J-ティフコム (Japan - Thixotropic Hardening Impermeable Fiber Reinforced Composite) は、無機・有機繊維混入率4.0%vol以上を有する 超緻密・高強度で流動性と材料分離抵抗性に優れ、かつ粘性に対する時間依存性を保持することで施工勾配の変化に対応できる 高性能マトリックスを有する材料



J-THIFCOM

材料構成

J-ティフコムは、専用ミックスセメント、補強用メゾ繊維、補強用マイクロ繊維、専用混和液で構成される



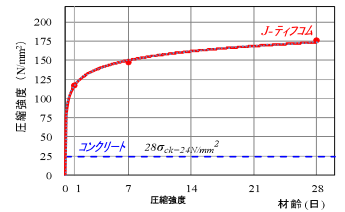
専用ミックスセメント 補強用メゾ繊維(鋼製) 補強用マイクロ繊維(鋼製) 専用混和液

3

J-THIFCOM

特長

- 高い圧縮強度を有し、1日で高強度発現
- 床版補修の場合、早期の交通解放が可能。



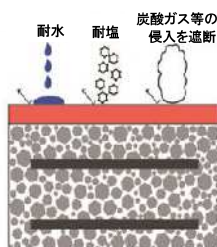
基本試験では打設後1日で100N/mm²の強度発現を有し、その後緩やかに上昇傾向を示す

4

J-THIFCOM

特長

- 高い圧縮強度を有し、1日で高強度発現
- 超緻密のため劣化因子の遮断に優れる
- 構造物の外面プロテクト材として使用可能で、床版補修の場合、防水層不要。



5

J-THIFCOM

特長

- 高い圧縮強度を有し、1日で高強度発現
- 超緻密のため劣化因子の遮断に優れる
- 養生は普通コンクリートと同様
- 現場練り混ぜと連続打設が可能。



現場での練り混ぜ状況




連続打設とシート養生

6

J-THIFCOM

特 長

- 高い圧縮強度を有し、1日で高強度発現
- 超緻密のため劣化因子の遮断に優れる
- 養生は普通コンクリートと同様
- 流動性・自己充填性に優れる  狭隙部への充填材として使用可能。



既設コンクリートT桁の支取付部材への充填材として使用した例

J-THIFCOM

特 性 値

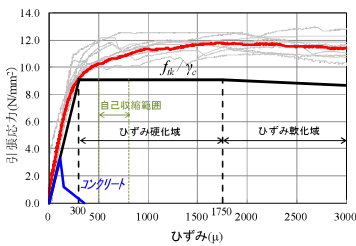
(無機繊維混入率5.0%volに対する性能)

項 目	特 性 値	備 考
圧縮強度(設計)	※1 130 N/mm ² 以上	1日で高強度発現(基本材齢28日)
引張強度(設計)	※2 9 N/mm ²	ひび割れ発生強度6 N/mm ² (材齢28日)
曲げ強度	※3 35 N/mm ²	試験JIS A 1171 (材齢28日)
ヤング係数	4.0×10 ⁴ N/mm ²	繊維混入率5% (材齢28日)
フロー値	※4 打設条件に適合する範囲	試験JIS R 5201 エルフルフロー
付着強度	※5 2.7 N/mm ² 以上	試験JIS A 1171 (材齢28日)
長さ変化率	※6 収縮111×10 ⁻⁶	試験JIS A 6202 (材齢28日)
塩化物イオン透過深さ	※7 0mm	試験JIS A 1171 (材齢28日)
中性化深さ	※8 0mm	試験JIS A 1171 (材齢28日)
透気係数	※9 0.001×10 ⁻¹⁶ m ² 以下	透気係数試験 (トレント法)

※5. 材質実態はコンクリート母材での成績
試験機関(一財)建材試験センター、(一社)日本建設者連理工学会総合技術研究所、福岡大学

J-THIFCOM

引張応力-ひずみ関係



高い引張強度とともに降伏後も強度が上昇するひずみ硬化域と、ピーク後に急激な強度低下を起すことなくひずみが伸びるひずみ軟化域を有する

引張力を分担させた設計も可能

J-ティフCOMの練り混ぜフロー



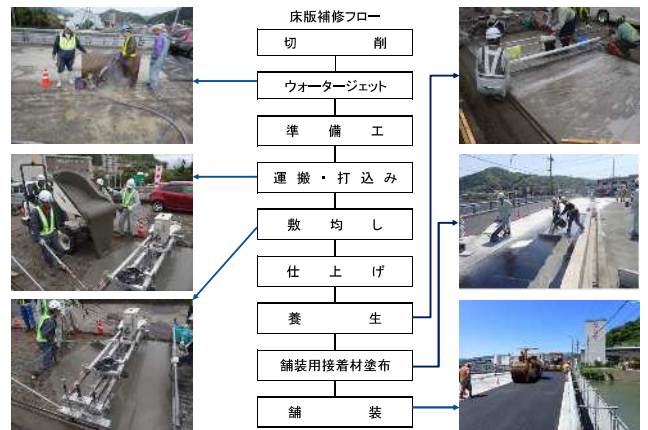
J-ティフCOMの練り混ぜ状況

ジェイ - ティフCOM J-THIFCOM

超緻密高強度繊維補強コンクリート

Japan・Thixotropic Hardening Impermeable
Fiber Reinforced Composite

J-ティフCOMを使用した床版補修



専用接着剤の塗布



舗装工



アスファルト混合物敷均し状況



アスファルト混合物転圧状況



舗装工完了

J-ティフコムの使用例

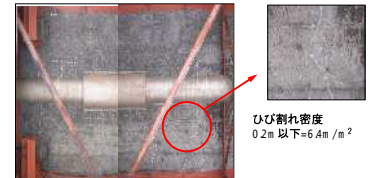
床版補修事例



損傷状況(上面側)



損傷状況(下面側)



