

橋梁リニューアル工事 施工事例

2019 年度版

一般社団法人 日本建設業連合会
インフラ再生委員会

リニューアル事例一覧 ー 橋梁 ー

No.	区分	技術名称	固有名称または事例名称	提供企業	ページ 番号	2019年度の 対応
1	点検	衝撃弾性波法による非破壊探査システム	オーリス	青木あすなろ建設	4	
2	点検	硬化コンクリート中の塩分量の簡易測定方法	ボイル法	清水建設	6	
3	点検	可視画像と赤外線画像によるハイブリッド画像診断システム	HIVIDAS(ヒビダス)	清水建設	8	
4	点検	携帯端末とカメレオンコードを用いたモニタリング技術	画像モニタリングシステム	清水建設	10	新規
5	点検	ひびわれ調査の効率化・自動化技術	ウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析技術	大成建設	12	
6	点検	はつり箇所の非破壊診断(浮き、剥離調査、等)	サーモグラフィー法	東洋建設	14	
7	点検	電磁波レーダー法による鉄筋のかぶり厚さ推定精度向上	電磁波レーダー法	東洋建設	16	
8	点検	コンクリート表面の浮き・はく離調査手法	赤外線法	村本建設	18	
9	点検	コンクリート表面のひび割れ調査	デジタル画像によるひび割れ調査法	村本建設	20	
10	診断	コンクリート構造物のLCC評価システム	LCCナビ	大林組	22	
11	診断	コンクリート構造物の耐久性の診断・評価手法	耐久性診断・評価システム	奥村組	24	
12	診断	劣化要因物質のコンクリート中の移動解析技術	コンクリート中の物質移動予測システム	鹿島建設	26	
13	診断	コンクリート構造物の劣化予測、LCC評価システム	LCプランナー	清水建設	28	
14	診断	小径コアによるコンクリート構造物の調査技術	ソフトコアリングC+	日本国土開発、銭高組、前田建設工業	30	
15	診断	コンクリート構造物の概観変状の予測手法	鋼材腐蝕と外観変状の予測・外観変状による予測の修正	大成建設	32	
16	診断	コンクリートの塩害劣化に関する調査・補修計画の立案システム	リマイン	東亜建設工業	34	
17	診断	鉄筋腐蝕診断	自然電位法、分極抵抗法	東洋建設	36	
18	診断	コンクリートの圧縮強度推定診断	孔内局部載荷試験方法	戸田建設	38	
19	補修・補強	水陸両用ブルドーザ関連工法		青木あすなろ建設	40	
20	補修・補強	吹付けモルタル・高強度鉄筋による高架橋柱耐震補強工法	吹付けモルタル工法	安藤・間	42	
21	補修・補強	杭基礎耐震補強工法	CPR工法	安藤・間	44	新規
22	補修・補強	鋼矢板による構造物基礎の耐震補強工法	シートパイル補強工法	大林組	46	更新
23	補修・補強	水中橋脚の補修・補強工事施工時の仮設工法	鋼製パネル仮締切工法	大林組	48	
24	補修・補強	端部をアンカー固定しないX型ブレースによる既設高架橋の耐震補強工法	圧縮型鋼製ダンパーブレース	大林組	50	更新
25	補修・補強	曲面状分割鋼板による壁式橋脚の耐震補強工法	フープパネル工法	大林組	52	更新
26	補修・補強	狭隘地や空頭制限下でも施工可能な小口径合成鋼管杭工法	ハイスpekマイクロパイル工法	大林組	54	新規
27	補修・補強	高橋脚における資機材揚重可能な多機能昇降足場	ワークプラットフォーム	奥村組	56	
28	補修・補強	高架橋柱等のせん断耐力の向上を目的とした耐震補強工法	スパイラル筋巻立工法	奥村組	58	
29	補修・補強	RC柱の耐震補強工法	高張カスパイラル筋巻立工法	奥村組	60	
30	補修・補強	外部スパイラル鋼線巻立耐震補強工法	APAT(エーパット)工法	奥村組	62	
31	補修・補強	鋼板巻立て防食	UUライニング工法	奥村組	64	
32	補修・補強	パイルベント橋脚・杭の耐震補強工法	KUI Taishin-SSP工法	オリエンタル白石	66	
33	補修・補強	PCウェル基礎の耐震補強工法	PCウェルリフレ工法	オリエンタル白石	68	
34	補修・補強	鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強工法	ピアーリフレ工法	オリエンタル白石	70	

リニューアル事例一覧 ー 橋梁 ー

No.	区分	技術名称	固有名称または事例名称	提供企業	ページ 番号	2019年度の 対応
35	補修・補強	水中既設構造物の仮締切工法	STEP工法	オリエンタル白石	72	
36	補修・補強	橋台・橋脚の拡幅工法	NAPPアンカー工法	オリエンタル白石	74	
37	補修・補強	コンクリート構造物の表面被覆工法	ONR工法	オリエンタル白石	76	
38	補修・補強	小型犠牲陽極材	ガルバーシールドF	鹿島建設	78	
39	補修・補強	浸透性吸水防止材	マジカルリペラー	鹿島建設	80	
40	補修・補強	吹付け補修・補強工法	ECCショット	鹿島建設	82	
41	補修・補強	後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋	セラミックキャップバー(CCb)工法	鹿島建設	84	
42	補修・補強	無筋橋脚(橋台)の耐震補強工法	鋼棒後挿入工法	熊谷組	86	新規
43	補修・補強	波形分割鋼板巻立て工法	耐震ラップ工法	熊谷組	88	新規
44	補修・補強	既設橋梁基礎の耐震補強	ねじ込み式マイクロパイル	鴻池組	90	
45	補修・補強	アルカリ骨材反応(ASR)抑制技術	ASRリチウム工法	鴻池組	92	
46	補修・補強	水中部の構造物の補修・補強のための仮締切工法	NDR工法	五洋建設	94	
47	補修・補強	塩害環境下にある鉄筋コンクリート構造物の塩害劣化抑制	T&C防食	五洋建設	96	
48	補修・補強	無溶接型の機械式継手を用いた鋼板巻立て工法	かみ合わせ鋼板巻立て工法	清水建設	98	
49	補修・補強	炭素繊維ストランドアンカーを用いた炭素繊維シート定着工法	CFアンカー工法	清水建設	100	
50	補修・補強	橋台等の壁状部材に対する一方向からのせん断補強工法	Tプレート工法	清水建設	102	
51	補修・補強	水中橋脚の補修・補強工事施工時の仮設工法	TRID工法	銭高組	104	
52	補修・補強	高耐久埋設型枠	PICフォーム	大成建設	106	
53	補修・補強	連続炭素繊維シート複合パネル補強工法	CFパネル工法	大成建設	108	
54	補修・補強	低粘度型アクリル樹脂を用いたひび割れ補修工法	スーパーJ工法	大成建設	110	
55	補修・補強	後施工プレート定着型せん断補強鉄筋によるせん断補強工法	ポストヘッドバー	大成建設	112	
56	補修・補強	既設コンクリート構造物の補修技術	タフシート工法	鉄建建設	114	
57	補修・補強	既設コンクリート構造物の補修技術	タフメッシュ工法	鉄建建設	116	
58	補修・補強	鉄道高架橋の耐震補強技術	地中部鋼板圧入耐震補強工法	鉄建建設	118	
59	補修・補強	チタンシートによる高耐久性表面被覆工法	チタンシート被覆工法	東亜建設工業	120	
60	補修・補強	凍結技術を用いて複雑な形状の構造物に対して確実に止水できる工法	どこでもDRY工法	東亜建設工業	122	
61	補修・補強	ラーメン高架橋の梁部材の補強工法	アーチサポート工法	東急建設	124	
62	補修・補強	高架橋柱に対する組合せ鋼材巻立て補強工法	CBフープ工法	東急建設	126	
63	補修・補強	急結剤を併用したポリマーセメントモルタル湿式吹付け工法	ジョッツ・クリート工法	東急建設	128	
64	補修・補強	高架橋柱の耐震補強工法	CBパネル工法	東急建設	130	新規
65	補修・補強	コンクリートの充填検知システム	ジュウテンダー	東洋建設	132	
66	補修・補強	橋脚の耐震補強(事例)	工事例: 北陸自動車道 手取川橋補強工事	東洋建設	134	
67	補修・補強	鋼製セグメント沈設仮締切工法による橋脚の耐震補強(事例)	工事例: H19 小松川大橋橋脚補強工事	東洋建設	136	
68	補修・補強	河川橋梁桁下(低空頭、狭小区間)での仮締切工法	ラクテック工法	東洋建設	138	新規
69	補修・補強	コンクリート改質剤	CS-21	飛島建設	140	
70	補修・補強	不同沈下に対するジャッキアップ新工法	NJU工法	ナカノブー建設	142	
71	補修・補強	エポキシ樹脂によるコンクリート構造物の補修・補強技術	ADOX工法	日本国土開発	144	

リニューアル事例一覧 ― 橋梁 ―

No.	区分	技術名称	固有名称または事例名称	提供企業	ページ 番号	2019年度の 対応
72	補修・補強	基礎の耐震補強工法	高耐力マイクロパイル工法	フジタ	146	
73	補修・補強	劣化コンクリートのはく落防止工法	土木用ネットバリア工法	フジタ	148	
74	補修・補強	コンクリート充填管理をシステム化した技術	コンクリート充填ウォッチャー	フジタ	150	
75	補修・補強	高橋脚等の作業用足場	FCF工法	フジタ	152	
76	補修・補強	固化改良を併用した既設橋脚基礎構造物の耐震補強工法	In-Cap工法	不動テトラ	154	
77	補修・補強	既設構造物直下の効率的な地盤改良工法	FTJ(エフツインジェット)ーFAN工法	不動テトラ	156	
78	補修・補強	補修における下地処理の技術	バキュームブラスト工法	本間組	158	
79	補修・補強	土留め材の設置・撤去に関する技術	スルーサーA	本間組	160	
80	補修・補強	あと施工ナット定着型せん断補強鉄筋	サイトフィットネイリングバー(SNB)工法	西松建設	162	新規
81	補修・補強	コンクリート片はく落防止工法	ネットキーパー工法	西松建設	164	新規
82	補修・補強	アラミドFRPロッドによる壁式橋脚の耐震補強	AWS工法	三井住友建設	166	
83	補修・補強	アラミド繊維シート巻立てによる橋脚の耐震補強		三井住友建設	168	
84	補修・補強	アラミドFRPロッドによるフーチングの補強		三井住友建設	170	
85	補修・補強	ラーメン橋脚横梁のせん断補強工法	部分プレキャストアラミド繊維シート工法	三井住友建設	172	
86	補修・補強	ラーメン高架橋の制振補強工法	「減衰こま」による高架橋の制振補強工法	三井住友建設	174	
87	補修・補強	低配筋橋脚のアラミドFRPロッドによる耐震補強		三井住友建設	176	新規
88	補修・補強	既設コンクリートの表面処理工法	吸着自走式ウォータージェットはつりロボットシステム	村本建設	178	
89	補修・補強	ポリマーセメントを用いた橋脚の耐震補強	マグネラインPP工法	守谷商会	180	
90	補修・補強	橋脚補修工事におけるプレハブ鋼殻仮締切り工法	PREDAM工法	若築建設	182	
91	更新	供用期間中の橋梁架け替え技術	工事例:余部橋りょう架け替え工事	清水建設	184	

① 点 検

衝撃弾性波法による非破壊検査システム

《オーリス》

【青木あすなろ建設（株）】

■技術の概要

● オーリスとは？

- ① オーリス：AURIS（非破壊検査システム）
Asunaroaki Ultrasonic Reflection Integrity Sounding
（青木あすなろ式 超音波 反射波法 健全性 調査）
- ② 弊社にて開発した非破壊検査（試験）法
構造物を物理的に破壊することなく調査できる新しい検査（試験）技術。
- ③ 開発年度は平成7年7月から
阪神淡路大震災（平成7年1月）を契機に弊社技術研究所にて開発。

● 技術の特徴

- ① 高い調査精度
基礎杭や構造物の形状寸法、微細な内部亀裂が対象物の表面から高い精度で調査できる。
調査誤差は推定長に対して±5%の実績がある。
- ② フーチング直下の基礎杭調査
フーチングや地中梁などが介在する基礎杭の微細な亀裂位置や杭長が調査できる。
- ③ 多様な調査対象物
コンクリート構造物、鋼構造物、木杭、転石、岩盤、グラウンドアンカーの調査に適用できる。

● オーリス機器



オーリス I



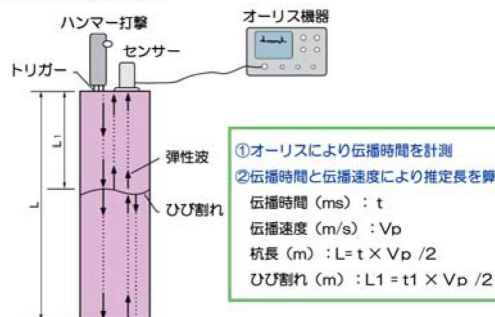
オーリス IV（パソコン併用型）



センサー

本 体：モニター、フィルター、記録部等
外形寸法：オーリス I、A4サイズ・重量6kg
オーリス IV、ケース収納・重量5kg
センサー：圧電センサー・高さ4cm直径1cm
ハンマー：重量100g～3.5kgを使用

● 技術原理



● 調査イメージ



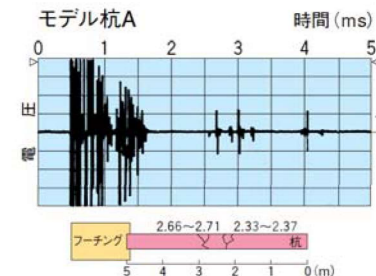
● 信頼の技術

- ① 技術審査証明取得
1997 財団法人先端建設技術センター
- ② 関連特許5件取得
1999、2004、2012 特許庁
- ③ 建設技術開発賞奨励賞受賞
2000 財団法人国土開発技術研究センター（現国土技術開発賞）
- ④ NETIS登録
1999 国土交通省
- ⑤ 豊富な調査実績
2013年7月現在 696件のノウハウの蓄積
- ⑥ その他
各種学会論文に多数掲載



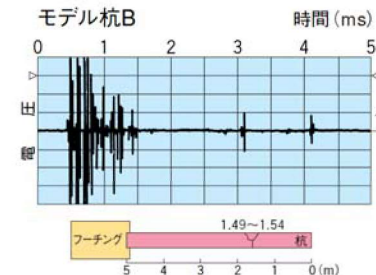
● 調査結果例(1)

調査波形図と目視確認したひび割れ（幅0.3～0.9mm）位置図の比較



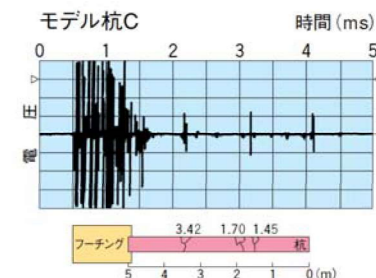
● 調査結果例(2)

調査波形図と目視確認したひび割れ（幅0.3～0.9mm）位置図の比較



● 調査結果例(3)

調査波形図と目視確認したひび割れ（幅0.3～0.9mm）位置図の比較



① 点 検

衝撃弾性波法による非破壊探査システム

オーリス

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査・計測	オーリス 地下・地上の人工構造物、自然石・岩盤等対象物を破損することなく、損傷診断や形状把握を高精度に実施するシステム。 使用する機器構成がコンパクトであるため、広範囲での探査が簡単に安価に実施可能。	■特 徴 1. 基礎杭や構造物の形状寸法、微細な内部亀裂が対象物の表面から高精度で調査できる。 2. フーチングや地中梁などが介在する基礎杭の微細な亀裂位置や杭長が調査できる。 3. コンクリート構造物、鋼構造物、木杭、転石、岩盤、グラウンドアンカー等、多様な調査対象物に適用できる。 ■課 題 オーリスは、大深度地下杭等を対象に開発した経緯から、1m以深の領域を調査対象とする。したがって、画像処理技術による表面探査を含め、1m 以内の薄層領域に対して赤外線法等による従来探査技術との組合せにより、総括的・万能型の調査システムを構築すべく、開発中である。	

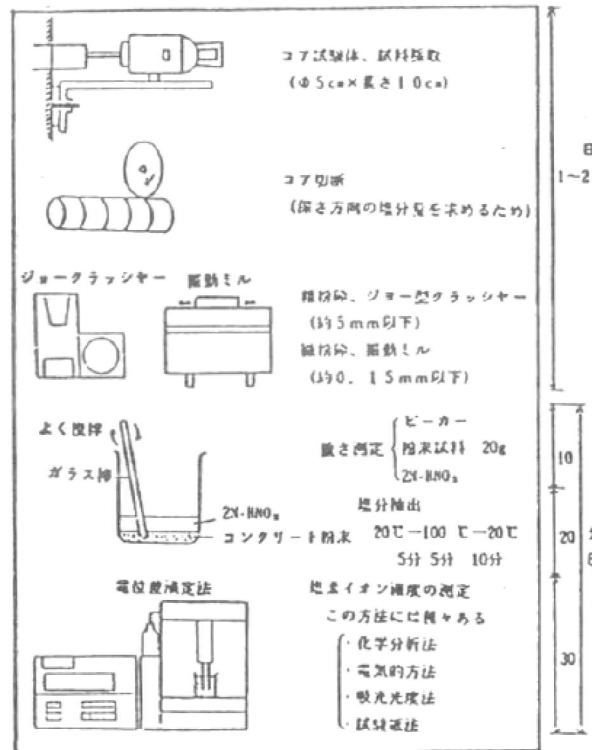
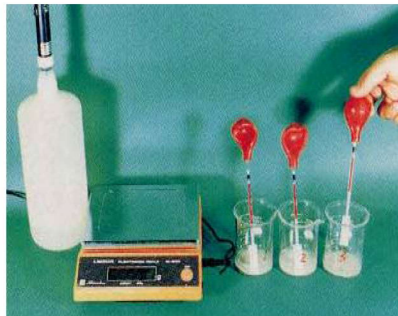
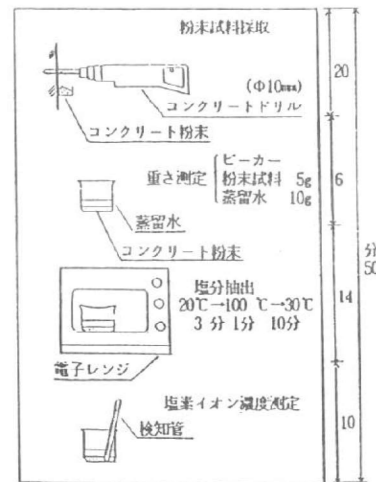
① 点 検

硬化コンクリート中の塩分量の簡易測定方法

《ボイル法》

【清水建設】

■技術の概要



従来法

■測定手順

①粉末試料の採取

コンクリート表面に直径10mm深さ約20mmの穴をドリルで5箇所あけ、粉末試料(約20g)を採取する。深さ方向の測定をする場合はさらに試料を採取する。採取後の穴はモルタル等で補修する。

②試料の計量

100mlのビーカーの重さ(Wb)を測り、ビーカーにコンクリート粉末試料を5g(Wo)入れる。次にビーカーに水を10g(Ww)入れる。

③塩分抽出

ビーカー内の粉末試料をガラス棒で攪拌して時計皿をかぶせ、粉末試料の入ったビーカーを電子レンジで約3分間、100℃まで加熱して1分間煮沸する。その後約10分間自然冷却する。

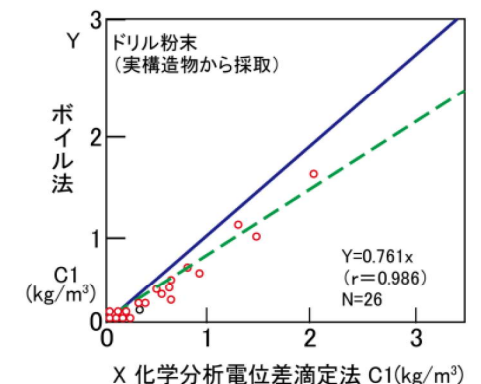
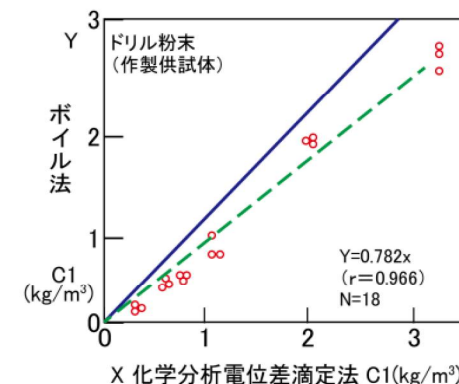
④塩分量測定

ビーカーを秤に載せて蒸発した分の水を加えた後、検知管を差し込んで1分後に検知管の目盛りを目読する。なお、目読した塩化物イオン量は水に対する値なので、コンクリートに対する値にするには2倍する。

$$(Ww / Wo = 10 / 5 = 2)$$

⑤測定結果の換算

ボイル法と化学分析法の測定値を比較した結果から、ボイル法の測定結果を化学分析法の測定値に換算する場合は1.5倍する。



測定結果の比較

ボイル法

塩害による鋼材腐食の原因となるコンクリート中の塩分量を測定する技術。コンクリートからドリル削孔によって粉末試料を採取し、水を加えて電子レンジで煮沸(ボイル)した後、検知管で塩分濃度を測定する。コアを採取する一般の方法に比べ、**短時間で安価**な測定ができる。

- ・従来の塩分調査は、コアを採取してスライス・粉砕した後、分析装置を用いて塩分濃度を測定する。このため、調査に要する時間が長く、コストも高くなる。
- ・ボイル法は、電動ドリルを用いて粉末試料を採取して検知管で塩分濃度を測定するため、**調査期間の短縮とコストの半減**が可能である。

① 点 検

ボイル法

調査

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
塩分調査	ボイル法 塩害による鋼材腐食の原因となるコンクリート中の塩化物イオン量を測定する技術。コンクリートからドリル削孔によって粉末試料を採取し、水を加えて電子レンジで煮沸（ボイル）した後、検知管で塩分濃度を測定する。コアを採取する一般の方法に比べ、短時間で安価な測定ができる。	■特徴 ・現状の塩分調査は、コアを採取してスライス・粉碎した後、分析装置を用いて塩分濃度を測定する。このため、調査に要する時間が長く、コストも高くなる。 ・ボイル法は、電動ドリルを用いて粉末試料を採取して検知管で塩分濃度を測定するため、調査期間の短縮とコストの半減が可能である。 ■課題 ・JIS 法による分析結果との整合をとるためには、補正係数で換算する必要がある。	・発電所の取放水路や栈橋、海岸近くの橋梁や洞道の調査等多数。 ・特許 62-115574

① 点 検

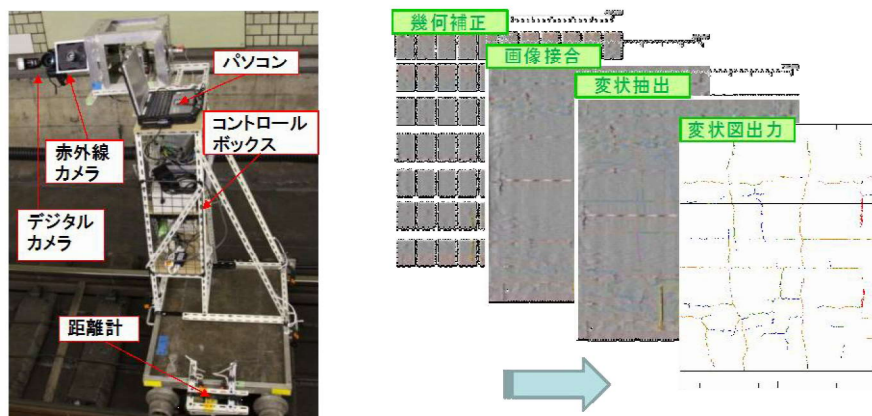
可視画像と赤外線画像によるハイブリッド画像診断

《HIVIDAS (ヒビダス)》

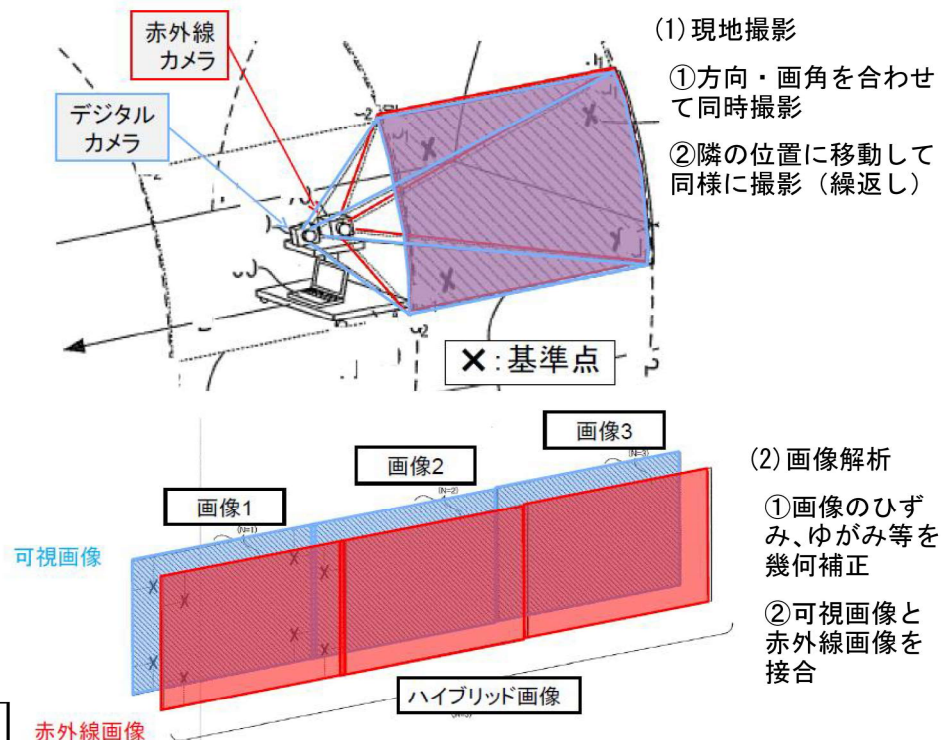
【清水建設】

■技術の概要

- **コンクリート構造物の表面劣化を、非破壊・非接触で診断**
⇒足場が不要(安全)、現地調査が短時間(供用制限短縮)
- **赤外線画像と可視画像を同時に撮影し、これらの画像を重ね合わせたハイブリッド画像解析で診断**
⇒客観的な診断が可能(人によるエラー、バラつきが無い)



■診断の流れ

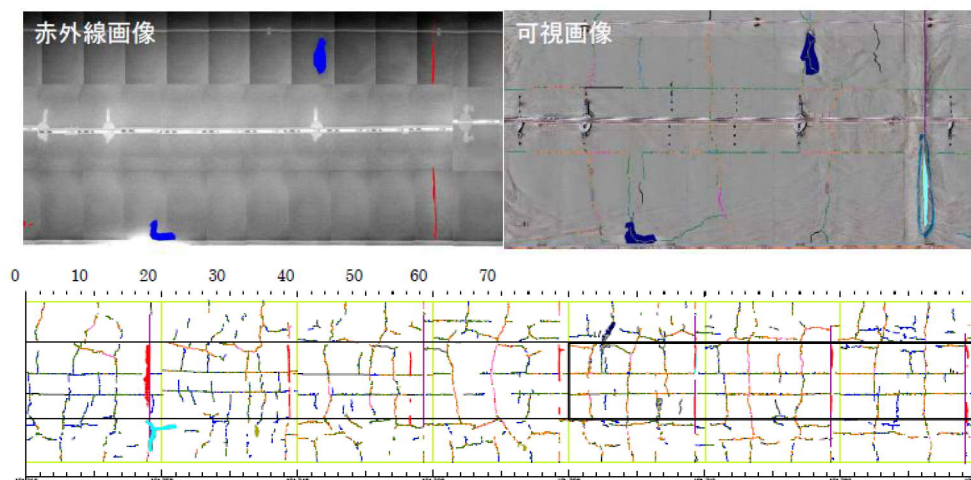


HIVIDAS(ヒビダス)

Hybrid (Infrared/Visible Image) Inspection & Diagnostic Analysis System

従来の目視・打音調査の代替となる非接触型画像診断技術で、可視画像と赤外線画像とを同時撮影し、画像処理により「ひび割れ」や「浮き・はく離」等を抽出し変状図を作成するシステムである。従来の目視・打音調査と比較して以下のメリットがある。

- ・客観的な画像解析により変状を抽出するため、調査員の技能や経験によって生じる診断結果のバラつきを防止できる。
- ・現地調査は撮影対象から離れた位置で撮影するだけで高所足場が不要なため、短時間で効率的であるとともに安全性の向上にも寄与する。
- ・調査結果は電子データとして蓄積されるため、経時的なデータを比較することによって変状の進行を把握でき、効率的な維持管理が行える。



① 点 検

HIVIDAS (ヒビダス)

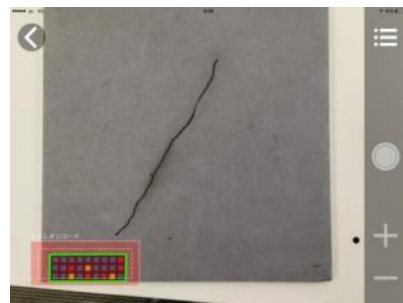
画像診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査、計測	HIVIDAS (ヒビダス) 従来の目視・打音調査の代替となる非接触型調査診断技術で、熱画像と可視画像を同時撮影し、画像処理により「ひび割れ」や「浮き・はく離」等を抽出し損傷展開図を作成するものである。	■特徴 従来の目視・打音調査と比較して以下のメリットがある。 ・客観的な画像解析により変状を抽出するため、調査員のスキルによって生じる診断結果のバラつきを防止できる。 ・現地調査は撮影対象より離れた位置から撮影するだけで終了するため、短時間で効率的であるとともに安全性の向上にも寄与する。 ・調査結果は電子データとして蓄積されるため、経時的なデータを比較することによって変状の進行を把握でき、効率的な維持管理が行える。 ■課題 ・温度環境によって赤外線カメラの精度が変化する。 ・変状の判定は、最終的には人が確認する必要がある。	トンネル、護岸、防液堤等で実績あり。

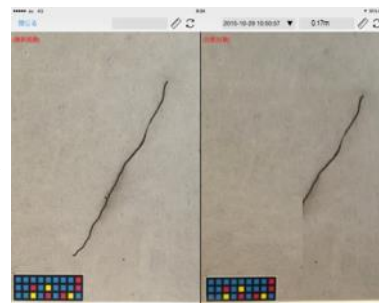
① 点 検

■技術の概要

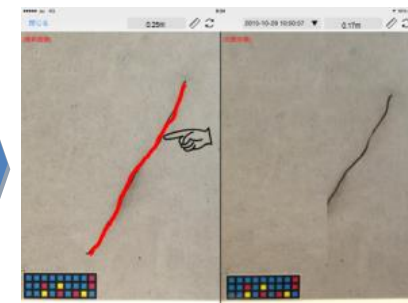
画像モニタリングシステムは、構造物の変状箇所に設置したカメレオンコードを携帯端末で読み取って前回撮影した画像を呼び出し、最新の画像と比較することによって変状の進行をモニタリングするシステムである。撮影には専門技術者を必要としないため、地域住民や宅配業者、警備会社など、技術者以外の人々が撮影した画像をインターネット経由で一括管理することができる。これにより、専門技術者が少ない場合でも効率的な維持管理が可能になる。本システムは画像によってモニタリングを行うため、土木や建築構造物のみならず、機械や電気設備等の維持管理、施工や製造時の品質管理などにも適用が可能である。



●構造物の変状箇所に設置されたカメレオンコードが、赤い枠の範囲に入るようにして読み取る。



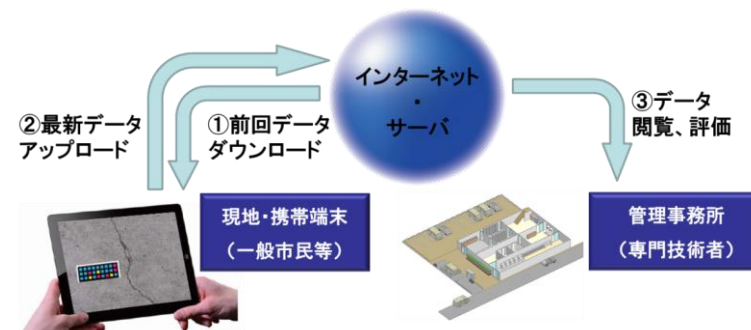
●画面の右側に前回撮影した画像が表示されるので、同じアングルになるように左側の最新画像を撮影する。



●画面上で変状をなぞると、カメレオンコードをスケールとして変状の大きさが計算できる。
●撮影した最新画像、変状の大きさ等をインターネット経由でサーバに保存する。

■特長

- (1) 現地での撮影は技術者以外でも可能
 - ・カメレオンコードに合わせて画像を読み込み、同じアングルで撮影して送るだけ。
- (2) 技術者は事務所にいるだけで点検結果の把握が可能
 - ・現地から送られてくる画像を一括管理することで、現地に行かなくても変状の様子がわかる。
 - ・画像解析ソフトを活用すれば、変状の幅や大きさ、進行状況などを詳細に把握できる。
- (3) ロボット化、ウェアラブル化
 - ・ドローンをはじめとする各種ロボットに搭載したカメラで撮影した画像も利用できる。
 - ・ウェアラブル端末を使えばハンズフリーで点検ができる。
- (4) 長寿命化
 - ・センサやケーブルを使用しないため、寿命による機器の取替えを行う必要がない。
 - ・カメレオンコードが損傷した場合は、貼り替えるだけで継続してモニタリングができる。



■実施例



コンクリートのひび割れ、剥離



鋼材の腐食



ブロック目地の開き



レンズスタイルカメラやドローンを活用すれば、遠方や高所の撮影も可能

① 点 検

画像モニタリングシステム

画像診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査・計測	画像モニタリングシステム 構造物の変状箇所に設置したカメレオンコードを携帯端末で読み取って前回撮影した画像を呼び出し、最新の画像と比較することによって変状の進行をモニタリングするシステムである。	■特 徴 ・現地での撮影はカメレオンコードに合わせて画像を読み込み、同じアングルで撮影してデータを送るだけなので、技術者以外でも可能。 ・技術者は現地から送られてくる画像を一括管理することで、現地に行かなくても変状の様子がわかる。 ・画像解析ソフトを活用すれば、変状の幅や大きさ、進行状況などを詳細に把握できる。 ・センサやケーブルを使用しないため、機器の寿命による取替えを行う必要がない。 ・カメレオンコードが損傷した場合は、貼り替えるだけで継続してモニタリングができる。 ■課 題 ・明るさや距離によってコードの大きさを適宜設定する必要がある。	橋梁で実績があるが、橋梁以外でも活用できる。

① 点 検

ひびわれ調査の効率化・自動化技術

《ウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析技術》

【大成建設(株)】

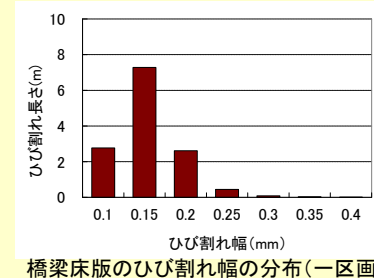
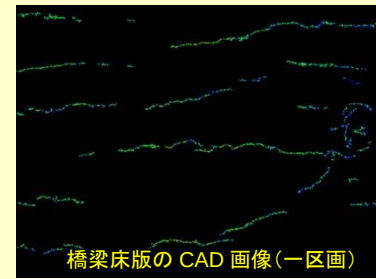
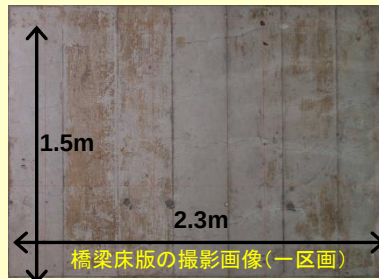
■技術の概要

コンクリート構造物のひび割れ調査の効率化・安全性・自動化・高精度化を目的に、デジタルカメラやビデオカメラを用いて撮影したコンクリート表面に発生しているひび割れなどの変状を、ウェーブレット変換、統計手法および画像処理の技術を組み合わせて検出・評価する技術である。

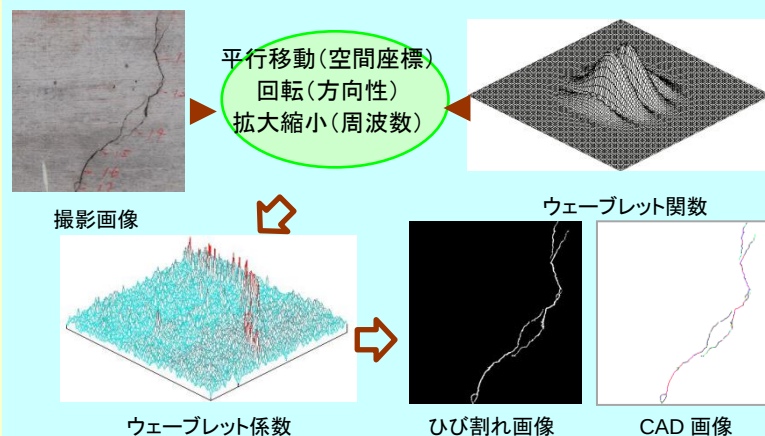
●デジタル撮影による現地調査



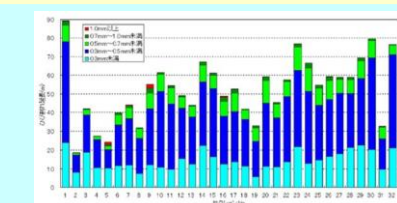
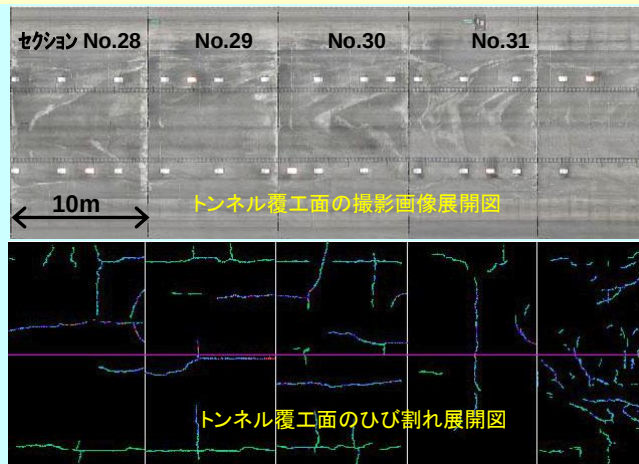
●橋梁床版下面への適用例



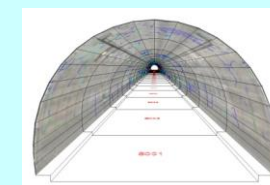
●ウェーブレット変換を用いた画像解析



●トンネル覆工への適用例

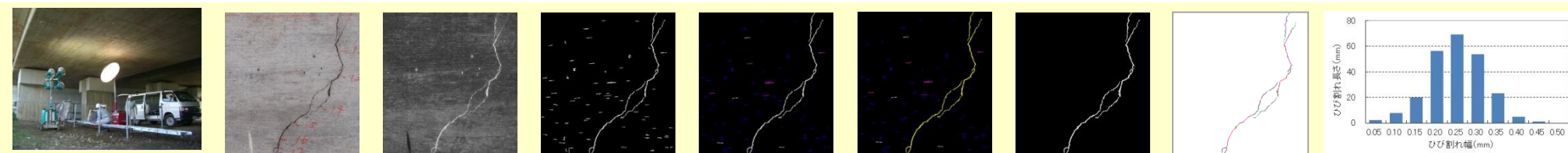


トンネル覆工面のひび割れ長さのグラフ



ひび割れ分布図(CrackDraw21)

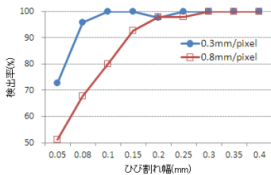
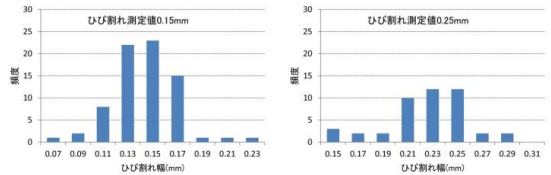
●画像処理概要



① 点 検

ウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析技術

画像処理

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査・診断	①画像撮影技術 コンクリート表面に発生しているひび割れなどの変状をデジタルカメラやビデオカメラを用いて現地で撮影する技術。検出したいひび割れ幅の最小値、カメラの解像度およびカメラと対象物までの距離などの撮影条件から撮影する際のレンズ焦点距離を設定して、撮影画像の空間分解能を決定する。 ②画像解析技術 撮影画像にウェーブレット変換、統計手法および画像処理の技術を組み合わせて、ひび割れなどの変状を検出・評価する技術。 1) ウェーブレット変換 撮影画像にウェーブレット変換を適用して撮影画像の局所的な輝度情報を周波数と方向成分に分解し、撮影画像からひび割れの幅や方向を反映した特徴量を検出する。 2) 回帰分析 ひび割れ幅とウェーブレット係数の高い相関性を利用して、ひび割れ幅の推定を画素単位で行う。 3) 判別分析 多変量解析の一手法である判別分析を用いて、ひび割れ・剥離剥落などの変状や型枠跡などを判別する。 4) CAD 形式データファイル ひび割れ情報を CAD 形式データファイルに保存する。 ③可視化技術 画像解析で得られたひび割れの位置、幅や長さなどの情報を 2 次元 CAD ソフトや 3 次元可視化ソフトなどを用いて、視覚的な表示を行う。	■特 徴 ①橋梁のように調査対象が連続的でない場合は、デジタルカメラ、各種レンズ、レーザ距離計などを用いて一区画ごとに撮影を行う。 ②トンネルのように調査対象が連続的な場合は、ビデオカメラを搭載した計測車で走行撮影を行う ■特 徴 ①ひび割れ検出精度 空間分解能 0.8mm/pixel と 0.3mm/pixel の撮影画像から、以下のひび割れ検出率が得られる。 ②ひび割れ幅の推定精度 空間分解能 0.8mm/pixel の測定ひび割れ幅 0.15mm および 0.25mm に対するひび割れ幅の推定精度は、測定値±0.05mm の範囲内に 90%以上が収まる。   ひび割れ検出率 ひび割れ幅の推定精度 ③判別分析の精度 二値化画像から形状の特徴量を用いて、ひび割れや剥離剥落などの変状、型枠跡、コンクリート面の汚れや凹凸跡などの雑音を分類する。ひび割れと雑音の誤判別率は低いが、ひび割れと型枠跡の誤判別率は 15%程度である。 ■課 題 ・画像解析処理の時間短縮、および低空間分解能の撮影画像に対するひび割れ検出の高精度化。 ・コンクリート表面の画像解析では、どの技術でも同様だが、判別分析で誤判別するケースが多い、ひび割れと汚れなどが結合する場合やひび割れ検出が不十分で不連続となる場合などに対する改善が必要。 ■特 徴 ①二次元および三次元可視化 画像解析技術で作成した CAD 形式データファイルを読み込み、二次元 CAD や三次元可視化ソフトで可視化できる。 ②グラフ作成 画像解析技術で作成したテキストファイルを読み込み、EXCEL 上でひび割れなどの数量計算やグラフを作成できる。	・従来実施している目視点検に比べて、コスト削減 30%、工期短縮 25%が見込める。 ・車窓からの走行撮影を行えば、交通規制が不要となる。 ・高所作業や過酷な作業を軽減し、安全性の向上が図れる。 ・従来実施している目視点検に比べて、コスト削減 25%、工期短縮 25%が見込める。 ・目視監察員の人為的な判断が大幅に減少できる。 ・客観的で定量的なひび割れ情報を正確かつ高精度で連続的に把握できる。 【処理時間等に対する解決策】 ・パソコンの処理速度や撮影画像の解像度は年々向上しており、使用機器やソフトのバージョンアップで対応可能。