床版補修事例



J-ティフコムの施工



床版補修事例



J-ティフコムを片側施工した段階で降雨があり上面側は一面滞水状態



その時床版下面側は、J-ティフコム施工前の側では水の浸透が確認されたが、施工済み側では浸透は無かった。



J-ティフコムの高い遮水性が証明された

床版補修事例



J-ティフコム施工後



舗装完了後

凍害による損傷部位の補修事例

損傷状況



被りコンクリートの剥落



橋脚天端面の劣化損傷

凍害による損傷部位の補修事例

J-ティフコムの施工状況



型枠を設置しJ-ティフコムを流し込みで施工



コテによる表面仕上げ

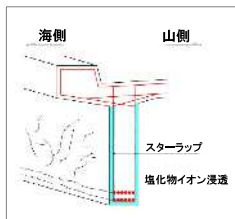
凍害による損傷部位の補修事例

施工前後の比較



After

塩害による損傷部位の補修事例



塩害により橋梁のPC桁にひび割れが発生



J-ティフコム施工後

沓座補修事例



支承と沓座の劣化



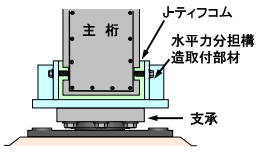
支承取替に合わせて沓座にJ-ティフコムを使用



施工後

支承交換用取付部材への使用例

J-THIFCOM



J-ティフコムの充填



施工後

低温環境下での施工事例

J-THIFCOM

氷点下の低温環境下でも路面ヒーターの使用及び防寒養生を行うことで施工が可能



路面ヒーターによる施工前の熱養生



J-ティフコム打ち込み後のジェットヒーターによる給熱養生



J-ティフコムの施工完了

J-ティフコムを使用した コンクリート舗装

J-THIFCOM

J-ティフコムに硬質骨材を接着させた
すべり止めコンクリート舗装



舗装表面



J-ティフコムと硬質骨材の接着断面

J-ティフコムを使用した コンクリート舗装

J-THIFCOM

床版補修と同じ施工手順で、既設舗装の切削
⇒ウォータージェットによる既設床版のはつり
⇒J-ティフコムの敷均しを行う



舗装の切削



W Jによるはつり



J-ティフコムの敷均し

J-ティフコムを使用した コンクリート舗装

J-THIFCOM

J-ティフコム硬化後にプライマー、バインダーの
順で表面に塗布し、硬質骨材を散布・転圧
した後余分な骨材を回収して施工完了



硬質骨材



プライマーの塗布



バインダーの塗布



硬質骨材の散布

J-ティフコムを使用した コンクリート舗装

J-THIFCOM



施工前



施工後

床版載荷試験

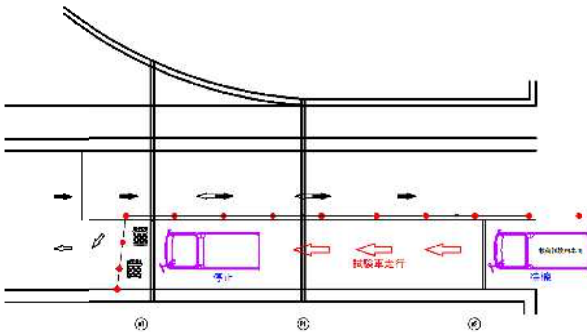
目的

海岸近傍に位置する松島橋は建設からすでに55年が経過し、大型車交通量の増大や凍結防止剤に伴う床版の耐荷力・耐久性の低下が認められる状況になっていた。これらの対策手法として床版脆弱部分に劣化因子の遮断が可能で疲労耐久性にも優れる、**J-ティフコムを用いた床版全面補修(T=2cm)**を実施することとなった。

この対策工法の妥当性を検証するため、**床版部、および主桁に着目し、補修前・後の変化を計測し、補修による効果の確認**を行うこととした。

計測手法(簡易動的載荷試験)

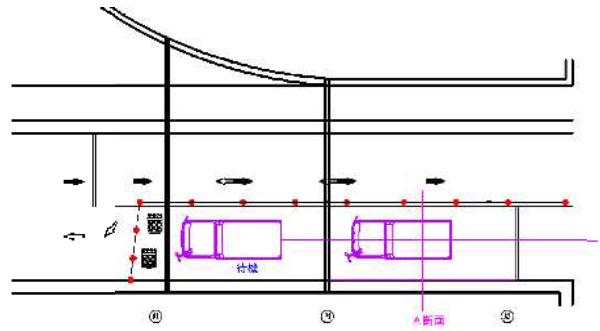
補修、前・後に、対象橋梁に総重量約20t程度の定荷重車両(試験車)を走行させ、各センサーの動的挙動を採取する。(対象:ひび割れ挙動)



計測手法(静的載荷試験)

補修、前・後に試験車を定位置に停止載荷した時の各センサーの計測値を採取する。

(対象:床版たわみ、主桁ひずみ分布)

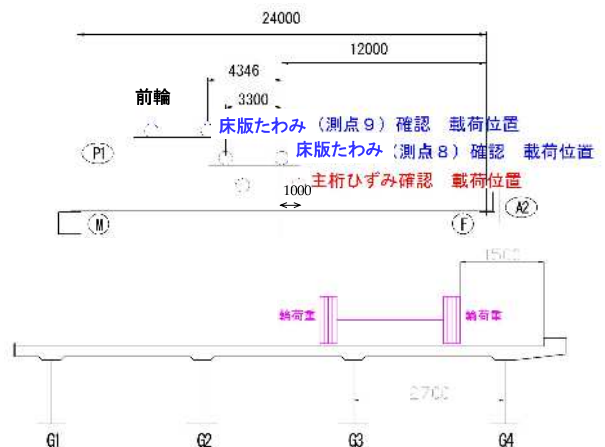


試験車諸元(25tfクレーン)