① 点 検

はつり箇所の非破壊診断（浮き、剥離調査、等）

《サーモグラフィー法》

【東洋建設(株)】

■技術の概要

本技術の原理は、物体表面から放射されている赤外線を、検出素子を用いて二次元的に走査し、検出された赤外線量を映像として表示することで、物体の放射温度分布を測定するものである。図-1 に示すように、欠陥部が存在する場合には、健全部との温度差を生じることを利用して、コンクリートの剥離、空隙などの欠陥を調べる方法である。本技術の利点は、広い範囲を遠隔で、かつ速やかに測定でき、欠陥部を視覚画像として捉えることができる点にある。

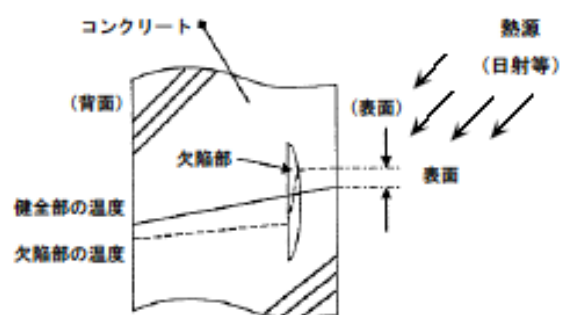


図-1 欠陥部の温度差発生メカニズム¹⁾

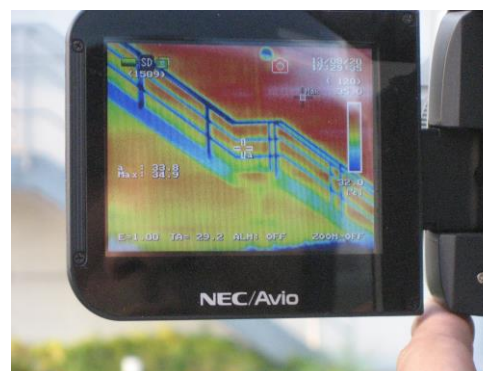
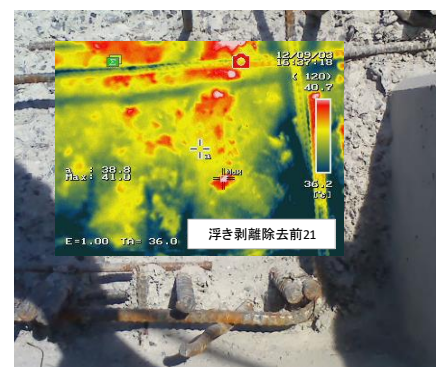


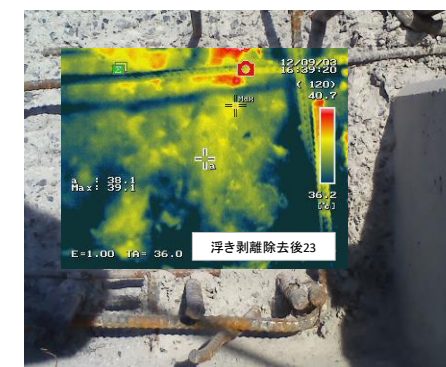
図-3 赤外線カメラ撮影状況



図-2 赤外線カメラ[高性能, コンパクト]（市販品）



浮き剥離部除去前



浮き剥離部除去後

図-4 はつり面への適用

参考文献 1) 技術情報協会：コンクリート構造物の非破壊検査・診断技術， p 290， 2000.3

① 点 検

サーモグラフィ法

画像診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
はつり箇所の 非破壊診断 (浮き、剥離検査、 等)	サーモグラフィ法 はつり後のコンクリート表面に発生した 微細な欠陥の有無を確認する技術。 コンクリートのひび割れ、剥離、空洞等の 検査技術の一つであるサーモグラフィ法 を用いて、はつり後のコンクリート表面の状 態を把握する。	■特 徴 RC巻き立てによる耐震補強や、塩害等により劣化した構造物への補修対策としての断面修復法 が考えられるが、既存躯体のはつり箇所に浮きや剥離が生じている場合、断面修復箇所の接着力の 低下による再劣化や漏水等が生じる可能性が懸念される。 そこで、非破壊検査技術の一つであるサーモグラフィ法を用い、微細な欠陥の有無を確認する ことで断面修復箇所の一体性を向上させる。 サーモグラフィ法をはつり箇所の健全度診断に用いることで、検査時間の短縮とともに不具合 箇所を可視化できることから効果的な方法である。 ■課 題 ・天候等の条件によって精度が大きく左右されるパッシブな方法である。 ・診断内容、方法および診断結果の判定基準が十分整備されていないことから、測定者の判断によ るところが大きい。	栈橋上部工の改良工事で実績あり。

① 点 検

電磁波レーダ法による鉄筋のかぶり厚さ推定精度向上

【東洋建設(株)】

■技術の概要

電磁波レーダ法装置による鉄筋のかぶり厚さの推定では、特に浅いところではコンクリートの含水率の影響を受けやすく、比誘電率の設定が難しいとされている。しかし、電磁誘導法装置でも過密な配筋条件やかぶり厚さ50mm以上となると推定精度が低下し適用が困難な箇所も多いことから、作業性に優れた電磁波レーダ法による鉄筋かぶり厚さ推定精度向上について検討を進めている。

高分解能(反射時間0.01ns単位、水平距離分解能2.5mm)の電磁波レーダ法装置の伝搬経路を明確にして、①**反射時間とかぶり厚さを計測したところ、両者はほぼ直線関係にあること**、②**出隅部分を利用した比非誘電率設定法の妥当性を検証**、③**材齢が経過すれば内部含水率の測定から比誘電率を設定できる可能性などの知見を得た。**

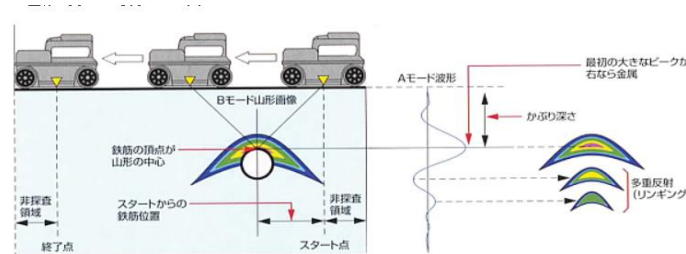


表 電磁波レーダ法と電磁誘導法の特徴

	電磁波レーダ法	電磁誘導法
長所	✓ 断面を連続的に表示可 → 視認性が高い ✓ 測定スピードが速い ✓ 金属以外の対象物も探査可	✓ かぶり厚さの浅い範囲 → 精度が高い ✓ コンクリートの含水状態 → 影響を受けにくい ✓ かぶり厚さが既知の場合 → 鉄筋径の推定が可能
短所	✓ コンクリートの含水状態 → 影響を受けやすい ✓ かぶり厚さ浅い範囲 → 精度が低下 ✓ 鉄筋の輻輳する場所 → 解析技量を有する	✓ かぶり厚さの深い範囲 → 精度が低い ✓ 鉄筋の輻輳する場所 → 測定が困難

■反射時間(T)から伝搬経路を考慮したかぶり厚さ推定

$$\text{基本式 } V=C/\sqrt{\epsilon r}$$

①かぶり厚さと送受信アンテナ間隔および装置表面の空気層を考慮 (伝搬経路考慮)

$$d=VT/2$$

$$\epsilon r_1 = C^2/V^2 = C^2 * T^2 / 4d^2$$

②かぶり厚さと装置表面の空気層のみ (伝搬経路考慮なし)

$$D=VT/2-a$$

$$\epsilon r_2 = C^2/V^2 = C^2 * T^2 / 4(D+a)^2$$

ここに、

C:真空中での電磁波の速度 3×10^8 (m/s)

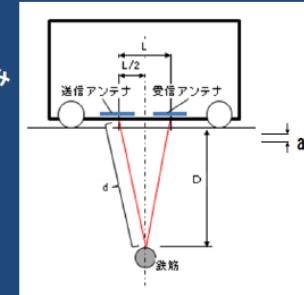
$\epsilon r_1, \epsilon r_2$:対象物の比誘電率

L:送受信アンテナの間隔(56mm)

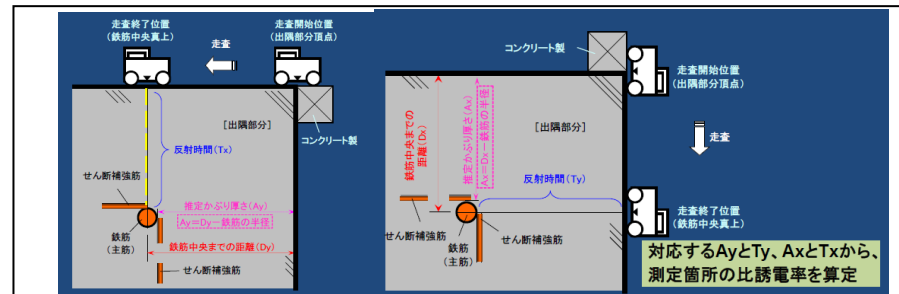
D:かぶり厚さ(mm)

a:対象物と装置表面の距離(4mm)

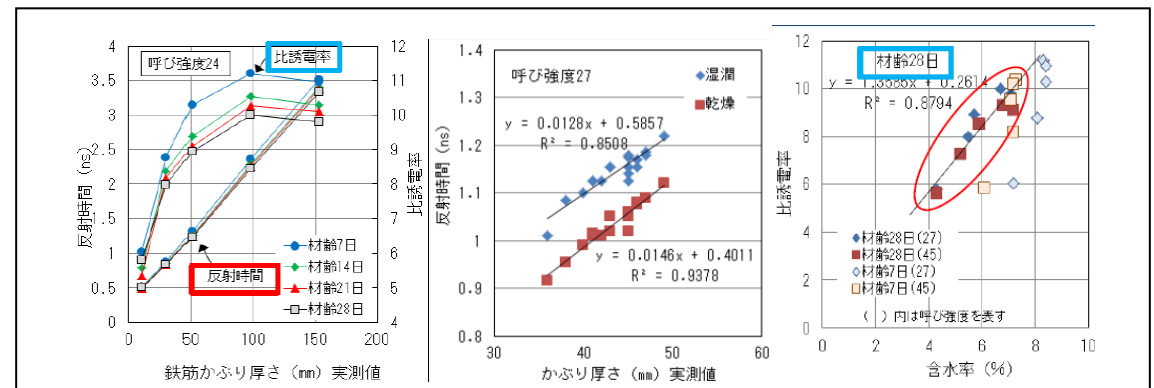
d:電磁波の伝搬経路(mm) $=\sqrt{(D+a)^2 + (L/2)^2}$



■出隅部分を利用した非誘電率設定法



■関連図



① 点 検

電磁波レーダ法による鉄筋のかぶり厚さ推定精度向上

非破壊試験

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
配筋検査およびかぶり厚さ推定	電磁波レーダー法 電磁波レーダ法による配筋検査およびかぶり推定精度向上 ① 伝搬経路を考慮し、反射時間とかぶり厚さはほぼ直線関係がある ② 出隅部分を利用した比誘電率設定法の妥当性確認 ③ 内部含水率の測定結果から比誘電率を設定できる可能性	特 徴 配筋精度や所定の鉄筋かぶり確保は重要であり、施工後の検査や維持管理上において非破壊検査による配筋検査の重要性が増している。 鉄筋かぶりが薄い場合には電磁誘導法によるかぶり推定は有効であるが、かぶり 80mm 程度を超える場合や鉄筋間隔が小さい場合にかぶりの推定精度が低下するため、鉄筋かぶりが厚い場合等では電磁波レーダ法が有効な手段である。 ■課 題 電磁波レーダ法はコンクリートの湿潤状態や品質等に影響を受けやすいため、コンクリートの比誘電率設定方法の現場適用性について整理する必要がある。	比誘電率設定方法には、 ① 鉄筋径を用いる（土研法） ② 同一施工条件のダミー供試体 ③ 含水率測定による補正法などがある。 【参考文献】 山田、安田、柳田、住、後藤：電磁波レーダ法によるかぶり厚さ推定に関する一考察（その 1～その 3），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）2013 年 8 月、pp. 151～156

① 点 検

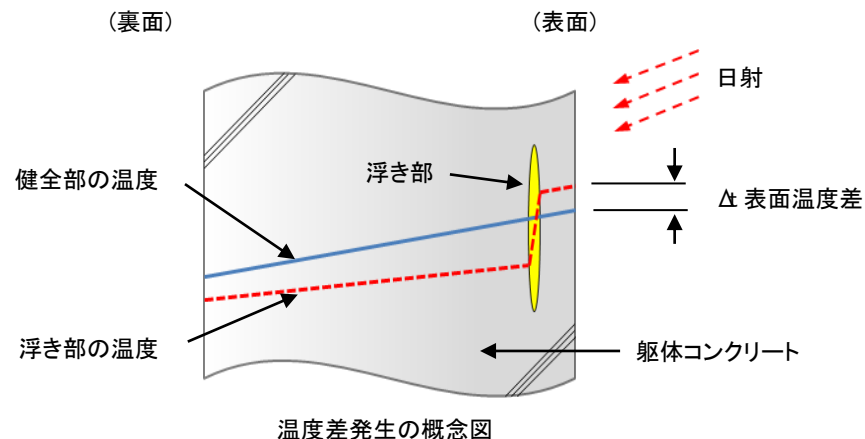
コンクリート表面の浮き・はく離調査手法

《赤外線法》

【村本建設(株)】

■技術の概要

熱画像によるコンクリート浮き部の検出は、表面温度の時間変化が浮き部と健全部で異なることに注目している。概念図で示されるように浮き・はく離が発生するとその裏面に空気層が形成される。密閉された空気層は大きな断熱性を持っているため、浮き部では表面側と内部躯体との間の熱伝達が小さくなる。赤外線法ではこの表面温度差をサーモグラフィーで測定することにより劣化部の診断を行う。



赤外線カメラ仕様

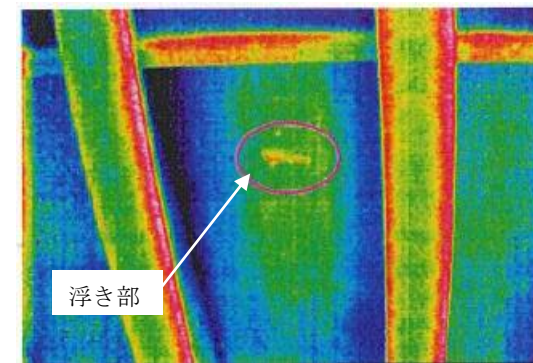
寸法・性能	
メーカー	フリーア(米国)
型 番	SC620
検出方式	非冷却2次元マイクロボロメータ
最小温度分解能	0.065℃(30℃にて)
検出波長	7.5～13μm
有効画素数	640(H)×480(V)
空間分解能	0.65 mrad 標準レンズ時
視野角	24° (H)×18° (V) 標準レンズ時
可視カメラ	内蔵
ノイズリダクション	有り
又はS/N改善	

【調査の流れ】

- ①撮影計画書の作成
撮影位置・調査可能範囲を考慮した計画書の作成
- ②赤外線サーモグラフィーによる現地撮影
計画書に基づき撮影を行う。浮き・はく離部と判断される変温部の熱画像および可視画像の記録
- ③テストハンマーによる部分打診確認
熱画像より浮き・はく離と判断される部分のテストハンマーによる打診および赤外線調査結果の確認
- ④熱画像の解析・診断
浮き・はく離範囲の抽出
熱画像の画像処理より、浮き・はく離部の特定
浮き・はく離部を明示した写真台帳の作成
- ⑤調査結果の図面化
⑤で確認された浮き・はく離部を図示した調査結果図の作成
- ⑥調査結果の報告
工事概要、調査条件、調査結果図、写真台帳などを取りまとめた報告書の作成



可視画像



熱画像

① 点 検

赤外線法

画像診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリート表面の 浮き・はく離	赤外線サーモグラフィーを用いて対象とするコンクリート構造物の表面温度の違いを検知し、損傷（浮き・はく離）および漏水を把握する技術。	■特 徴 ・サーモグラフィーによる赤外線法は表面温度の違いを検知することで比較的精度良く浮き部を把握することが可能である。また、遠方からの撮影であるため現地作業の安全性・効率を向上することができる。 ■課 題 ・打診調査は高所作業車等が必要であり現地調査に数日を要する。 ・日射や障害物の有無および撮影距離による制約を受けることから事前に条件の確認が必要である。	

① 点 検

コンクリート表面のひび割れ調査

《デジタル画像によるひび割れ調査法》

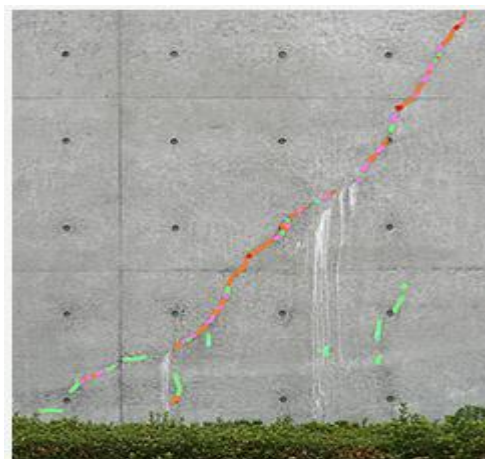
【村本建設(株)】

■技術の概要

デジタルカメラにより撮影されたデジタル画像を用いて、コンクリート構造物表面に発生しているひび割れの調査方法である。当調査方法では、ソフトウェアによる画像解析技術を用いて、ひび割れの有無や幅を把握することが可能である。



元画像



ひび割れ抽出画像

可視カメラ仕様例

メーカー名	CANON
型 番	EOS 5D Mark II
有効画素数	21 メガピクセル (5,616×3,744)
撮像素子	22.5mm×15mm サイズ RGB 原色 CCD
記録画素数	[L] 5,616×3,744 [M] 4,080×2,720 [S] 2,784×1,856
撮像感度	ISO 100～6400 相当
記録画像 ファイル形式	Exif2.2 準拠、DCF 準拠、DPOF 準拠
画 質 モード	圧 縮: JPEG－Baseline 準拠 非圧縮: 8ビット TIFF－RGB/12ビット RAW
記録媒体	コンパクトフラッシュカード

【特 長】

①ひび割れの自動抽出

撮影したデジタル画像よりひび割れを自動的に抽出し明示することが可能。

②ひび割れ幅と長さを自動計測

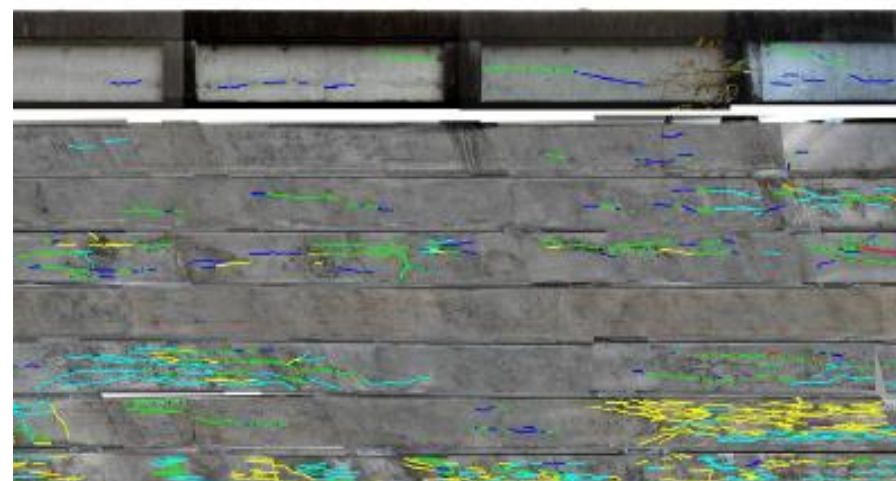
ソフトウェアにおいて、ひび割れを認識するだけでなく自動的に幅と長さを抽出することが可能。

③調査での仮設が不要

調査はデジタルカメラで撮影するだけであるため、撮影場所が確保できれば足場などの仮設は不要。

④精度の向上

レンズの収差補正、あおり補正などをスムーズに行うことができる。補正された画像を接合することで、正確な位置を把握することが可能。



床板調査例

① 点 検

デジタル画像によるひび割れ調査法

調 査			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリート表面のひび割れ調査	対象構造物を撮影したデジタル画像を用いて、発生しているひび割れの幅・延長を認識する技術。	■特 徴 - デジタル画像によるひび割れ調査法では、現地作業などの効率化を図ることが可能となる。 ■課 題 - 目視による方法ではひび割れの形状を手書きするとともに、ひび割れ幅を計測するために足場あるいは高所作業車等が必要となる。 - 電子成果の作成にあたっては手書きされたひび割れマップをCADへ転記入力する作業が発生する。 - ひび割れ抽出精度の制約により使用機器と撮影距離の関係から制限を受けるため事前確認が必要である	

② 診 断

コンクリート構造物のLCC 評価システム

《LCC ナビ》

【(株)大林組】

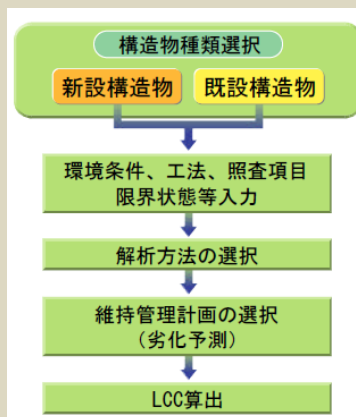
コンクリート構造物の耐久性評価と LCC による補修方法選択システム(効率的なメンテナンス計画策定ツール)

■技術の概要

LCCナビは、最新の知見を基にコンクリート構造物の劣化予測を行い、登録した補修工法や建設工法の中から最適な方法を選択することができ、合理的な維持管理計画を作成するシステムです。新設構造物、既設構造物のいずれに対しても、劣化予測とライフサイクルコストの結果が一目でわかり、補修を実施しない場合とも比較できます。

■LCCナビによる主な計画策定

- 新設構造物
 - ・耐久年数
 - ・建設後の補修計画
 - ・100年間のLCC(トータルコスト)の予測
 - ・LCCが最も安くなる建設方法
- 既設構造物に劣化がある場合、もしくは予防保全
 - ・ただちに補修が必要か
 - ・補修をした場合、しない場合の耐久年数
 - ・今後のLCCを最も安くする補修計画

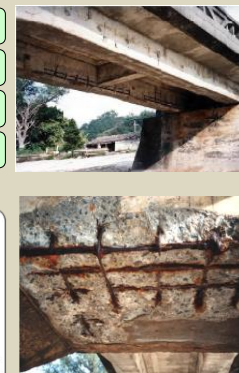


■劣化対象と劣化予測

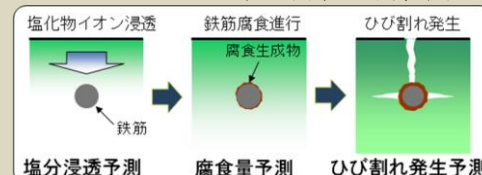
●対象

- 沿岸構造物(道路橋脚)
- 内陸構造物(鉄道高架橋)
- 下水道施設
- ダム、山間部橋梁上部工

- 塩害
- 中性化
- 化学的腐食
- 凍害



●LCCナビによる塩害の劣化予測範囲



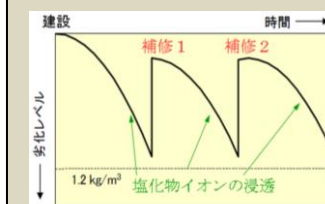
■LCCナビの算定方法

●ライフサイクルコスト算定式

$$LCC = Z_I + \sum_{i=1}^n Z_{Mi} + \sum_{i=1}^m Z_{Ri}$$

初期建設費 補修費 更新費

●劣化予測曲線



劣化予測の指標

- ・塩分の浸透量
- ・中性化深さ
- ・鉄筋の腐食程度
- ・腐食ひび割れ幅
- ・化学的腐食による劣化深さ(下水道)

■メンテナンス計画の選定方法

●LCCナビの操作性

<対話型システム>

新設、既設を問わず、構造物の条件、環境条件および補修条件等の諸条件をパソコン画面に入力するだけで、構造物の劣化予測とライフサイクルコストを算出します。

●評価結果のビジュアル化

劣化予測とライフサイクルコストをグラフ化することで、結果が一目でわかります。

条件入力画面

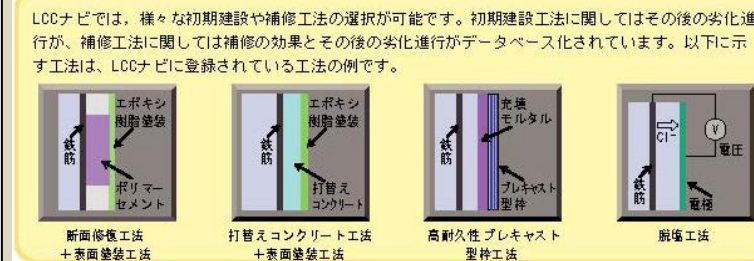


LCC表示画面



■補修工法のデータベースとしても活用可能

- 新規開発される補修工法も随時追加されるため、常に最新工法を含めた評価ができます。



② 診 断

LCCナビ

診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
維持管理計画の策定	LCCナビ コンクリート構造物の耐久性評価と補修方法選択システム LCCナビは、最新の知見を基に、コンクリート構造物の劣化予測を行い、ライフサイクルコストを評価し、合理的な維持管理計画を作成するためのツールです。 補修工法は、登録した補修工法や建設工法の中から選定することができ、ライフサイクルコストを考慮した最適な補修方法や補修時期を計画することができます。	■特徴 ①新設および既設の各種 RC 構造物に適用可能 橋梁、栈橋などの海洋構造物、タンクなどの工場施設他、各種のコンクリート構造物に適用 ②様々な劣化現象に対する劣化予測と LCC 評価が可能 - 対象とする劣化機構＝塩害（鉄筋腐食量、腐食ひび割れ発生も考慮）、中性化、化学的浸食、凍害、複合劣化（塩害、中性化、凍害） - 構造物の調査結果を反映した劣化予測が可能 ③様々な補修工法の選択が可能 数多くの登録された補修工法や建設工法をデータベース化、任意の選択可能 ④評価結果の即時確認とビジュアル表示 劣化進行の予測結果とライフサイクルコスト（LCC）の推移が、即時に一目で確認可能 ⑤迅速な維持管理計画の策定を支援 複数の維持管理計画の中から、最適な計画をスピーディーに選択が可能 ■課題 - アルカリ骨材反応（ASR）による劣化予測には対応していない。 - 構造物の耐力低下の評価には対応していない。 - 多数の構造物群の中から、補修の順番（優先度）の決定や予算の平準化には対応していない。	- 特許第 3893883 号 構造物の維持管理計画提供サービスシステムおよび方法 - 特開 2002-222281 補修コスト計算システム - 特開 2002-245146 構造物の維持管理コスト計算方法およびシステム特許：第 3601970 号

② 診 断

コンクリート構造物の耐久性の診断・評価手法

《耐久性診断・評価システム》

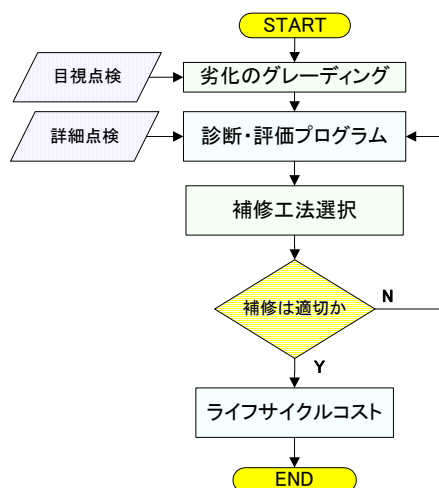
【(株) 奥村組】

■技術の概要

コンクリートは連続した微細な空隙をもつ多孔質材料であり、酸素やイオン、水分などの浸透や移動が行われている。おかれる環境によっては、数年で劣化症状が現れることもあり、中でも、深刻な問題とされているのが塩害、中性化などによる早期の鉄筋腐食である。

本システムはコンクリート構造物の劣化の程度、現状のコンクリートがどの程度の耐久性を有しているのかを評価診断することができる。システムは Windows 形式の入力画面をもつプログラムで、Windows パソコンで簡単に実行することができ、劣化診断を行うことができる。

【診断・評価フロー】



【塩害解析データ入力画面】

RC耐久性診断システム

共通データ 塩害計算条件

塩化イオン濃度の設定

☒ 一定濃度
初期濃度 (kg/m³) [1.2]
表面塩化物濃度 (kg/m³) [4.5]

☐ 濃度テーブル定義
データを入力し、その値から計算を行います。

☐ 関数定義
係数 A []
係数 B [0]
係数 C [0]
時間係数 t₀ []
関数定義は、下式で計算を行います。
 $F(t) = A \cdot \exp\{B(t - t_0)\} + C$
ただし、 $t > t_0$ の時 $F(t) = C$

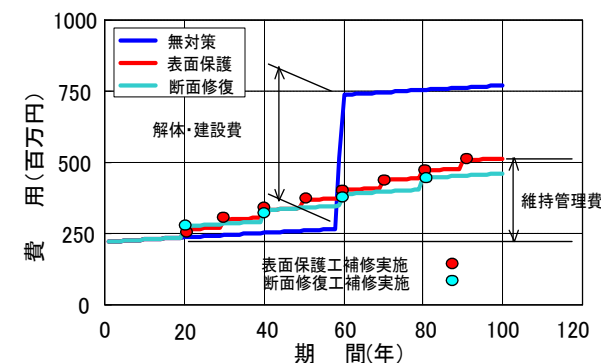
拡散係数および初期濃度

セメント種別 [普通ポルトランドセメント]
水セメント比 (w/c) [50] %
拡散係数 (cm²/日) $10^{4.5(w/c)^2 + 0.14(w/c) - 8.47} \times 60 \times 60 \times 24$
= 4.5868E-03

計算条件(新規構造物に対して)

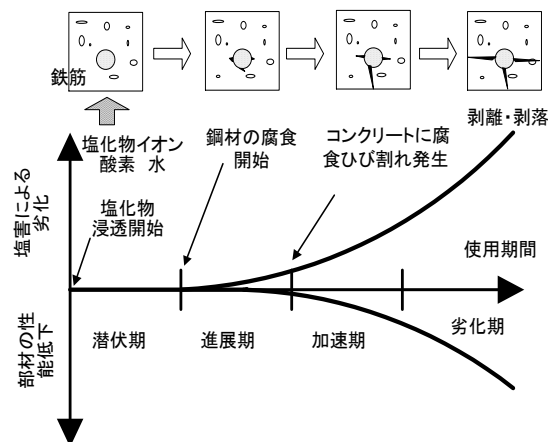
計算開始 [0] 年目
計算終了 [60] 年目
計算間隔 [3] ヶ月

【ライフサイクルコスト (LCC) 評価】



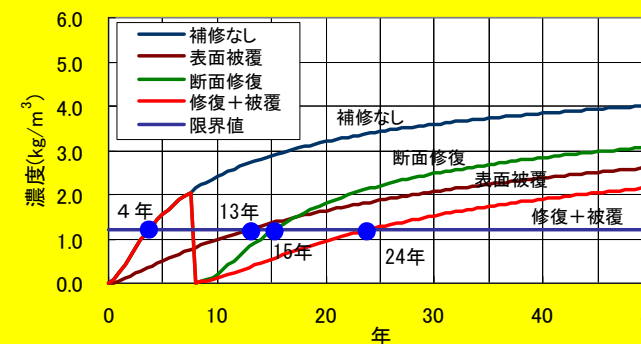
対象構造物の設定、耐用年数の設定、構造物の性能曲線の設定により、ライフサイクルコストを検討できる。

【劣化のグレーディング】



【コンクリート構造物の塩害劣化予測】

海水飛沫帯にあるコンクリート構造物について、表面から4cmの深さの経過年数に対する塩化物イオン濃度分布の予測事例である。このプログラムの特徴として、補修を途中で行った場合には、経過年数の間に塩化物イオン濃度の低減とその後の状況を解析することができる。



② 診 断

コンクリート構造物の耐久性の診断・評価手法《耐久性診断・評価システム》

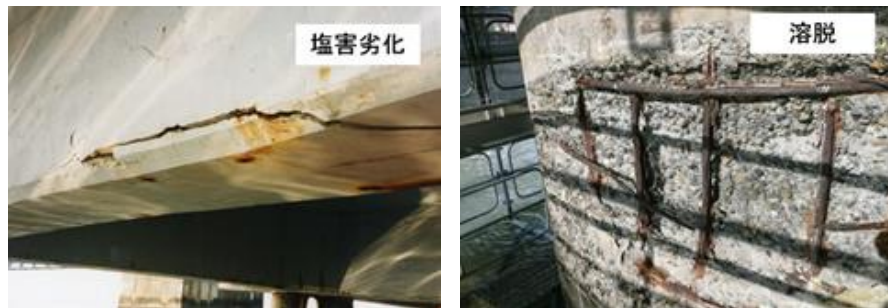
劣化診断技術

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリート構造物 の耐久性診断・評価	耐久性診断・評価システム コンクリート構造物の劣化の程度、経年劣化の予測、ライフサイクルコストの評価を行うシステム	■特 徴 ・逆解析により測定結果から塩化物イオンの拡散係数および中性化速度の推定ができる。 ・得られた拡散係数により、今後の塩化物イオンの浸透と中性化を予測できる。 ・補修方法を選択することができ、補修後の塩化物イオンの浸透を予測できる。 ・炭酸ガスと水酸化カルシウムの反応モデルにより、補修に対応した中性化を予測できる。 ・劣化のグレーディング、診断・評価、ライフサイクルコスト、補修工法の選定等、トータル的な検討が可能である。 ■課 題 ・目視点検を行う点検員の技量により、劣化のグレーディングにばらつきが生じる可能性がある。	【実績】 ・下水処理場沈殿地ライニング工事 ・工場煙突耐久性診断調査工事

■技術の概要

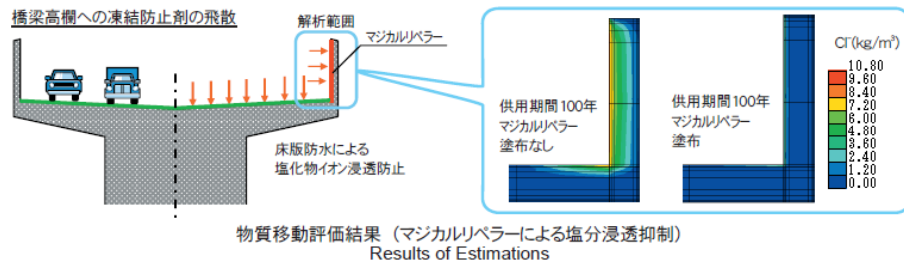
【コンクリート中の物質移動予測システム】

コンクリートの耐久性を評価するために重要となる劣化因子（イオン、水分など）のコンクリート内での移動を把握することで、コンクリートの耐久性を高い精度で評価するシステムである。劣化因子の拡散・移流といった基本的な物質移動のみでなく、劣化因子の移動速度に関連するコンクリート内の化学反応も考慮しているため、コンクリート内の劣化因子の移動を精度良く解析することができる。



構造物に生じた劣化の一例

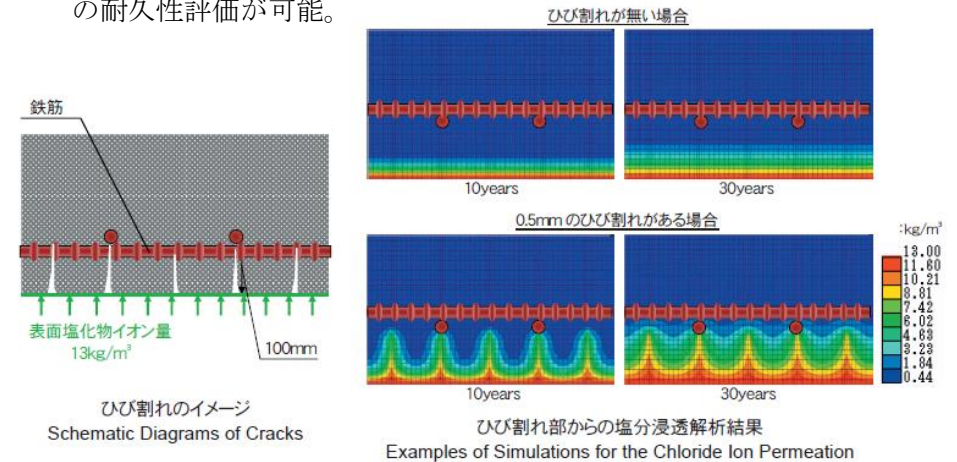
新設構造物については、構造物の設計段階で、材料、構造物形状、初期欠陥の有無を考慮した耐久性評価を行うことができる。また、既設構造物については、劣化調査結果（欠陥、構造物形状、劣化程度）に基づき、補修方法、時期、材料の評価・選定を行うことができる。



■技術の特徴

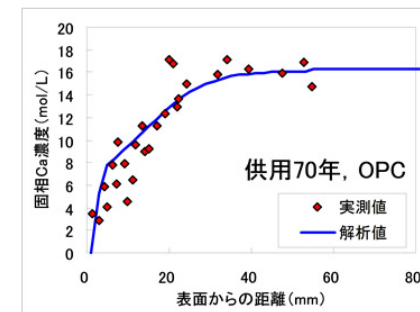
● ひび割れを有するコンクリートについての評価

- ひび割れの存在によって、塩化物イオンが早期に鉄筋位置まで浸透する現象を評価することができる。
- 他にも、表面被覆された場合など、実際の環境に応じたコンクリートの耐久性評価が可能。



● Ca の溶脱についての評価

- 実際に 70 年間供用された構造物について Ca の溶脱を調査し、実際の環境を考慮した解析値と比較した結果、解析値と実測値は精度良く合致することが確認された。



実構造物の調査結果との比較（Caの溶脱）

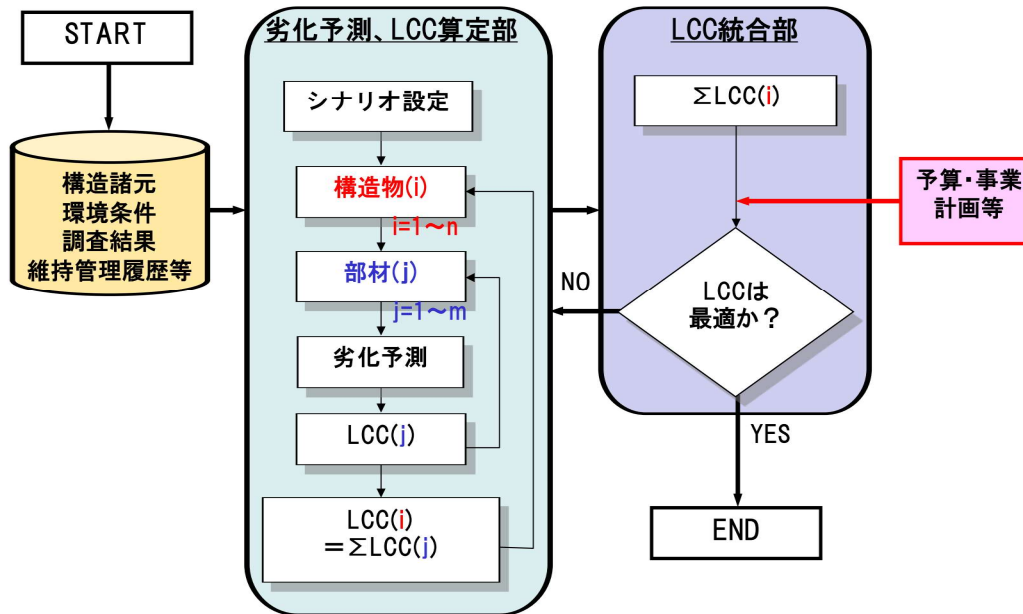
② 診 断

物質移動予測システム

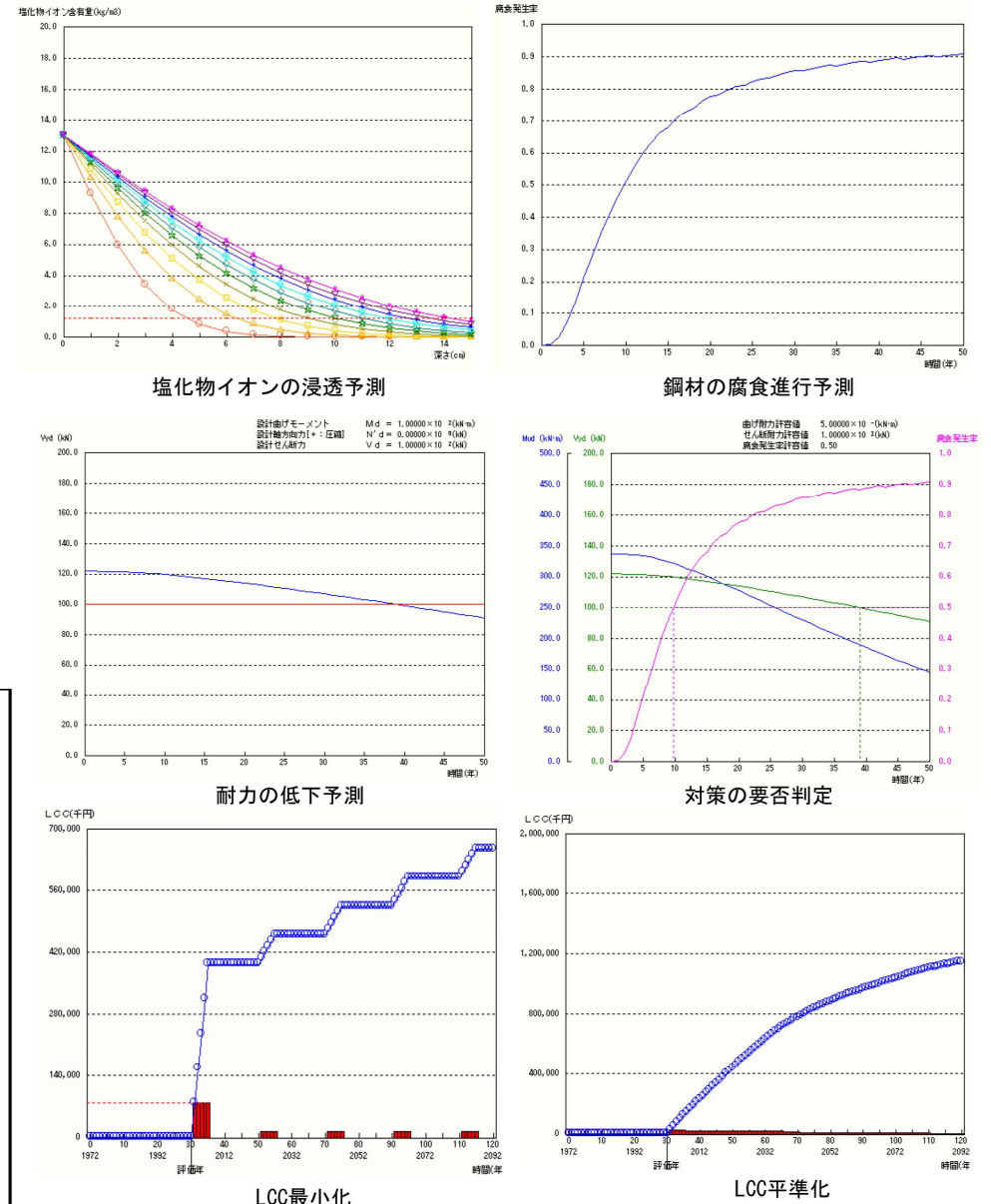
調査・診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐久性評価	コンクリート中の物質移動予測システム	■特 徴 - 以下の6種類の解析を1次元、2次元で行うことができる。 - 塩分浸透などのイオンの移流拡散解析を行う「一般解析」 - 中性化の解析を行う「中性化解析」 - Ca溶脱の解析を行う「溶脱解析」 - 複数イオンの移動を考慮した解析を行う「多種イオン溶脱解析」 - 硫酸による劣化の解析を行う「硫酸解析」 - 硫酸塩による劣化の解析を行う「硫酸塩解析」 - 要素ごとに拡散係数、初期含有量、境界条件を設けることが可能であり、境界条件は時間依存性を考慮することができるので、例えば補修後の塩分浸透性を解析することができる。 - ひび割れの影響、浸透流を踏まえた長期変質挙動を評価できる。 - 複数の水和物 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, C-S-H, KOH, NaOH, CaCO_3, CaCl_2, $\text{Mg}(\text{OH})_2$) の化学反応および複数イオン (Ca^{2+}, Si^{2+}, K^+, Na^+, Mg^{2+}, OH^-, CO_3^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}) の移動を考慮した物質移行解析が可能。	

■技術の概要



■診断結果の例



LCプランナー

塩害や中性化など、鉄筋腐食を伴う劣化を対象とした LCC 評価システム。調査結果に基づく **定量的** なデータを用いて診断、劣化予測および LCC 評価を行う。

・現状の劣化診断は、定量的な評価が困難なため、グレードや劣化過程等を用いた半定量的な手法によって行われている。この場合、構造物の定量的な性能評価や劣化予測、補修数量の把握ができず、精度の高い LCC 評価も困難である。

・LC プランナーは、**過去の劣化調査によって蓄積されたデータから構造物の性能を定量的に評価、予測できる手法を独自に構築し、精度の高い LCC 評価を可能にしたシステムである。**

・重要度や供用年数、予算計画や事業計画に合わせた **自由度の高い維持管理のシナリオ設定、LCCの最適化（最小化、平準化）** を支援。

・複数の構造物を対象としたアセット（ストック）マネジメントを支援。

LC プランナー

診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査、計測	LCプランナー 塩害や中性化など、鉄筋腐食を伴う劣化を対象とした LCC 評価システム。調査結果に基づく定量的なデータを用いて診断、劣化予測および LCC 評価を行う。	■特徴 ・現状の劣化診断は、定量的な評価が困難なため、グレードや劣化過程等を用いた半定量的な手法によって行われている。この場合、構造物の定量的な性能評価や劣化予測、補修数量の把握ができず、精度の高い LCC 評価も困難である。 ・LC プランナーは、過去の劣化調査によって蓄積されたデータから構造物の性能を定量的に評価、予測できる手法を独自に構築し、精度の高い LCC 評価を可能にしたシステムである。 ・重要度や供用年数、予算計画や事業計画に合わせた自由度の高い維持管理のシナリオ設定、LCCの最適化（最小化、平準化）を支援。 ・複数の構造物を対象としたアセット（ストック）マネジメントを支援。 ■課題 ・対応できる劣化要因は、現在、塩害および中性化のみである。	塩害劣化が生じやすい栈橋や気化器等の維持管理に実績あり。

② 診 断

小径コアによるコンクリート構造物の調査技術 《ソフトコアリングC+》【日本国土開発(株)、(株)銭高組、前田建設工業(株)】

■技術の概要

「ソフトコアリングC+」は土木構造物に適用できる簡便で精度の良いコンクリート構造物の調査技術である。コンクリート構造物から採取した直径25mmの小径コアを用いて、構造体コンクリートの圧縮強度、塩化物イオン量、中性化深さを測定する技術である。従来の直径100mmコアと同等な精度で測定することが可能であり、(財)土木研究センターの建設技術審査証明を取得している。また、国交省新技術活用システムNETISにも登録されている。



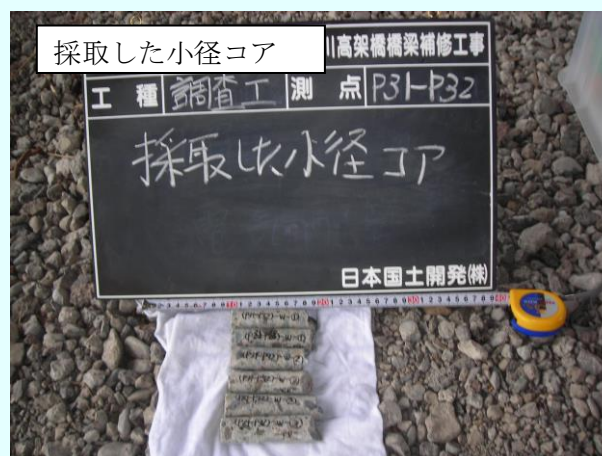
φ100mm コアと小径コア



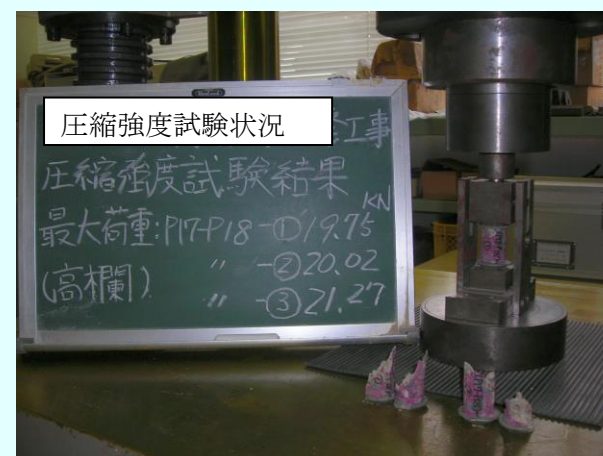
調査対象橋脚（橋梁下部）



小径コア採取状況



採取した小径コア



圧縮強度試験状況

② 診 断

劣化診断技術

微破壊試験

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査	・ 圧縮強度の測定 粗骨材の最大寸法が 40mm 以下、推定可能な圧縮強度の範囲は 10～70N/mm² である。採取するコアの直径は 25mm とし、圧縮強度試験に供する供試体の高さは直径の 2 倍とする。圧縮強度の推定は、強度補正式および異常値の棄却検定等を行って算出する。 ・ 塩化物イオン量の測定 使用骨材は普通骨材、粗骨材最大寸法は 40mm 以下のコンクリートに適用。採取するコアの直径は 25mm とし、所要の分析精度が得られるよう、粗骨材最大寸法の大きさに応じて、所定の数を混合したものを用いる。塩化物イオン量の分析は JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠して行う。 ・ 中性化深さの測定 使用骨材は普通骨材、粗骨材最大寸法は 40mm 以下のコンクリートに適用。採取するコアの直径は 25mm とする。中性化深さは、コア採取後、直ちに水洗いして若干乾燥した状態の時にフェノールフタレインの 1%エタノール溶液をコア側面に噴霧し、呈色していない部分の長さを中性化深さとして測定する。	■特 徴 - 過密な配筋状態でも、鉄筋切断の可能性が少ない。 - 主要構造部材から採取しても、耐力上の問題となる可能性が少ない。 - 採取が容易で、採取後の補修が容易。 - 長いコアを採取すれば、深さ方向の品質分布調査が可能。 ■課 題 - 標準コアφ100mm による方法と比べてコストが高くなる場合がある。 - コンクリートの状態によってはコアの採取がうまくいかず、コアの抜き直しがでる場合がある。	NETIS: KT-050025-V 技術名称：ソフトコアリングシステム 特許：3067016 本技術は特許技術であり、本技術の実施は「ソフトコアリング協会」による講習を修了し、本技術の特性を理解した協会員によるものとする

② 診 断

コンクリート構造物の外観変状の予測手法

《鋼材腐食と外観変状の予測・外観変状による予測の修正》

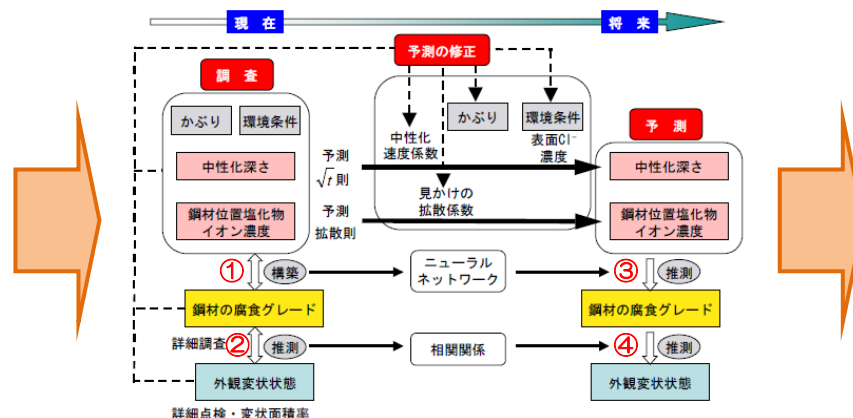
【大成建設】

■技術の概要

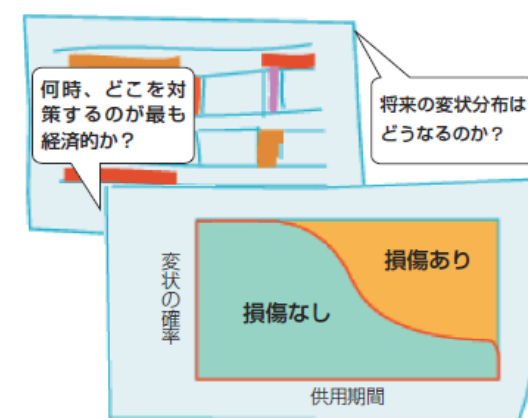
この技術は、外観点検記録や詳細調査結果に基づき、外観変状と鋼材の腐食グレードとの関係を定式化することにより、腐食グレードから外観変状を推測したり、逆に外観変状から鋼材の腐食グレードを推定する手法です。予測結果は、将来の劣化の程度を劣化範囲の面積率として表せるため、補修範囲や補修費用を算出する指標とできることが特徴です。



栈橋などの海洋構造物では、経年と共に塩害による損傷が進行し、ひび割れ、浮き、剥離、錆汁などの変状が観察されます。



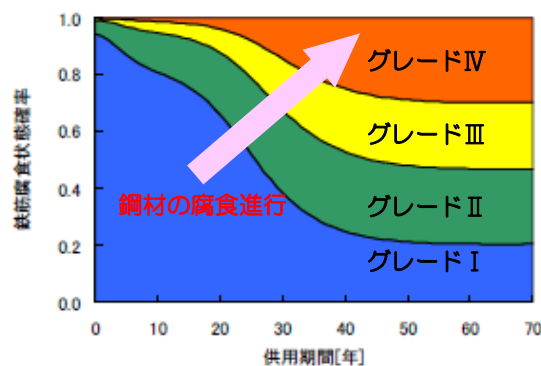
外観点検記録や詳細調査結果に基づき、外観変状と鋼材の腐食グレードとの関係を定式化します。定式化された関係式は、新たな調査結果に基づき逐次更新します。



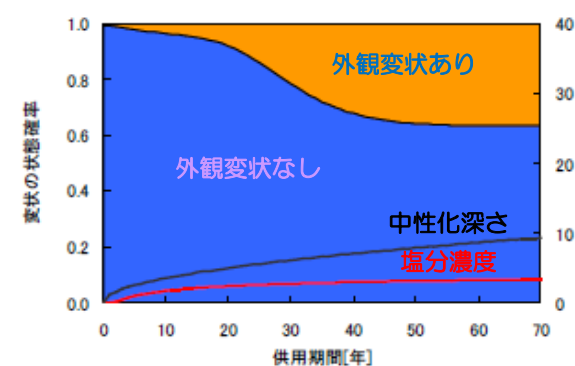
将来の外観変状の程度を、劣化面積率として予測し、補修に要する費用やライフサイクルコストの算定に用いることができます。

【評価方法の流れ】

- ①現在の鋼材の腐食グレードは、対象とする構造物の供用条件（供用期間、かぶり、鋼材位置の塩化物イオン濃度、中性化深さ、年平均気温、年平均相対湿度、年間降水量）を入力層とした、ニューラルネットワークの出力層として評価できます。
- ②現在の外観変状と鋼材の腐食グレードとの関係を定式化します。ここでは、確率論に基づく手法を導入しています。
- ③将来の鋼材の腐食グレードは、中性化の進行や塩化物イオンの浸透を予測し、それを入力層としたニューラルネットワークの出力層から予測できます。
- ④将来の外観変状は、定式化されている鋼材の腐食グレードと外観変状の関係から導かれます。この結果は、外観変状の有無についての面積率として得られますので、補修費用の算定などに活用することができます。



鋼材の腐食グレードの経時変化の予測
腐食なし（I）から断面欠損する著しい腐食（IV）までの腐食グレードの経時変化の予測例



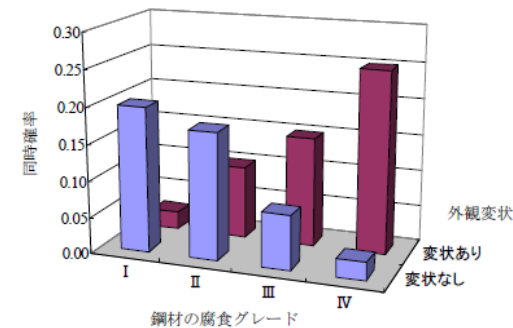
外観変状の経時変化の予測
外観変状なし（青）から外観変状あり（橙）までの外観変状の経時変化の予測例

② 診 断

劣化診断技術

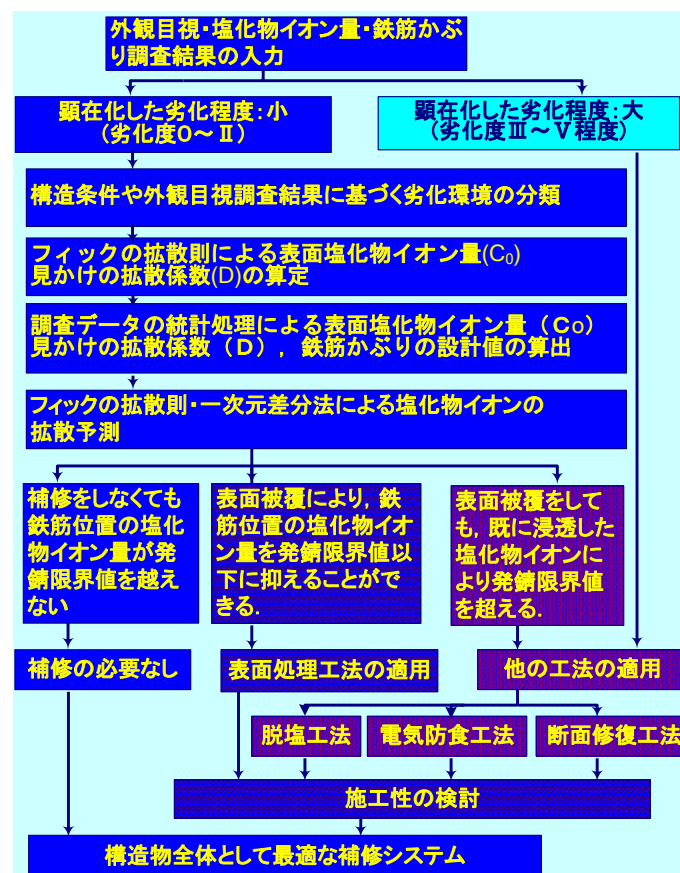
ライフサイクルコスト

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
点検・調査	◎事前調査 ・設計図書の確認 ・環境条件の調査 ◎外観目視点検 ・打音点検 ◎非破壊検査 ・鉄筋かぶり、配筋の推定 ・腐食状態、腐食速度の推定 ・表面塩分量の推定 ◎詳細調査 ・圧縮強度、中性化深さ、塩分分布の測定、研出しによる鋼材腐食グレードの観察	■特 徴 ・事前調査 建造年代が古い場合、設計図書が散逸しており、配筋条件などが不明な場合がある。このような場合は、非破壊検査や詳細調査により必要な情報を得る。 ・外観目視点検 ■課 題：点検員による評価のばらつきが生じる。 ・非破壊検査、詳細調査 頻度や数量を多く行うことが難しい。そのため、鋼材の腐食グレードも実測により多く集めることは現実的でない。このことから、次項に述べるニューラルネットワークを用いた鋼材腐食グレードの推定技術が有効である。	【外観目視点検結果のばらつきに対する解決策】デジタル画像を用いた、ひび割れなどの定量的な抽出技術の活用が有効で、別途開発済みである。
定式化	◎ニューラルネットワークによる鋼材腐食グレード予測の定式化 ◎外観変状と鋼材腐食グレードとの相関関係の定式化	■課 題 ：実際の構造物での相関データがまだ多くは集められていないため、精度の検証が十分でない。	【定式化の課題に対する解決策】実構造物を調査して、外観変状と鋼材腐食グレードのデータを積み重ねて、相関式の精度を向上させる。
予 測	◎中性化深さ、塩化物イオン浸透の予測 ◎ニューラルネットワークによる鋼材腐食グレードの予測 ◎外観変状と鋼材腐食グレードの関係式による外観変状の予測	■課 題 ：実構造物への適用事例が少ない。	【予測の課題に対する解決策】経年劣化した実構造物の調査を行い、劣化の予測結果と対比を行って、予測の精度向上させ
評 価	◎外観変状面積率に基づく、補修費用やライフサイクルコストの算出	■課 題 ：ライフサイクルコスト算出の場合は、補修の時期や範囲の最適な組合せを別途検討する必要がある。	【評価の課題に対する解決策】補修が有効に機能する時間を定量的に評価する試験方法を確立し、補修材料や仕様ごとに有効期間を明らかにする。

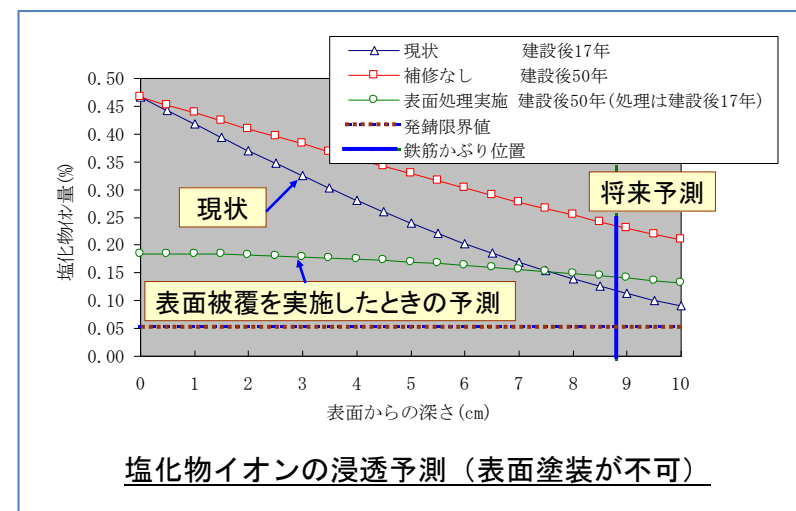
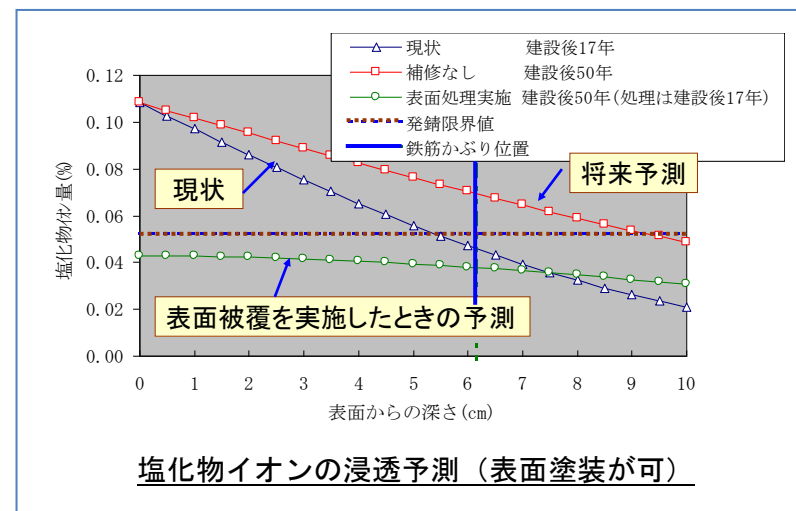


■技術の概要

本システムは、これまでの劣化事例に関する情報をデータベースとして持ち、塩害を受ける構造物の調査計画、調査結果に基づく耐久性診断、補修の要否判定、最適な補修工法の選定を効率的に行うことが出来る。



補修工法選定システムの大きな流れ



② 診 断

リマイン

劣化診断技術

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査工	塩化物イオン濃度の調査データから、表面塩化物イオン濃度、コンクリートの拡散係数を算出し、塩化物イオンの拡散予測を計算するものである。	■特 徴 - 過去の劣化に関するデータベースに基づいて劣化進行速度を想定し、調査点検を行う部位を的確に選定。 - 構造物全体の評価のために、視覚的に確認できる劣化度分布を作成。 - 塩化物イオンの浸透予測により、鋼材位置での塩化物イオン濃度が腐食発生限界値を超える時期を定量的に評価する。 表面被覆の適用性評価を、塩化物イオンの浸透予測により行う。 - 任意の時期に表面被覆（拡散係数で評価された材料を適用可）を施工する条件で塩化物イオンの浸透予測ができる。 - 調査した塩化物イオンの分布データに対し、任意の点を削除して表面塩化物イオン濃度、コンクリートの拡散係数を算出できる。 ■課 題 中性化の影響を作用させた状態で塩化物イオン浸透予測を行うこと。	実績多数。

② 診 断

鉄筋腐食調査

≪鉄筋腐食診断（自然電位法、分極抵抗法）≫

【東洋建設㈱】

■技術の概要

自然電位法および分極抵抗法を用いた調査を実施し、電気化学的理論を用いて整理することで、鉄筋腐食の程度を定量的に評価するとともに将来予測を行う。従来の方法を高度化させた技術である。この診断法により、構造物の残存性能を予測することが可能で、効率的な維持管理が可能となる。

図-1 に市販の鉄筋腐食速度診断器を示す。鉄筋のインピーダンスを測定することで、等価回路（腐食回路）に含まれる分極抵抗を求めることで、コンクリート中鉄筋の腐食範囲や腐食速度を評価する。



図-1 鉄筋腐食速度診断器（市販品）



図-2 鉄筋腐食診断状況

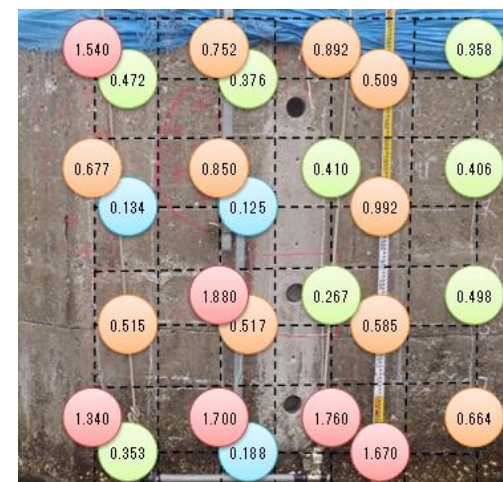


図-3 部材の腐食速度分布例

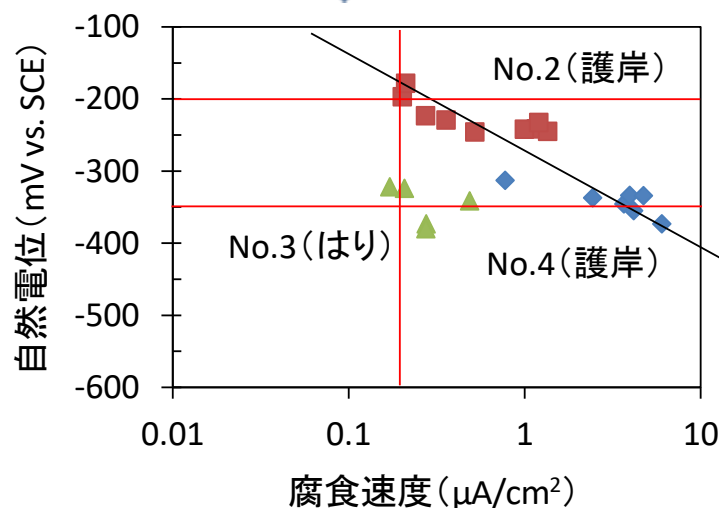


図-4 電気化学的手法による鉄筋腐食評価例

赤線: 判定基準
黒線: 構造物の暴露環境を考慮した腐食速度曲線（陰分極曲線）

- ◆ 腐食速度曲線を定量化すれば、電位計測による腐食速度判定が可能になる。
- ◆ 塩化物イオン濃度の結果を用いて、将来予測も可能になる。

② 診 断

鉄筋腐食診断

腐食診断

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
鉄筋腐食調査	鉄筋腐食診断（自然電位法、分極抵抗法） 鉄筋腐食診断技術として確立されている自然電位法および分極抵抗法があるが、これらを組み合わせることで、構造物の腐食程度を定量的に評価する技術。 いずれの方法も非破壊検査技術として利用され、判定基準も確立されている。これらを組み合わせることで、腐食調査を高度化させる。	■特 徴 自然電位法および分極抵抗法を用いた調査を実施し、電気化学的理論を用いて整理することで、鉄筋腐食の程度を定量的に評価するとともに将来予測を行う。 従来の方法を高度化させた技術である。この診断法により、構造物の残存性能を予測することが可能で、効率的な維持管理が可能となる。 ■課 題 自然電位法は腐食の有無の可能性を評価できるが、立地環境が異なることで電位は変動するため腐食判定には課題を残す。 分極抵抗法は一時的な腐食速度を評価することは可能であるが、経年的な腐食予測は未だ困難である。	港湾構造物の劣化診断での実績あり

■技術の概要

【孔内局部載荷試験とは】

従来、コンクリートの圧縮強度を推定する方法は、コア採取やテストハンマー、超音波伝播法などが用いられてきた。これに対して、孔内局部載荷試験は**コンクリートの深度方向における圧縮強度を原位置で推定する微破壊調査手法**です。なお、本技術は戸田建設と川崎地質による共同、および、北海道大学の技術指導によって開発した技術です(国土交通省新技術登録「NETIS KT-090056-A」)。

【試験装置の概要】

写真1～3に試験装置と試験状況を示す。

試験装置は、変位計と油圧ピストンを内蔵した直径40mm、長さ270mmの円柱状の本体とコア孔壁に貫入させる載荷先端から構成される。また、試験装置に油圧を加えるための加圧ポンプと、変位(貫入量)と圧力(荷重)のデータを収集するデータ収集装置(ノートパソコン)が接続されている(図1参照)。

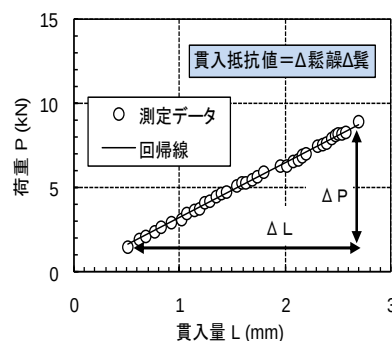


図1 荷重貫入量曲線

【強度推定方法】

- ①直径 42～100mm のコア削孔
- ②試験装置をコア孔内へ挿入
- ③載荷先端を任意の深度に固定
- ④油圧ポンプにより加圧
- ⑤載荷先端を孔壁に貫入
- ⑥貫入量と載荷荷重の値を記録

試験によって得られた貫入量と荷重は荷重—貫入量曲線として表し、曲線の傾きから「貫入抵抗値」を求め、貫入抵抗値を4倍した値を推定圧縮強度とする(図2参照)。

$$[推定圧縮強度] = [貫入抵抗値] \times 4$$

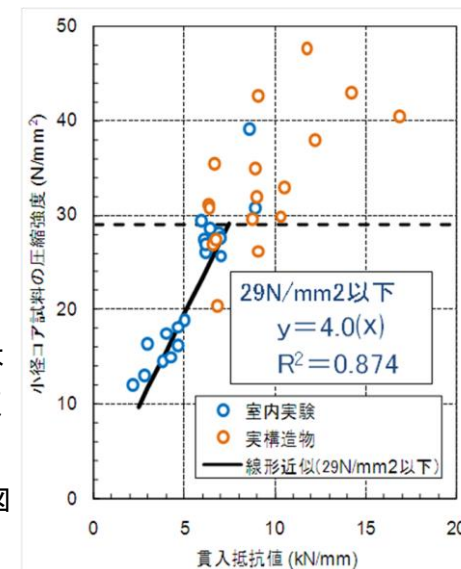


図2 貫入抵抗値と強度の関係

【調査・点検事例】

・橋梁床板コンクリート強度調査

床板天端上面からコアを削孔し、試験を実施(床板設計 270mm)。

深度 190mm まで設計基準度 21N/mm²を確保し、深度 190mm 以下では大きく強度低下していることを確認した。



写真1 試験装置



写真2 試験状況



写真3 計測状況



写真4 橋梁床版状況



写真5 床版下面劣化状況

② 診 断

孔内局部載荷試験方法

圧縮強度推定

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリートの 圧縮強度推定診断	孔内局部載荷試験 コンクリート表面に削孔したφ40mm程度のコア孔内に孔内局部載荷試験器を挿入、載荷試験することで、コンクリート表面からの深度別の圧縮強度を推定することができる。	■特 徴 ・橋脚、橋台等のコンクリート構造物について、凍結融解作用等による劣化深度の判定に適用。 ・下部工以外にも橋梁上部工や港湾構造物、擁壁、砂防ダム等のコンクリート構造物全般に適用可能。 ・特公 2006-214897 ■課 題 ・測定範囲が広範囲の場合、数mピッチのメッシュを設定し測定しているが測定回数が多くなる。 ・狭隘作業空間では試験器のさらなる小型化が必要。	・ 50 件以上の実績あり。

■技術の概要

水陸両用ブルドーザ関連工法

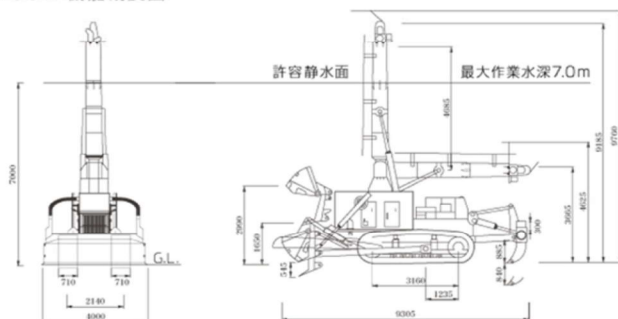
自然を、社会を快適に守る・・・

浅海域で威力を発揮！

水中に潜る ▶ 掘る ▶ 運搬することがこの1台で可能に！
仮設不要で、工期の短縮、コスト低減を実現



D155w 機能概要図



水陸両用ブルドーザD155w(43.5t)水深7m対応!

水陸両用ブルドーザは、水中掘削機として昭和46年以来30年以上の月日を経て、日本全国で1,000件以上の施工実績を積み重ね現在に至っています。

◆ 特徴

- 無線遠隔操作式(ラジコン)で、オペレータの安全を確保
- 排土機に装着されたエプロン装置により、水中での掘削土・
逃すことなく押土できます
- ダクト(排気筒)を倒すことにより、橋梁下の掘削が可能
- 海底を走行し排土板にて面的仕上げを行うため、作業船に
比し掘削の深い掘削が可能(余泥・余砂量が少ない)
- 作業船のみにして係留アーカーを必要としないため、船舶など
の航行に支障を与えません

水深7mまでの掘削・押土・敷均し作業が可能

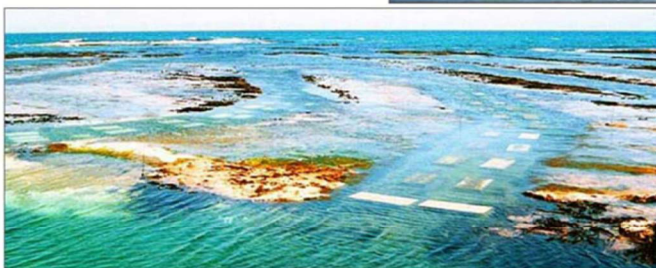
作業船・陸上機械による作業が困難な浅水域での作業に威力を発揮します。

無線遠隔操作なのでオペレータは、100m以内の安全な場所での操作が可能となり、現場条件の変化の察知、気象変化にも迅速に対応できます。



油圧リッパによる水中岩盤破碎

車体後部の油圧リッパ装置により、地山弾性波速度2,500m/sec程度までの岩盤を水中を破砕することができます。



油圧リッパによるウニ増殖溝掘削:岩手県洋野町種市

10t吊クレーンを装着しブロック運搬・据付(水深5m対応)

車体後部を改良し、最大吊上げ荷重10t級のクレーン装置を取り付け、ブロックを吊上げそのまま運搬し、据付作業が可能です。

陸上施工のように仮設道路を必要とせず、工期の短縮とコストの削減に寄与します。



ブロック運搬・据付工：福島県南相馬市村上海岸



・籠運搬・据付工:千葉県市原市養老川

アタッチメントを交換し捨石運搬・敷設

排土板を捨石運搬用のアタッチメントと交換して、陸上から水中へ運搬！

ニーズに合ったアタッチメントの製作・施工が可能です。



捨石運搬・敷設工：千葉県銚子君ヶ浜

人工リーフ造成

- ◆ 施工実績 君ヶ浜人工リーフ工事(千葉県)

名洗港海岸環境整備工事(千葉県)ほか

都市河川でも活躍

都市化が進んだ市街地を流れる河川の整備・改修・河床掘削などは、両岸部からの施工が困難なケースがあります。

水陸両用ブルドーザ工法は、河川内に重機を直接降ろすことにより(大型クレーンによる吊降ろし・仮設坂路からの進入など)河川内での施工が可能となります。



河川浄化工：静岡県静岡市清水地区巴川

③ 補 修・補 強

水陸両用ブルドーザー関連工法

水中掘削運搬

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補修、改修 浅海域での橋梁下部工関連工事に適用可能	水陸両用ブルドーザー関連工法 水深 7m までの浅海域で、水中に潜る・掘る・運搬することがブルドーザー 1 台で可能であり、仮設不要で、工期短縮・コスト低減を実現する。	■特 徴 - 無線操作遠隔式(ラジコン)で、オペレーターの安全が確保されている。 - 排土板に装着されたエプロン装置により、水中での掘削土を逃がすことなく押上できる。 - ダクト(排気筒)を倒すことにより、橋梁下の掘削が可能。 - 海底を走行し排土板にて面的な仕上げを行うため、作業船に比べ精度の高い掘削が可能。 (余掘・余砕量が少ない) - 作業船のように係留アンカーを必要としないため、船舶などの航行に支障しない。 ■課 題 出来形管理方法と問題点 当工法における従来の施工出来形管理方法は、水陸両用ブルドーザーの排気筒に記された標尺と水位レベルの相関により現在の施工高さを判断するものであったが、次のような問題点を有していた。 - 荒天時の波浪や施工箇所が遠距離になると目視による正確な高さが判断できない。 - 水面には目標物がないため水平位置(高さ)の把握が曖昧である。 - 測量および出来形管理に人と時間を要する。 これらの問題点を解決するため、排気筒上部に激しい揺動に耐えることが可能な GPS を設置し、水陸両用ブルドーザーの 3 次元位置をリアルタイムに無線受信することで潮位や荒天に左右されず、無人で自動的に施工出来形を測量できるシステムを、現在開発している。	

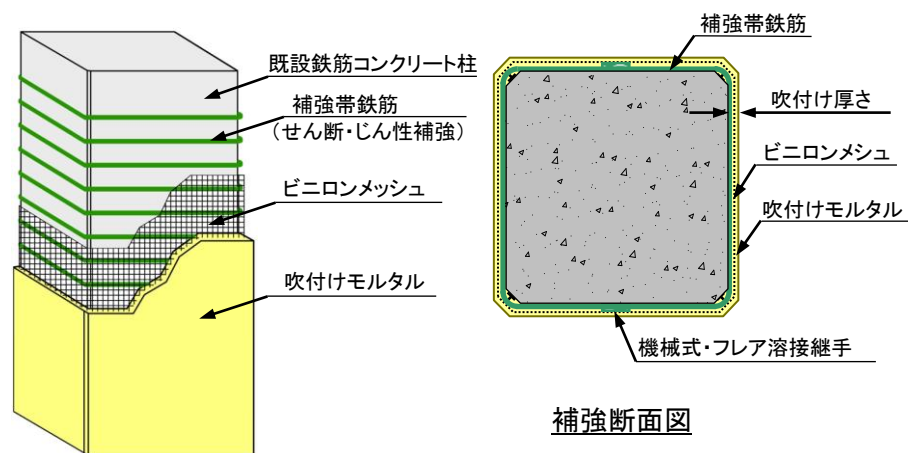
③ 補 修・補 強

吹付けモルタル・高強度鉄筋による高架橋柱耐震補強工法

《吹付けモルタル工法》

【安藤ハザマ】

■工法の概要



吹付けモルタル工法の特徴

- ・高架橋柱の耐震補強工事において、主として施工性の改善・向上を目的とした工法である。
- ・既設鉄筋コンクリート柱に補強帯鉄筋を巻き付け、モルタルを薄層（鉄筋径+20mm程度）に吹き付け、コテ仕上げするといった単純構造により、せん断耐力・曲げじん性において鋼板巻立て補強工法と同等以上の性能を発揮する。
- ・狭隘な場所、高架橋下を供用している場所においても施工可能です。
- ・吹付けモルタルは非常に緻密な特殊モルタルのため、中性化、塩害、凍結融解などに対して、**非常に高い耐久性を有する**。
- ・型枠組立撤去が不要なこと、吹付け設備が小型なこと、大きな仮設や重機を必要としないことなどにより、コストダウンが可能である。

■施工手順

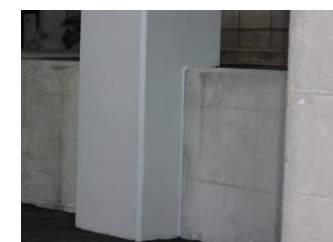


■施工事例

ラーメン高架橋柱および橋脚耐震補強の実績：約 1850 本（2013 年 3 月現在）



ラーメン高架橋



袖壁付き高架橋



壁式橋脚

③ 補 修・補 強

吹付けモルタル工法

耐震補強工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
吹付けモルタル工	吹付けモルタル工法 従来の現場溶接による鋼板巻立てに代わって、高強度の補強帯鉄筋を巻き付け、特殊モルタルを吹き付ける吹付けモルタル工法。	■特 徴 現場溶接による鋼板巻立て工法と比較して以下のメリットがある。 ・補強帯鉄筋は機械式あるいはフレア溶接継手により、拘束効果を確実に発揮する。 ・補強目的（じん性・せん断）に応じて、補強帯鉄筋量（強度・径・間隔）の調整が可能である。 ・狭隘な場所、高架橋下を供用している場所においても施工可能です。 ・吹付けモルタルは非常に緻密な特殊モルタルのため、中性化、塩害、凍結融解などに対して、非常に高い耐久性を有する。 ・型枠組立撤去が不要なこと、吹付け設備が小型なこと、大きな仮設や重機を必要としないことなどにより、コストダウンが可能である。 ■課 題 ・柱に付属物（排水管、ケーブル等）が設置されている場合は、仮移設が必要である。 ・吹付けモルタルの硬化や養生に時間を要するので、線路内等の短時間作業現場では、適用が難しい。	・高架橋柱、橋脚等の実績 ：約 1850 本（2013 年 3 月現在） ・特許第 3765882：既存コンクリート柱状体の補強構造 ・「吹付けモルタルによる高架橋柱の耐震補強工法 設計・施工指針」（財）鉄道総合技術研究所

③ 補修・補強

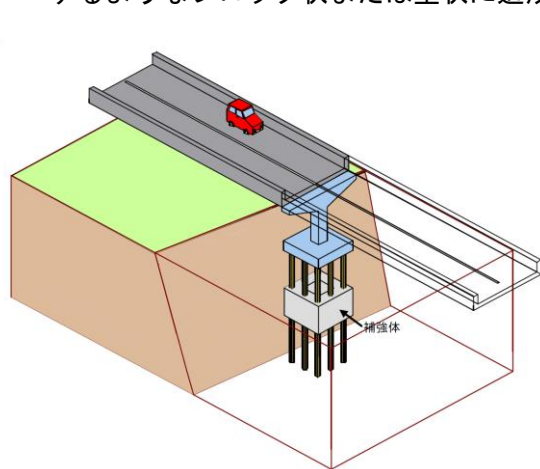
杭基礎耐震補強工法

《CPR 工法》

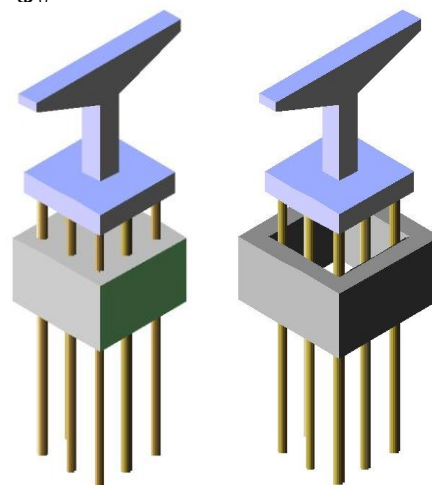
【安藤ハザマ】

■概要

- ・ CPR 工法(Confining Pile Reinforcement Method)は、複数の杭を**補強体により拘束することで**、地震に対して強い基礎構造体を構築する工法である。
- ・ 補強体は、杭周辺地盤を恒久性の材料を用いて部分的に固化し、杭を包含するようなブロック状または壁状に造成する。