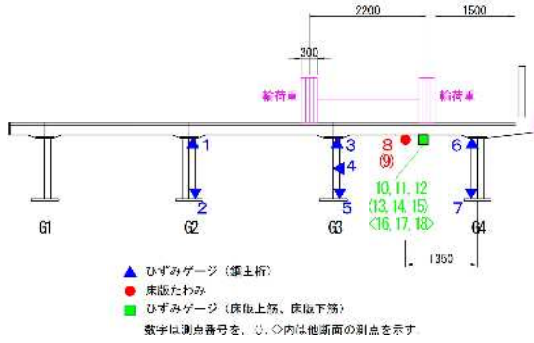
総重量 25.50tf
前輪軸重 12.42tf
後輪軸重 12.08tf

計測手法(静的載荷試験:載荷位置)

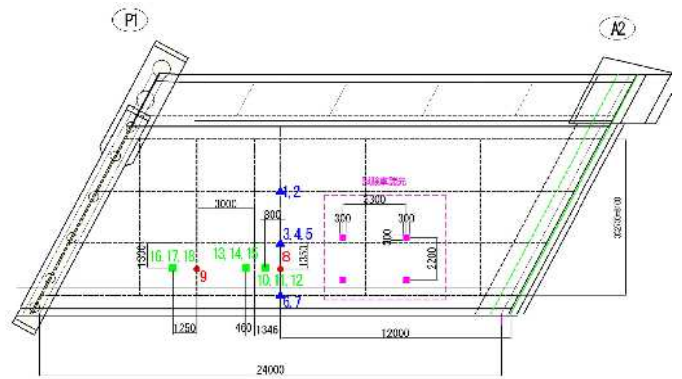


測点計画

- 主桁ひずみ (静的載荷試験)
- 床版たわみ (静的載荷試験)
- ひび割れ挙動 (動的載荷試験)



測点位置



床版たわみ, ひずみゲージ



床版たわみ

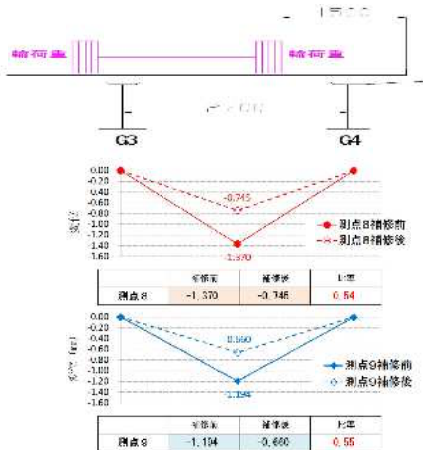
ひずみゲージ



M式3方向クラックゲージ (東京測器研究所)



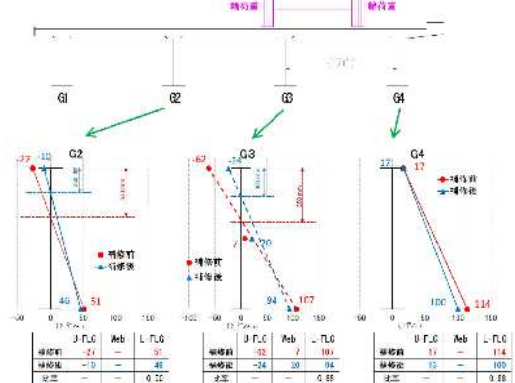
補修前・後の床版たわみ: 静的



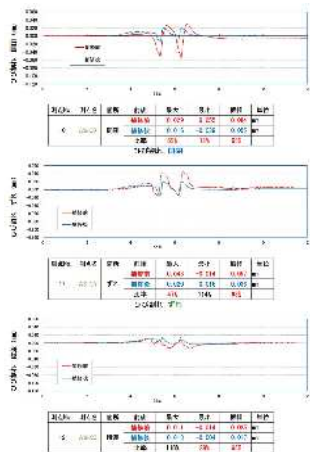
床版たわみ
約45%減

補修前・後の主桁ひずみ, 中立軸: 静的

中立軸が大幅に上昇



・補修前・後のひび割れ1の挙動:動的



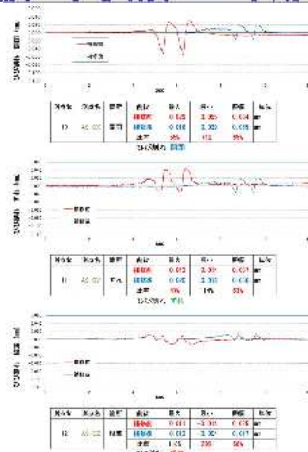
開閉が35%減

ずれが47%減

段差が35%減

波形も少しなめらかに

補修前・後のひび割れ1の挙動:動的



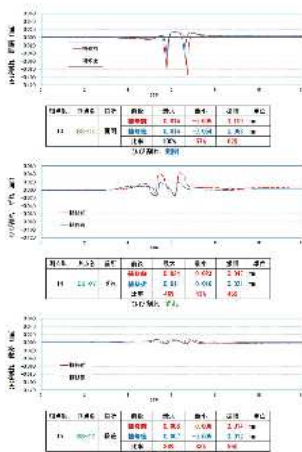
開閉が35%減

ずれが47%減

段差が35%減

波形も少しなめらかに

・補修前・後のひび割れ2の挙動:動的



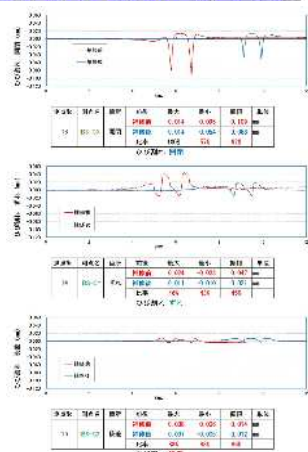
開閉が38%減

ずれが55%減

段差が14%減

波形も少しなめらかに

補修前・後のひび割れ2の挙動:動的



開閉が38%減

ずれが55%減

段差が14%減

波形も少しなめらかに

補修による効果のまとめ

- ① 補修により、床版たわみは45%低減した。
- ② 補修前・後の主桁ひずみ計測から、主桁の中立軸は大幅に上昇し、橋軸直角方向の分配も改善された。
- ③ ひび割れ挙動でも、ひび割れの開閉で35%、水平ずれで45%、段差で15%の低減が見られた。

以上の調査結果から、J-ティフコムによる補修において、床版の補修・補強効果だけでなく主桁も含めた上部工全体としての剛性が回復していることが確認できた。

J-ティフコム施工協会は、現在個人会員4名を含む全41会員(令和4年11月時点)により構成され、J-ティフコムの有効利用のための技術開発や普及に向けて活動を行っております。

J-ティフコムおよび当協会に関するお問い合わせは協会ホームページよりお願い致します。

J-ティフコム施工協会ホームページ

<http://j-thifcom.com>



ご清聴ありがとうございました

現場のニーズに応える 小口径鋼管を用いた マイクロパイル工法のご紹介

1. マイクロパイル工法開発の背景
2. 3種類のマイクロパイル工法
3. マイクロパイルの活用事例
4. K-アンカーパイル工法

1 極東興和株式会社

2

1. マイクロパイル工法開発の背景

1995年(H7) 兵庫県南部地震が発生



共同研究パンフレットより

橋脚の倒壊や落橋など、
道路橋に対する大きな被害
が生じた。



1996年(H8)
道路橋示方書の改訂

極東興和株式会社

3

極東興和株式会社

1. マイクロパイル工法開発の背景

既設基礎補強の必要性が高まる一方で、大きな課題も・・・

- 桁下での作業は、施工が困難でコストも高額。
- 作業空間確保のため、現道の規制が必要。



桁下空間や近接構造物の影響が少ない
効率的な基礎補強技術が必要

極東興和株式会社

4

極東興和株式会社

1. マイクロパイル工法開発の背景

共同研究

(開発期間 H11～
13)

- (独) 土木研究所
- (財) 先端建設技術センター
- 民間12社



目的

- 桁下空間や狭隘地での施工
- 近接構造物、交通規制への影響など、厳しい現場制約条件に対応できる“既設基礎の補強技術の開発”

極東興和株式会社

5

極東興和株式会社

1. マイクロパイル工法開発の背景

厳しい制約条件に対応可能な小口径杭工法



既設橋梁下での杭打ち作業

①狭隘作業
機械幅が狭い

②低空頭作業
機械高が低い

③運搬条件への柔軟性

④硬質地盤対応
礫・玉石・岩盤削孔

極東興和株式会社

6

極東興和株式会社

1. マイクロパイル工法開発の背景

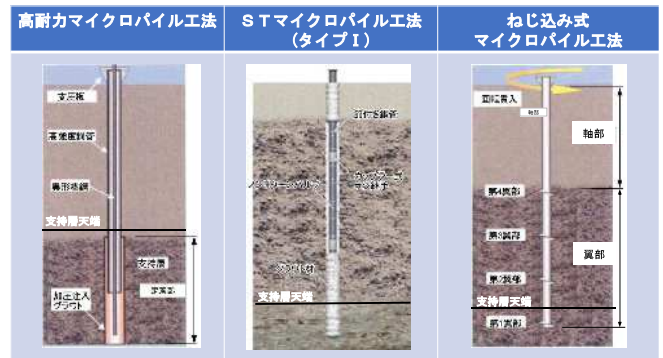
共同研究により開発された技術

- **高耐久マイクロパイル工法 (HMP工法)**
- **STマイクロパイル工法 (STMP工法)**
- **ねじ込み式マイクロパイル工法**
- 小径ドレーン工法 (液状化対策)
- SSP工法 (パイルベント橋補強)

開発の成果

- 既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書
「各工法設計・施工マニュアル」
平成14年9月

2. 3種類のマイクロパイル工法



※3工法全ての施工実施権を取得しているのは極東興和(株)のみ

2.3種類のマイクロパイル工法

- 1) 高耐久マイクロパイル工法 (HMP工法)
(NETIS No.CG-000014-VE) 掲載終了
- 2) STマイクロパイル工法 (STMP工法)
(NETIS No.HR-030012-V) 掲載終了
- 3) ねじ込み式マイクロパイル工法
(NETIS No.CB-030009-A) 掲載終了

土木研究所と民間企業による共同研究により開発
「既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究」
1999年(H11)~2002年(H14) (3か年)

1) 高耐久マイクロパイル工法 (HMP工法)

概要

概要	概念図	構造細部
<p>杭体となる鋼管をケーシングとして削孔し、定着部補強用の異形棒鋼を挿入した後、鋼管内部にグラウトを充填し、良好な支持層内に加圧グラウト体を構築する工法</p> <p>削孔方式 (標準)ロータリーバーカッション 状況によりエア削孔も選択可</p>	<p>支圧板 高圧密砕管 異形棒鋼 中間層 摩擦無視 支持層天端 支持層 摩擦強度 アンカーと同等 先端無視</p>	<p>カップリング セントライザー リングビット+インナービット カブラー</p>
	摩擦強度：場所打ち杭の2倍以上	

使用材料



主な使用材料：鋼管、カップリング(鋼管継手)、先端ビット、杭頭鋼管、
芯鉄筋、カブラー(鉄筋継手)、グラウト
鋼管種類：φ177.8×t10.36,t12.65
φ219.1×t11.43

先端ビット



リングビット(普通土用)



インナービット



リングビット(硬質地盤用)

ボーリングマシン

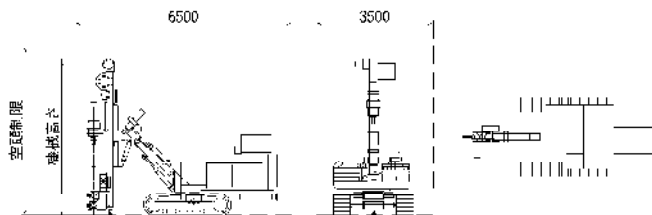


クローラタイプ



スキッドタイプ

ボーリングマシン (クローラタイプ)



空頭制限	機械高さ	適用鋼管長	機械寸法 (長さ×幅)	機械重量
4.0m	3.9m	1.0m	6.5m×2.4m	約12 t
4.7m	4.5m	1.5m		
6.7m	6.5m	2.0m		

ボーリングマシン (クローラタイプ)