CPR 工法概要図



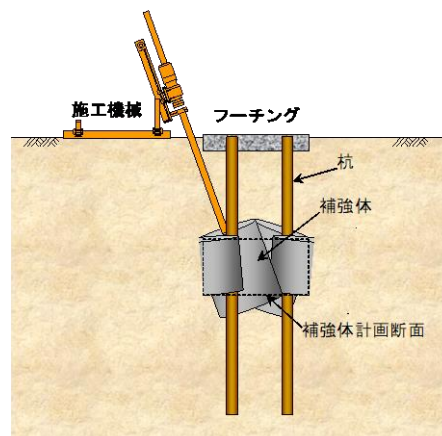
ブロック式補強体

壁式補強体

■施工方法

補強体の造成は、既往の地盤改良工法を施工条件に応じて使用する。

補強体造成工法としては、高い強度が期待でき適用地盤が広く、改良効果の確実性が高い**高圧噴射攪拌工法**が一般に用いられている。



施工状況図

■特徴

① コスト、短工期

- ・ 増し杭工法等に比べて工期短縮、コスト縮減が期待できる。

② 限られたスペースでの施工が可能

- ・ 小型施工機（ボーリングマシン程度）で施工が可能。
- ・ フーチングの拡幅等を伴わないため、敷地制限を懸念する必要がある。

③ 振動抑制効果

- ・ 耐震補強効果に加え、交通振動等の生活振動を抑制し、周囲への影響を低減する。

■施工事例



綾瀬川水管橋耐震補強工事
(東京都足立区)



昭栄大橋左岸橋脚補強工事
(新潟県三条市)

③ 補 修・補 強

CPR 工法

基礎の補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
杭基礎の耐震補強工法	地盤改良体（補強体）により杭群を拘束することで耐震性能を向上させる	■特 徴 杭基礎構造物の耐震補強工法であり、従来は増し杭工法等により対応していた。本技術の活用により、従来技術では耐震補強が不可能であった杭基礎構造物の耐震補強、工事の小規模化やコストダウン、工期短縮等が期待できる。 ■課 題 補強後の地震時挙動を精度良く評価することが必要であることから、詳細な動的FEM解析が望ましい。	特許第3643571号 NETIS登録番号：KT-060071-A
補強体造成	既存の高圧噴射攪拌工法等を適用	■特 徴 既設の杭基礎の直下または周辺の必要な地盤を確実に固化改良することが求められることから、通常、高圧噴射攪拌工法が適用されている。 構造物直下地盤では、鉛直のみでなく斜め施工が可能な高圧噴射攪拌工法が適当される。また、敷地境界を越えることのないよう、改良範囲、改良形状を調整可能な工法が適用されている。 ■課 題 近接施工など周辺地盤変位の影響が懸念される場合は、適切な改良方法、仕様を選定する必要がある。 耐震性能が大幅に不足した基礎を対象とする場合は、補強体規模が大きくなり、不経済となる場合がある。	適用可能な高圧噴射攪拌工法 ・MJS工法 ・RJP工法 ・PJG工法 ・V-JET工法 ・ファイバージェット工法

③ 補 修 ・ 補 強

鋼矢板による構造物基礎の耐震補強工法

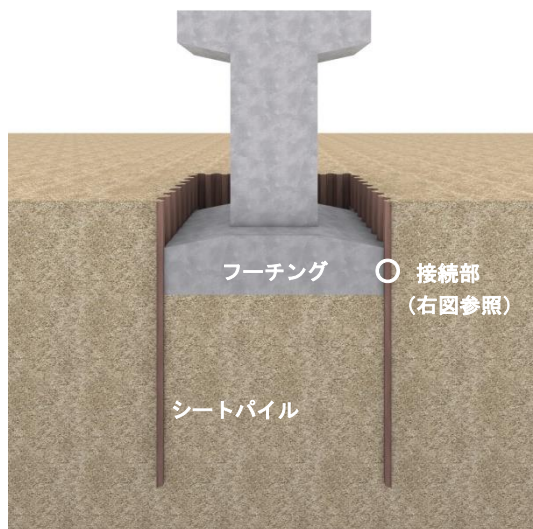
《シートパイル補強工法》

【(株)大林組】

■技術の概要

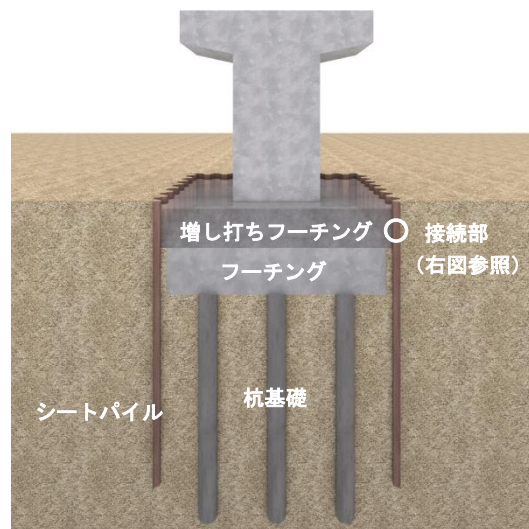
本工法は、フーチング構築時に使用する鋼矢板を本設利用する新しい基礎形式（シートパイル基礎）を耐震補強に応用したものである。

直接基礎（新設）への適用



シートパイル基礎

杭基礎（既設）への適用

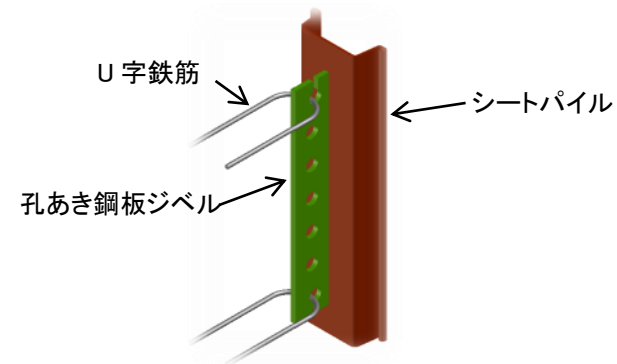


シートパイル補強工法

補強に活用



シートパイルとフーチングの簡易な接合構造



せん断力を負担する孔あき鋼板ジベルと、曲げによる引張力を負担するU字鉄筋を組み合わせた、施工が容易な接合構造。

既設基礎を補強する場合は増し打ちフーチング部での接合となる。既設フーチングと増し打ちフーチングはアンカー筋により一体化を図る。

■適用箇所

- 既設基礎（直接基礎・杭基礎）の耐震補強

■特徴及び優位性

- **優れた耐震性能**：シートパイルが水平抵抗、せん断抵抗を負担することで高い耐震性能が得られる。杭基礎の場合、杭頭部の水平変位を抑制し、杭体に発生する断面力を低減できる。
- **狭隘箇所での施工が可能**：フーチングの拡幅が小さいため、都市部をはじめ狭隘な敷地条件での補強に適している。

③ 補 修・補 強

シートパイル補強工法

橋脚の耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
基礎・橋台の補強	シートパイル基礎 ・フーチング構築時に使用する鋼矢板（シートパイル）を本設利用した新しい基礎形式として開発された工法 シートパイル補強工法 ・シートパイル基礎を既設基礎の耐震補強に応用した工法。 ・シートパイルの水平抵抗、せん断抵抗により、耐震性を大きく改善でき、狭隘な敷地条件において構造物基礎の補強を行うことができる。	■特 徴 ・シートパイル補強工法は、直接基礎が成立しない地盤条件において、杭基礎を回避したコンパクトな基礎工法として開発されたシートパイル基礎を、既設基礎の耐震補強工法としても活用したものである。 ・既設基礎補強では、既設フーチングに近接して鋼矢板を打設し、既設フーチングの上面で増し打ち・接合することで、狭隘かつ空頭制限のある条件において優位性を発揮できる。 ・新設基礎として、2012年に改訂された鉄道構造物設計標準において基礎形式のひとつとして基準化され、設計施工マニュアルも整備されているが、既設基礎補強についても液状化地盤への適用拡大を図った設計施工マニュアルが整備されている。 「鋼矢板を用いた既設鉄道構造物基礎の耐震補強工法（シートパイル補強工法）設計・施工マニュアル（案）」（第3版）平成28年11月，（鉄道総研，大林組，新日鐵住金） ■課 題 ・なし	・鉄道総合技術研究所，新日鐵住金との共同開発 ・特許：第4868589号他 ・実績：鉄道構造物への適用が多いが、道路の橋梁基礎にも適用されている。①近畿日本鉄道、②東武鉄道、③京王電鉄、④東急電鉄、⑤JR東日本、⑥JR北海道、⑦JR四国、⑧北海道開発局

③ 補 修・補 強

水中橋脚の補修・補強工事施工時の仮設工法

《鋼製パネル仮締切工法》

【(株)大林組】

■技術の概要

本工法は、水中構造物（橋脚等）の補修・補強工事において、構造物の外周に締切体となる複数の鋼製パネルを組合せ、閉合後、内部を排水し、ドライな作業空間を確保する仮締切工法である。従来工法（二重式仮締切工法など）では対応できない、桁下空間が狭く（1.5m程度）、河床面が硬質地盤であるような施工環境下においても安全かつ確実な施工を実現し、更に工期短縮、コスト縮減を可能にする技術である。



施工状況写真(施工手順)



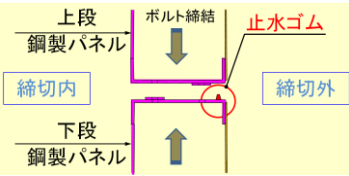
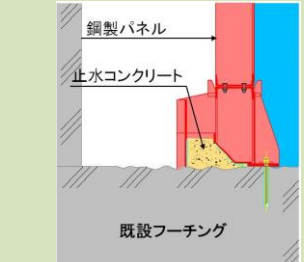
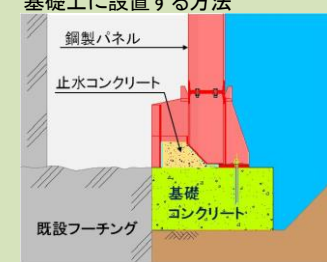
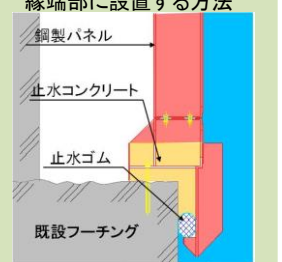
本工法による橋脚耐震補強工事での実績

- ・大林組施工によるもの：小見川大橋（千葉県）、尾竹橋、汐枝橋（東京都）、荒川中川橋梁（JR 東日本）、六郷川橋梁（京浜急行電鉄）ほか
- ・技術供与によるもの：七枝橋、日の出橋、吾妻橋（東京都）ほか

③ 補 修・補 強

鋼製パネル仮締切工法

橋脚補修補強時の仮締切り

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
仮締切工	仮締切構造 ①鋼製パネル材 鋼製パネルは、外側からスキムプレート、補強リブ、横梁、縦梁で構成され、パネル間はメタルタッチとし、ボルトにて接合する。また、パネル組立て後には、上段パネルと下段パネルとを縦締めし、締切全体の安定性と止水性を確保する。 ②支保工 仮締切に作用する偏圧（流水圧、航走波）に対する安定性、およびパネルの剛性を確保するために支保工を設置する。	■特 徴 鋼製パネル 1 ピースの形状は 3.0m×3.0m 程度、また作用外力に応じた設計による部材仕様とすることで、鋼材重量の低減化を図っている。これにより、設置・撤去時の仮設備や使用重機類を縮小化し、コスト削減を実現している。  ■課 題 仮締切内の切梁支保工の設置レベルを調整し、作業床（足場工）と支保工を一体化することにより、仮締切全体の剛性を高め、かつドライアップ後の足場工を削減することで施工の合理化を図ることができる。	NETIS:KT-030014-V 特許:3379391, 392822 ほか
	止水方法 ①パネル間の止水 パネルとパネルの間には、止水ゴムを設置し、パネル接合時にボルトの締結圧によりゴムの圧縮し、所要の止水性を確保する。 ②底部の止水方法 底部の止水方法は、既設フーチングの形状や大きさにより概ね 3 タイプから選定する。	止水ゴム取付図  ■課 題 既設フーチング上に仮締切体を固定するので、フーチング天端面を露出する必要がある。このため、土被りが大きく、特に表層部が泥土やヘドロ等の軟弱層である場合には、別途、簡易土留め対策が必要となるなど、コストが増大する課題がある。 タイプ A: 既設フーチング上に設置する方法  タイプ B: 既設フーチング周囲に構築した基礎に設置する方法  タイプ C: 既設フーチング周囲縁端部に設置する方法 	

③ 補 修

端部をアンカー固定しないX型ブレースによる既設高架橋の耐震補強工法

《圧縮型鋼製ダンパーブレース》

【(株)大林組】

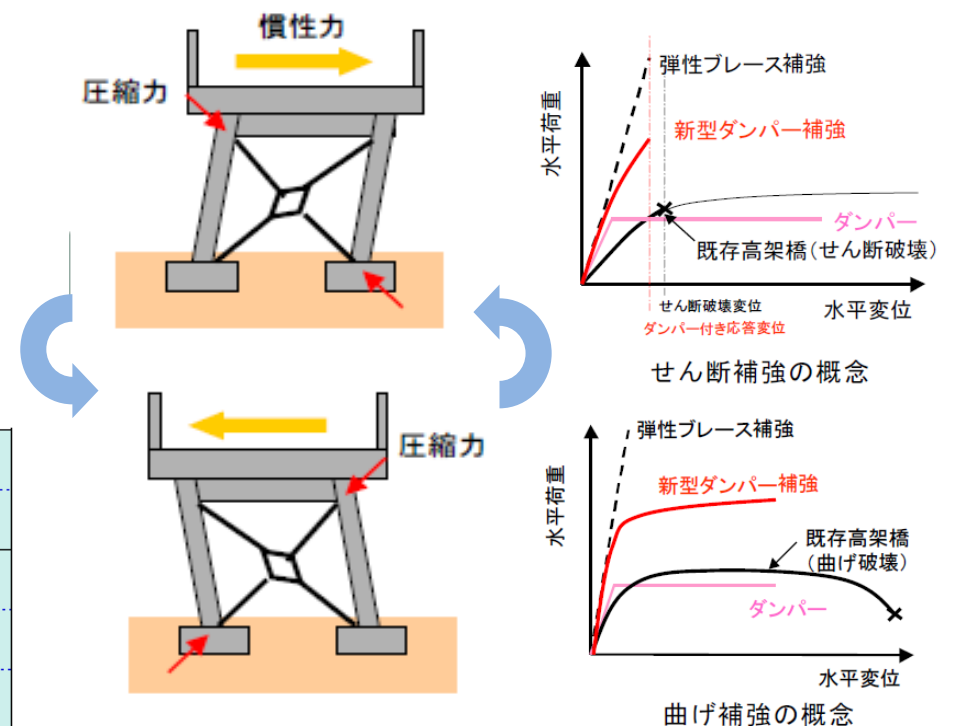
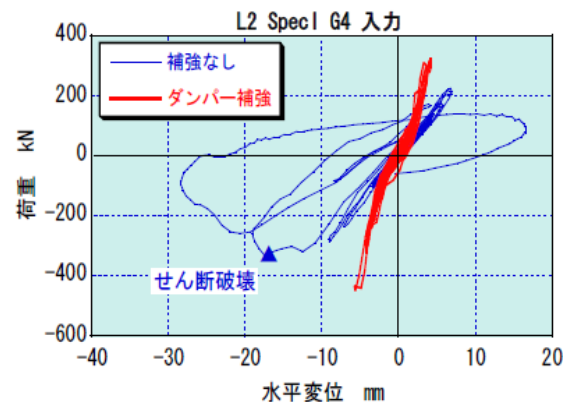
■技術の概要

本工法は、X型の圧縮ブレースにより既設高架橋を耐震補強するものである。



■補強効果

8柱高架橋モデル(せん断破壊先行型)の振動台実験



■特徴

- 圧縮ブレース : ブレースを圧縮材として使用しているため、ブレース端部のアンカー固定が不要であり、既設高架橋の補強に適している。
- せん断パネル型ダンパー : 中央部にダンパーを配置することで、高架橋隅角部へブレースが隙間なく追随するとともに、エネルギー吸収効果が期待できる。
- せん断補強・曲げ補強 : ダンパー諸元の調整により、せん断補強、曲げ補強の何れにも適用できる。
- 巻立て補強が不可能な場合に有効 : 移設不可の機電設備が高架下にある場合など、巻立て補強できない場合に数箇所への設置で高架橋全体を補強できる。

③ 補 修

圧縮型鋼製ダンパーブレース

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
RC ラーメン高架橋の せん断補強、曲げ補強	圧縮型鋼製ダンパーブレース ・本工法は、線路方向、線路直角方向のそれぞれ数箇所に必要なダンパーブレースを設置して、高架橋ブロック全体の耐震性能向上を図るものである。鋼板巻立て工法のようにすべての柱を補強する必要がない。 ・従来のダンパーブレース は、引張材であるブレースの端部を、配筋が密な高架橋隅角部にアンカーで固定する必要があり、既設高架橋補強の適用性に問題があった。本工法は、鋼製のせん断パネルを用いたダンパーをブレースの交差部に配置し、鋼製ブレースを圧縮材として使用する新しいタイプの鋼製ダンパーブレースである。	■特 徴 ＜メカニズム＞ ・中央部のダンパーは、上下左右に配置したせん断パネルで構成される。地震による水平力を受けると、各々のせん断パネルがせん断変形するとともに、ダンパー全体が平行四辺形に変形する。 ・このダンパーの効果により、圧縮力を負担する側の対角は縮み、他方のブレースを押し出して既設高架橋との間に隙間を生じず、交番荷重に対して効果的に高架橋の変形を抑制する。 ・また、せん断パネルが降伏することにより、①エネルギー吸収効果が期待できる、②ブレース軸力が過度に大きくなることを防止して既設高架橋の損傷を防ぐ効果がある。 ＜適用性＞ ・本工法は、既設の鉄道 RC ラーメン高架橋を対象とする。 ・移設が困難、あるいは移設に多大な費用を要する機械・電気設備が高架下に存在する場合など、高架橋のすべての柱を巻立て補強することができない場合に有効である。 ・これ以外にも、既設高架橋の必要補強方向が限定されている場合や、地盤面が傾斜して片側の土被りが大きい場合などにおいても本工法の特性を活用した合理的な補強が可能である。 ・せん断パネルの設計を若干変更するだけで、高架橋柱の曲げ補強への適用も可能である。曲げ補強としての適用は、従来補強工法において柱に付加する主筋の上下端をアンカー固定することを回避できる点が大きなメリットとなる。 ・高架橋柱の巻立て工法の代替工法としての適用（せん断補強）が多いが、曲げ補強の事例もある。 ・設計・施工指針 「既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 圧縮型鋼製ダンパー・ブレース補強編」平成 17 年 3 月（東海旅客鉄道） ■課 題 ・なし	・ JR 東海との共同開発 ・ 特許：第 4242673 号、第 4282003 号 ・ 適用実績 ＜せん断補強＞ ①JR 東海、②阪神電鉄、他 2 件、＜曲げ補強＞ ①西武鉄道

③ 補 修 ・ 補 強

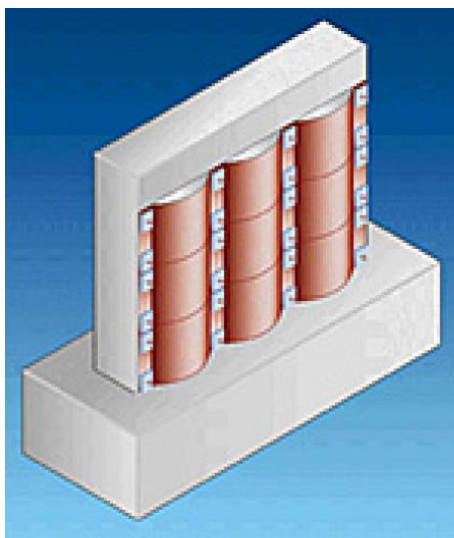
曲面状分割鋼板による壁式橋脚の耐震補強工法

《フープパネル工法》

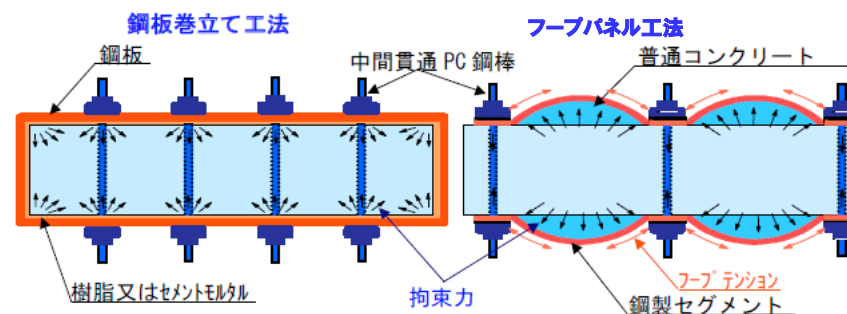
【(株)大林組】

■技術の概要

本工法は、曲面状の分割鋼板と充填コンクリート・貫通補強筋により壁式橋脚の耐震補強を行うものである。



補強メカニズムおよび既往工法との比較



曲面状分割鋼板のフープテンション効果により、効率的に既設壁を拘束する。その結果、中間貫通筋が減って施工性が改善され、工期短縮・工費削減につながる。

■適用可能な補強方法

○じん性補強

橋脚下端部の補強により、変形性能を高める。

○せん断補強

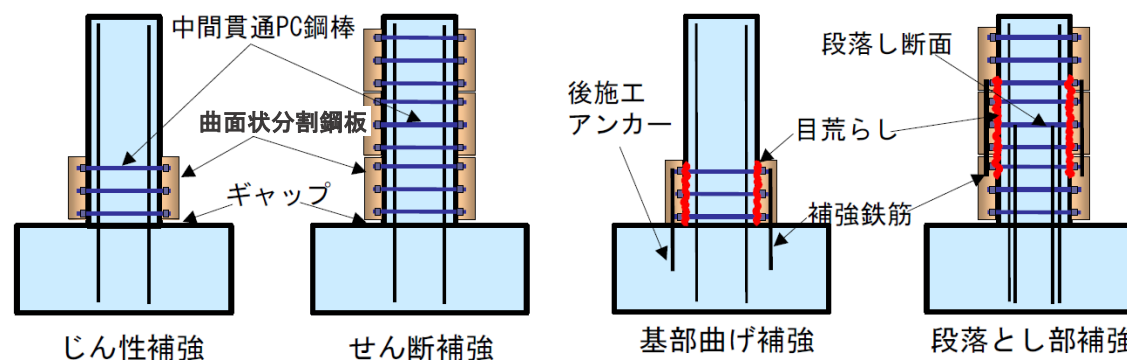
橋脚全体に配置した貫通鋼材がせん断補強筋として機能。

○基部曲げ補強

下端をアンカー固定した主鉄筋で、基部の曲げ耐力を改善。

○段落とし部補強

段落とし部を中心に主筋を付加して曲げ耐力を改善。



③ 補 修・補 強

フープパネル工法

壁式橋脚の耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
壁式橋脚の補強	フープパネル工法 - 壁式橋脚側面に曲面状の分割鋼板を設置し、円弧基部に貫通補強鋼材を施工してセグメント内部をコンクリートで充填する壁式橋脚の耐震補強工法。 - 円弧のフープテンション効果により貫通補強鋼材を削減し、コストダウンを実現。じん性、せん断、曲げ、段落とりの各補強に対応できる。	■特 徴 - 曲面状分割鋼板のフープテンション効果により、効率的に既設壁式橋脚躯体を拘束することができる。また、貫通補強鋼材を削減することで、既設鉄筋への支障や損傷のリスクを低減するとともに、コストダウンを図ることができる。 - 鉄道構造物を対象とした設計・施工指針が整備されている。 「曲面状分割鋼板を用いた既存鉄道コンクリート壁式橋脚の耐震補強設計・施工指針」 平成 27 年 12 月，（鉄道総研，大林組） ■課 題 - なし	特許：第 3601970 号

③ 補 修・補 強

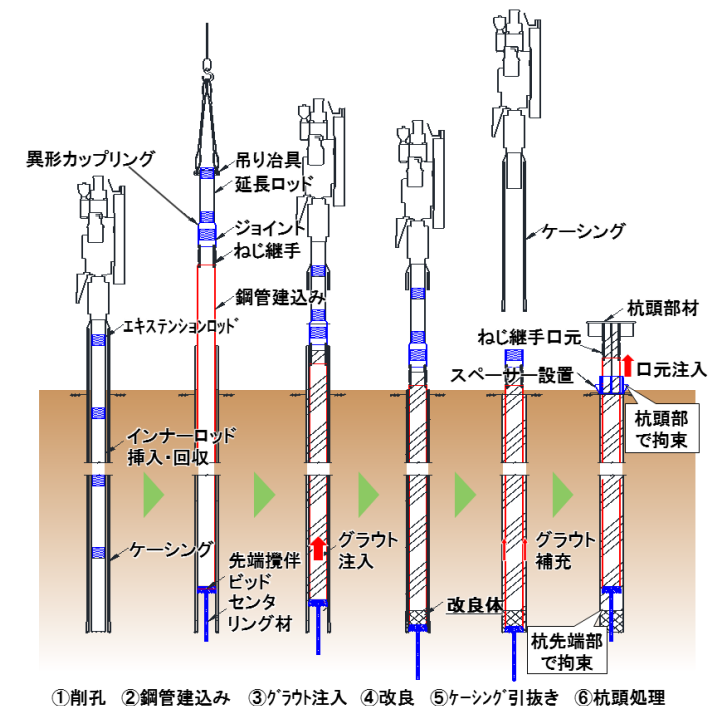
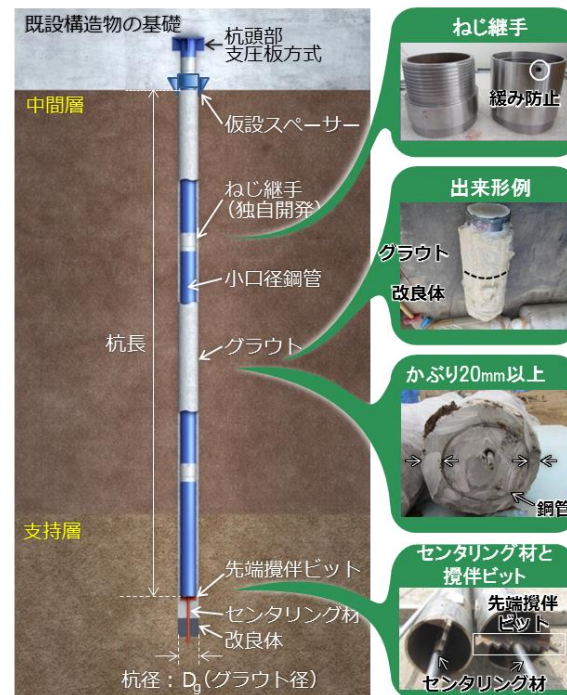
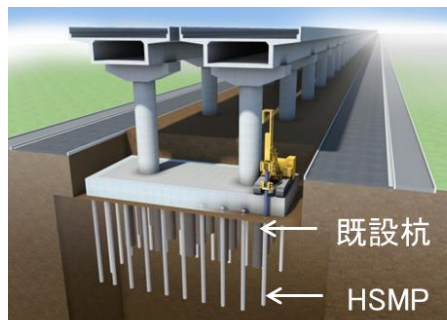
狭隘地や空頭制限下でも施工可能な小口径合成鋼管杭工法

《ハイスパックマイクロパイル工法》

【株大林組】

■技術の概要

本工法は、狭隘地や空頭制限下でも施工可能な小口径合成鋼管杭により基礎を耐震補強するものである。



■特徴および優位性

- 幅広い施工性：手配が容易な小型機械を使用するため、3.5m程度の低空頭や足場上で施工可能。
- 優れた経済性：従来工法より増しフーチングを小さくできるので、掘削・運搬費およびフーチングコンクリート費用の削減が可能。
- 幅広い地質に対応：砂礫、軟岩等の地盤条件でも施工可能。

■技術の適用範囲

鋼 管	鋼種	一般構造物用炭素鋼鋼管 高張力鋼管		削孔方法		二重管削孔		地盤 条件	粘性土・ 砂質土	施工可
	径 (mm)	φ 165.2	φ 190.7	支持層の 定義	砂質土・砂礫であり、 <u>N値30以上</u> 粘性土・風化岩・軟岩であり、 <u>N値20以上</u> ※道路橋本体構造以外に適用する場合は、N値15以上		砂礫		礫径40mm以下（ <u>施工実績</u> ）で施工可 40mm以上は要検討	
	肉厚 (mm)	4.5～7.1	5.3～8.2、15							
ねじ継手 （独自）	鋼種	機械構造物用炭素鋼鋼管 継目無機械構造物用鋼管		支持層への 根入れ	0.5m以上		杭長	風化岩・軟 岩・中硬岩	25MN/m ² 以下なら施工可	
	肉厚 (mm)	18～30						湧水量	多くても施工可	
グラウト	径 (mm)	φ 225.0	φ 255.0	施工 条件	作業 空間	狭くても施工機械が小型なので施工可				40m程度 （ <u>施工実績21.3m</u> ）
	強度	30 N/mm ²			空頭 制限	空頭高さ3.5mでも施工可。3.5m以下は要検討				

③ 補 修・補 強

ハイスぺックマイクロパイル

橋脚の耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
基礎・橋台の補強	ハイスぺックマイクロパイル ・本工法は、ボーリングマシンを用いて二重管削孔し、鋼管を建込んだ後にグラウトを充填し、地盤中に鋼管を定着させる小口径合成鋼管杭工法である。 ・狭隘地でも施工でき、経済性にも優れた工法のため、構造物が近接するような厳しい条件下の新設工事にも適用できる。 ・本工法で使用する施工機械は、汎用的なロータリーパーカッションドリルであり、クローラ型やスキッド型等がある。	■特 徴 ・狭隘地、近接施工、上空制限、山岳地（斜面）などの特殊条件下での施工が可能である。また、小型の施工機械を使用できるため、3.5m程度の低空頭箇所や足場上での施工が可能である。 ・鋼管先端の特殊治具により、杭先端部を周辺支持地盤以上の強度に改良することで、支持力を確保できる。 ・杭上下のセンタリング機構により、杭全長でかぶりを20mm以上確保できるので、防食性能が向上する。 ・拡幅基礎を従来よりも小さくできるため、既設構造物の耐震補強などの維持管理・メンテナンス工事に適している。 ・従来工法と比べ、汎用的な鋼管と継手を使用するため、杭部材が安価となりコストを削減できる。 ・汎用的な施工機械、鋼管および継手を使用するため、緊急時や災害発生時にも迅速な対応が可能である。 ■課 題 ・斜杭施工時における鋼管外周のかぶりの精度確保。	・平成27年9月に(一財)先端建設技術センターにて建設技術審査証明を取得（技審証第2702号） ・平成29年7月に東京都新技術登録（登録番号1701003号） ・設計・施工・積算マニュアルあり ・特許：出願済み5件 ・橋脚・橋台基礎の補強実績は無し ・工事用栈橋基礎杭として実績あり（東日本旅客鉄道）

③ 補 修・補 強

高橋脚（ハイピア）における資機材揚重可能な多機能昇降足場 《ワークプラットフォーム》

【(株) 奥村組】

■技術の概要 工事例:永井川橋梁(NEXCO 東日本)

高橋脚補修補強工事において、足場を昇降させ資機材の運搬を可能にした多機能足場。従来の枠組み足場に比べて安全性、作業性が可能となる。

- 高所での足場組立解体作業がなく、**安全性**が向上
- 作業に合わせた任意の高さに移動でき、**作業性**が向上
- 揚重機のためのスペースが不要となり**施工ヤードの縮小**に寄与
- 昇降駆動部への歯車技術の採用による**騒音の低減**
- 揚重機が不要となり**排ガスの低減**が可能
- 高橋脚のほか、高層建築物や煙突等、**幅広い構造物に適用可能**



■安全性

回転式幅木



足場と構造物の間から資機材の落下を防ぐ

昇降時安全ストッパー



足場の手摺や扉が開いていると昇降できない

緊急時手動降下レバー



停電や故障で動作しない場合も地上まで降下できる

■作業性

手動による組立・解体



プラットフォームに資機材を積み人力によるマスト組立てが可能

広い作業床を確保



作業床は幅 1.5m~2.7m に設定でき広いスペースで作業効率が向上

■適用性

独立したプラットフォーム



橋脚 4 面が独立した昇降ができ、作業と資機材揚重が同時に可能

省スペースなベースフレーム



広い場所が不要で、フレームがあらゆる傾斜角度に対応できる

フレキシブル支持アンカー



構造物との距離、傾斜に合わせて自在にマストを固定できる

■環境負荷低減

昇降時の騒音低減



歯車技術により速度や位置の制御精度を向上し、静音効果を実現

周囲養生による飛散防止



作業エリア全体を養生でき、粉塵の飛散や飛来落下を防止できる

③ 補 修・補 強

ワークプラットフォーム

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
RC 巻立て工	多機能式昇降足場工（ワークプラットフォーム【WPH】）の採用 従来の仮設計画（「クレーン」＋「枠組足場」）に対し、両者の機能を兼ね備えた多機能式昇降足場を採用。従来足場に比べ部材が少なく工期短縮が可能。部材はユニット化されていて組合わせの自由度が高く施工対象の形状に応じた作業床（長さ、高さ）を作ることが可能。更に橋脚天端部の揚重設備と併用することで、通常のクレーンでは届かない高所への鉄筋等の長尺物の供給や組立が可能となり、ハイピアでの耐震補強の施工性が向上する。	■特 徴 ・高所での足場組立解体作業がなく、安全性が向上 ・作業に合わせた任意の高さに移動でき、作業性が向上 ・揚重機のためのスペースが不要となり施工ヤードの縮小に寄与 ・昇降駆動部への歯車技術の採用による騒音の低減 ・揚重機が不要となり排ガスの低減が可能 ・高橋脚のほか、高層建築物や煙突等、幅広い構造物に適用可能 ■課 題 ・矩形断面の施工では4辺に独立したワークプラットフォームを設置するが、高さ方向に躯体断面が変化する場合、隣り合う作業床が干渉するため対策が必要となる。作業床の長さを変更する方法や、作業範囲を区分する等の対策がある。後者の場合、接触防止措置として、センサー等の設置等作業環境や施工対象により設備を工夫しなければならない。 ・使い慣れた作業員が少なく、慣れるのに多少の時間がかかる。（機械的なエラーへの対処等） ・枠組足場の場合、メッシュシートを設置するため作業場所では風の影響を受けにくいですが、ワークプラットフォームでは、作業場所で風の影響を受けやすく工種によっては品質確保が困難となる場合がある。対策として帯鉄筋のフレア溶接継手を機械式継手に変更等が挙げられる。 ・土木工事における採用実績が少ない。	

③ 補 修・補 強

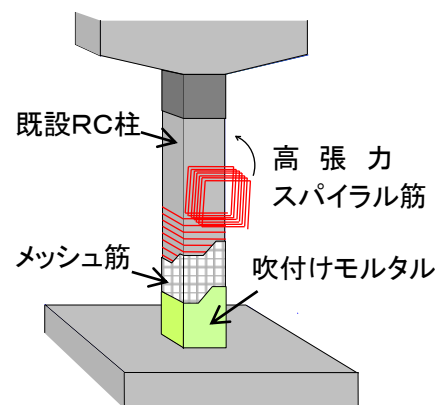
高架橋柱等のせん断耐力の向上を目的とした耐震補強工法 《スパイラル筋巻立工法》

【(株) 奥村組】

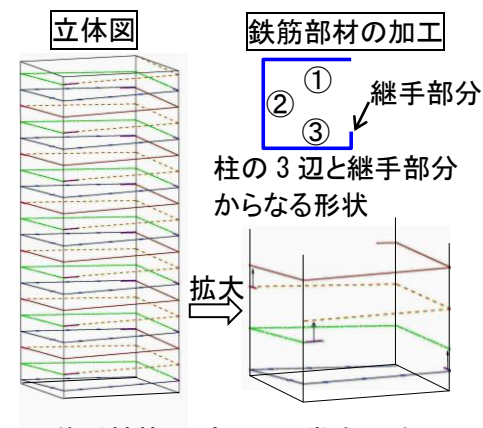
■技術の概要 工事例: 鎌ヶ谷高架橋耐震補強工事(北総鉄道(株))

既設柱のせん断耐力および変形性能の向上を目的として、補強鉄筋をらせん状に人力で巻き立て、吹き付けモルタルで保護する耐震補強工法。補強鉄筋は、火気を使用しない高張力鉄筋と大断面柱に適用できる普通鉄筋から選択できる。

- **人力での施工が可能で狭隘な場所に適用**できる
- 標準的な鋼板巻立て工法に比べ、**安価な施工が可能**
- **鋼板巻立て工法と同等程度**のせん断耐力・変形性能を有する
- 表面がコンクリート構造であり、繊維補強に比べて**耐火性**に優れる
- **火気の使用制限箇所**(駅構内等)などで適用可能(高張力鉄筋)
- **大断面(□1.2m 以上)や鋭角を有する断面**に適用可能(普通鉄筋)



高張力スパイラル筋巻立工法



普通鉄筋スパイラル筋巻立工法

■施工順序

① 表面処理工



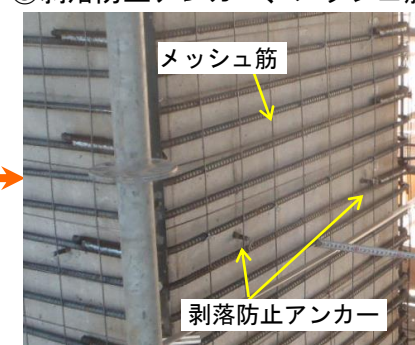
② 鉄筋巻立 (高張力鉄筋)



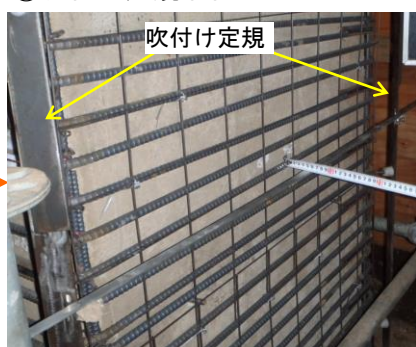
(普通鉄筋)



③ 剥落防止アンカー、メッシュ筋



④ 吹付け定規取付



⑤ 吹付けモルタル製造



⑥ 吹付けモルタル工



⑦ 仕上工 (表面塗装)



③ 補 修 ・ 補 強

スパイラル筋巻立工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
高架橋柱耐震補強	スパイラル筋巻立工法 既設柱のせん断耐力および変形性能の向上を目的として、補強鉄筋をらせん状に人力で巻き立て、吹き付けモルタルで保護する耐震補強工法。補強鉄筋は、火気を使用しない高張力鉄筋と大断面柱に適用できる普通鉄筋から選択できる。	■特 徴 ・人力での施工が可能で狭隘な場所に適用できる ・標準的な鋼板巻立て工法に比べ、安価な施工が可能 ・鋼板巻立て工法と同等程度のせん断耐力・変形性能を有する ・表面がコンクリート構造であり、繊維補強に比べて耐火性に優れる ・火気の使用制限箇所（駅構内等）などで適用可能（高張力鉄筋） ・大断面（□1.2m 以上）や鋭角を有する断面に適用可能（普通鉄筋） ■課 題 ・既設柱の寸法に応じて鉄筋を加工するため、工場加工に時間を要する高張力鉄筋の工程短縮。 ・鉄筋径が太くなると、フレア溶接部分が長くなり、既設柱への巻き付けが困難。 ・現場で練り混ぜる吹付けモルタルの品質管理の簡素化。	・鉄道高架橋をはじめとした既設柱に対して、高張力スパイラル筋巻立工法で 3000 本超、普通鉄筋スパイラル巻立工法で 37 本の実績を有する。 ・特許 3190556 号、3406820 号 特開 2012-067585

③ 補 修・補 強

RC 柱の耐震補強工法

《高張力スパイラル筋巻立工法》

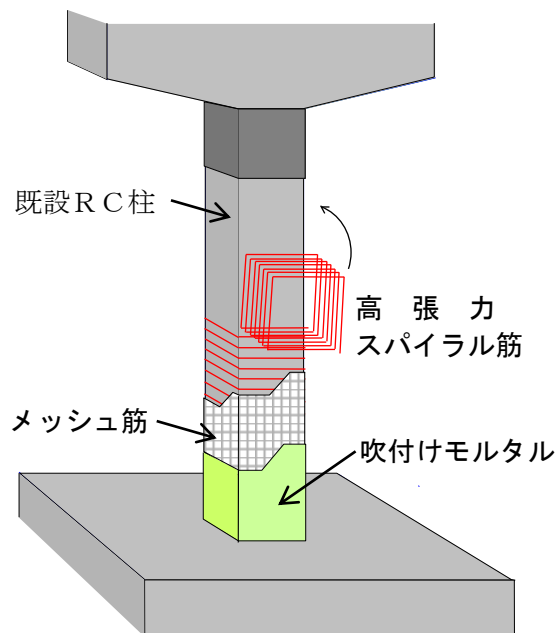
【(株) 奥村組】

■技術の概要

阪神・淡路大震災での構造物の被害を教訓に、既設鉄筋コンクリート柱の耐震補強工事が進められている。代表的な補強工法である鋼板巻立工法と比べて、施工性に優れた安価な補強工法として、高張力スパイラル筋巻立工法を開発した。

本工法は、らせん（スパイラル）状に加工した高張力鉄筋を既設の鉄筋コンクリート柱に装着し、吹付けモルタルで保護するコンクリート巻立工法である。せん断補強鉄筋をスパイラル状に配置することで、せん断耐力と変形性能を大幅に向上させる耐震補強工法である。

【工法概要】



高張力スパイラル筋巻立工法の概要図

設計および施工方法については、(財) 鉄道総合技術研究所により、「設計・施工指針」として編集・発刊されています。



【施工方法】



スパイラル鉄筋の装着



モルタルの吹付け

【実績】（実績は五十音順に記載）

【東日本エリア】

京成電鉄(株)、西武鉄道(株)、東京急行電鉄(株)、東武鉄道(株)、北総鉄道(株)