ボーリングマシンの据付面より下方にブームをスライドすることが可能。
スライド幅は、機械により異なる。

ボーリングマシン (スキッドタイプ)

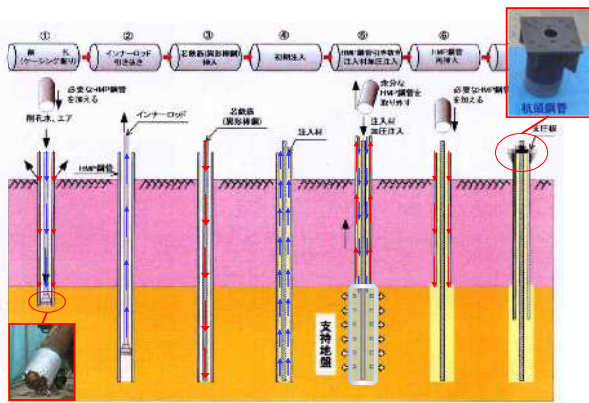


空頭制限	機械高さ	適用鋼管長	機械寸法 (長さ×幅)	機械重量
5.0m	4.8m	1.5m	4.0m×1.8m	ドリルユニット：約3.7t パワーユニット：約2.0t

プラント設備



施工手順



施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



削孔は、ロータリーバーカッション方式による泥水削孔が標準。
水槽→鋼管内→鋼管と外周地盤の隙間→水槽の流れで泥水を循環。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



予定深度まで削孔した後、鋼管内を清水にて洗浄し、スライムを排出する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



鋼管は残し、インナーロッドを引抜く。



錘付検尺テープを鋼管内に降ろして削孔長を確認する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



芯鉄筋にグラウトホースを取り付け、棒継手(カップラー)で接続しながら鋼管内に挿入する。

施工手順

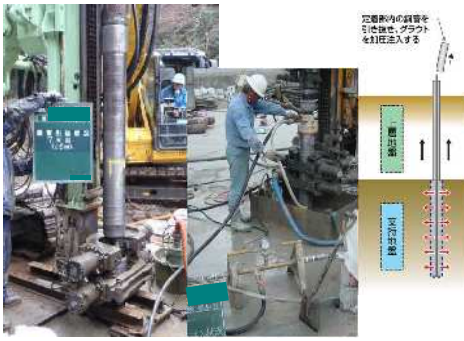
- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



芯鉄筋に沿ったグラウトホースにて鋼管内にグラウトを注入し水と置換する。
溢流グラウトを採用し、比重試験により確実に鋼管内の泥水がグラウトに置き換わったことを確認する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



鋼管引抜き グラウト2次注入

グラウトが地盤と接した状態となるよう定着長相当分の鋼管を引抜き、杭頭部に圧力キャップを取り付けグラウトを加圧注入する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



定着部に設計で決められた長さ(1m以上)分の鋼管を再挿入する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



杭頭鋼管を取り付けて、グラウトを充填する。
設計図より長い鉄筋を使用した場合は、所定の標高で切断する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- 芯鉄筋挿入
- グラウト1次注入
- 鋼管引抜き
- グラウト2次注入
- 鋼管再挿入
- 杭頭処理



杭施工完了

2) STマイクロパイル工法 (STMP工法)

概要

概要	概念図	構造細部
<p>杭体となる鋼管をケーシングとして削孔し、鋼管内部にグラウトを充填した後、パッカーを用いた段階加圧方式により、鋼管の全長に渡って設置したバルブよりグラウトを噴出させ地盤中に全面定着させる工法</p> <p>削孔方式 (標準)ダウンザホールハンマ 状況により泥水削孔も洗濯可</p>		

摩擦強度：場所打ち杭相当

使用材料



主な使用材料：鋼管(端部ネジ加工、節突起付、ノンリターンバルブ付)、
カップラー(鋼管継手)、グラウト
鋼管種類：φ165.2×t7.1、φ216.3×t12.0、φ267.4×t12.0

削孔ビット



パイロットビット

削孔は、インナーロッドの先端に装着しているパイロットビットと鋼管に装着したリングロストビットによる行。

リングロストビット

ダウンザホールハンマ

ロータリーパーカッション



ダウンザホールハンマ

ボーリングマシン

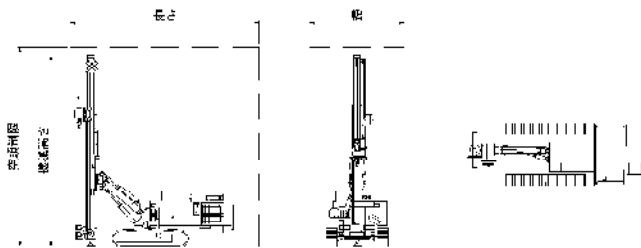


クローラタイプ



スキッドタイプ

ボーリングマシン (クローラタイプ)



空頭制限	機械高さ	適用鋼管長	機械寸法 (長さ×幅)	機械重量	機械名	最大適用 鋼管径
4.0m	3.7m	1.5m	5.5m×2.4m	約7t	SM103級	φ216.3
5.0m	4.8m	1.5m	7.0m×3.5m	約13t	SM401級	φ267.4
8.0m	7.8m	3.0m			SM400級	

ボーリングマシン (クローラタイプ)



ボーリングマシンの据付面より下方にブームをスライドすることが可能。
スライド幅は、機械により異なる。

ボーリングマシン（スキッドタイプ）



タワー格納時



分解して索道にて運搬も可能

空頭制限	機械高さ	適用鋼管長	機械寸法 (長さ×幅)	機械重量	機械名	最大適用鋼管径
5.0m	4.6m	1.5m	3.5m×1.8m	約3.5t	スキッド	Φ216.3

特殊ボーリングマシン（ラフター建中式タイプ）



写真にある杭打設を行う場合、通常のクローラタイプやスキッドタイプでは機械のすぐ前の杭の施工しかできないため足場が必要となるが、建中式では離れた場所の杭施工が可能であるため、足場の省略が可能となる。

注) 杭径や杭長など条件により対応不可な場合がありますのでこの機械を使用したい場合はご相談下さい。

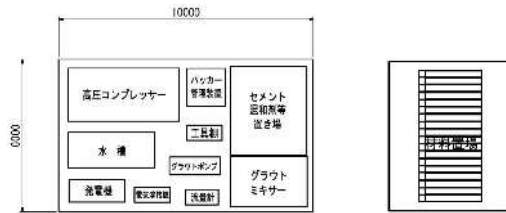
特殊ボーリングマシン（小型建中式タイプ）



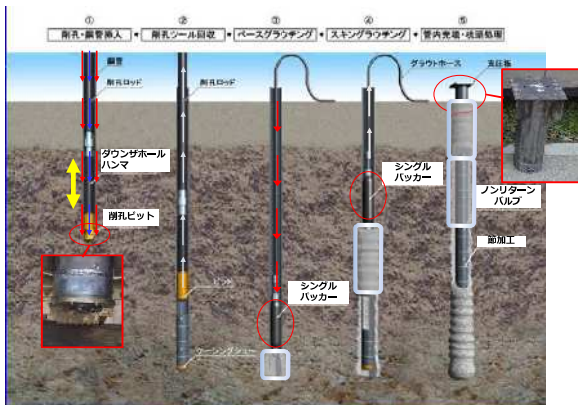
機械幅は1.5m程度しかないので、更なる狭隘地での施工が可能である。

注) 機械が小型であるため、杭径や杭長など条件により対応不可な場合がありますのでこの機械を使用したい場合はご相談下さい。

プラント設備



施工手順



施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- グラウト注入
- 杭頭処理



削孔状況

鋼管接続状況

削孔は、ダウンザホールハンマによるエア削孔が標準。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- グラウト注入
- 杭頭処理



予定深度まで削孔した後、鋼管内をエアまたは清水にて洗浄しスライムを排出する。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- グラウト注入
- 杭頭処理



鋼管を残し、インナーロッドを引抜く。錘付検尺テープを鋼管内に降ろして削孔長を確認する。

施工手順

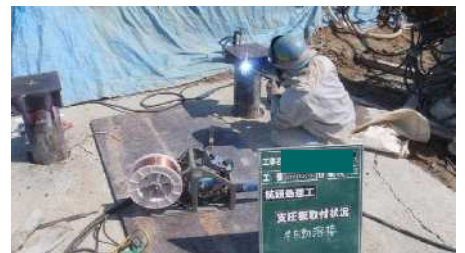
- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- グラウト注入
- 杭頭処理



予定深度まで注入パッカーを鋼管内に挿入しグラウト注入を行う。注入は1~3m程度の間隔で段階的にパッカーを引き上げながら加圧注入を行う。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- グラウト注入
- 杭頭処理



杭頭結合部材(支圧板&スチフナ)を鋼管頭部に溶接にて取り付ける。品質向上の観点から支圧板やスチフナを杭頭用に短く切断した鋼管とを工場で溶接してものを用いることもある。

施工手順

- 削孔
- 孔内洗浄
- インナーロッド引抜
- グラウト注入
- 杭頭処理



杭施工完了

3) ねじ込み式マイクロパイル工法

概要

概要	概念図	構造細部
鋼管の先端部分に 4枚のらせん状の鋼板 （直径600mm程度）を取り付け、 鋼管を回転させながら地盤中に無排土で貫入させる工法		

摩擦強度：場所打ち杭の1/3以下

使用材料



使用材料：鋼管（4枚羽根付）

施工機械

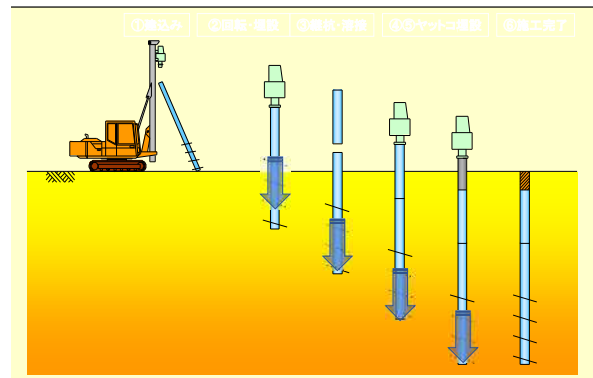


クローラタイプ	15～30t級
スキッドタイプ	—
資・機材置場	20m ² 程度 資材置場・発電機



翼部付鋼管（施工状況）

施工手順



マイクロパイル3工法の適用性比較

マイクロパイル3工法の適用性比較（構造性①）

	高耐力	ST (I)	ねじ込み式
構成部材	鋼管・芯鉄筋・グラウト	鋼管・グラウト	鋼管(先端翼付)
継手構造	カップリング(機械式継手)	カップラー(機械式継手)	溶接(標準) 特殊機械継手事例有
使用鋼管	鋼管材質	API N-80 油井用継目無鋼管	STK540、STKT590
	鋼管径、板厚	Φ177.8,t10.36 Φ177.8,t12.65 Φ219.1,t11.43	Φ165.2,t7.1 Φ216.3,t12.0 Φ267.4,t12.0
			Φ216.3,t12.7 Φ216.3,t15.1 Φ267.4,t12.7 Φ267.4,t15.1 翼部径：400～650

マイクロパイル3工法の適用性比較

マイクロパイル3工法の適用性比較（構造性②）

	高耐力	ST (I)	ねじ込み式
特徴	定着長の設定により支持力を調整	中間層が良質+長い場合、周面摩擦による支持力が有効	翼部の面積拡大により、支持力を確保
押込み	中間支持	無視	考慮
	先端支持	500～2500kN	(砂礫)60～280kN (岩盤)200～1500kN
引抜支持	押込みと同値	押込みの30～70%	押込みの30～60%
水平抵抗	鋼管径、斜杭角度で調整		