【西日本エリア】

近畿日本鉄道(株)、京阪電気鉄道(株)、山陽電気鉄道(株)、南海電気鉄道(株)、阪急電鉄(株)、阪神電気鉄道(株) 等における高架橋柱の補強工事

③ 補 修・補 強

RC 柱耐震補強工法 《高張力スパイラル筋巻立工法》

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強	高張力スパイラル筋巻立工法 らせん（スパイラル）状に加工した高張力鉄筋を既設の鉄筋コンクリート柱に装着し、吹付けモルタルで保護するコンクリート巻立工法。せん断補強鉄筋をスパイラル状に配置することで、せん断耐力と変形性能を大幅に向上させる耐震補強工法である。	■特 徴 ・鋼板巻立工法と同等の補強効果が実験で確認されている。 ・鋼板巻立工法と比べて、鋼板接続部の溶接作業が不要となり、品質管理が容易である。 ・せん断補強鉄筋にスパイラル状の高張力鉄筋を用いることで、通常の鉄筋に比べ鉄筋の径が細くでき、補強厚さを小さく（薄く）できる。 ・鋼板巻立工法のように、鋼板の運搬・移動のための重機を必要とせず、狭隘部の施工性に優れている。 ・吹付けコンクリートを使用するため、型枠の組立や解体が不要となり、工期を短縮できる。 ・鋼板巻立工法や炭素繊維巻立工法に比べて約 30%安価に施工できる。 ・耐震補強後は補強前と同じ鉄筋コンクリート構造となるため、耐久性・耐火性に優れ、特別な維持管理を必要としない。 ■課 題 ・普通鉄筋を使用した場合と比べ、材料費が高くなる。 ・高張力筋を使用するため、鋭角な断面の柱や大型の柱などへの適用が難しい。	・せん断補強鉄筋を高張力筋から普通鉄筋に変更することで、適用場所の拡大とコスト縮減を実現した「普通鉄筋スパイラル巻立工法」も実用化している。

③ 補 修・補 強

外部スパイラル鋼線巻立耐震補強工法

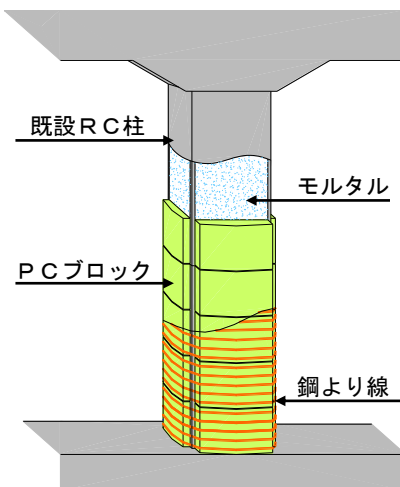
《APAT（エーパット）工法》

【(株) 奥村組】

■技術の概要

APAT工法（Aseismic reinforcements by Precastblocks and Additional Tendons）は、分割したプレキャストコンクリートブロック（PCブロック）と、あらかじめスパイラル状に加工した亜鉛メッキ鋼より線を巻きつけることで、柱の曲げ耐力を増加させることなく、鋼板巻立て補強工法と同等以上に曲げじん性・せん断耐力を向上させるとともに、柱の損傷判定を目視検査で対応できる耐震補強工法である。

【工法概要】



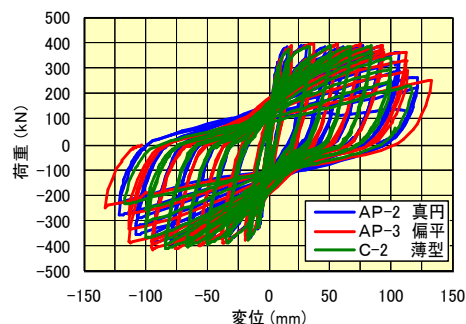
【設置完了状況】



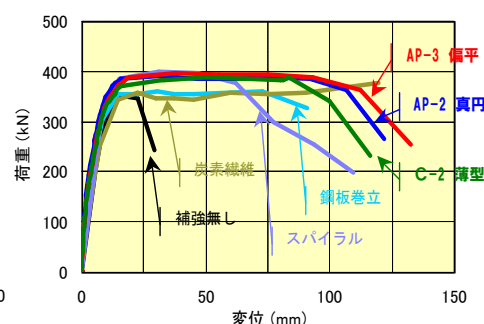
【施工手順】



【実験結果】（従来工法と同等以上の耐震性能を有していることを確認）



水平荷重－水平変位曲線（履歴）



既往試験結果との比較

①コンクリートブロック運搬

②鋼より線巻付け

【実績】

- ・山陽新幹線岡山～博多間高架橋耐震補強（ＪＲ西日本）
- ・山陰本線丹波口・二条間（ＪＲ西日本）
- ・湖西線高架橋耐震補強（ＪＲ西日本）

③ 補 修・補 強

外部スパイラル鋼線巻立耐震補強工法 《APAT 工法》

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強	APAT 工法 分割した（PC ブロックと、あらかじめスパイラル状に加工した亜鉛メッキ鋼より線を巻きつける耐震補強工法。	■特 徴 ・従来工法と同等以上の耐震性能を有している。 ・主要部材に PC ブロック、亜鉛メッキ鋼より線などの既製 2 次製品を使用するため、品質管理が容易で、耐久性に優れている。 ・既設柱の角を直接目視できるため、地震が起こった後の柱の損傷判定が、容易かつ迅速におこなえる。また、維持・管理に必要な経年劣化等の日常点検も可能となる。 ・地震後の補修が必要となった場合、補強部材の撤去、復旧が容易で、鋼より線等の主要部材の再利用が可能であるため、構造物の早期復旧が可能となる。 ・柱と PC ブロック間のモルタルが空気を遮断するため、既設柱の中酸化抑制効果がある。 ・重量物運搬・移動のための重機を必要とせず、人力施工が可能で施工性に優れており、省力化と工期短縮が可能となる。 ・従来工法と比較して費用は安価である。 ■課 題 ・プレキャストブロックを使用するため、適用規模・形状が限定される。	特許 既設柱の補強方法および補強構造 他 3 件

③ 補 修・補 強

鋼板巻立て防食（UUライニング工法）

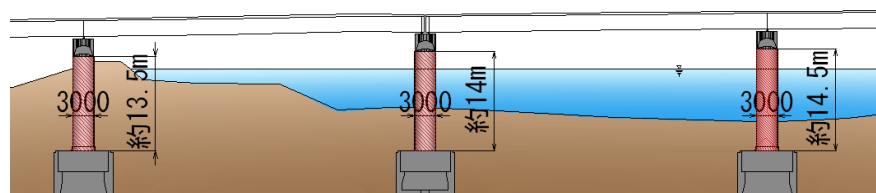
《工事例：御幸大橋耐震補強工事》

【(株) 奥村組】

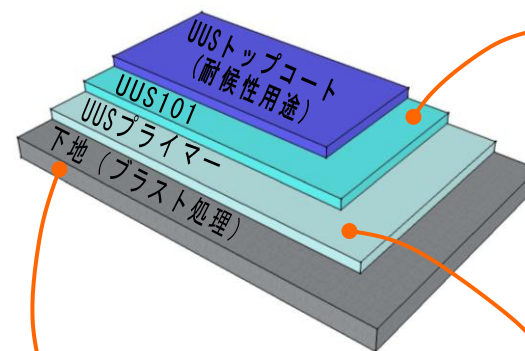
工事例：南大阪管内耐震補強工事（NE XCO西日本）



御幸大橋施工完了写真



御幸大橋断面図



UUライニング積層図

施工ステップ



STEP3 UUライニング吹付け状況



STEP1 下地処理（ブラスト）状況



STEP2 ライマー塗布状況

特殊技術

※UUライニング工法とは

NETIS 登録番号：CB-100034-A)

専用吹付け機を使用し、新設および既設の各種構造物に、ウレア系樹脂を吹き付ける工法である。

コンクリート構造物の磨耗防止、劣化抑制、剥落防止、防水性向上および鋼構造物の防錆など多くのメリットがある。

【基本物性】

項目	材料	ウレアウレタン樹脂
商品名		UUS101
硬化時間		30秒～1分程度
比重		0.98 (JIS K 6911)
主要物性	引張強度 (MPa)	10 (JIS K 6251)
	伸び率 (%)	500 (JIS K 6251)
	硬度 (JIS A)	83 (JIS K 6253)

【特徴】

- ①耐摩耗性に優れる
掃流摩耗試験の結果、コンクリート (36N/mm²) に比べて摩耗量が約 1/10 と優れた耐摩耗性を有する。
- ②高い伸び性能
引張強度 10MPa、伸び率 500%と高い伸び性能を有する。
- ③耐久性・耐薬品性に優れる
耐久性や耐薬品性に優れており、無溶剤・無可塑剤なので、経時的な物性低下もほとんどない。

③ 補 修・補 強

鋼板巻立て防食（UU ライニング工法）

防食工			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
鋼板巻立て工の防食	UU ライニング工法 ウレタン樹脂を用いたライニング工法で、耐摩耗・衝撃緩和性と防食性に優れる	■特 徴 - 道路橋鋼構造の塗装は、ふっ素系の C4、C5 系塗装が多用されるが、河川内橋脚の場合は、直接流水中に曝されることや漂流物の衝突による塗膜はく離の危険性が大きい。 - UU ライニング工法は、鋼板との付着が良く、弾性材料であるため、漂流物による摩耗や衝撃を緩和し、鋼材の防食層として機能する。 ■課 題 - 弾性であるがゆえに、鋼構造の表面に発生する可能性がある疲労き裂の発見ができなくなる。	- 橋脚の適用例は、この 1 例だが、鉄道橋上部工桁への適用例は 11 件ある。 - NETIS 登録技術 (CB-100034-A) - UU ライニング工法に使用するウレタン系樹脂は、硬化反応が非常に早く、数十秒から数分で硬化する。また、経時的な性能低下が少なく優れた耐久性を有するとともに、エポキシ樹脂と同等の耐酸性耐アルカリ性を有している。更に、クラックや下地の変位・変形などに十分に追従できる伸びも有している。

③ 補 修・補 強

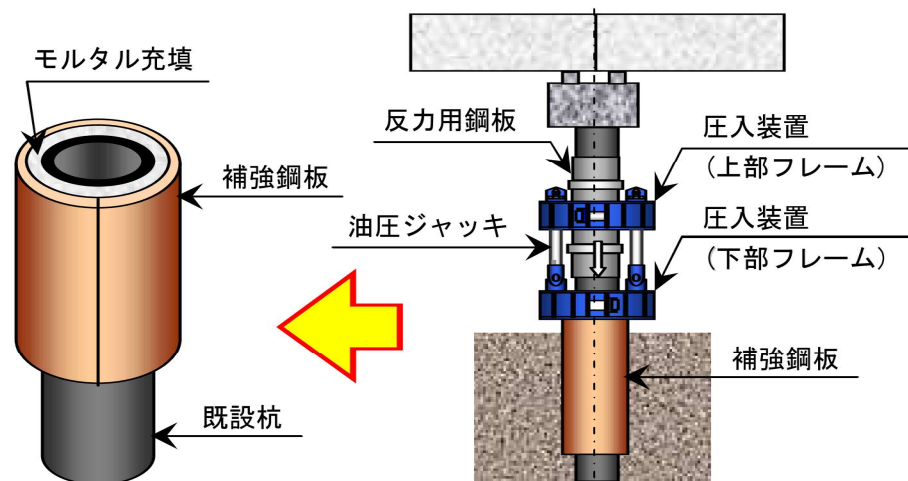
パイルベント橋脚・杭の耐震補強工法

《Kui Taishin-SSP工法》

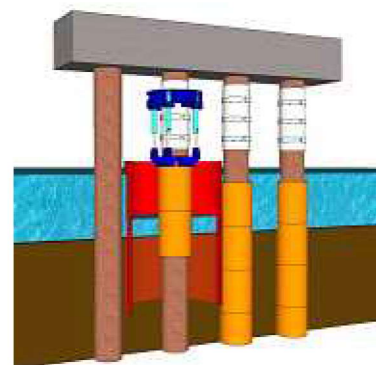
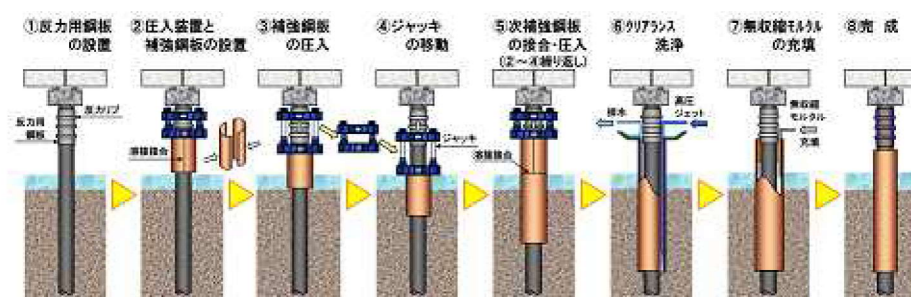
【オリエンタル白石㈱】

■技術の概要

Kui Taishin-SSP 工法とは、補強鋼板を既設杭に巻き立て、専用の圧入装置により圧入し、水中不分離型無収縮モルタルにより既設杭と一体化することによってパイルベント橋脚の耐震性能の向上を図る工法である。



■施工順序



Kui Taishin-SSP 工法 (Super Strengthening Pile Bents Method)

従来の増杭増フーチング工法に比べて、大規模な仮設が不要であり、既設構造物直下の厳しい制約条件下において施工性・経済性に優れる工法である。

特 長

- ①既設橋を供用しながら安全に耐震補強工事を実施することができる。
- ②フーチングおよび大規模な仮締切りが不要で、経済性に優れている。
- ③狭い桁下空間でも施工性に優れている。
- ④施工中・施工後ともに河川阻害率を大きく変えない。
- ⑤補強後の景観を大きく変えない。

■施工事例



【跨道橋の施工例】



【鉄道橋の施工例】



【跨線橋の施工例】



【斜杭の施工例】



【水管橋の施工例】

③ 補 修・補 強

Kui Taishin-SSP 工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強工	Kui Taishin-SSP 工法 補強鋼板を既設杭に巻き立て、専用の圧入装置により圧入し、水中不分離型無収縮モルタルにより既設杭と一体化することによってパイルベント橋脚の耐震性能の向上を図る工法である。	■特 徴 設計面 ・補強開始位置を調節することで、補強開始位置より上方の橋脚部と、それより下方の基礎部を同時に補強することが可能である。 ・塑性ヒンジ位置を地上部に設ける場合は、被災後の調査および補修補強を速やかに行うことが可能である。 ・基礎部の有効径が増すことで、水平地盤抵抗の増加が期待できる。 施工面 ・既設橋を供用しながら安全に耐震補強工事を実施することができる。 ・フーチングおよび大規模な仮締切りが不要で、経済性に優れている。 ・狭い桁下空間でも施工性に優れている。 ・施工中、施工後ともに河川阻害率を大きく変えない。 ・補強後の景観を大きく変えない。 ■課 題 ・補強対象は鋼管杭、RC 杭、PC 杭など既製杭であるが、場所打ち杭の実績もある。場所打ち杭に用いる場合、杭の出来形によっては圧入の弊害となる部分を切削する必要がある。 ・既設パイルベント橋脚と補強鋼板の隙間が 70～150mm 程度であるため、それより大きい礫石などがある場合は適用ができない。	・道路橋、鉄道橋、水管橋などに適用 ・施工実績 82 件（2013. 7. 31 現在） ・特許番号：特許第 3249789 号 特許第 4061359 号 ・NETIS 登録番号：KT-000101-V ・平成 21 年度準推奨技術 ・少実績優良技術

③ 補 修・補 強

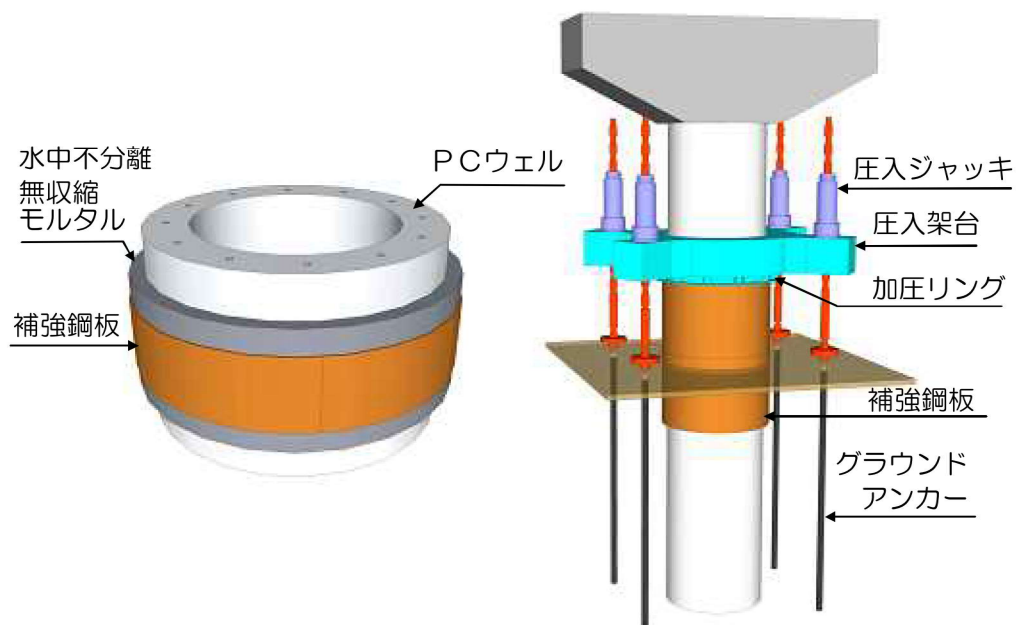
PCウェル基礎の耐震補強工法

《PCウェル・リフレ工法》

【オリエンタル白石㈱】

■技術の概要

PCウェル・リフレ工法とは、補強鋼板を既設PCウェルに巻き立て、圧入し、水中不分離型無収縮モルタルにより既設PCウェルと一体化することによってPCウェル基礎の耐震性能の向上を図る工法である。



PCウェル・リフレ工法 (PC-well - Refresh Method)

これまででは、PCウェル橋脚を耐震補強するにあたり、

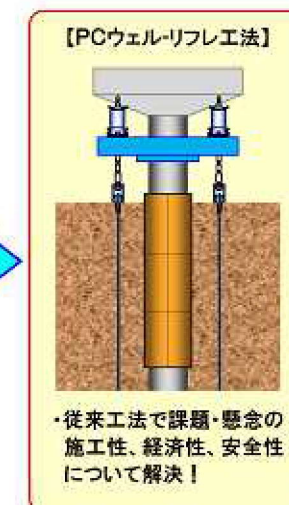
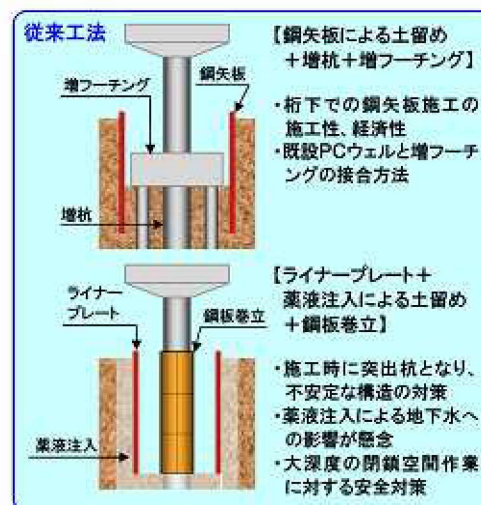
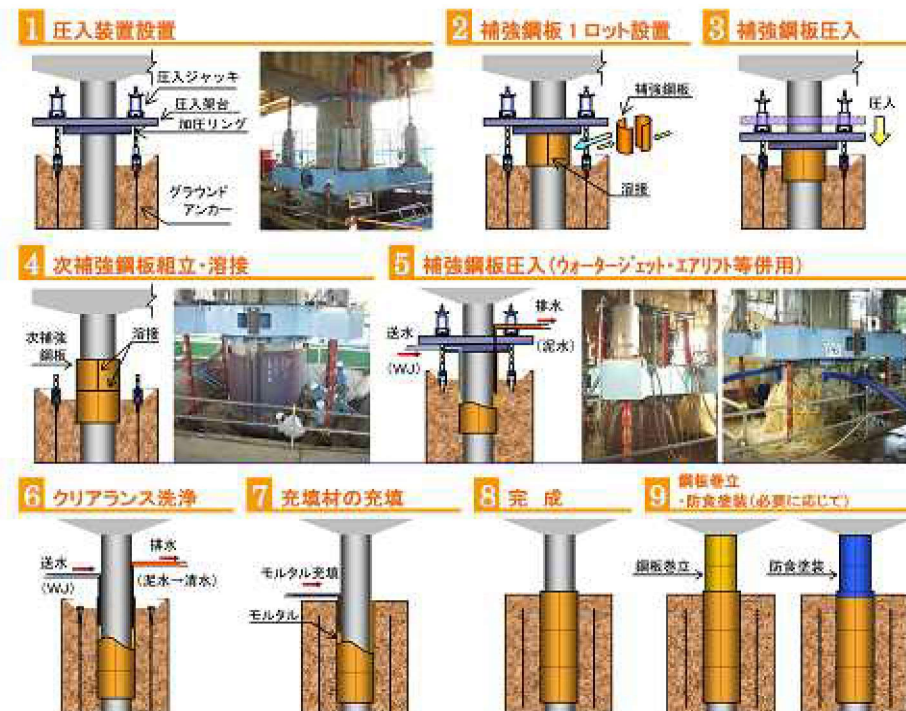
①橋脚と基礎の明確な区分が無い。

②地震時水平力による最大曲げモーメントは地中に生じる。

③断面補強は土中深い部分が対象。

ということから、補強の施工方法、設計方法が確立されていなかった。そこで、これらの問題に対応する本工法が確立された。

■施工順序



③ 補 修・補 強

PC ウェル-リフレ工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強工	PC ウェル-リフレ工法 補強鋼板を既設 PC ウェルに巻き立て、圧入し、水中不分離型無収縮モルタルにより既設 PC ウェルと一体化することによって PC ウェル基礎の耐震性能の向上を図る工法である。	■特 徴 設計面 ・補強開始位置を調節することで、補強開始位置より上方の橋脚部と、それより下方の基礎部を同時に補強することが可能である。 ・塑性ヒンジ位置を地上部に設ける場合は、被災後の調査および補修補強を速やかに行うことが可能である。 ・基礎部の有効径が増すことで、水平地盤抵抗の増加が期待できる。 施工面 ・既設橋を供用しながら安全に耐震補強工事を実施することができる。 ・大規模な掘削・土留め工が不要で、経済性に優れている。 ・狭い桁下空間でも施工性に優れている。 ・低騒音・低振動で環境に優しく、補強後の景観を大きく変えない。 ■課 題 ・既設 PC ウェル基礎と補強鋼板の隙間が 100～150mm 程度であるため、それより大きいな礫石などがある場合は適用ができない。	・道路橋、水管橋などに適用 ・施工実績 14 件（2013. 7. 31 現在） ・特許番号：特許第 3425762 号 ・NETIS 登録番号：KT-000063-V

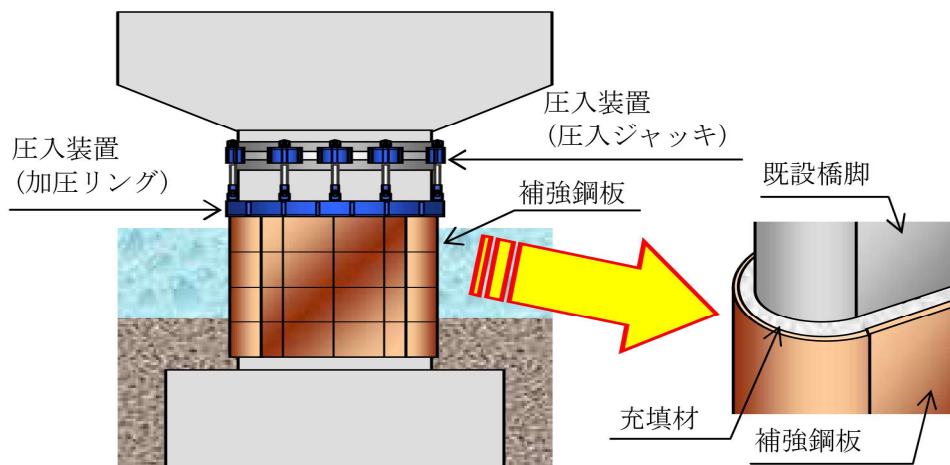
③ 補 修・補 強

鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強工法 《ピア-リフレ工法・ピア-リフレ工法（曲げ補強仕様）》 【オリエンタル白石㈱】

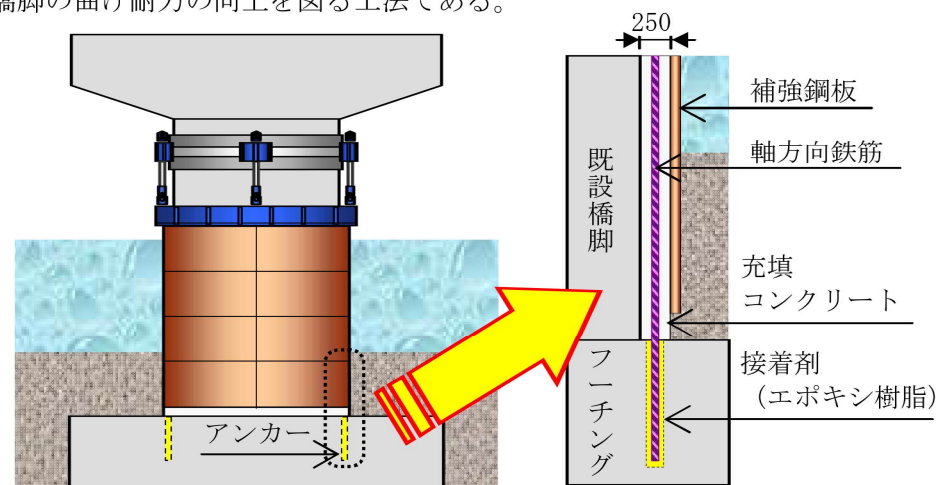
■技術の概要

ピア-リフレ工法とは、補強鋼板を既設橋脚に巻き立て、専用の圧入装置により圧入し、水中不分離型無収縮モルタルにより既設橋脚と一体化することによって橋脚のせん断耐力の向上を図る工法である。

ピア-リフレ工法（曲げ補強仕様）とは、ピア-リフレ工法と同様に補強鋼板を既設橋脚に巻き立て、圧入し、補強鋼板と既設橋脚の隙間でフーチングを削孔し、軸方向鉄筋をアンカー定着した後、コンクリートを充填することによって橋脚の曲げ耐力の向上を図る工法である。



ピア-リフレ工法 概要



ピア-リフレ工法（曲げ補強仕様）概要

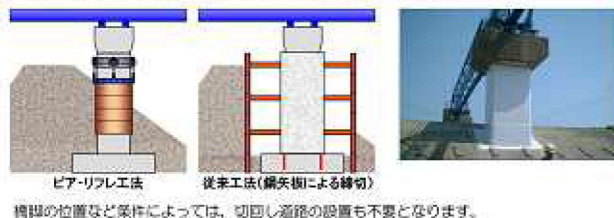
ピア-リフレ工法（**Pier-Refresh Method**）、ピア-リフレ工法（曲げ補強仕様）（**Pier-Refresh Method type Flexural Reinforcement**）

従来の既設橋脚の耐震補強工法は、RC 巻立て工法や鋼板巻立て工法などがあるが、これらの工法は、鋼矢板などの土留め・仮締切を設置し、締切内掘削、排水を行って作業空間を確保する必要があり、既設構造物直下の厳しい制約条件下では、鋼矢板が短尺で多くの継施工が必要となることから、施工が困難で、工期が長く、工費も高額となるなどの課題がある。本工法は、これらの問題に対応する土留め・仮締切を必要としない橋脚の耐震補強工法である。

- 大規模な仮設（仮締切、仮桟橋）が不要なため経済性に優れます。
- 河床阻害率が小さく、航路や河床への影響を最小限にできます。
- 掘削および残土処理が極めて少なく環境にやさしい。



- 圧入工法であるため、開削ができなくても施工できます。



- 桁下空間や作業機械等の制約条件が少ない。



分割・小型化された専用の圧入装置、WJ剛孔装置

③ 補 修・補 強

ピア-リフレ工法、ピア-リフレ工法（曲げ補強仕様）

補修・補強			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強工	ピア-リフレ工法 補強鋼板を既設橋脚に巻き立て、専用の圧入装置により圧入し、水中不分離型無収縮モルタルにより既設橋脚と一体化することによって橋脚のせん断耐力の向上を図る工法である。	■特 徴 ・既設橋を供用しながら安全に耐震補強工事を実施することができる。 ・大規模な仮設（仮締切、仮栈橋）が不要で、経済性に優れている。 ・河積阻害率が小さく、航路や河川への影響を最小限にできる。 ・掘削および残土処理が極めて少なく、環境に優しい。 ・圧入工法であるため、堤体など開削ができない条件でも施工ができる。 ・桁下空間や作業機械等の制約条件が少ない。 ■課 題 ・既設橋脚と補強鋼板の隙間が 100～150mm 程度であるため、それより大きいな礫石などがある場合は適用ができない。	・道路橋、水管橋などに適用 ・施工実績 19 件（2013.7.31 現在） ・特許番号：特許第 4945689 号 ・NETIS 登録番号：KT-060074-V
	ピア-リフレ工法（曲げ補強仕様） 補強鋼板を既設橋脚に巻き立て、圧入し、補強鋼板と既設橋脚の隙間でフォーミングを削孔し、軸方向鉄筋をアンカー定着した後、コンクリートを充填することによって橋脚の曲げ耐力の向上を図る工法である。	■特 徴 設計面 ・補強鋼板を帯鉄筋に換算し、RC 巻立て工法と同様に設計を行うことができる。 施工面 ・既設橋を供用しながら安全に耐震補強工事を実施することができる。 ・大規模な仮設（仮締切、仮栈橋）が不要で、経済性に優れている。 ・河積阻害率が小さく、航路や河川への影響を最小限にできる。 ・掘削および残土処理が極めて少なく、環境に優しい。 ・圧入工法であるため、堤体など開削ができない条件でも施工ができる。 ・桁下空間や作業機械等の制約条件が少ない。 ■課 題 ・既設橋脚と補強鋼板の隙間が 250mm 程度であるため、それより大きいな礫石などがある場合は適用ができない。 ・削孔距離は 7m 程度まで可能であり、それ以上の場合は、仮締切の併用や削孔装置の改良が必要となる。	・道路橋、水管橋などに適用 ・特許番号：特許第 4945689 号 ・NETIS 登録番号：KT-120096-A

③ 補修・補強

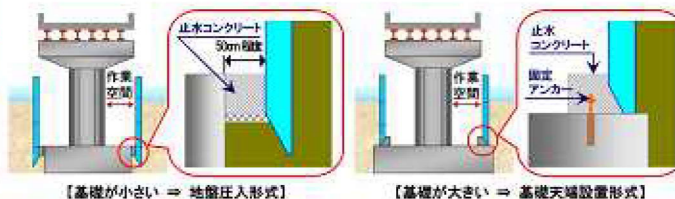
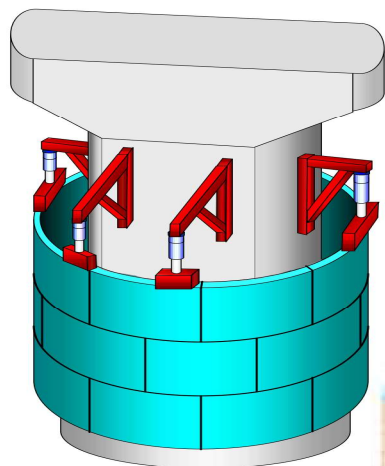
水中既設構造物の仮締切工法

《STEP工法》

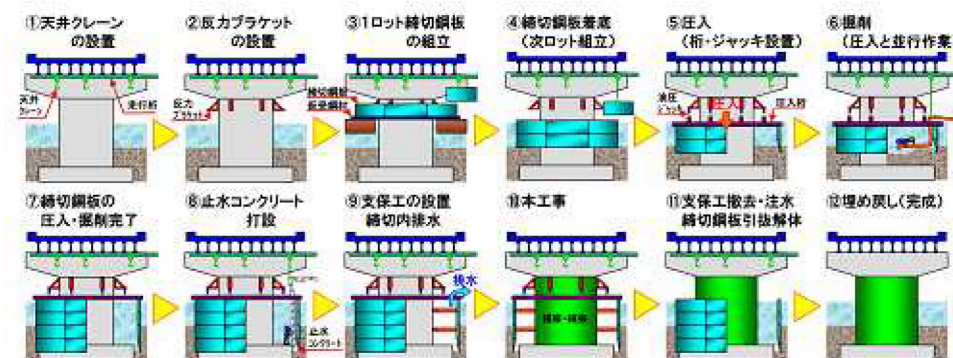
【オリエンタル白石㈱】

■技術の概要

STEP 工法とは、分割された締切鋼板（鋼製パネル）を調査、補修・補強対象の構造物の周りに組み立て、河床に沈設し、圧入ジャッキにより必要な深度まで圧入する。圧入と併用して締切鋼板内の土砂を掘削し、止水処理・支保工を設置後、締切鋼板内を排水してドライな作業空間を確保する工法である。



■施工順序



■施工事例



【円形】



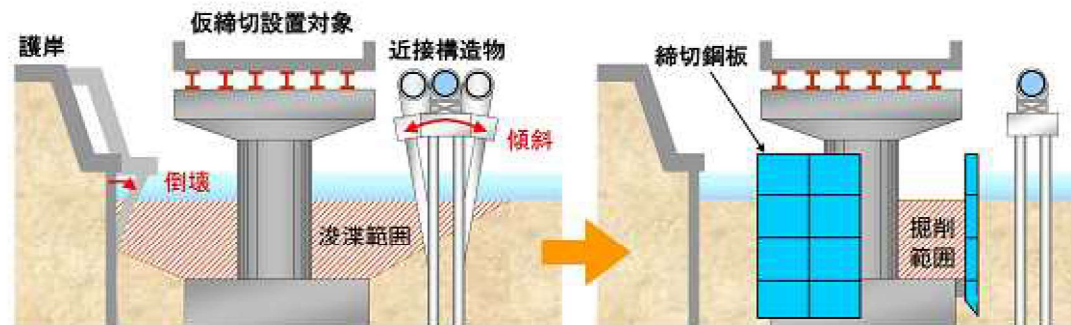
【矩形】



【小判形】

STEP 工法 (Steelpanel Temporary Enclose by Press-in style)

従来の鋼矢板締切は空頭制限が厳しい環境では、施工性、経済性に問題がある。また、最近施工されている他の工法では事前に基礎天端まで浚渫する必要があり、基礎天端までの土被りが深い場合には、大量の浚渫を伴い、近接構造物等への影響や河川の汚濁および浚渫土処理等の経済性、環境面などが懸念される。このような状況を解決すべく開発された工法が STEP 工法である。



③ 補修・補強

STEP 工法

仮締切工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
仮締切工	STEP 工法 分割された締切鋼板（鋼製パネル）を調査、補修・補強対象の構造物の周りに組み立て、河床に沈設し、圧入ジャッキにより必要な深度まで圧入する。圧入と併用して締切鋼板内の土砂を掘削し、止水処理・支保工を設置後、締切鋼板内を排水してドライな作業空間を確保する工法である。	■特 徴 ・大規模な浚渫および処理が必要なく環境にやさしい。 ・分割して運搬、据付が可能のため、桁下空間や作業機械等の制約条件が少ない。 ・基礎天端に設置することで、締切形状を小さくでき、河川への影響が小さい。 ・様々な構造形式と形状に対応できる。 ・類似形状構造物へ転用することで、経済性に優れる。 また、以下の条件のとき、従来・類似の仮締切工法に比べ、より有効な工法となる。 ◎ 桁下空間が狭い。 （鋼矢板の継箇所数が多くなる。鋼矢板がスクラップ扱いになる。鋼矢板の施工に特殊な機械が必要となる。）設計面 ◎ 近接構造物や護岸への影響が懸念される。（浚渫に伴い、傾斜や倒壊のおそれ） ◎ 河床からフーチングまでが深い。（大規模な浚渫範囲による施工性・河川環境が課題） ◎ 施工時の河積阻害や航路確保が懸念される。 ◎ 締切設置地盤が軟弱である。（鋼矢板の根入れ長が長くなる。） ■課 題 ・圧入工法であるため、障害物など圧入に対する支障物がある場合は撤去が必要である。	・施工実績 18 件（2013.7.31 現在） ・特許番号：特許第 4381855 号 ・NETIS 登録番号：KT-070065-V ・少実績優良技術

③ 補 修・補 強

橋台・橋脚の拡幅工法

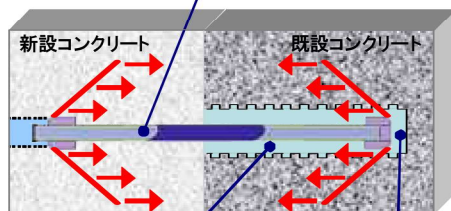
《NAPP アンカー工法》

【オリエンタル白石㈱】

■技術の概要

NAPP アンカー工法とは、既設橋台・橋脚（既設コンクリート）を削孔し、専用機械による内面処理を行い、これに NAPP ユニートを配置して、モルタルを充填、拡幅部（新設コンクリート）の施工、モルタルおよびコンクリートの硬化後、NAPP ユニートの解放を行うことで、既設橋台・橋脚と拡幅部およびこれらの接合部にプレストレスを導入して拡幅を行う工法である。

NAPPユニット（予め緊張された状態の中空PC鋼棒）



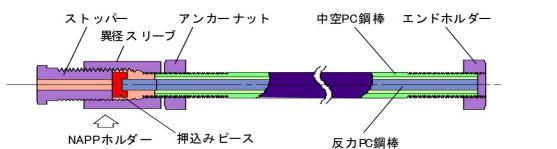
無収縮モルタル



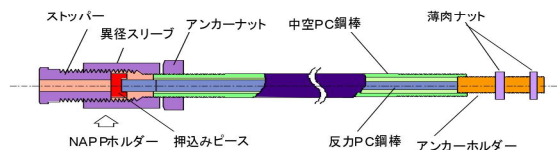
削孔・内面処理

【NAPP ユニット】

標準タイプ



細径タイプ



タイプ	呼び名	標準張力 kN	中空PC鋼棒		径の呼び名 mm	反力PC鋼棒		単位質量 kg/m	削孔径 mm
			形状(外径×長さ) mm	公称断面積 mm ²		圧縮軸力 kN/mm ²	公称断面積 mm ²		
標準	20T	220	29×3.6	287.3	20	930	314.2	4.73	77
	30T	320	32×5.0	424.1	20	1275	314.2	5.8	77
	40T	420	40×5.0	549.8	28	930	615.8	9.15	90
細径	20A	220	32×5.0	424.1	20	930	314.2	5.8	53
	40A	400	40×5.7	614.2	27	930	572.6	9.31	53

■施工順序



【削孔】



【拡幅部（プレキャストブロック）設置】



【プレストレス導入】



【完成】

■施工事例



【縁端拡幅】



【耐震壁の設置】

③ 補 修・補 強

NAPP アンカー工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
拡幅工	NAPP アンカー工法 既設橋台・橋脚の拡幅に用いるコンクリートブロックなどを、NAPP ユニットを介して設置し、拡幅を行う工法である。既設橋台・橋脚側は削孔により NAPP ユニットを配置する穴を設ける。また、削孔内は専用機械により所定の内面処理（目荒し）を行う。	■特 徴 ・プレストレスを導入することにより、既設・新設コンクリートが一体化され、接合部の開きもなく、耐久性に優れる。 ・専門の工場で緊張されたNAPP ユニットを用いることにより、現場で確実なプレストレスを導入できる。 ・現場でのプレストレス導入はNAPP ユニットの解放作業だけでよいため、緊張作業が省力化できる。また、条件に応じて新設部をプレキャスト化することも可能であり、より省力化が可能となる。 ・鉄筋を用いた拡幅にと比べて削孔数を少なくすることが可能である。 ・橋台、橋脚の拡幅（縁端拡幅など）のみならず、既設コンクリート構造物への部材の増設に利用することができる。 ■課 題 ・既設コンクリート構造物のコンクリート強度が 18N/mm^2 未満の場合は適用できない。適用する場合は、試験などにより別途、安全性の確認が必要である。 ・削孔長が 2m 以上の場合は適用できない（2m 以上は内面処理が対応できない）。	・道路橋、建築構造物などに適用 ・施工実績 10 件（2013.7.31 現在） ・特許番号：特許第 3989474 号 ・NETIS 登録番号：KK-060039-A

③ 補 修・補 強

コンクリート構造物の表面被覆工法

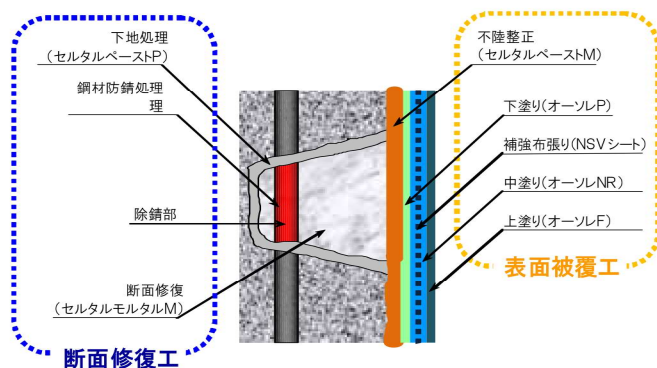
《ONR 工法》

【オリエンタル白石㈱】

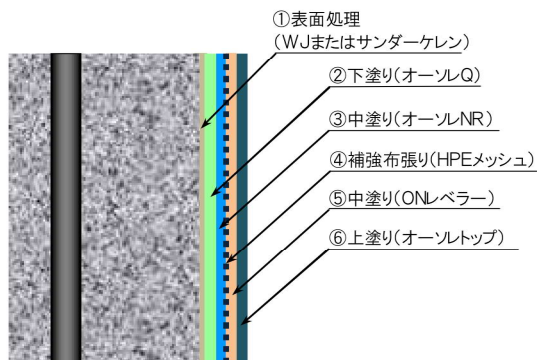
■技術の概要

橋台・橋脚などに塗装することで、劣化因子（飛来塩分や凍結防止剤などからの塩分、水など）を遮断し、塩害劣化の防止する、アルカリ骨材反応を制御する、コンクリート片のはく落防止する表面被覆工法である。ONR 工法の塗膜の主材料は、クロロプレンゴム系であり、遮塩性、防水性、ひび割れ追従性、耐候性および耐アルカリ性に優れている。ONR 工法の仕様は、①塩害劣化防止仕様、②アルカリ骨材反応制御仕様、③はく落防止仕様、④桁端防水仕様、⑤新設仕様の 5 種類である。

【ONR 工法の代表的な仕様の標準構成】



【塩害劣化防止仕様】



【はく落防止仕様】

■施工順序(例えば、塩害劣化防止仕様の場合)



【下塗り】



【中塗り】



【上塗り】



【補強布張り・中塗り】

■施工事例



【塩害劣化防止仕様】



【アルカリ骨材反応制御仕様】



【はく落防止仕様】



【桁端防水仕様】



【新設仕様】

③ 補修・補強

ONR 工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
表面被覆工	塩害劣化防止仕様 橋台・橋脚などに塗装することで、飛来塩分や凍結防止剤などからの塩分を遮断し、塩害劣化を防止する表面被覆工法である。基材はクロロプレングム系である。 アルカリ骨材反応制御仕様 橋台・橋脚などに塗装することで、外部からの水分を遮断し、アルカリ骨材反応を制御する表面被覆工法である。基材はクロロプレングム系である。 はく落防止仕様 橋台・橋脚などに塗装することで、コンクリート片のはく落を防止することで、第三者被害を未然に防ぐ表面被覆工法である。基材はクロロプレングム系である。 桁端防水仕様 橋台・橋脚などに塗装することで、伸縮装置からの塩分を含んだ水などの作用による塩害などのコンクリートの劣化を防止する表面被覆工法であり、予防保全的に用いられる。基材はクロロプレングム系である。 新設仕様 主に工場製品に対して、予防保全的に用いられる表面被覆工法である（橋台・橋脚の補修には直接関係しない）。	■特 徴 塩害劣化防止仕様 ・外部からの塩分の浸入を遮断するため、遮塩性に優れている。 ・外部からの水分を遮断するため、防水性に優れている。 ・遮塩性および防水性に優れているため、鋼材に対する防錆性に優れている。 ・材料がクロロプレングム系であるため、伸び性能が良く、ひび割れ追従性に優れている。 ・既設コンクリートおよび断面修復材との付着強度が高い。 アルカリ骨材反応制御仕様 ・塩害劣化防止仕様の特徴に加えて、コンクリート内部に含まれている水分を外部に放出する透湿性に優れている。 はく落防止仕様 ・材料がクロロプレングム系であるため、伸び性能が良く、ひび割れ追従性に優れている。 ・はく落防止性能に合わせて、塩害劣化防止機能も備えている。 ・上塗り材がハルスハイブリッド樹脂を主成分とした材料であるため、耐久性に優れている。 ・既設コンクリートおよび断面修復材との付着強度が高い。 桁端防水仕様 ・塩害劣化防止仕様と同様の特徴を有している。 新設仕様 ・塩害劣化防止仕様と同様の特徴を有している。 ■課 題 ・外気温が 5℃未満、湿度が 85%を超える場合は施工できない。また、水中での施工はできない。 ・コンクリートの表面含水率が、はく落防止仕様では 8%を超える場合に、これ以外の仕様では 10%を超える場合は施工ができない。	・道路橋などを含めたコンクリート構造物に適用できる。 ・施工実績 829 件、53.1 万 m² (2013. 7. 31 現在) ・NETIS 登録番号 塩害劣化防止仕様：KT-990214-V はく落防止仕様：KT-070087-V

③ 補 修・補 強

小型犠牲陽極材

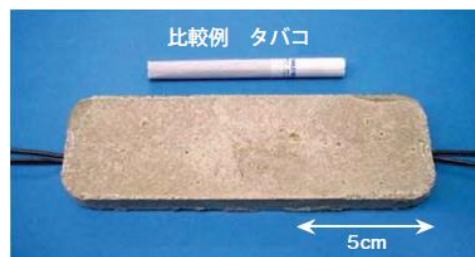
《ガルバーシールドF》

【鹿島建設(株)】

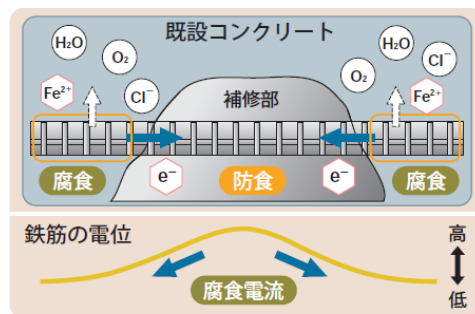
■技術の概要

【小型犠牲陽極材「ガルバーシールドF」】

中性化や塩害などにより劣化したコンクリート構造物では、劣化部を除去しモルタル材料などで断面を修復する断面修復工法が適用される。しかしながら、断面修復工法により補修された構造物では、マクロセル腐食と呼ばれる鉄筋腐食が進行し、補修後の早い段階で再び劣化するケースが数多く確認されている。「ガルバーシールドF」は、この再劣化の原因であるマクロセル腐食を抑制することを目的に開発した小型犠牲陽極材である。電気防食工法の技術を応用しており、鉄筋に接続するだけで防食効果を発揮する。



■再劣化のメカニズム



再劣化のメカニズム
Mechanism of Macro-cell Corrosion

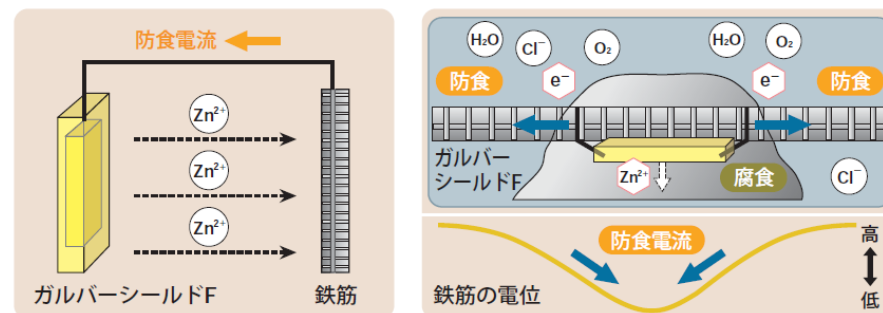


再劣化事例
Example of Macro-cell Corrosion

■技術の特徴

● 外部電源が不要

- 「ガルバーシールドF」は、鉄筋に接続するだけで、亜鉛が鉄筋の犠牲となってイオン化することにより、鉄筋に対してマクロセル腐食電流とは逆向きの防食電流を供給する防食回路を形成する。



防食のメカニズム
Mechanism of Preventing Corrosion

● 防食効果

- 「ガルバーシールドF」は、一般的な使用条件において半径 60cm の防食範囲を有し、約 10 年間にわたり犠牲陽極材としての効果を発揮できる。



鉄筋腐食促進試験
Accelerated Corrosion Test

● 適用対象

- 「ガルバーシールドF」は、断面修復などの補修工事に適した材料であり、特に、かぶりが小さい橋梁などの壁高欄や海洋構造物の断面修復による再劣化を防止する材料として適用できる。
- 新設構造物においても、劣化の予防保全として適用が可能である。

③ 補 修・補 強

ガルバシールド F

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
電気防食	鉄筋の再劣化を防止する小型犠牲陽極材 「ガルバーシールド F」	■特 徴 「ガルバーシールド F」は、亜鉛を特殊なモルタル材料で包み込んだ構造をしており、亜鉛と鉄のイオン化傾向の違いを利用して鉄筋を防食する小型犠牲陽極材である。「ガルバーシールド F」を適用することで、断面修復工法により補修された構造物で生じる再劣化（マクロセル腐食）を抑制することが可能である。 「ガルバーシールド F」は、鉄筋に接続するだけで、亜鉛が鉄筋の犠牲となってイオン化することにより、鉄筋に対してマクロセル腐食電流とは逆向きの防食電流を供給する防食回路を形成する。 「ガルバーシールド F」の特長は以下のとおり。 ● 厚さが 13mm と薄型であるため、構造物のかぶり部分など、厚みの小さい場所でも設置が可能。 ● 外部電源などの大掛かりな設備の必要がなく、鉄筋に接続するだけで鉄筋を腐食から守る。 ● 小型形状のため、取り扱い易く、設置作業が容易に行える。	

③ 補 修・補 強

浸透性吸水防止材

《マジカルリペラー》

【鹿島建設(株)】

■技術の概要

【浸透性吸水防止材「マジカルリペラー」】

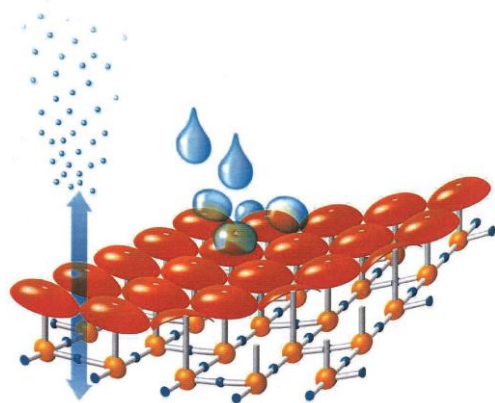
マジカルリペラーは、コンクリート表面にシリコーン樹脂の吸水防止層を形成して、コンクリート内部への水や劣化因子の浸透を防止する材料である。塩害・凍害・アルカリ骨材反応などの劣化進行を遅らせて、コンクリート構造物の耐久性を向上させることができる。新設構造物の予防保全対策及び補修した構造物の再劣化防止対策のいずれにも適用することが可能。



マジカルリペラーの外観



マジカルリペラーの吸水防止効果



シリコーン樹脂の吸水防止層（イメージ）

■技術の特徴

● 吸水防止性能

- 表面から数 mm 程度まで含浸して吸水防止層を形成するため、長期間にわたる吸水防止効果の持続が期待できる。
- 吸水防止層はコンクリートと化学的に結合するため、塗膜のような浮き・剥離を生じることがない。



● 施工性

- マジカルリペラーはクリーム状の材料であるため、鉛直面や天井面においても液ダレが生じにくい。
- エアレススプレーやローラー刷毛などを用いて、容易に塗布することができる。



塗布状況（エアレススプレー）



塗布状況（ローラー刷毛）

③ 補修・補強

マジカルリペラー

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補修材料	浸透性吸水防止材「マジカルリペラー」	■特 徴 ①性能に関する特徴 ・マジカルリペラーを塗布することにより、コンクリートの表面に水滴を通さないシリコーンの吸水防止層が形成され、水や劣化因子の侵入を防止する。 ・マジカルリペラーはコンクリートに浸透するので、剥れや膨れを生じることがない。また、マジカルリペラーの効果は、摩耗等によって吸水防止層が物理的に無くならない限り継続する。 ・塗布後のマジカルリペラーは無色透明であり、構造物の外観を損ねない。 ・マジカルリペラーは有機溶剤を使用していないため、環境にやさしい。 ②施工性に関する特徴 ・マジカルリペラーは1回の塗布で十分な吸水防止効果を発揮することができる。 ・マジカルリペラーは、エアレススプレーやローラー等で容易に塗布することができる。 ・マジカルリペラーはペースト状のため、塗布の際に飛散や液ダレを生じにくい。このため、構造物に対して塗布しやすく、塗布量を容易に管理することができる。 ・有機溶剤を使用していないため、作業環境が大きく改善される。	

③ 補 修・補 強

吹付け補修・補強工法

《ECC ショット》

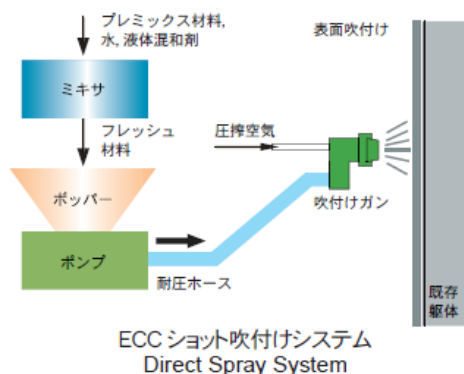
【鹿島建設(株)】

■技術の概要

【吹付け補修・補強工法「ECC ショット」】

—優れた変形追従性・ひび割れ分散性を有する高靱性セメント複合材料—

ECC とは、セメント、水、砂などのモルタル材料を、高強度の有機系繊維で補強した材料である。先端の力学モデルに基づいた配合設計を行うことで、従来の補修材料にないひび割れ分散性能及び高い引張・曲げ変形性能を実現した。「ECC ショット」は、現場で製造した材料（ECC）を、スクイズ式のモルタルポンプにて、吹付けノズル先端まで圧送し、圧搾空気により対象構造物に吹付ける湿式吹付け方式により施工する。



施工状況
Upward Spraying

■技術の特徴

● 優れた施工性

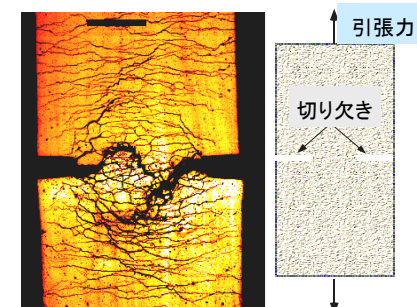
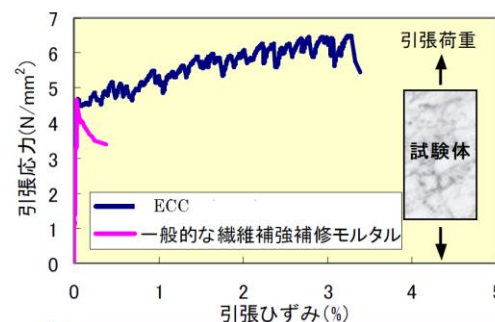
- 吹付けによる施工のため、広範囲にわたる大規模な補修にも適用が可能。また、構造物の下面や鉛直面への施工や、コテ塗りによる施工も可能。
- 粉体材料及び補強繊維はプレミックス化されているため、現場での製造を容易に行うことができる。

● 優れた変形性能

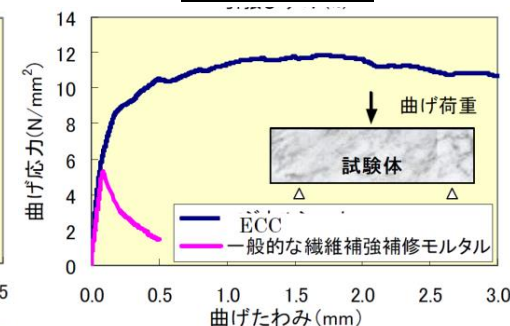
- 一般的な補修材料は、初期ひび割れが発生した直後に破断してしまうが、本材料は、ECC 特有の多数の微細ひび割れ（ひび割れ幅 0.2mm 以下）が発生し、優れた変形性能（引張ひずみで 0.2% 以上）を示す。



曲げ変形性能



ひび割れ分散性能

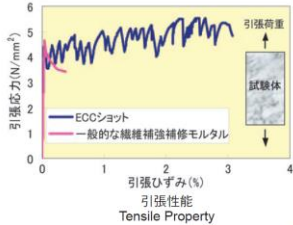
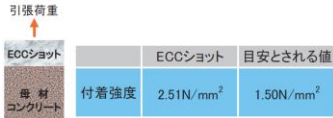
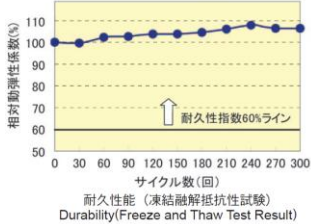


引張および曲げ性能

③ 補 修・補 強

ECC ショット

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補修工法	高靱性セメント複合材料を用いた吹付け 補修・補強工法「ECCショット」	■特 徴 ①練混ぜが容易 粉体材料及び補強繊維はブレミックス化されているため、現場での製造を容易に行うことができる。 ②施工性に優れる 吹付けによる施工のため、広範囲にわたる大規模な補修にも適用が可能。また、構造物の下面や鉛直面への施工、コテ塗りによる施工も可能。 ③優れた変形性能 一般的な補修材料は、初期ひび割れが発生した直後に破断してしまうが、本材料はECC特有の多数の微細ひび割れ（ひび割れ幅 0.2mm 以下）を発生することで、優れた変形性能（引張ひずみで 0.2% 以上）を示すことができる。 ④その他物性 ECC は 30N/mm² 以上の圧縮強度を有する。また、既設コンクリートとの一体性にも優れており、2.5N/mm² 以上の付着強度を有し、目標とする 1.5N/mm² を十分に満足する（既設コンクリートが健全で適切な表面処理を施した場合）。また、耐久性に関しても、凍結融解試験における 300 サイクル後の耐久性指数はほぼ 100%であり、優れた凍結融解抵抗性を有する。その他、遮塩性、耐中性化、乾燥収縮などについても各種室内試験により優れた性能を有することを確認している。  ECC ショット製造プラント Production Plant  引張性能 Tensile Property  付着性能 Interfacial Bond Property with Existing Concrete  耐久性 Durability(Freeze and Thaw Test Result)	

③ 補 修・補 強

後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋

《セラミックキャップバー (CCb) 工法》

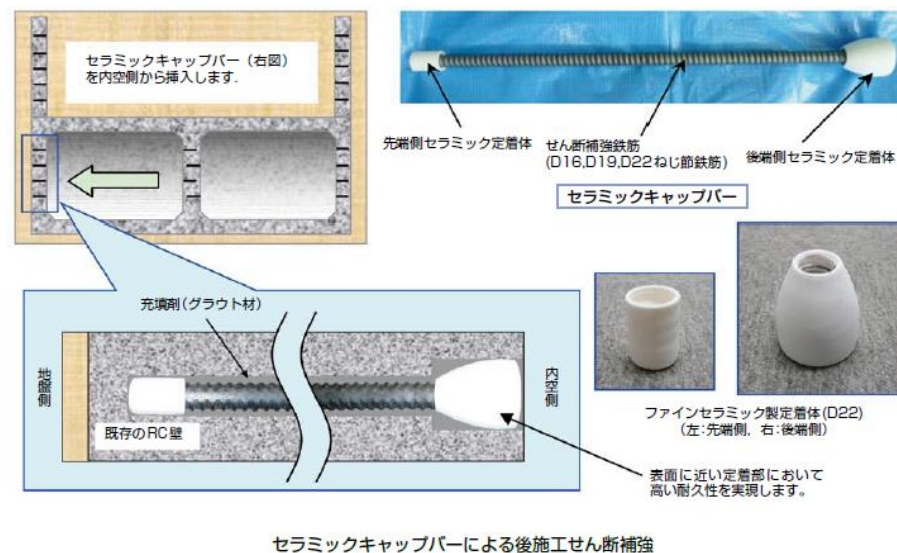
【鹿島建設(株)】

■技術の概要

【後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー (CCb) 工法」】

古い耐震規準に従って設計されたコンクリート構造物の中には、現行の耐震規準で考慮すべきレベル2地震動に相当する地震力を受けた場合、部材のせん断耐力・じん性が不足するものがあることが指摘されている。しかし、開水路やボックスカルバートなどの壁状の地下構造物では、内空側からしか補強工事を実施できず、また、構造物が塩害環境下などの劣悪な環境にある場合には、補強後の耐久性についても確保する必要があるため、有効な補強方法が少なく、これまで耐震補強工事は進んでいなかった。

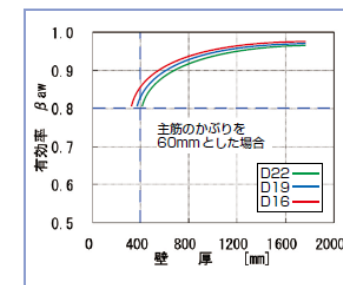
そこで、ファインセラミック製の定着体をせん断補強鉄筋に取り付けた後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー (CCb)」を開発した。「セラミックキャップバー (CCb)」は、耐食性に優れるセラミック定着体をコンクリート表面付近に配置できることから、定着部の耐久性を確保するとともに、優れたせん断補強効率を実現することができる。



■技術の特徴

● 高いせん断補強効果

- 部材実験から、320mm 以上の壁厚に対して有効率 β_{aw} が0.8 以上となり、高いせん断補強効果を期待できることが示された。



補強対象の壁厚と有効率 β_{aw} の関係

● 優れた施工性

- 背面に地盤などがあり、内空側からしか施工できない RC 部材に対しても、補強後の掘削孔内にホース等を残置せずにせん断補強できることを確認した。
- 狭い空間や複雑な部位において、大型機材を用いずに容易に施工でき、安定した品質を確保できることを確認した。



レッグハンマーによる削孔



孔内へのグラウト材の充填



セラミックキャップバーの挿入



養生用の蓋の設置



余剰のグラウトの回収



グラウト材の充填状況

③ 補 修・補 強

セラミックキャップバー工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補強工法	後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー（CCb）工法」	■特 徴 ①高いせん断補強効率 定着体がファインセラミック製であるため、コンクリート表面付近にせん断補強鉄筋の定着部を配置することができ、既存の RC 構造物において高いせん断補強効果が期待できる。 ②高い耐久性 コンクリート表面に最も近い補強材の定着部に、耐食性に優れたファインセラミック製の定着体を用いることで、高い耐久性を実現する。 ③高い施工性と品質 グラウト貯留槽を用いた施工法では、グラウトで満たされた孔内にセラミックキャップバーを埋没させるため、ホース等を必要とせず、狭あいな空間においてもセラミックキャップバーと孔壁間に無収縮グラウト材を迅速かつ確実に充填することができる。	

③ 補 修・補 強

無筋橋脚（橋台）の耐震補強工法

《鋼棒後挿入工法》

【(株) 熊谷組】

■技術の概要

無筋橋脚は、RC橋脚に比べ上載荷重が小さいため、地震時荷重が小さく、従来のRC巻き補強や鋼板巻き補強に比べ簡易な方法で耐震補強が可能であり、せん断破壊の特殊な形態である打継面のずれを防止することで変形性能が向上する。橋脚、橋台の上部より削孔し、鋼材(丸鋼、鋼管、アンボンドPCなど)を挿入する。鋼材は耐震診断、設計に基づき選定し、補強後はレベル2地震動に対し耐震性能2～3を確保する。

<鋼材の選定>

①目地ずれ抑制が必要な場合(せん断補強)⇒丸鋼、異形棒鋼

②さらに曲げ性能の向上が必要な場合(せん断+曲げ補強)

⇒アンボンドPC(軸力導入)

■特長

○橋上からの作業で**外周昇降足場が不要**となり、周囲の占有が少ない

○施工ステップが少なく**省力施工**が可能

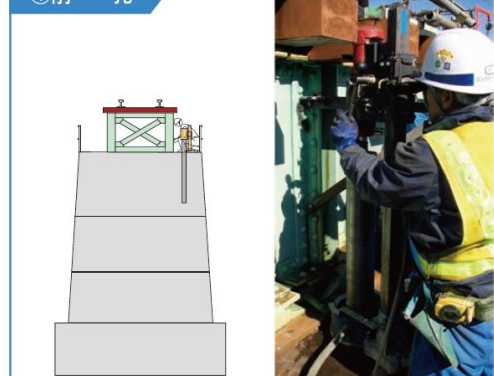
○RC巻き、鋼板巻きなどに比べ**重量増が少ない**

○**掘削不要**で土中の補強が可能

○**仕上げ作業が不要**(外観が変化しない)

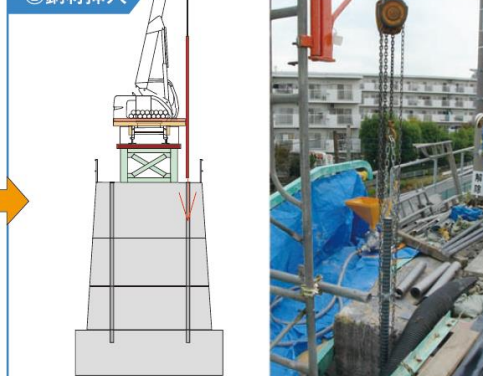
■施工フロー

①削 孔



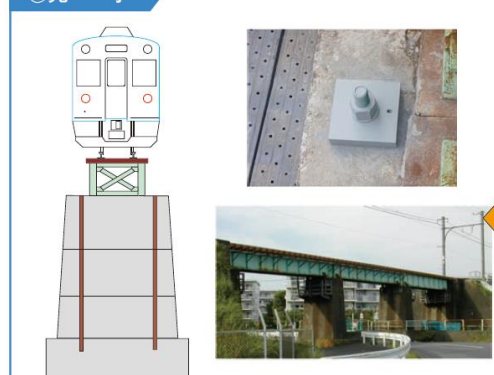
①削 孔：橋脚上のスペースにコアボーリングマシンを設置して行う。スペースがない場合はモーターカーに載せたボーリングマシンで行う。

②鋼材挿入



②鋼材挿入：軌陸ユニック・クレーン、チェーンブロック等を用いて鋼材を挿入する。架線により作業上部空間に制限があり、長尺物の施工が不可能の場合はネジ等、継手を有する分割鋼材を用いる。

④完 了

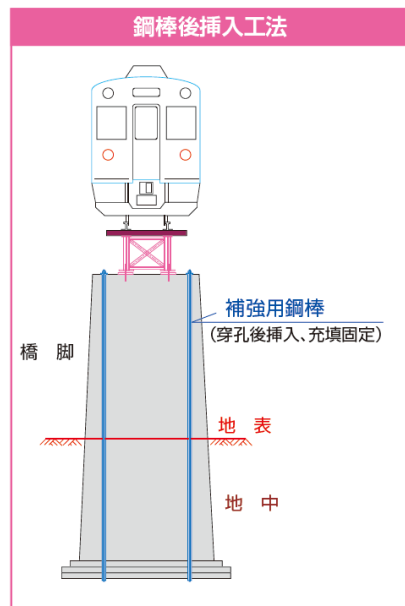


④完 了：充填材の硬化に列車振動は悪影響を及ぼさないので、充填材の養生等は不要。ただしアンボンドPCを用いた補強では、充填材が所定の強度発現後、PCの緊張を行う。

③充填材注入

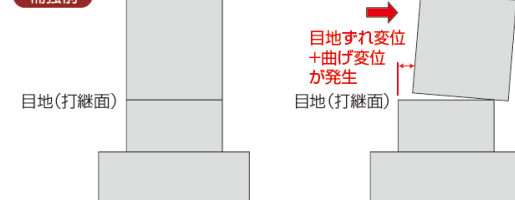


③充填材注入：削孔と鋼材の隙間を充填する。確実な充填が出来るよう、無収縮、高流動のモルタル(マックスAZ)を使用する。



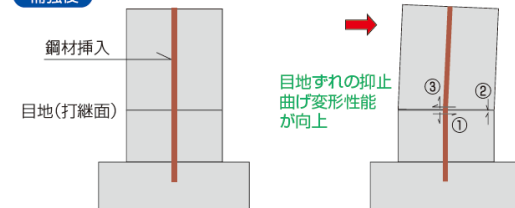
補強前の地震時挙動

補強前



補強後の地震時挙動

補強後



- ①：鋼材によるせん断抵抗
- ②：コンクリート支圧力
- ③：鋼材軸力による引抜抵抗

③ 補 修・補 強

鋼棒後挿入工法

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
無筋橋脚（橋台）の 耐震補強工法	鋼棒後挿入工法 橋脚、橋台の上部より削孔し、鋼材（丸鋼、 鋼管、アンボンドPC など）を挿入する工法	■特 徴 ・橋上からの作業で外周昇降足場が不要となり、周囲の占有が少ない ⇒河川内、道路上の施工に有利 ・施工ステップが少なく省力施工が可能 ⇒工費の低減 ・RC 巻き、鋼板巻きなどにくらべ重量増が少ない ⇒地盤に負担を掛けない ・掘削不要で土中の補強が可能 ⇒工費の低減 ・仕上げ作業が不要 ⇒外観が変化しない ■課 題 ・橋脚上からの施工であるため、橋脚上の支障物（桁、支障、電柱基礎など）の調査を事前に行い、適用可否の判断が必要となる。 ・橋脚上からの施工であるため、出水期作業が可能であるが、河川管理者との協議によっては施工を渇水期に限定される場合がある。 ・耐震補強工法の選択肢のひとつであるが、耐震診断の結果によっては適用不可の場合がある。	・以下 3 社の共同開発 （株）ジェイアール総研エンジニアリング 鹿島建設株（株） 高周波熱錬（株） ・鉄道橋で計 4 件以上の施工実績あり ・特許（設計、施工）

③ 補 修・補 強

波形分割鋼板巻立て工法

《耐震ラップ工法》

【(株) 熊谷組】

■技術の概要

波形に切断加工した耐震ラップ鋼板を既設のRC柱の周囲に組立て、RC柱と耐震ラップ鋼板との隙間にモルタルを充填して、RC柱のせん断破壊防止およびじん性能を向上させる工法である。本工法は、重機械を必要とせず人力で施工でき、溶接作業もないことから生活環境に対する影響が少なく、狭隘な場所では、工期が短縮できるとともにコスト削減が図れる。

■特長

- コストダウン：人力による施工が可能で施工性に優れており、店舗等の高架下利用箇所や狭隘な箇所において、従来の鋼板巻立て補強工法と比較して、工期の短縮、コスト削減が可能である。
- 耐 震 性 能：鋼板巻立て工法と同等の耐震性能を有する。
- 作 業 条 件：特殊技能および現場溶接作業が不要である。従来工法では施工が困難な狭隘な箇所でも施工が可能であり、施工完了後は従来の鋼板巻立て補強工法と同様に表面が平滑に仕上がる。
- 作 業 工 程：支障物の撤去・復旧が不要となる場合には工程の短縮が可能である。

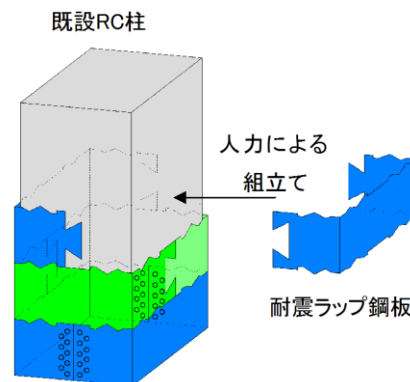
■適用箇所

RC高架橋柱、建物柱等の耐震補強

特に高架下利用箇所（駅部、機械室、テナント入居場所）等狭隘な箇所

- 事例①：壁との距離が狭い箇所での事例
- 事例②：柱の上部に支障物があり、下部で耐震ラップ鋼板を組み合わせて上方に移動しながら組み立てた事例

- 事例③：基部、端部の鋼板のボルトを内側に設置した事例



- ・基部および頂部は波形に加工した耐震ラップ鋼板をボルトにより連結して閉合する。
- ・標準部は、コの字型に2分割した耐震ラップ鋼板を下側の鋼板の波形にかみ合わせて組上げる。2分割した鋼板は、くさび形の鉛直継ぎ手により接合する。

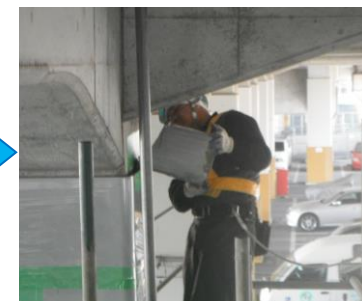
■施工手順



①耐震ラップ鋼板建込



②頂部耐震ラップ鋼板閉合



③モルタル充填



事例①



事例②



事例③

③ 補 修 ・ 補 強

耐震ラップ工法

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
RC 柱の耐震補強工法	耐震ラップ工法 波形に切断しコの字型に曲げ加工した分割鋼板（耐震ラップ鋼板）を既存コンクリート柱の周囲に積み上げ、柱と鋼板の隙間にモルタルを充填する工法	■特 徴 - 耐震ラップ鋼板の組み立ては人力による施工が可能であり、大型の施工機械を必要としない。 - 分割した鋼板を積み上げ施工するため、施工スペースが小さくてすみ、狭隘な場所での施工が可能である。 - 溶接が不要なため、火気の使用が制限される場所での施工が可能である。 ■課 題 - 断面が円の柱への適用は、実証実験を行っていないため不可。 - 柱幅 1500mm、短長辺比 1:1.6 までの柱を適用範囲とする。	- 施工実績 20 件、累計約 160 本（H28.6 現在） （財）鉄道総合技術研究所 編「既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 波形分割鋼板巻立て補強編」に準拠 - 特許 特許第 3882009 号 特許第 5912484 号

③ 補 修・補 強

既設橋梁基礎の耐震補強

《ねじ込み式マイクロパイル》

【(株)鴻池組】

■技術の概要

本工法は、小径で高支持力が得られる基礎杭工法であり、小型施工機を使用することから、橋桁下の低空頭かつ狭隘な施工ヤード等、従来場所打ち杭工法では適用が困難であった厳しい制約条件下での施工が可能です。このような特徴から、既設基礎の合理的かつ経済的な耐震補強や、比較的小規模な新設構造物の基礎杭として適用が可能です。

ねじ込み式マイクロパイルは、 $\phi 300\text{mm}$ 以下の小口径の鋼管（軸部）に4枚の $\phi 600\text{mm}$ 程度のドーナツ状鋼板（翼部）をらせん状に取付けた杭です。本工法では、このような形状の杭を地盤中に無排土で回転貫入させます。翼により、小口径ながら大きな支持力が得られます。施工は、 0.4m^3 油圧ショベルクラスをベースとした小型機械で行います。

■特長

・高支持力

翼の効果により、小径杭で大きな支持力を確保できます。

・合理的設計によるコストダウン

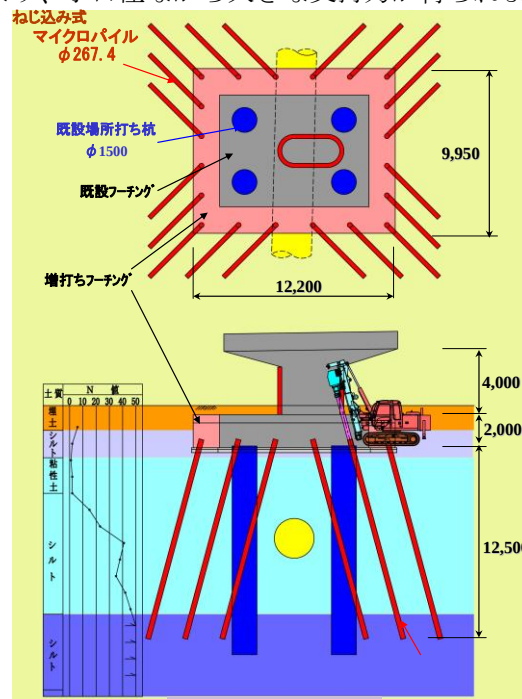
小径杭であることと、斜杭の採用等の合理的設計により、従来の場所打ち杭工法に比べて30%程度経済的な耐震補強（NETIS 登録No.CB-030009-A）を実現します。

・コンパクト施工

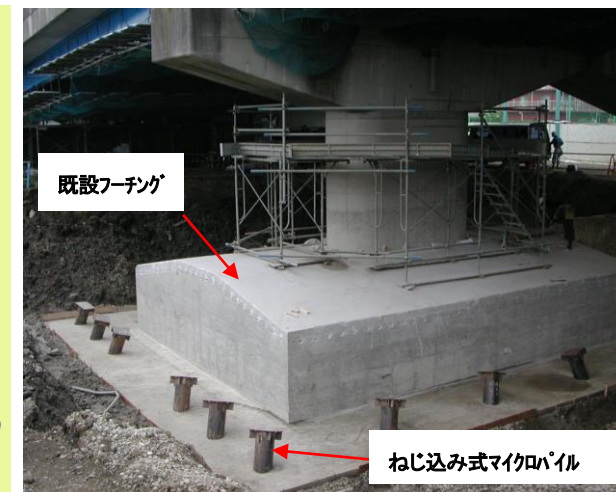
小径杭を小型機械で施工するため、低空頭かつ狭隘な場所でも施工が可能です。

・環境に優しい

回転推進力により無排土で施工を行うため、発生土がありません。
また、騒音・振動がほとんど発生せず、廃棄泥水等も発生しません。



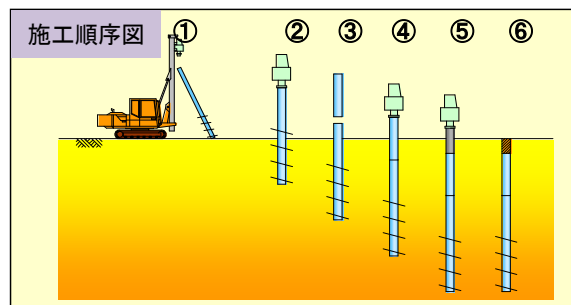
耐震補強概要図



ねじ込み式マイクロパイル施工完了



施工状況写真

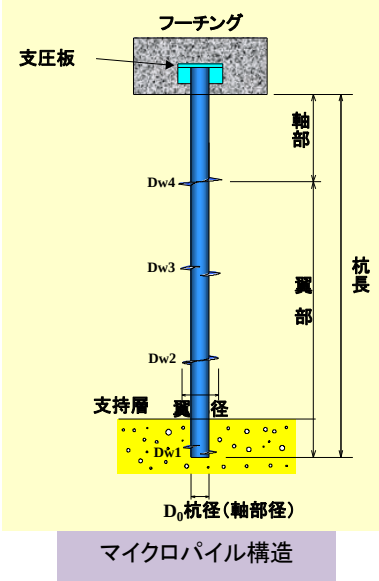


- ① 掘削モータに下杭を取込み杭心位置に建込む
- ② 鉛直度を確認し、杭体を回転しながら埋設する
- ③ 継ぎ杭の場合、中・上杭を建込み接続する
- ④⑤ ヤットコ等を使って所定の深度まで埋設し打止める
- ⑥ ヤットコ等を回収し施工を完了する

③ 補 修・補 強

ねじ込み式マイクロパイル

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
小径高支持力基礎杭	ねじ込み式マイクロパイル 小口径鋼管に4枚の翼をつけた小口径（杭径：150～300mm）の回転杭工法。杭全体の支持力は主に翼部の支持力に支配される。施工機械がコンパクトなこと、斜杭施工が可能なことから、狭隘用地や空頭制限下での杭施工に適する。既設橋梁基礎の耐震補強用として認定されている。	■特 徴 ①小径杭で大きな支持力を得ることが可能、引抜き支持力も大（耐震杭として適用可）。 ②無排土で施工が可能、セメントミルク等を用いず地下水汚染が無い、騒音振動がない等、環境に優しい。 ③狭隘地、空頭制限下での施工に適する。 ④斜杭を用いた場合は、増し杭本数を少なくできる。 ■課 題 硬質地盤や礫径の大きな地盤に適用する場合は、詳細な検討が必要。 	既設橋梁耐震補強で実績あり 本工法は、(独)土木研究所および(財)先端建設技術センターとの共同研究成果です。 NETIS 登録No.CB-030009-A

工事例：複合劣化対策 地御前跨線橋補修工事

■概 要

地御前跨線橋は、JR 山陽本線と交差する跨線橋であり、昭和 40 年代に建設され、PC 及び鋼製桁により 2 径間で構成されています。橋台と橋脚はアルカリ骨材反応（以下；ASR）および塩害によるひび割れが多数発生しており、既に調査と一部表面被覆工等の補修が行われていました。当工事は、今後も劣化が進行すると考えられる橋台と橋脚（上下線 写真-1）計 4 構造物に対し、複合劣化対策として ASR リチウム工法を適用したものです。

○塩害対策として、従来の主に躯体中心部への圧入を対象とした ASR 対策用圧入孔とは別に、孔深さ 15cm、間隔約 50cm の圧入孔を設定（表-1、図-1）することになりました（パッカー長 5cm）。

○抑制剤設計圧入量は、各構造物のアルカリ量及び塩化物量より、それぞれ ASR 抑制（リチウム/アルカリ量 モル比 1.0 と設定）と塩害対策（亜硝酸/塩化物量 モル比 1.0 と設定）に必要な抑制剤量を算出し、それらのうち多い方を採用し抑制剤の圧入を行いました（写真-2）。

■ASR 対策 効果の検証

施工後に各構造物から採取した促進膨張試験（JCI-DD2）結果において、全体的には 0.03～0.07% 程度に収まり、良好な膨張抑制効果が得られました。

■抑制剤の浸透状況

ほとんどの箇所に必要な亜硝酸およびリチウム（ランク③以上）量が浸透していることが確認（図-2）されました。また、亜硝酸及びリチウムがコンクリート表面～深部にまで浸透（写真-3）していることが確認されました。



写真-3 呈色状況

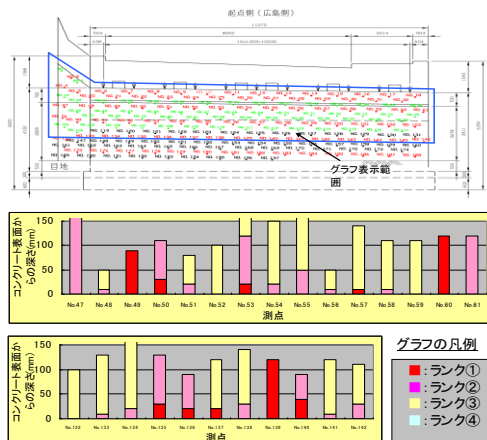


図-2 施工途中でのコアの呈色試験結果



写真-1 適用橋脚



写真-2 抑制剤加圧注入状況

表-1 対象効果別施工方法の検討

項 目	ASRリチウム工法	今回施工方法
削 孔 径	φ 32mm	φ 32mm
ASR対策	85cm間隔	85cm間隔
塩害用	—	49cm間隔（上記孔中間に追加削孔）
平均削孔数	1.6 孔/m ²	4.9 孔/m ²
注 入 圧	0.5～0.7MPa	0.5～0.7MPa
注入期間	毎/日 10～30日程度（劣化度合いにより変化）	毎/日 10～30日程度（劣化度合いにより変化）
削孔パターン	片面から削孔	ASR孔：片面削孔 塩害対策孔：両面削孔
（概算）削孔数	3 4 7 孔	9 9 8 孔

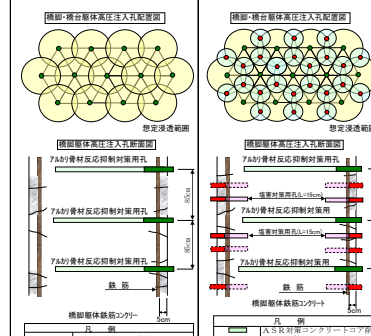
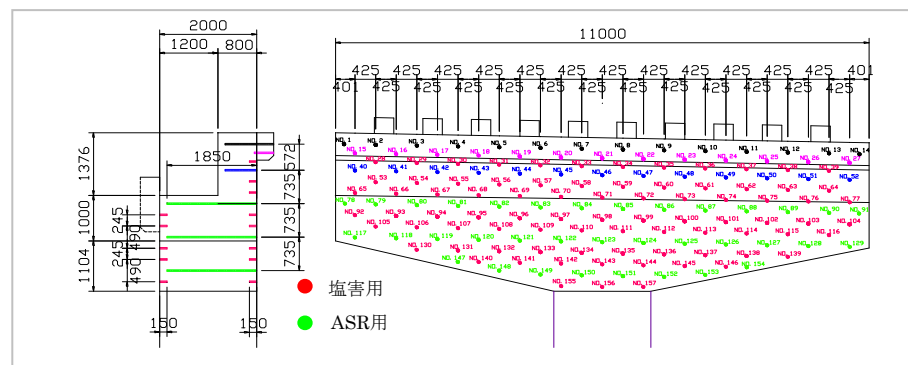