マイクロパイル3工法の適用性比較

マイクロパイル3工法の適用性比較（施工性）

	高耐力	S T	ねじ込み式
地盤	玉石・岩盤 OK	玉石・岩盤 OK	玉石・岩盤 NG
施工ヤード	削孔機 2.3m×5.5m 付帯設備 60m ²	削孔機 2.3m×5.5m 付帯設備 60m ²	削孔機 2.5m×6.0m 付帯設備 6m ²
産廃等	削孔泥水 残グラウト	削孔土 残グラウト	なし

マイクロパイル3工法の適用性の目安

マイクロパイル3工法の適用性比較（地盤条件）

		高耐力	S T	ねじ込み
地盤	砂	○	○	◎
	砂礫・岩等	◎	◎	△
押し込み力(中間層が軟質)		○	△	○
押し込み力(中間層が硬質)		○	◎	△(施工難)
引抜き力		◎	○	○

※一般的な条件に対する目安です。
各工法の適用にあたっては、施工制約条件も含めた総合的な判定が必要となります。

マイクロパイル3工法の施工実績

2021年3月末現在の施工実績件数

- 1) 高耐力マイクロパイル工法
350件 (補強:53%,新設:47%)
- 2) S Tマイクロパイル工法
263件 (補強:44%,新設:56%)
- 3) ねじ込み式マイクロパイル工法
12件 (補強:25%,新設:75%)

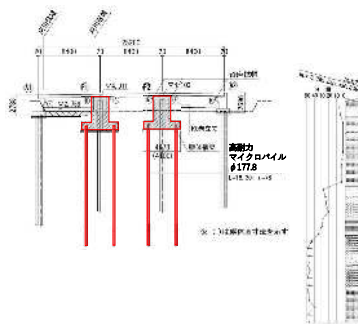
3. マイクロパイルの活用事例

- 耐震性確保
耐震基準に合わせた補強
- 災害復旧
地震災害、集中豪雨災害
- 防災（耐震以外）のための改築
治水対策（河川改修）に伴う
橋脚安定確保

耐震性確保 災害復旧 防災改築

道路橋耐震補強 1

発注者：国土交通省
場所：三重県
工事概要：
○パイルベント橋脚
○耐震補強
○壁式橋脚への形式変更



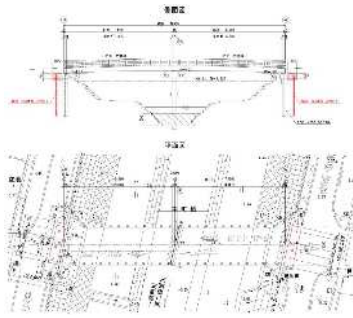
耐震性確保 災害復旧 防災改築

道路橋耐震補強 1



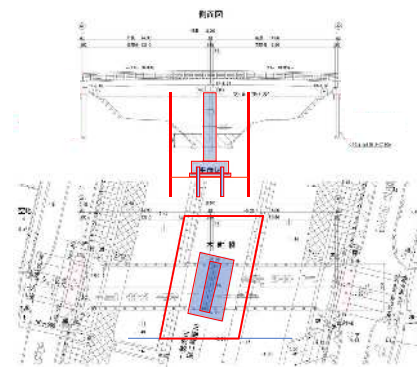
道路橋耐震補強 2

発注者：東大阪市
 場 所：大阪府
 工事概要：
 ○パイルベント橋脚
 ○耐震補強
 ○橋台を補強し、
 橋脚の補強を省略

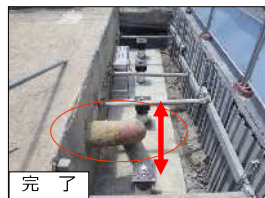


道路橋耐震補強 2

河川内橋脚補強イメージ



道路橋耐震補強 2



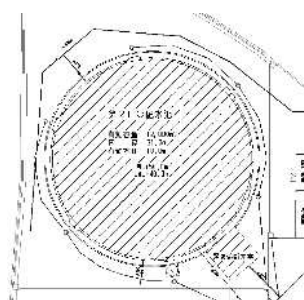
水道施設(PCタンク)耐震補強

発注者：坂戸・鶴ヶ島水道企業団
 (埼玉県)
 場 所：埼玉県鶴ヶ島市
 工事概要：
 ○PCタンク
 ○耐震補強
 ○外周増杭



施工前全景

水道施設(PCタンク)耐震補強



有効容量：12,000m³
 内 径：31m
 有効水深：16m



杭本数：56本
 杭間間隔：1100~3381mm

水道施設(PCタンク)耐震補強



水管橋橋脚耐震補強

発注者：青森県上北地域県民局
地域農林水産部

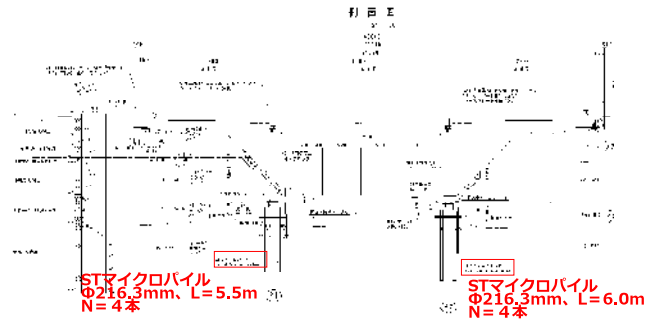
場所：青森県上北郡七戸町
字大平地内

工事概要：
○水管橋橋脚
○耐震補強



施工前全景

水管橋橋脚耐震補強



水管橋長：40.68m

杭本数：P1橋脚4本
P2橋脚4本

水管橋橋脚耐震補強



プラント



杭施工前



施工中

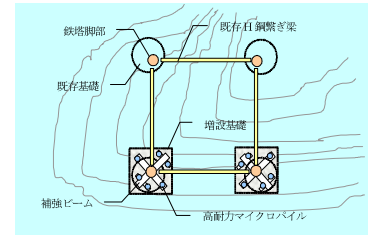


完了

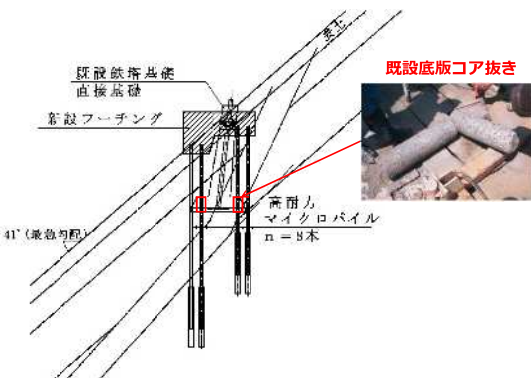
鉄塔基礎補強(地震被災)