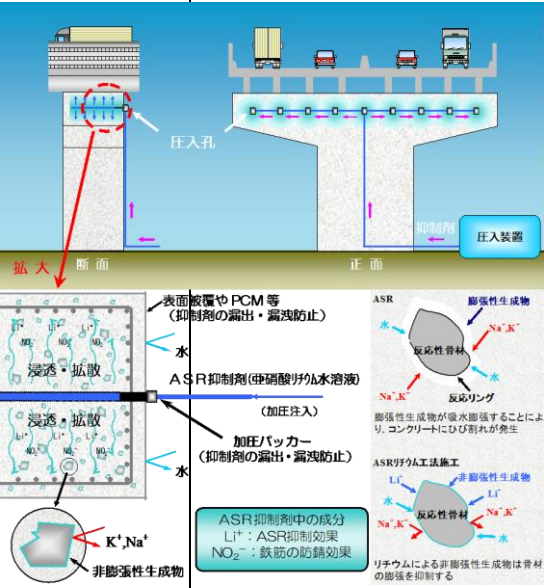
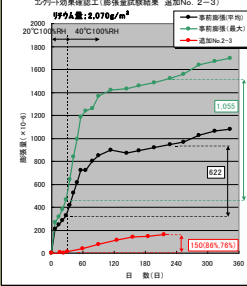
図-1 配孔計画図（下り線橋脚）



③ 補 修・補 強

ASR リチウム工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補修工法	ASR リチウム工法 亜硝酸リチウムを主成分とした抑制剤を加圧注入することで構造物内部コンクリートの微細ひび割れを介して劣化範囲に効果的に浸透・拡散させ、構造物内部コンクリートの将来的な膨張を低減することにより、以後のASRによる劣化を抑制する工法である。 ①工法概念図 	■ 特 徴 ①構造物の耐荷力低下防止 構造物内部の膨張を抑制できるため、コンクリート強度・弾性係数の低下を抑制することが可能となる。また、鉄筋破断のリスクを低減することができる。 ②適用構造物 RC構造物（橋梁上部工、下部工、擁壁、ボックスカルバート等） ③現在までの施工実績より設定した“設計基準”に基づき、構造物の劣化状態（強度・弾性係数）に応じて圧入仕様を決定することができる。 ・設計抑制剤量（亜硝酸リチウム水溶液）；コンクリート中のアルカリ量（Na+換算）に対しモル比 0.8 以上となる量を設計抑制剤量とする。〔標準仕様〕 Na+/Li+モル比 0.8 以上 ・注入圧力；表面シール等からの漏出・漏洩防止の観点から 0.5MPa を標準とする。ただし、圧入が困難な場合には、構造物の劣化状況に応じて設定した上限注入圧力以内で圧力を上げることできる。〔標準仕様〕 0.5 MPa ・圧入孔間隔、期間；これまでの施工実績に基づく経験式を用いて、計画した圧入孔間隔に対する圧入期間を設定する。 〔標準仕様〕 圧入孔間隔：500 または 750mm 圧入期間：10～60 日 ④亜硝酸の効果により、鉄筋の不導体被膜再生効果も期待できる。 ■課 題 ASR の劣化状況に応じた、効果的・効率的 圧入仕様の改良。 ③抑制剤浸透状況  茶褐色部；微細ひび割れを通じた抑制剤浸透状況（呈色試験） ④膨張低減効果  コア促進膨張試験結果 圧入前コア残存膨張量に対し、約 50～80% 程度の膨張低減効果が期待できる。	・NETIS 登録 ②施工状況 

③ 補 修・補 強

水中部の構造物の補修・補強のための仮締切工法 ≪ NDR 工法 (Neo-Dry Repair Method) ≫

【五洋建設株式会社】

■ 技術の概要

◎ 水中構造物の補修・補強時の**ドライ空間の創出**による**確実な施工と安心の提供**

- ・ 本工法は、工場等であらかじめ製作した鋼製函体を現地へ運搬（曳航）・設置する仮締切工法です。
- ・ 構造物と接する箇所の止水は専用の機構を用いるため、現地での大がかりな止水作業が不要で確実な止水ができます。

■ 技術の特徴

★ **ドライ空間の創出による水中構造物のみえる化**

- ・ 従来の水中作業では困難だった構造物の状態および施工状況の目視の確認が可能
⇒ **劣化状況の把握と適切な対応の実施／施工の品質・信頼性の向上**

★ **現地での締切り施工期間を大幅に削減**

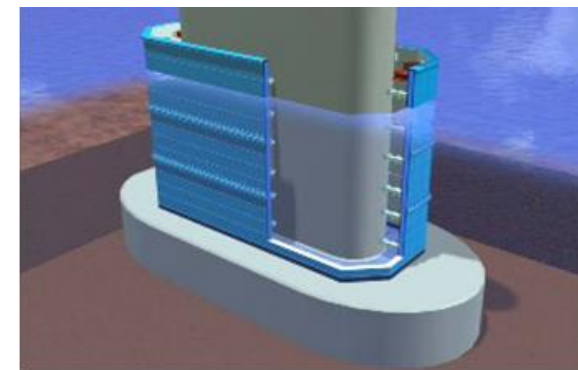
- ・ 工場で製作した函体は、浸水ヤード等での組立後、浮遊曳航・設置するため、現地（水上）作業を大幅に低減
⇒ **工期（締切り期間）の短縮**（※ 鋼矢板による締切り工法で4ヶ月程度 → 0.5ヶ月に短縮）

★ **転用が容易であるため、経済性に優位**

- ・ 同種構造物への転用が比較的容易
⇒ **転用回数（施工箇所数）に伴う経済性の向上**

★ **浮遊可能な構造のため、大型起重機が不要**

- ・ 鋼製函体自体が浮力をもつ構造（浮力調整が可能）
⇒ **狭い桁下空間でも施工機械の制約を受けにくい／作業時の水域占有面積が比較的小さい**



NDR工法イメージ図



鋼製函体の現地への曳航状況

■ 技術の用途

- ★ 橋脚の耐震補強
- ★ 鋼矢板岸壁・護岸の補修
- ★ 栈橋の補修 など

■ 技術の展開（開発の方向性）

- ★ ダム湖等の大水深への適用
- ★ 堆積土砂等の対応
（貫入設置型 NDR 工法への展開）
- ★ 橋脚基礎の耐震補強工事への適用
（Super NDR 工法への展開）



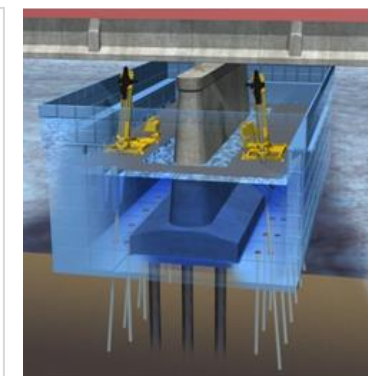
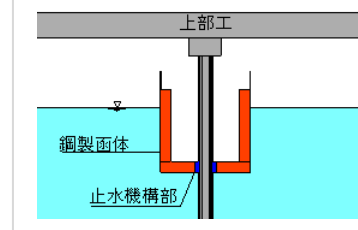
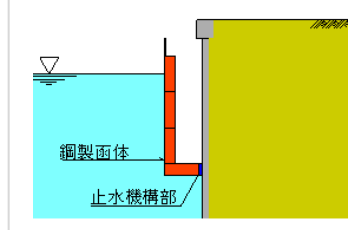
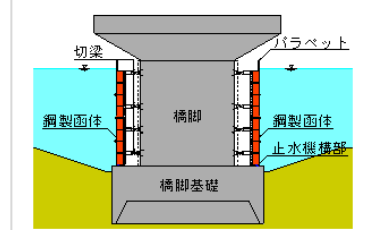
橋脚の耐震補強



鋼矢板岸壁・護岸の補修



栈橋の補修

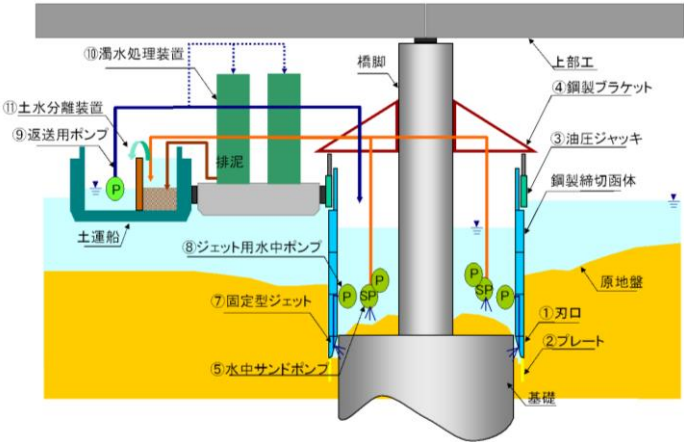


Super NDR 工法イメージ図

③ 補 修・補 強

NDR 工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補修、補強	NDR 工法 - 工場等であらかじめ製作した鋼製函体を現地へ運搬（曳航）・設置する仮締切工法である。 - 函体自体が浮遊可能な構造体である。	■特 徴 - 従来の鋼矢板等を用いた仮締切工法は、鋼矢板の打設作業等に工期を要した。当該技術では、工場で製作した締切り用の鋼製函体を現地まで曳航し、直接設置することが可能であるため、仮締切り工に要する期間の短縮が可能である。 - 橋脚等を対象とする場合、鋼矢板の打設作業における桁下の作業空間の確保が困難であった。当該技術では、函体自体が浮体構造であり、運搬・据付け作業を主として仮締切りが実施できる。また、揚重作業も軽微であるため、作業条件に係る桁下空間の制約が小さくなる。 ■課 題 - 浮体構造の曳航・据付け作業となることから、河川の流れの方向や大きさにより、作業の難易性に影響が生じる。（従来工法と同様に施工時期等について、一定の配慮が必要である。） - 締切り時の止水性を確保するため、既設構造物の寸法の施工誤差の影響についても別途配慮が必要である。 - 水深が比較的大きい場合、止水機構の性能に十分に留意した材料の選定が必要である。 - 水中の施工基面に土砂等が堆積する場合、事前に掘削することが必要である。（今後の展開：貫入設置型 NDR 工法へ） - 耐震改修工事において橋脚基礎の支持力の補強も一連の作業とすることが有効である。（今後の展開：Super NDR 工法へ）  貫入設置型 NDR 工法概念図 図は、橋脚の基礎を補強するための貫入設置型 NDR 工法の概念図を示している。橋脚の上部には「上部工」があり、その下には「橋脚」と「鋼製締切函体」が示されている。鋼製締切函体は、水中に設置され、その周囲には「①刃口」と「②プレート」が設置されている。函体の内部には「③油圧ジャッキ」が設置されており、橋脚の基礎を押し上げる役割を果たしている。また、函体の周囲には「④鋼製ブラケット」が設置されている。水中には「⑤水中サンドポンプ」、「⑥固定型ジェット」、「⑦掘削用水中ポンプ」、「⑧土運船」、「⑨返送用ポンプ」、「⑩濁水処理装置」が設置されている。図の下部には「基礎」と「原地盤」が示されている。	工事件数（実績：2013 年 7 月 現在） ① 橋脚耐震補強：82 件 ② 橋脚補修：10 件 ③ 岸壁・護岸：10 件 ④ 杭（栈橋等）：6 件

③ 補 修・補 強

塩害環境下にある鉄筋コンクリート構造物の塩害劣化抑制（耐久性の向上） ≪ T&C 防食－塩害用－ ≫ 【五洋建設株式会社】

■ 技術の概要

◎ 2 液ハイブリット型の含浸材による鉄筋コンクリート構造物の塩害の抑制および LCC の改善

- 一般的な 1 液型の含浸材は、撥水性の向上（シラン系）、もしくは緻密化（珪酸系）の片方の性能に限定されることに対して、『T&C 防食－塩害用－』ではシラン系、珪酸系両方の特性を併せ持つ 2 液ハイブリット型の含浸材とすることにより、緻密化と撥水性の両方の性能を改善することができます。

※『T&C 防食－塩害用－』は、表面含浸工法「T&C 防食（建技審証第 0403 号 NETIS 登録番号：KT-090012-A）」に使用する材料の構成を改良し、特に塩化物イオンの侵入抑制効果を高めた表面含浸材です。

【含浸材性状】

材料名	下塗り材料	上塗り材料
	T&C防食－塩害用－A液	T&C防食－塩害用－B液
主成分	変性珪酸ナトリウム塩	シリコーン
外 観	無色透明	無色透明
性 状	水性液体	溶剤性（アルコール系）液体
比 重	1.10～1.20	0.80～0.90
粘 度	9.0秒（フォードカップ）	9.5秒（フォードカップ）
p H	12.0	6.0

■ 技術の特徴

1) 浸透性能

当該含浸材のコンクリート表層からの浸透深さ（浸透性能）については、下塗り材（A 液）で 5～7mm（ビッカース硬さ試験）、上塗り材（B 液）で 1.5～3mm（含浸深さ試験：JSCE K 571）となることを確認しています。

2) 表面硬度（耐浸食性）

コンクリート表層部に浸透した A 液（主成分：珪酸塩）が、カルシウムシリケートを形成（緻密化）することで、表面硬度が増大し、耐浸食性が向上します。

3) 遮塩性

コンクリート表層部に形成した強固な吸水防止層により、水分および塩化物イオンの侵入に対する高い抑制効果が得られます。また、効果の長期持続により、コンクリート構造物の塩害劣化に対する耐久性が飛躍的に向上します。

4) 海洋環境での使用を考慮した施工性

A 液、B 液ともにローラー、刷毛、噴霧機等での簡単に塗布できます。

また、塗布後の維持管理方法として、リコート性に優れる上塗り材 B 液のみを再塗布することも可能です。

5) 安全性

材料に重金属類等有害な物質を含まないため、港湾構造物の表面処理の際も環境汚染等の影響はありません。

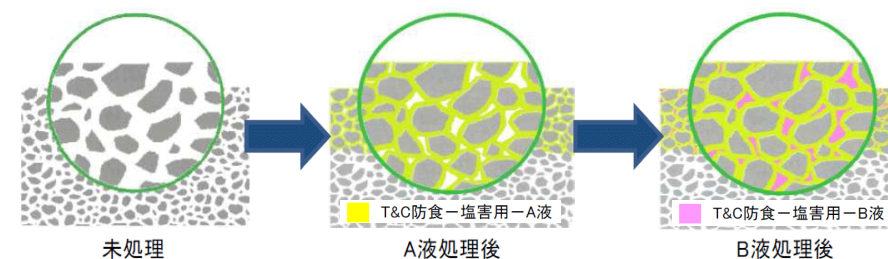
■ 技術の用途

※ 打設後に含浸材の塗布が可能な条件にあるコンクリート部材に適用可能

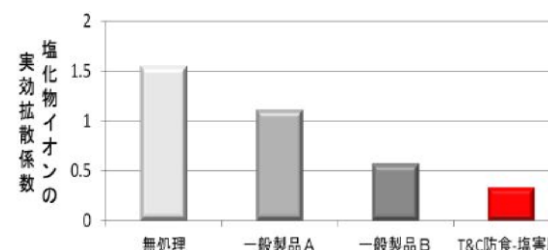
★ 特に効果が期待できる用途

- ・塩分環境に曝されるコンクリート構造物全般
- ・その他劣化因子侵入抑制が求められるコンクリート構造物（新・既設問わず）

【コンクリート表面 硬化イメージ】



【性能試験結果】



【コンクリート表面の撥水性状】

【施工方法】



③ 補修・補強

T&C 防食－塩害用－

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考																																																					
表面補修	T&C 防食　－塩害用－ ・コンクリート表面に2職の無色透明の液体を塗布することでコンクリート表面を緻密化し、撥水性を付与させることができる。塩害劣化の原因となる塩分や水分の浸透を抑制し、耐久性を向上させる。	■特　　徴 ・2液からなり、珪酸系とシラン系の両方の特性をもつ含浸剤である。 ・一般の含浸材よりも遮塩性に優れる。 ・塗布方向（鉛直・水平）に性能に大きな差は生じない ・潮間の施工が可能である。 ・水中でも給水抑止性能を発揮できる。 ・塗布後の表面硬度が向上する。 ●一般製品よりも遮塩性に優れています。 <table><caption>電気泳動試験結果 (W/C=55%)</caption><tr><th>処理</th><th>実効拡散係数 (cm²/年)</th></tr><tr><td>未処理</td><td>1.55</td></tr><tr><td>一般珪酸系</td><td>1.11</td></tr><tr><td>一般シラン系</td><td>0.57</td></tr><tr><td>T&C防食-塩害用</td><td>0.33</td></tr></table> ●上向き塗布、横向き塗布でも性能はほとんど変わりません。 <table><caption>塗布方向を変えた場合の吸水率試験結果</caption><tr><th>塗布方向</th><th>吸水比 (%)</th></tr><tr><td>未処理</td><td>100</td></tr><tr><td>上向き</td><td>24</td></tr><tr><td>横向き</td><td>27</td></tr><tr><td>下向き</td><td>23</td></tr></table> ●潮間の施工も可能です。 <table><caption>塗布開始後3時間における吸水率試験結果</caption><tr><th>状態</th><th>吸水比 (%)</th></tr><tr><td>未処理</td><td>100</td></tr><tr><td>塗布</td><td>34 (66%低減)</td></tr></table> ●水中でも吸水抑止性能は十分に発揮されます。 <table><caption>水深3mにおける吸水率試験結果</caption><tr><th>状態</th><th>吸水比 (%)</th></tr><tr><td>未処理</td><td>100</td></tr><tr><td>塗布</td><td>24 (76%低減)</td></tr></table> ●表面硬度が向上します。 <table><caption>摩耗輪法による耐摩耗性試験結果 (JIS K5600-5-9)</caption><tr><th>状態</th><th>摩耗量 (mg)</th></tr><tr><td>未処理</td><td>83</td></tr><tr><td>塗布</td><td>53 (36%低減)</td></tr></table> ・施工仕様 <table><tr><th>工程</th><th>材料名</th><th>標準使用量</th><th>塗布方法</th><th>乾燥時間</th></tr><tr><td>下塗り</td><td>T&C防食－塩害用－A液</td><td>0.15kg/m²※2</td><td>刷毛、ローラー、噴霧器</td><td>12時間以上 (最低1時間以上)</td></tr><tr><td>上塗り※1</td><td>T&C防食－塩害用－B液</td><td>0.10kg/m²※2</td><td>刷毛、ローラー、噴霧器</td><td>24時間以上 (最低2時間以上)</td></tr></table> ※1 目的によっては上塗り材のみの使用も可能です。 ※2 下地の表面状態によって、塗布使用量は異なります。 ■課　　題 ・2液性のため、他の含浸剤より性能は優れるが、施工手間がかかる。 ・飛沫帯への塗布は可能であるが、水中部の塗布はできない。	処理	実効拡散係数 (cm²/年)	未処理	1.55	一般珪酸系	1.11	一般シラン系	0.57	T&C防食-塩害用	0.33	塗布方向	吸水比 (%)	未処理	100	上向き	24	横向き	27	下向き	23	状態	吸水比 (%)	未処理	100	塗布	34 (66%低減)	状態	吸水比 (%)	未処理	100	塗布	24 (76%低減)	状態	摩耗量 (mg)	未処理	83	塗布	53 (36%低減)	工程	材料名	標準使用量	塗布方法	乾燥時間	下塗り	T&C防食－塩害用－A液	0.15kg/m²※2	刷毛、ローラー、噴霧器	12時間以上 (最低1時間以上)	上塗り※1	T&C防食－塩害用－B液	0.10kg/m²※2	刷毛、ローラー、噴霧器	24時間以上 (最低2時間以上)	『T&C 防食－塩害用－』の施工実績 ・東京、千葉、金沢などの港湾構造物および沖縄の建築物に採用された実績あり
処理	実効拡散係数 (cm²/年)																																																							
未処理	1.55																																																							
一般珪酸系	1.11																																																							
一般シラン系	0.57																																																							
T&C防食-塩害用	0.33																																																							
塗布方向	吸水比 (%)																																																							
未処理	100																																																							
上向き	24																																																							
横向き	27																																																							
下向き	23																																																							
状態	吸水比 (%)																																																							
未処理	100																																																							
塗布	34 (66%低減)																																																							
状態	吸水比 (%)																																																							
未処理	100																																																							
塗布	24 (76%低減)																																																							
状態	摩耗量 (mg)																																																							
未処理	83																																																							
塗布	53 (36%低減)																																																							
工程	材料名	標準使用量	塗布方法	乾燥時間																																																				
下塗り	T&C防食－塩害用－A液	0.15kg/m²※2	刷毛、ローラー、噴霧器	12時間以上 (最低1時間以上)																																																				
上塗り※1	T&C防食－塩害用－B液	0.10kg/m²※2	刷毛、ローラー、噴霧器	24時間以上 (最低2時間以上)																																																				

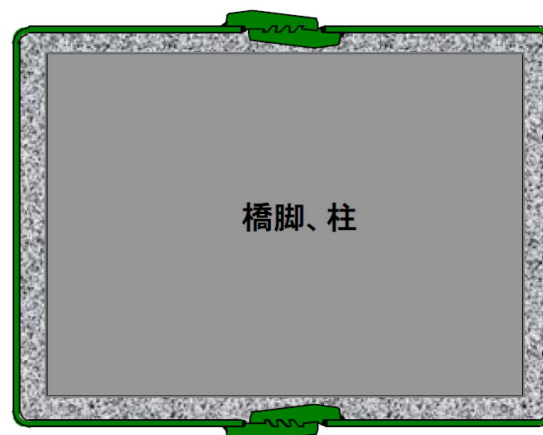
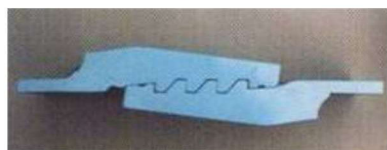
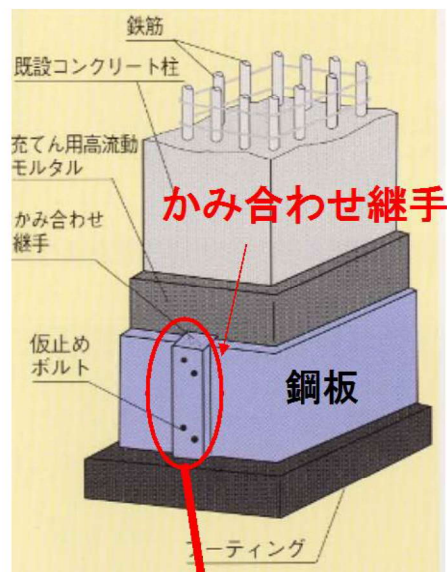
③ 補 修・補 強

無溶接型の機械式継手を用いた鋼板巻立て工法

《かみ合わせ鋼板巻立て工法》

【清水建設】

■工法の概要



- ・工期短縮(現場溶接不要)
- ・品質確保(同上)
- ・足場不要
- ・工費削減
- ・水中施工が可能

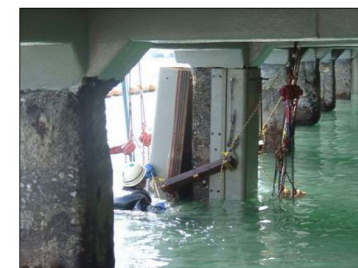
かみ合わせ鋼板巻立て工法

従来の現場溶接による鋼板巻立て補強に代わって、無溶接型の“かみ合わせ継手”を用いた鋼板巻立て工法。現場溶接が不要のため、従来工法と比較して以下のメリットがある。

- ・溶接作業員の技能や環境条件による品質のばらつきが無い。
- ・仮設足場が簡略化でき、現場作業も短時間でできるため、工期の短縮が可能。
- ・河川や港湾内では水中施工が可能で仮締め切りが不要となり、工期や工費を削減。
- ・重機が使用できない狭隘部では、分割・軽量化により人力施工が可能。

■施工事例

1. 水中の橋脚(仮締め切り無しで水中施工)



【大規模なもの(写真左)は4～8分割、小規模なもの(写真右)は2分割で施工】



【写真左から】
両国橋
(国土交通省)
かつしかハープ橋
(首都高速道路)
大黒大橋

2. ラーメン高架橋(仮設足場無しで短時間施工)



【固定足場の代わりに高所作業車を用いて施工】

3. 狭隘部の柱(重機無しで人力施工)



【重機が使用できない箇所の補強を分割・軽量化して人力で施工】

③ 補 修・補 強

かみ合わせ鋼板巻立て工法

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
鋼板巻立て工	かみ合わせ鋼板巻立て工法 従来の現場溶接に代わって、無溶接型のかみ合わせ継手を用いた機械式の鋼板巻立て工法。	■特徴 現場溶接による鋼板巻立て工法と比較して以下のメリットがある ・ 現場溶接が不要のため、作業員の技能や環境条件による品質のばらつきが無い。 ・ 仮設足場が簡略化でき、現場作業も短時間で出来るため、工期の短縮が可能。 ・ 河川や港湾内でも仮締め切りが不要で、水中施工が可能。 ・ 重機が使用できない狭隘部では、分割化により人力施工が可能 ■課題 ・ 継手が適用できるのは鉛直あるいは水平の一方向のみで、二方向同時には適用できない。	・ 高架橋、橋脚等、実績 700 件以上 ・ NETIS 登録 (TH-980001) ・ 技術審査証明取得 (道路保全技術センター)

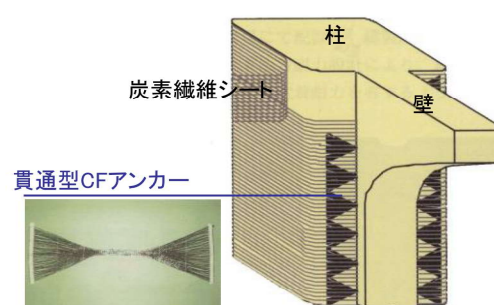
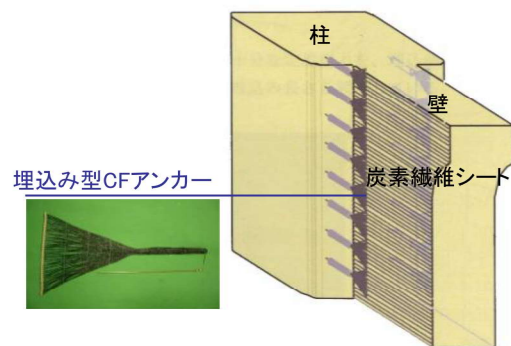
③ 補 修・補 強

炭素繊維ストランドアンカーを用いた炭素繊維シート定着工法

《CF アンカー》

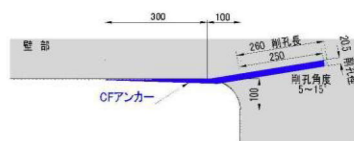
【清水建設】

■工法の概要

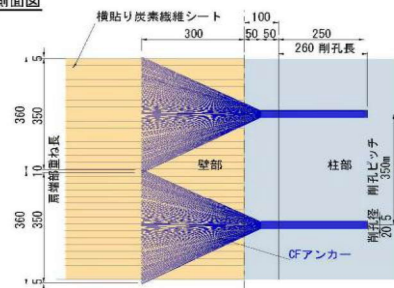


■施工事例

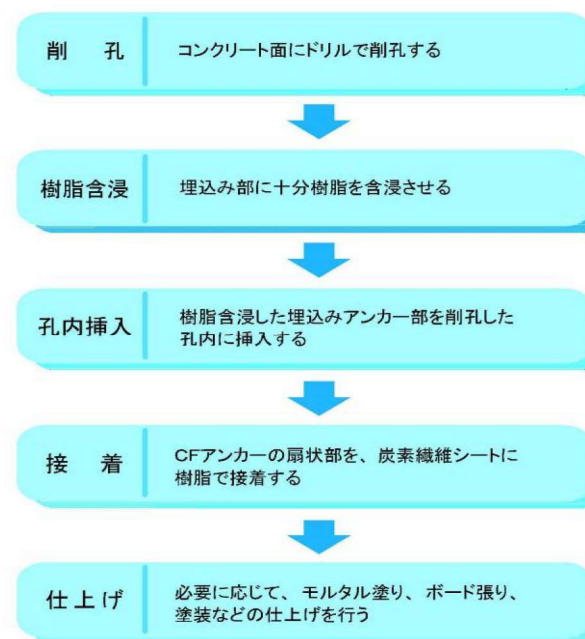
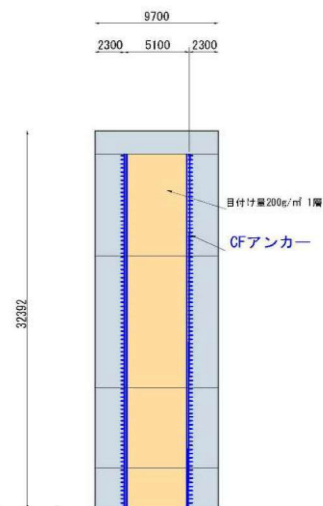
断面図



側面図



壁部水平方向炭素繊維シートおよびCFアンカー補強図



CF アンカー工法

炭素繊維シートの原材料である炭素繊維ストランドを束ねてアンカーとしたもので、束ねた炭素繊維ストランドの端部を扇状に広げて炭素繊維シートに接着してシートを定着する工法である。従来の鋼製ブラケットを用いる工法と比較して以下のメリットがある。

- ・シートおよびコンクリートとの接着機能が高く、シートの引張力を直接CFアンカーに伝達して定着することができる。シートの引張力を直線的に定着するため、鋼製ブラケットを介して定着する方式に比べてアンカーが小径となり、定着長も短い。
- ・炭素繊維シートと同様、軽量で可搬性に優れているため、揚重装置、懸架装置等が不要で、安全性が高い。
- ・躯体コンクリートの鉄筋に当たり、アンカー削孔が阻害された場合でも、削孔角度を変えることにより鉄筋を避けやすい。また、CFアンカーは軽量で取り扱いが容易である。



③ 補 修・補 強

CF アンカー工法

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強、アンカー工	CF アンカー工法 CF アンカーとは、炭素繊維シートの原材料である炭素繊維ストランドを束ねてアンカーとしたもので、束ねた炭素繊維ストランドの端部を扇状に広げて炭素繊維シートに接着し、一方は削孔した穴に樹脂で定着する工法である。	■特徴 従来の鋼製ブラケットを用いたアンカーと比較して以下のメリットがある。 (1) シートおよびコンクリートとの接着機能が高く、シートの引張力を直接CFアンカーに伝達して定着することができる。シートの引張力を直線的に定着するため、鋼製ブラケットを介して定着する方式に比べてアンカーが小径となり、定着長も短い。 (2) 炭素繊維シートと同様、軽量で可搬性に優れているため、揚重装置、懸架装置等が不要で、安全性が高い。 (3) 躯体コンクリートの鉄筋に当たり、アンカー削孔が阻害された場合でも、削孔角度を変えることにより鉄筋を避けやすい。また、CFアンカーは軽量で取り扱いが容易である。 ■課題 ・対応可能なシート層数に上限がある。	・橋脚、灯台等 30 件以上の実績 ・NETIS 登録

③ 補 修・補 強

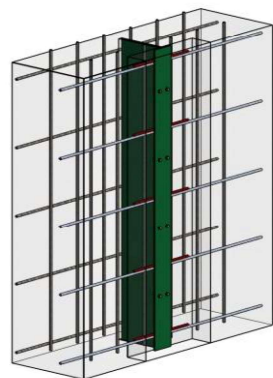
Tプレート工法 《橋台等の壁状部材に対する一方方向からのせん断補強工法(清水建設)》

壁状部材に対する一方方向からのせん断補強工法

《Tプレート工法》

【清水建設】

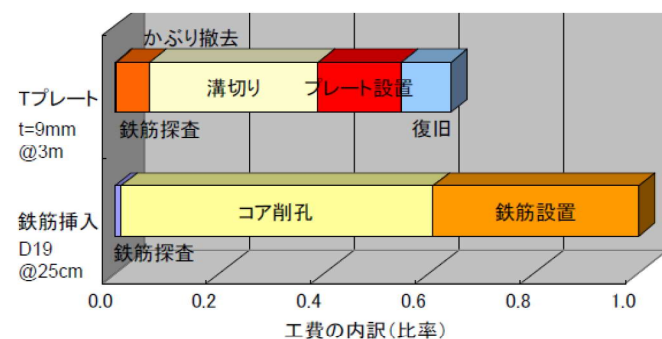
■技術の概要



補強工法の概要

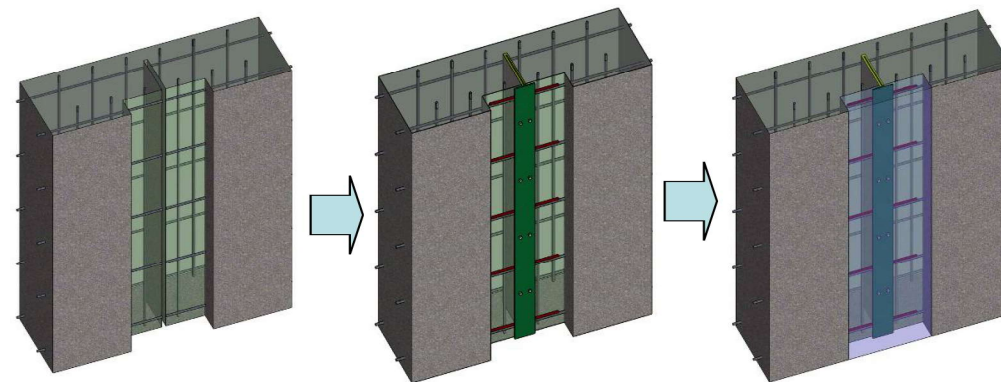


Tプレート



コスト比較の例

■施工手順



(1)鉄筋探査, (2)溝切り, (3)はつり

(4)Tプレート挿入, (5)配力筋復旧

(6)断面修復, (7)樹脂注入



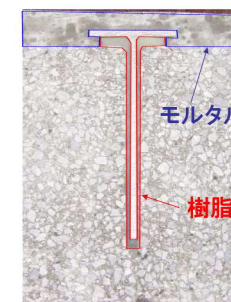
溝切り



はつり



断面修復



樹脂の充填状況

施工状況

Tプレート工法

Tプレート工法は、2～3m 間隔で幅 20～30mm の溝を切り、その中に厚さ 6～9mm 程度の T 型の補強プレートを挿入することによって橋台等の壁状部材のせん断補強を一方方向から行う工法である。

- ・従来の鉄筋挿入工法では、膨大な数量の補強鉄筋を数 10cm 間隔で設置することや、削孔時に既設鉄筋に干渉したりすること等、施工性や経済性に課題があった。
- ・Tプレート工法は、施工箇所が 2～3m に限定されるため、施工性が向上するとともにコストや工期が削減できる。また、支障物があって従来工法では補強できない場合等にも有効である。

③ 補 修・補 強

T プレート工法

補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
補強	T プレート工法 T 型の補強プレートを挿入し、壁式橋台等の壁状部材のせん断補強を一方向から行う工法。プレートの設置間隔が 2～3m のため、従来の鉄筋挿入工法に比べて施工性、経済性が向上する。	■特徴 ・従来の鉄筋挿入工法では、膨大な数量の補強鉄筋を数 10cm 間隔で設置することや、削孔時に既設鉄筋に干渉したりすること等、施工性に課題があった。 ・T プレート工法は、2～3m 間隔で幅 20～30mm の溝を切り、その中に厚さ 6～9mm 程度の T 型の補強プレートを挿入することによってせん断補強する工法である。 ・施工箇所が限定されるため、施工性が向上するとともにコストや工期が削減できる。また、支障物があって従来工法では補強できない場合等にも有効である。 ■課題 ・部材厚が大きいと施工性、経済性が低下する。	・橋梁下部工の他、ボックスカルバートや擁壁等にも適用可能。 ・特許 4822118

③ 補 修・補 強

水中橋脚の補修・補強工事施工時の仮設工法

《TRID 工法》

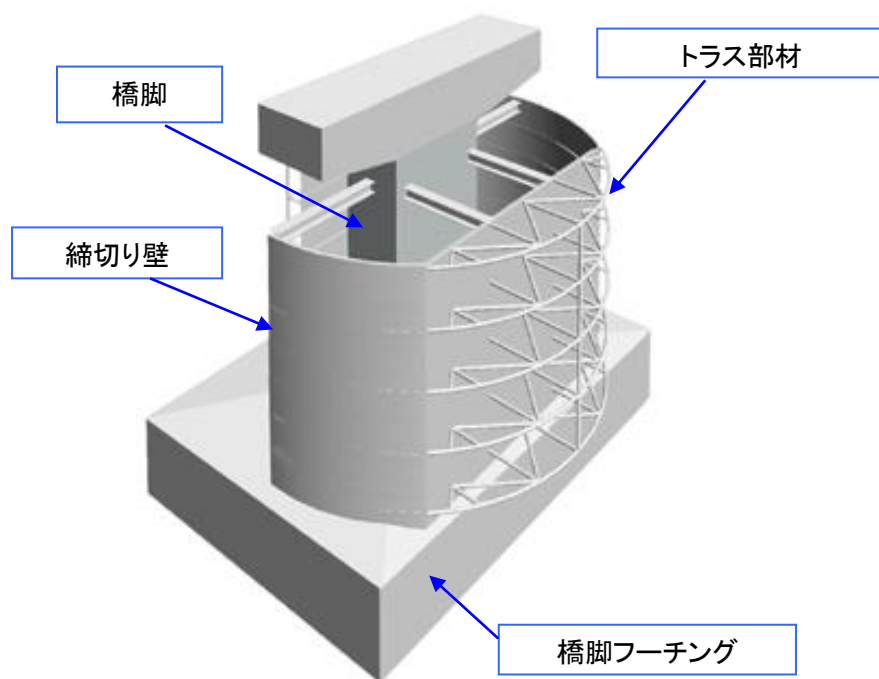
【(株)銭高組】

■技術の概要

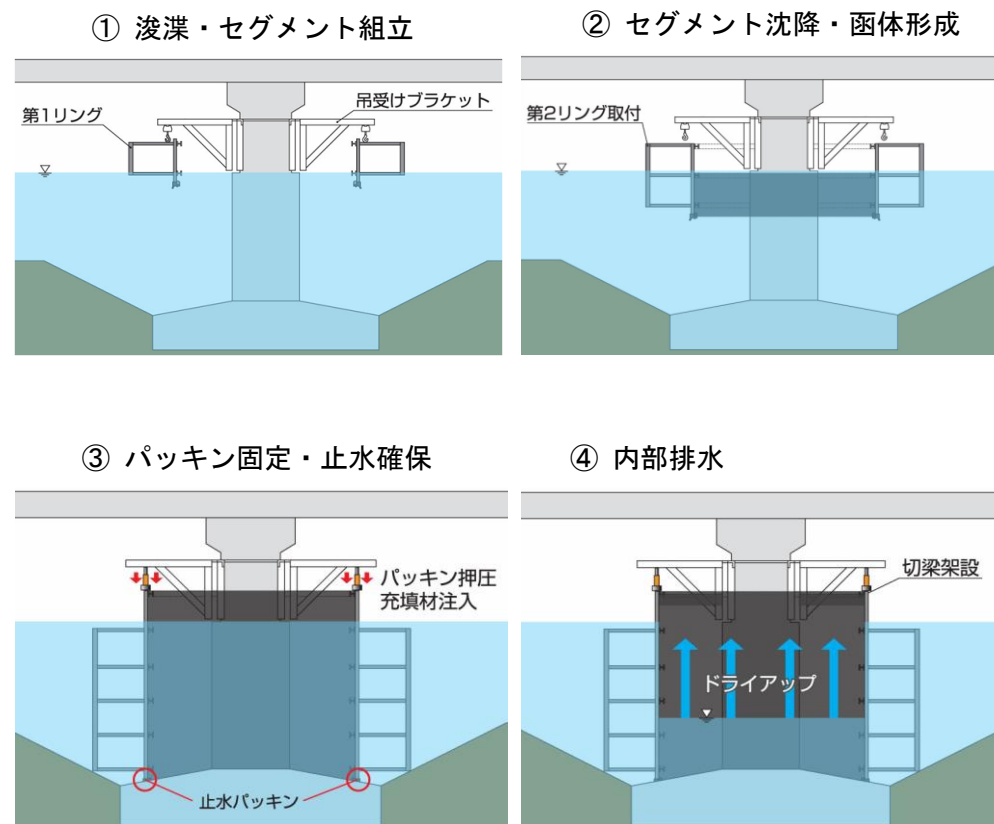
TRID (Trussed Ring for Cofferdam) 工法は、締切り壁の外周にトラス部材を配置することで、締切り内の腹起しおよび切梁を不要とし、低コストで広い作業空間を確保する工法です。

<特徴>

- ・切梁の架設、撤去、盛替え作業が省略できます。
- ・ドライアップ時間が短縮できます。
- ・広い作業空間が確保できます。
- ・補強工法（RC巻立て、鋼板巻立て、繊維巻立て）を選びません。
- ・水深 20m までの止水が容易に確保できます。



TRID 工法イメージ図

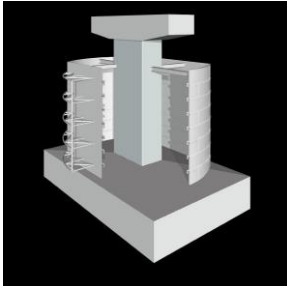
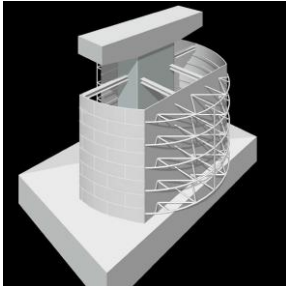


TRID 工法の施工手順

③ 補 修・補 強

適用技術

仮締切工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
仮締切工	仮締切構造 支保工材（補強トラス）をセグメント外周に配置することで、仮締切構造体の内側に支保工のない広い作業空間を容易に確保する。	■特 徴 ①補強トラスにより、仮設セグメント組立と同時に支保効果が発揮されるため、支保工架設作業が省略でき、撤去作業も同様に簡略化できる。 ②締切り内の腹起・切梁が不要となるため、施工空間が広く作業性が向上する。 ③仮設セグメントをフーチング上に置くため、鋼矢板仮締切り工法に比べ締切り面積が小さくできる。  	NETIS: KT-090005-A 特許：4977529, 4955459
	止水工法 二重のゴムパッキンで構成された止水壁先端を躯体上に沈設し、その内部に止水材を充填することで簡易に止水構造を形成する。	■特 徴 ①止水壁据え付け架台の設置、不陸調整等の作業なしに確実な止水が容易に確保できる。 ②柔軟なゴムパッキンを押しつぶし、内部には止水材を充填するため、不陸にも追従し様々な形状に対応できる。    設置時パッキン形状 押圧時パッキン形状 止水材充填時 ■課 題 フーチング土被りが3m以上になると、掘削（浚渫）土量が多くなるためコストが増大し従来工法（鋼矢板仮締切）と比べ不経済となる。 フーチング端部から橋脚柱までの離隔が 1.0m 以上ないと、止水パッキンの設置および作業空間の確保ができないため適用が困難となる。	