発注者：電力会社
場所：鳥取県

工事概要：
○鉄塔基礎
○地震による変状
○直接基礎を杭基礎に変更
○資機材をヘリ運搬
○既設底版をコア抜きして
杭を施工



鉄塔基礎補強(地震被災)



鉄塔基礎補強(地震被災)



全景



資機材ヘリ運搬 (2t以下)



足場上機械移動

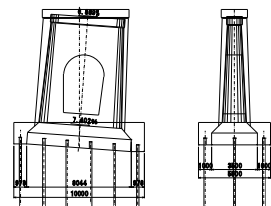


施工状況

発注者：宮崎県 東郷町役場
 場所：宮崎県日向市
 竣工年度：昭和24年
 工事概要：
 ○橋脚台風災害復旧
 ○橋脚沈下・傾斜
 ○耐震補強兼用
 ○直接基礎→杭基礎
 ○築堤河川切替



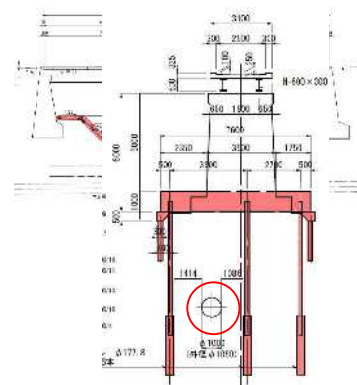
- 築堤土裏締切
- 玉石を多く含む地盤に対応



2016年4月(施工後10年経過)健全性維持

出典：土木写真部

- 発注者：広島県
 場所：広島市
 工事概要：
 ○河床浚渫
 ○直接基礎→杭基礎
 ○築堤河川切替
 ○埋設を避けた杭配置



4. K-アンカーパイル工法

他工法との比較

		高耐力	ST (I)	K-アンカーパイル
構成部材		鋼管・芯鉄筋 ・グラウト	鋼管・グラウト	鋼管・グラウト
継ぎ手 構造		カップリング (機械式継手)	カップリング (機械式継手)	溶接、機械式継手
使用 鋼管	鋼管 材質	API-N80 油井用継目無鋼管	STK540、STKT590	STK400、STK490
	径、 板厚	Φ177.8,t10.36	Φ165.2,t7.1	Φ114.3~Φ267.4 t4.5~9.3
		Φ177.8,t12.65	Φ216.3,t12.0	
	Φ219.1,t11.43	Φ267.4,t12.0		

概要

概要	概念図	構造細部
<p>杭体使用する鋼管より一回り大きいサイズのケーシングを使用して地盤を削孔し、そのケーシング内に杭本体の鋼管を挿入した後、ケーシングを引抜きながらグラウトを充填して杭体を築造する工法</p> <p>削孔方式 ロータリーパーカッション ダウンザホールハンマ どちらでも対応可能</p>		

摩擦強度：場所打ち杭相当

継手

継手は、杭径により現場での溶接継手と機械式継手で対応。



現場での溶接継手
Φ114.3~Φ139.8



機械式継手(例)
Φ165.2~Φ267.4

注) 状況によってΦ165.2~Φ267.4でも溶接継手とする場合がある。

ボーリングマシン

ボーリングマシンは、HMPやSTMPと同じ機械を使用

クローラタイプ

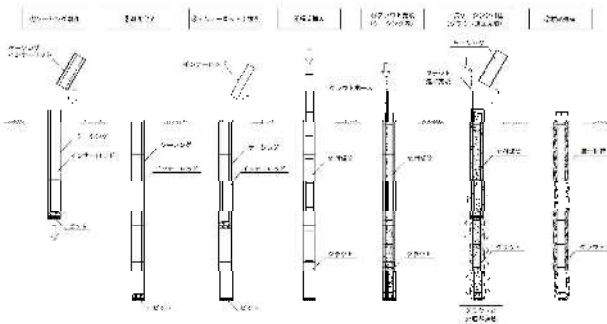


スキッドタイプ



ドリルユニット パワーユニット

施工手順



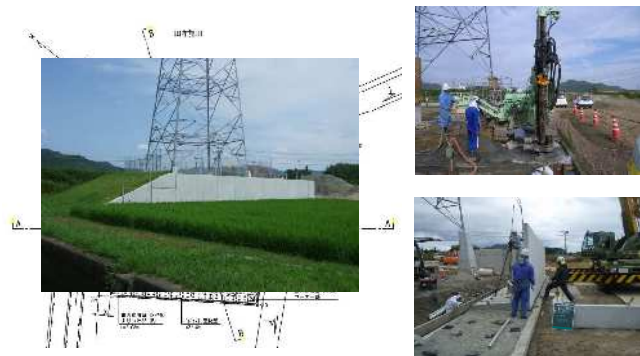
施工実績

2021年3月末現在の施工実績件数

K-アンカーパイル工法

5件

事例1 擁壁(2次製品)基礎



事例2 変電設備基礎



削孔状況

鋼管継手現場溶接状況

- ◆今回ご紹介しましたマイクロパイル工法およびK-アンカーパイル工法は、様々な現場条件に柔軟に対応できる杭基礎工法です。
- ◆ご紹介させて頂きました情報が、皆様の業務の一助になれば幸いです。
- ◆ご紹介させて頂きました事例のほかにも、多数の課題解決事例がございますので、現場条件に応じてお問い合わせください。

ご清聴ありがとうございました

発表者：極東興和株式会社
技術本部 補修部 補修営業課
稲富 芳寿
MAIL inatomi@kkn.co.jp
TEL 03-5974-5150

END