③ 補 修・補 強

高耐久埋設型枠

《PIC(Polymer Impregnated Concrete) フォーム》

【大成建設】

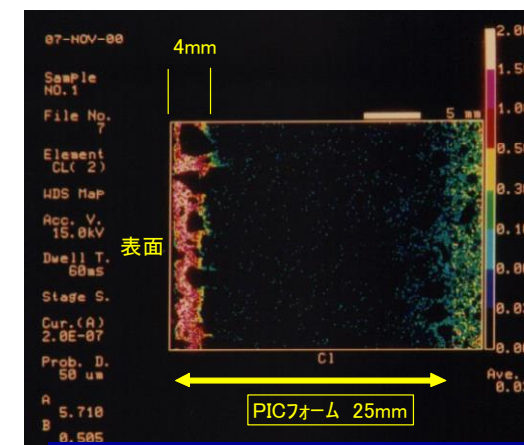
■技術の概要

PIC(Polymer Impregnated Concrete) フォームは硬化コンクリート(モルタル)の微細な空隙に、樹脂のモノマーを含浸、重合させポリマー化し、ち密にした複合強化材料で、この PIC 技術を応用し、19mm~40mm 厚の鋼繊維補強コンクリート板を PIC 化した埋設型枠です。塩害、凍結融解作用、波浪などによる磨耗作用が特に厳しい環境化においても、コンクリート構造物に高耐久性を付与することが可能となります。

●PICフォームの諸物性



項 目	規 格 値
圧縮強度	100N/mm ² 以上
曲げ強度	22.5N/mm ² 以上
引張強度	8.0N/mm ² 以上
弾性係数	37~45kN/mm ²
線膨張係数	1.1×10 ⁻⁵ /℃
ポリマー含浸厚	全板厚
粗度係数n	0.011
拡散係数	0.0038cm ² /年



補修 10 年後の塩化物イオン
浸透状況確認結果例

●PICフォームの適用事例



〔 橋梁下部工の波浪による塩害・磨耗対策 〕
波浪の厳しい橋梁下部工に於いての保全工事



〔 鉄道本設利用工事桁 〕
高架下道路の拡幅に伴う線路桁(SRC 造)の架け替え工事用工事桁。
高架下道路は交通量が多く、線路についても主要な営業線で列車通過時の大きな振動が頻繁に発生する為、PIC フォームは桁の鉄骨に取り付け、支保工を必要としない構造とし、振動に配慮した目地を採用



〔 海上栈橋の改修工事 工期短縮・塩害対策 〕
栈橋の改修工事。脱型を必要としないので、工期を短縮することが可能。また、将来のメンテナンスを軽減できる

③ 補 修・補 強

P I C フォーム

補修／補強材料

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
断面修復工 (型枠工)	高耐久埋設型枠	■特 徴 ・腐食作用、凍結融解作用、波浪などによる磨耗作用が特に厳しい環境化においても、コンクリート構造物に高耐久性を付与する埋設型枠としての性能を有している。 ・型枠背面 は粗骨材を埋めこんだ特殊な粗面構造とし、現場打ちコンクリートとの確実な一体性を確保しています。 ・現場打ちコンクリートとの一体性を確保するのに十分な付着強度を有するためコンクリート構造物の有効断面として考慮できます。かつ、脱型作業を無くすことにより省力化と工期の短縮を図ることが可能。 ・メンテナンスを目地部のみに限定できる。	・公募型技術審査証明 [第 0504 号] 取得 (H6 年 3 月) ・技術審査証明 [第 0107 号] 取得 (H2 年 3 月)

③ 補 修・補 強

連続炭素繊維シート複合パネル補強工法

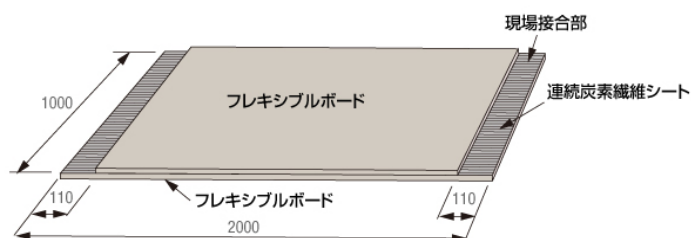
《CFパネル工法》

【大成建設】

■技術の概要

この技術は、連続炭素繊維シートを直貼りする工法に代わり、シートを内蔵した高強度で軽量かつ耐候性に優れた成形パネル板でコンクリート構造物を補強する工法です。トンネルや床版補強など面的に広がりのある箇所の補修補強に、多くの施工実績があります。

●N' パネルとは



●ボート間の接合



●適用例(床版補修)



●適用例(トンネル補修)



(道路トンネル)



(水路トンネル)

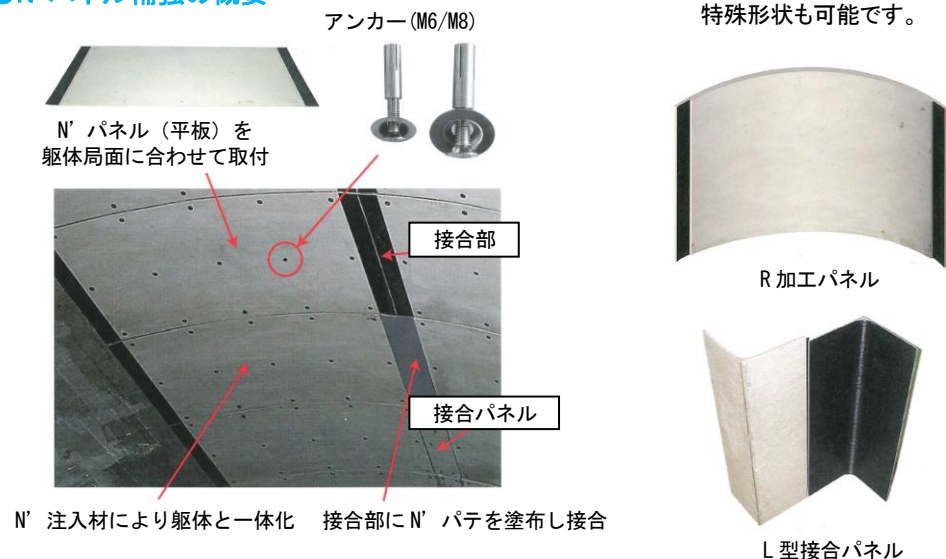
●技術登録

新技術情報提供システム(NETIS)登録 KT-010179

●CFパネル工法の特徴

1. 補強 内蔵の炭素繊維シートが鉄筋と同様に働き、コンクリートを補強できます。
3. 品質安定 従来の直貼工法では連続炭素繊維シートのエポキシ樹脂含浸が現場環境温度や作業者の熟練度に左右されますが、CFパネル工法では工場生産の為、品質が安定しています。
4. 躯体コンクリートとの一体化 N' パネルをアンカーで固定後、エポキシ樹脂注入により躯体と一体化します。
6. 耐火性、耐候性 N' パネル表面にフレキシブルボード(繊維強化セメント板)を使用している為、耐火性・耐候性に優れています。
7. フレキシブル性 N' パネルはフレキシブル性があり、曲面に合わせて取付できます。
8. 施工性 N' パネルは軽量なので作業性がよく、短い工期で施工できます。また、現場に合わせてパネルの切断加工等簡単に出来ます。
9. 導電対策 連続炭素繊維シートは全て N' パネル内部に内蔵している為、導電の心配がありません。

●N' パネル補強の概要



③ 補 修・補 強

CF パネル工法

補修・補強工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考																																																										
材料	N' パネル構成材料と施工材料	■特 徴 N' パネル構成材料一覧 <table><tr><th>品名</th><th>種類</th><th colspan="2">特 性</th></tr><tr><td rowspan="3">連続繊維シート</td><td rowspan="3">目付量(g/m²)</td><td>設計厚さ(mm)</td><td>引張強度(N/mm²)</td></tr><tr><td>200 (1方向)</td><td>0.111</td></tr><tr><td>300 (1方向)</td><td>0.167</td></tr><tr><td rowspan="3">高強度フレキシブル板 (t=3mm)</td><td rowspan="3">方向</td><td>比重</td><td>曲げ強度(N/mm²)</td></tr><tr><td>繊維方向</td><td>1.4～1.7</td></tr><tr><td>繊維直角方向</td><td>27以上</td></tr><tr><td rowspan="2">N' ボンド (含浸材)</td><td rowspan="2">エポキシ樹脂</td><td>比重</td><td>引張強度(N/mm²)</td></tr><tr><td>1.1±0.05</td><td>40以上</td></tr></table> N' パネル施工材料一覧 <table><tr><th>品名</th><th>種類</th><th colspan="3">特 性</th></tr><tr><td rowspan="2">N' パテ</td><td rowspan="2">エポキシ樹脂</td><td>比重</td><td>引張強度(N/mm²)</td><td>接着強度(N/mm²)</td></tr><tr><td>1.4±0.05</td><td>20以上</td><td>1.5以上</td></tr><tr><td rowspan="2">N' 注入材</td><td rowspan="2">エポキシ樹脂</td><td>比重</td><td>引張強度(N/mm²)</td><td>接着強度(N/mm²)</td></tr><tr><td>1.4±0.05</td><td>20以上</td><td>1.5以上</td></tr><tr><td rowspan="3">アンカー</td><td rowspan="3">ステンレス製</td><td>サイズ</td><td>引張最大荷重(kN)</td><td>せん断最大荷重(kN)</td></tr><tr><td>M6×25</td><td>6以上</td><td>27以上</td></tr><tr><td>M8×30</td><td>10以上</td><td>16以上</td></tr></table>	品名	種類	特 性		連続繊維シート	目付量(g/m ²)	設計厚さ(mm)	引張強度(N/mm ²)	200 (1方向)	0.111	300 (1方向)	0.167	高強度フレキシブル板 (t=3mm)	方向	比重	曲げ強度(N/mm ²)	繊維方向	1.4～1.7	繊維直角方向	27以上	N' ボンド (含浸材)	エポキシ樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)	1.1±0.05	40以上	品名	種類	特 性			N' パテ	エポキシ樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)	接着強度(N/mm ²)	1.4±0.05	20以上	1.5以上	N' 注入材	エポキシ樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)	接着強度(N/mm ²)	1.4±0.05	20以上	1.5以上	アンカー	ステンレス製	サイズ	引張最大荷重(kN)	せん断最大荷重(kN)	M6×25	6以上	27以上	M8×30	10以上	16以上	
品名	種類	特 性																																																											
連続繊維シート	目付量(g/m ²)	設計厚さ(mm)	引張強度(N/mm ²)																																																										
		200 (1方向)	0.111																																																										
		300 (1方向)	0.167																																																										
高強度フレキシブル板 (t=3mm)	方向	比重	曲げ強度(N/mm ²)																																																										
		繊維方向	1.4～1.7																																																										
		繊維直角方向	27以上																																																										
N' ボンド (含浸材)	エポキシ樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)																																																										
		1.1±0.05	40以上																																																										
品名	種類	特 性																																																											
N' パテ	エポキシ樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)	接着強度(N/mm ²)																																																									
		1.4±0.05	20以上	1.5以上																																																									
N' 注入材	エポキシ樹脂	比重	引張強度(N/mm ²)	接着強度(N/mm ²)																																																									
		1.4±0.05	20以上	1.5以上																																																									
アンカー	ステンレス製	サイズ	引張最大荷重(kN)	せん断最大荷重(kN)																																																									
		M6×25	6以上	27以上																																																									
		M8×30	10以上	16以上																																																									
設計	設計の考え方	■特 徴 ・ N' パネルの必要な強度特性は試験により確認することを原則とする。試験方法は、連続繊維シートを対象とした以下の試験方法をパネルに対して準用する。 a) JSCE-E541-2000 連続繊維シートの引張試験方法 (案) b) JSCE-E542-2000 連続繊維シートの継手試験方法 (案) c) JSCE-E543-2000 連続繊維シートとコンクリートとの付着試験方法 (案) ・ 構造検討は、連続炭素繊維シートの直貼りと同等の考え方で行う。検討方法は、土木学会：コンクリートライブラリー101「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強設計指針」を参照。なお、剥離・剥落防止に用いる場合には2方向の繊維が必要である。検討方法は、トンネル安全対策工法協会「FRPによるトンネル復興の剥落対策工マニュアル」を参照。																																																											
施工	施工手順 準備工 ↓ 下地ケレン工 ↓ プライマー塗布工 ↓ 本体パネル設置工 ↓ 接合パネル設置工 ↓ 目地・端部シール工 ↓ エポキシ樹脂注入工 ↓ 充填検査工 ↓ 片付け工  エポキシ樹脂注入	■特 徴 準備工 調査・測量などにより、設計図と現況との確認を行い、その結果に基づき、パネルの配置やパネル間隔を定め、パネルの工場加工を行う。 下地ケレン工 ディスクサンダー、サンドブラストあるいは高圧洗浄機を用いてトンネルの壁面をケレンする。高圧洗浄圧力は、壁面のコンクリート強度にもよるが、50～100kgf/cm2 程度とする。なお、ケレンの確認は目視によるものとする。 プライマー塗布工 パネルを貼り付けるコンクリート面が湿潤な場合、乾燥機を用いて乾かす。その後、全面にプライマーとしてエポキシ注入剤を 0.15kg/m2 程度、刷毛で塗布する。 本体パネル設置工 パネルの取付けはトンネル始点から終点、天端からインバート方向に行う。また、トンネル軸方向の曲線に対しては、パネルとパネルの目地幅で調整する。 接合パネル設置工 接合パネルは、接合面にエポキシパテを塗布した直後に、アンカーを打設し、固定する。パネルとパネルの目地幅は1cmを標準とするが、トンネル軸方向の曲線状況、断面形状、壁面の不陸状況などで目地幅を定めてよい。 目地・端部シール工 目地及びアンカー頭部は、エポキシパテでシールする。 エポキシ樹脂注入工 エポキシ樹脂の注入は、機械式低圧注入機を用いて行う。注入はパネルの下部から上部に、かつ両サイドから中央に向かって順次行う。充填状況は、パネルの表面を小型ハンマー（50g 程度）で叩き、打音で確認する。 充填検査工 壁面とパネルとの接着状況は、打音で検査を行う。小型ハンマー（50g 程度）を用いてパネル全面を叩き、打音による確認を行う。 ■課 題 ・ 柱部材などの耐震補強への適用性の検討が望まれている。	【柱部材への適応性に対する解決策】 ・ 柱部材の耐震補強材料としての適用性を、当社技術研究所にて実験中。																																																										

③ 補修・補強

低粘度型アクリル樹脂を用いたひび割れ補修工法

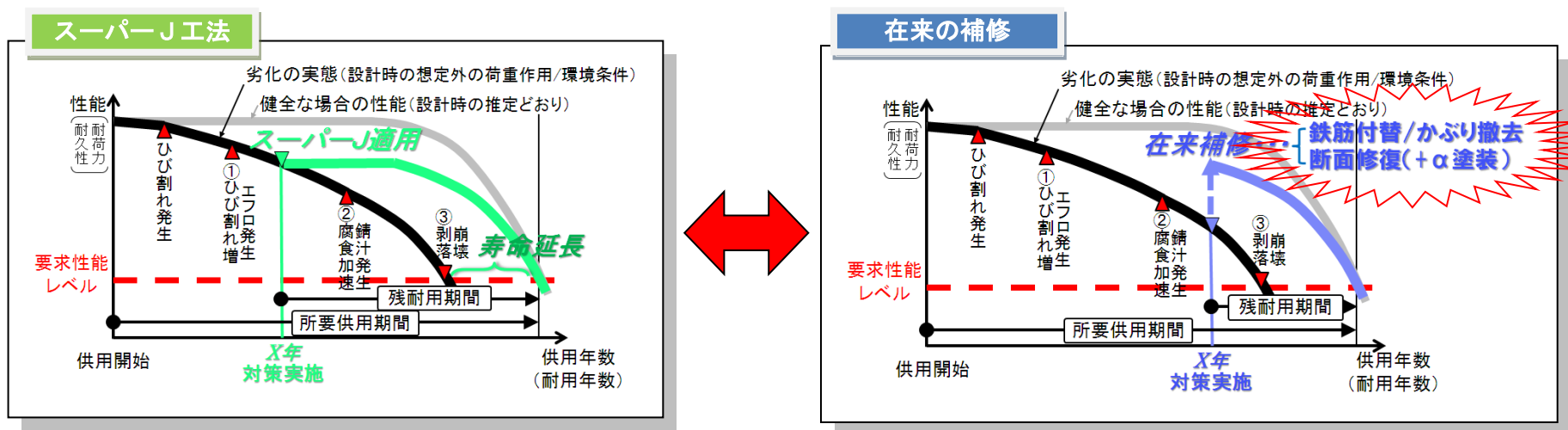
《スーパーJ工法》

【大成建設】

■技術の概要

0.1 mm以下の微細ひび割れでも容易に浸透・充填可能な低粘度型アクリル樹脂を使用することで、ひび割れ発生初期段階での補修を可能し、早期対応による鉄筋コンクリート構造物の延命化(予防保全)を図れます。

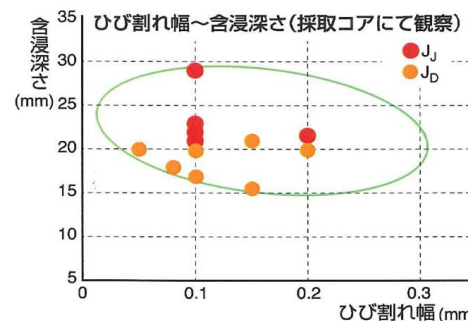
●スーパーJ工法適用による補修効果の考え方



- 早期対応を行うことで、維持補修に関するトータルコスト抑制が可能となる。

●スーパーJ工法の適用範囲と材料の基本性状

適用工法	塗布含浸	低圧注入
樹脂の含浸 / 注入深さ	表層部 10~30mm程度	表層部 100mm程度 (主鉄筋内部)
ひび割れ幅 (mm)	$\leq 0.3\text{mm}$ $\geq 0.3\text{mm}$	○ × ○



—ひび割れ幅と含浸深さ(採取コアにて観察)—

工 法	スーパーJ工法	エポキシ樹脂注入工法
使用樹脂	アクリル樹脂	エポキシ樹脂
温度範囲	-10℃~35℃	5℃~35℃
可使時間	30分~60分	60分~90分
硬化時間	2時間以内	10~20時間
特性		
硬化収縮	無機系に比べて硬化収縮が大きい	無機系に比べて硬化収縮が大きい
接着性	・コンクリートに対する接着性が優れ、 ・湿潤面に対しても接着力を発揮できる。 ・水濡れひび割れにも適用可能	・コンクリートに対する接着性に優れるが、 ・湿潤面に対して接着性が劣る。
硬化特性	・0℃以下でも硬化する。 ・どの季節でも短時間施工が可能。	・5℃以上で硬化する。

③ 補修・補強

スーパーJ工法

補修／補強材料

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考																																										
ひび割れ補修工	低粘度型アクリル系ひび割れ補修材	■特 徴 1) 超低粘度である（100～300 mPa・s）. ① 超低压で0.1mm以下の微細なひび割れにも容易に浸透・充てんする. ② 0.3mm以下の微細ひび割れに対して、コンクリート表面からハケなどで塗布するだけで毛細管現象によりひび割れへの含浸・充てんが可能（10～30mm程度）. 2) 速硬性であるので工期短縮が可能 ① 可使時間：30～60分程度 ② 硬化時間：60～90分程度 3) 低温でも硬化する ① 使用温度範囲：－10～35℃ 低温と乾燥により、ひび割れ幅が最も大きくなる冬季に施工が可能である. →ひび割れ注入後のコンクリートの温湿度変化による膨張・収縮の繰返しによる“再ひび割れ発生”リスクを低減できる。（低温時施工により、ひび割れ幅の変動への追従性を担保） 4) 湿潤面、油面でも施工可能で、いずれも良好な接着性を有す. 5) 耐候性に優れている. <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">性 能</th><th>試験値</th><th>JIS A6024規格値 (低粘度型エポキシ樹脂)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">粘度 (mPa・s)</td><td>300</td><td>100～1000</td></tr> <tr> <td colspan="2">硬化収縮率 (%)</td><td>2.7</td><td>3 以下</td></tr> <tr> <td rowspan="2">加熱変化率 (%)</td><td>質量変化</td><td>0.6</td><td>5 以下</td></tr> <tr> <td>体積変化</td><td>1.0</td><td>5 以下</td></tr> <tr> <td rowspan="2">接着強さ (N/mm²)</td><td>乾燥面</td><td>9.2</td><td>6.0 以上</td></tr> <tr> <td>湿潤面</td><td>8.2</td><td>3.0 以上</td></tr> <tr> <td colspan="2">引張強さ (N/mm²)</td><td>16.5</td><td>15.0 以上</td></tr> <tr> <td colspan="2">引張破壊伸び (%)</td><td>3.0</td><td>10 以下</td></tr> <tr> <td>耐薬品性</td><td>質量・引張強度の変化を測定</td><td colspan="2">蒸留水、10%硫酸・塩酸・水酸化ナトリウム、飽和水酸化カルシウム、95%ベンゼン、ガソリン等に対して、優れた抵抗性を示す</td></tr> <tr> <td>極低温硬化性</td><td>(－10℃)</td><td colspan="2">－10℃でも硬化し、充分な接着強さを発現</td></tr> </tbody> </table>	性 能		試験値	JIS A6024規格値 (低粘度型エポキシ樹脂)	粘度 (mPa・s)		300	100～1000	硬化収縮率 (%)		2.7	3 以下	加熱変化率 (%)	質量変化	0.6	5 以下	体積変化	1.0	5 以下	接着強さ (N/mm ²)	乾燥面	9.2	6.0 以上	湿潤面	8.2	3.0 以上	引張強さ (N/mm ²)		16.5	15.0 以上	引張破壊伸び (%)		3.0	10 以下	耐薬品性	質量・引張強度の変化を測定	蒸留水、10%硫酸・塩酸・水酸化ナトリウム、飽和水酸化カルシウム、95%ベンゼン、ガソリン等に対して、優れた抵抗性を示す		極低温硬化性	(－10℃)	－10℃でも硬化し、充分な接着強さを発現		
性 能		試験値	JIS A6024規格値 (低粘度型エポキシ樹脂)																																										
粘度 (mPa・s)		300	100～1000																																										
硬化収縮率 (%)		2.7	3 以下																																										
加熱変化率 (%)	質量変化	0.6	5 以下																																										
	体積変化	1.0	5 以下																																										
接着強さ (N/mm ²)	乾燥面	9.2	6.0 以上																																										
	湿潤面	8.2	3.0 以上																																										
引張強さ (N/mm ²)		16.5	15.0 以上																																										
引張破壊伸び (%)		3.0	10 以下																																										
耐薬品性	質量・引張強度の変化を測定	蒸留水、10%硫酸・塩酸・水酸化ナトリウム、飽和水酸化カルシウム、95%ベンゼン、ガソリン等に対して、優れた抵抗性を示す																																											
極低温硬化性	(－10℃)	－10℃でも硬化し、充分な接着強さを発現																																											

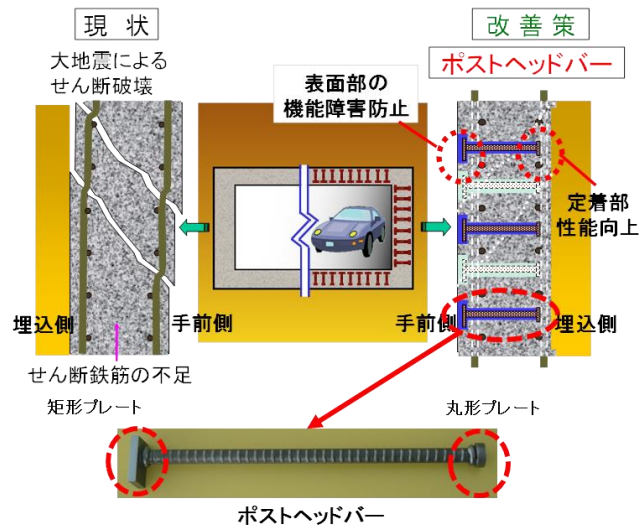
③ 補 修・補 強

既設コンクリート構造物の耐震補強工法 《後施工プレート定着型せん断補強鉄筋（ポストヘッドバー）によるせん断補強工法》 【大成建設(株)】

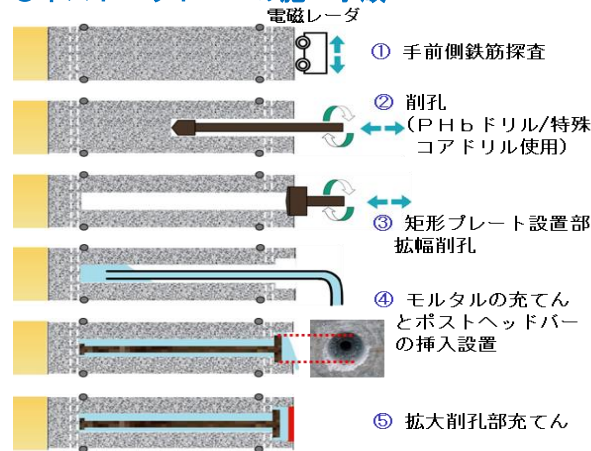
■技術の概要

ポストヘッドバーは、鉄筋の両側にプレートを摩擦圧接した補強鋼材です。既設RC構造物の手前側から削孔した孔内に、専用のモルタル・グラウトを用いてポストヘッドバーを挿入・定着することで、これまで補強が困難であったRC地下構造物のせん断耐力を効率的に向上できます。また、ポストヘッドバーは躯体内埋め込まれるので、既設鉄筋コンクリート構造物に対してメンテナンスの増大を招くことなく、確実な補強が経済的に可能です。

本工法は国交省が管轄する空港の滑走路下の道路・水路トンネルや大地震が懸念されている地域の水門の堰柱などに適用されています。



●ポストヘッドバーの施工手順



●施工実績

2013年4月1日現在

対象施設		施工件数
道路	空港アクセス 地下道・道路橋	7件
浄化センター	最終沈殿池他	110件
ポンプ場	ポンプ室・ マンホール他	66件
鉄道	地下駅舎・ トンネル部	5件
浄水場	配水池他	35件
水門	津波対策用 防潮水門他	18件
排水路	地下排水路	4件
発電所	貯水池・水路	3件

施工中案件を含む
合計：248件 452,000本以上



国土交通省北海道開発局
新千歳空港地下道耐震対策工事



国土交通省北海道開発局
新千歳空港1号涵渠耐震対策工事



国土交通省中部地方建設局
豊川放水路分流堰耐震対策工事

③ 補 修・補 強

既設鉄筋コンクリート構造物のせん断補強工法（ポストヘッドバー工法）

耐震補強工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
せん断補強	①設計法 ポストヘッドバーのせん断耐力は、ポストヘッドバーの配置量と同量の先施工のスターラップが受け持つせん断耐力に、ポストヘッドバーの材質・径・主鉄筋間隔から算出される有効係数をかけることにより容易に算出できます。 ②鉄筋探査 条件が良ければ、最深 300mm まで手前側鉄筋探査が可能。 探査結果から適切な削孔位置を決定します。 ③削孔 PHb ドリル・特殊コアドリルを使用することにより、壁・底版だけでなく、梁・柱など鉄筋が輻輳している場合でも既設鉄筋を切らずに、方向によらず合理的に削孔可能。 ④ポストヘッドバーの挿入・定着 専用のモルタル・グラウトを使用することで、充てん性を確保しつつ、方向によらず合理的に充てんが可能。 ポストヘッドバーの挿入も、ほとんどの場合人力でできるため、大型機械を使う必要がない。 ⑤断面修復 厚付けモルタルの左官仕上げにより、補強前と同等の耐久性を確保できる。	■特 徴 ・2005 年土木研究センターから建設技術審査証明を取得 主な適用構造物が、“地震時の変形量が限定される地中構造物など、背面に地盤などがあり片側しか施工できない既設コンクリート構造物”と限定されていた。 ・2007 年度から 2012 年度までに上水道・下水道関連施設、道路・鉄道トンネルなどの地中構造物を中心に、施工中も含め 248 件、45 万本以上の実績がある。 ・2011 年建設技術審査証明の内容更新 (1) 使用できるポストヘッドバーの径・材質の増加 径 : D16～D22 ⇒ D13～D32 材質 : SD345 ⇒ SD345, SD390 (2) ポストヘッドバーの性能を表す有効係数 β の算出法の変更 0.8 で一定値 ⇒ 最大 0.9 ただし、鉄筋材質・鉄筋径・補強対象部材の主鉄筋間隔によって変化 (3) 堰・水門・橋台・橋脚などの既設半地下および地上構造物に対する設計法が明確となる 上記の構造物へ適用する場合は、あくまでも、“せん断補強”の目的で用いるものとし、変形性能の改善を目的とする補強に用いてはならない。また、これらの構造部の変形の応答の算出の際に使用できる変形性能に寄与するせん断補強鉄筋量の算出法が規定される。なお、同一の鉄筋材質・鉄筋径・補強対象部材の主鉄筋間隔であれば地中構造物と同一の有効係数を使用できる。 ・2011 年建設技術審査証明の内容更新の結果、これまでと同様の上水道・下水道関連施設、道路・鉄道トンネルなどの地中構造物の他、水門の堰柱などの地上構造物への適用可能となり実績も増えている。	

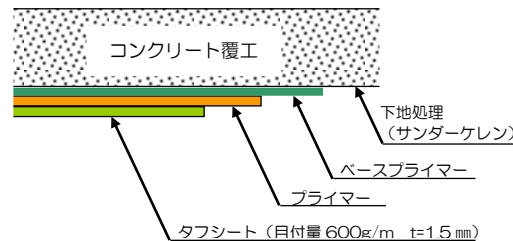
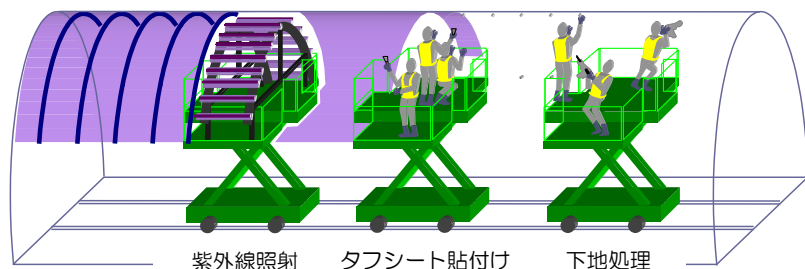
③ 補修・補強

既設コンクリート構造物の補修技術

《タフシート工法》

【鉄建建設（株）】

■概 要



〈トンネル補修の例〉

トンネルの既設覆工面に、「タフシート（紫外線硬化型FRPシート）」を貼付け、コンクリート片等の剥落を防止するとともに、遮水性・耐薬品性に優れた防食被覆層を形成するものです。鉄道や道路トンネル、高欄の補修や、下水道施設の防食被覆工事に適用できます。

また、橋脚柱に積層して巻き付けることにより、既設RC柱の耐震補強にも適用できます。

■特 徴

1. 樹脂の含浸作業が不要で、シートの硬化時間も短いので、作業時間に制約を受ける場所での施工に適しています。
2. 補強材としてガラス短繊維マットを使用しており、どの方向に対しても同一の強度があります。
また、現場で自由に裁断でき、部分的な補修が可能です。
3. シート自体は透明で耐久性に優れており、補修後もコンクリート面の状態が確認できます。
4. 電気絶縁特性を有しているので、電気設備の絶縁低下や電食の問題がありません。
5. 耐熱劣化特性・耐熱衝撃性に優れ、自己消火性も備えています。



〈中央自動車道小仏トンネル集中工事施工状況〉

■施工例

箇 所	鉄道トンネル(上越新幹線)	道路トンネル(東名高速道路)	下水道内面被覆(下水道幹線)	橋脚耐震補強(東海道新幹線)
工 事 名	上越幹、浦佐・長岡間妙見T災害応急工事 (中越地震)	東名高速道路日本坂トンネル補修工事	新赤坂幹線工事	西大井・新川崎間東海道新幹線高架橋耐震補強
発 注 者	東日本旅客鉄道株式会社	日本道路公団 東京管理局	清水・りんかい日産・佐伯建設JV (東京都下水道局)	東日本旅客鉄道株式会社
工 期	平成 16 年 11 月～12 月	平成 16 年 7 月 21 日～平成 17 年 3 月 7 日 (右ルート閉鎖は平成 16 年 8 月 29 日～12 月 19 日)	平成 17 年 4 月	平成 18 年 10 月～平成 21 年 2 月
工事場所	新潟県小千谷市妙見	静岡県静岡市小坂～静岡県焼津市野秋	港区赤坂 2、3、5、6 丁目	東海道新幹線西大井・新川崎間 東京都品川区
工事数量	妙見トンネル: $10.05 \times 55\text{m} = 552.75 \text{ m}^2$ 滝谷トンネル: $10.05 \times 9\text{m} = 90.45 \text{ m}^2$	トンネル延長 2,045mのうち、 円周約 13.2m × 延長 1,028m = 13,547 m^2	仕上がり内径 $\phi 2.7\text{m} \times$ 施工延長 83.78m $\div 710 \text{ m}^2$	63 基(126 本) = 23,000 m^2
写 真	 〈妙見トンネル〉			 〈施工中〉

③ 補 修・補 強

既設コンクリート構造物の補修技術（タフシート工法）

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
剝落防止工	■トンネル補修工法 NEXCOトンネル施工管理要領（はく落一小片を超えるはく落対策工の材料） ■下水道内面被覆工法 下水道防食技術指針シートライニング工法（D₂種）適合 ■既存RC柱耐震補強工法 既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針PPS巻補強編（鉄道総合技術研究所）	■特 徴 補強繊維に樹脂を含浸させる繊維接着工法と比較して以下のメリットがある。 ・施工面にプライマー（接着樹脂）を塗布し、すぐにシートを貼付け、シート表面に紫外線を照射して約20分で硬化する。短時間で容易に施工できるため、作業時間に制約を受ける場所での施工に適している。 ・補強繊維にガラス短繊維マットを使用しており、どの方向に対しても同一の強度が得られ、現場で容易に裁断できる。そのため、施工箇所に合わせて現場で加工ができ、部分的な補修にも対応できる。 ・シート自体は透明で耐久性に優れており、補修後もコンクリート面の状態が確認できる。 ・電気絶縁特性を有しているため、電気設備の絶縁低下や電食の問題がない。 ・耐熱劣化特性・耐熱衝撃性に優れ、自己消火性も備えている。 ■課 題 補強繊維に樹脂を含浸させる繊維接着工法と比較して以下のデメリットがある。 ・硬化前のシートは折り目やしわが残りやすいため、運搬や施工場所への持ち込みに注意が必要。 ・硬化に紫外線蛍光灯が必要で、照度や照射時間の管理が必要となる。	・NETIS登録（KT-010065-A） ・技術審査証明取得（下水道技術）

③ 補修・補強

既設コンクリート構造物の補修技術 《タフメッシュ工法》

【鉄建建設（株）】

繊維シートによる簡易なコンクリート片はく落防止工法

☆国土交通省

【NETIS 登録工法・KT-110012-A】

☆特長

■ 施工性がよい

- ①タフメッシュ工法は、接着樹脂を使用した直後にシートを施工可能です。
[施工工程は含浸プライマーを入れても実質 2 工程]
- ②地処理後または含浸プライマー硬化後即日ではく落対策工が完成します。
- ③供用中の道路規制回数の低減が可能
- ④シートが工場で成型されているため、品質が安定

■優れた耐候性

シートに耐候性を付与。トップコートが不要。
5,000h の促進耐候試験で光沢度保持率 89%

■補修後もコンクリート面を観察可能

シートが透明なので、補修後もコンクリート表面の状況を観察することが可能です。

■ NEXCO の橋梁とトンネル双方に適合

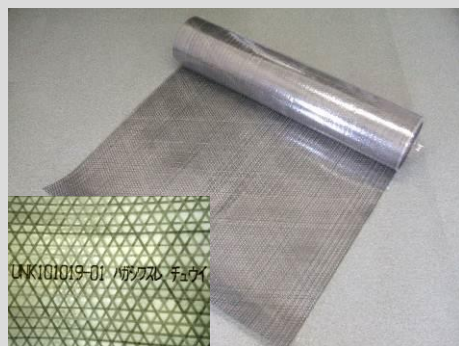
NEXCO3 社：

構造物施工管理要領、はく落防止適合

トンネル施工管理要領、小片はく落適合

◎同じ材料で、トンネルと橋梁のはく落対策ができる

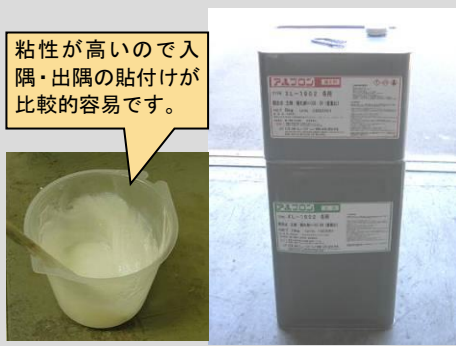
☆タフメッシュ工法の主な材料と性能☆



タフメッシュシート

(TMS-1810) t=0.5mm

1m×30m(両面PETフィルム付き)で提供
試験法 424 はく落防止の押抜き試験
+50℃で 2.1kN、-30℃で 2.3kN
(規格値 1.5kN 以上)



接着剤 (アルプロンXL-1902)

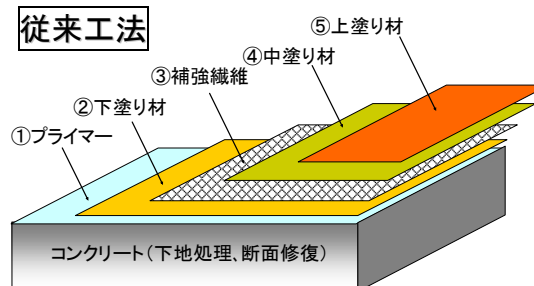
主剤：硬化剤=2：1

10kg+5kg=15kgで提供

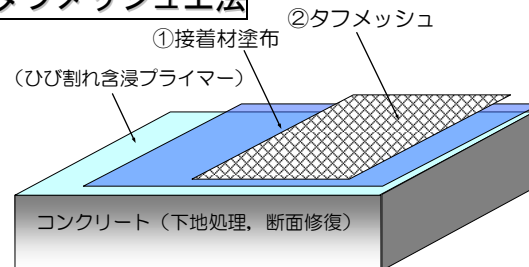
付着強さ試験：JSCE-E545-2000 準拠
温冷繰返し 30 日養生 2.7N/mm²
(規格値 1.5N/mm² 以上)

実績：国交省・NEXCO3社・JR東日本・JR九州他、2万㎡以上

◇工法比較◇



タフメッシュ工法



*含浸プライマーは必要により使用

施工手順

下地処理



必要により含浸プライマーを塗布します

接着剤塗布



シート貼付け



脱泡作業



③ 補 修・補 強

既設コンクリート構造物の補修技術（タフメッシュ工法）

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリート 構造物剝落防 止工	■トンネル補修工法 NEXCOトンネル施工 管理要領（はく落－小片 はく落対策工の材料） ■橋梁等の補修工法 NEXCO構造物施工管 理要領	■特 徴 1, 施工性がよい ①タフメッシュ工法は、接着樹脂を使用した直後にシートを施工可能です。 [施工工程は含浸プライマーを入れても実質2工程] ②よって下地処理後または含浸プライマー硬化後即日ではく落対策工が完成します。 ③供用中の道路規制回数の低減が可能 ④シートが工場で成型されているため、品質が安定 2, 優れた耐候性 シートに耐候性を付与。トップコートが不要。 5,000hの促進耐候試験で光沢度保持率89%) 3, 補修後もコンクリート面を観察可能 シートが透明なので、補修後もコンクリート表面の状況を観察することが可能。 4, NEXCOの橋梁とトンネル双方に適合 NEXCO3 社：構造物施工管理要領、はく落防止適合。トンネル施工管理要領、小片はく落 適合 ◎同じ材料で、トンネルと橋梁のはく落対策ができる ■課 題 ・シート状に成型されているため、複雑な形状には貼り付けにくくなる傾向がある。	・NETIS登録（KT-110012-A）

③ 補 修・補 強

■概 要

本工法は高架橋や建築物の柱に耐震補強用の鋼板を設置する際、地中部に鋼板を油圧ジャッキで圧入して設置する工法です。

補強する柱に地上で補強鋼板を巻立てます。巻立てた鋼板に高圧水管と振動器を取付け、圧入用ジャッキと反力台を設置して、鋼板を地中にジャッキで圧入します。ジャッキが全伸したら、ジャッキを縮めて反力台を下げます。そして、反力台を再度固定して圧入を繰り返します。圧入長が長い場合は、補強鋼板を複数段連結することによって、対応が可能です。

圧入完了後は補強鋼板と柱との間に、注入材（セメントミルクなど）を充填して一体化を図り、耐震補強は完了します。

■特 徴

◆開削作業が不要になります

- ・従来工法の開削作業が必要ないため、掘削用の重機作業がなくなります。
- ・狭隘な作業スペースでの作業が可能です。
- ・特に高水位箇所では、水替えが不要となり工期とコストを低減可能です。

◆補助工法により円滑な施工が可能です

- ・礫混じり層でも補助工法（ジェット、溝掘、置換など）を併用することにより鋼板の圧入が可能です。
- ・圧入工法のため、騒音がありません。

◆鋼板に偏りは生じません

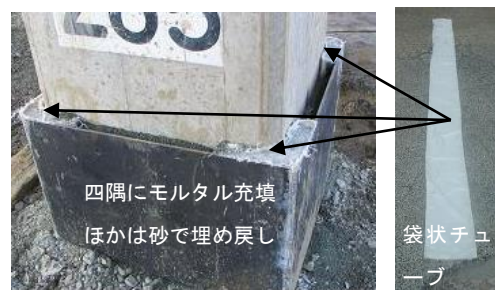
- ・ローラ式スペーサにより、鋼板の偏りを防止できます。

◆充填材を確実に充填できます

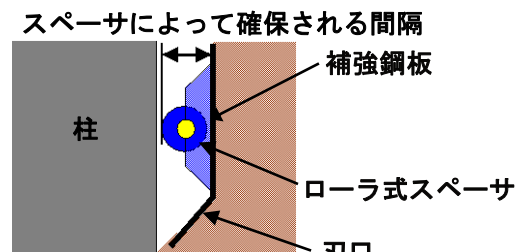
- ・袋状のチューブ内に水中不分離性モルタルを入れるので所定の位置に確実に充填できます。また、四隅以外は砂で充填します。

■施工例

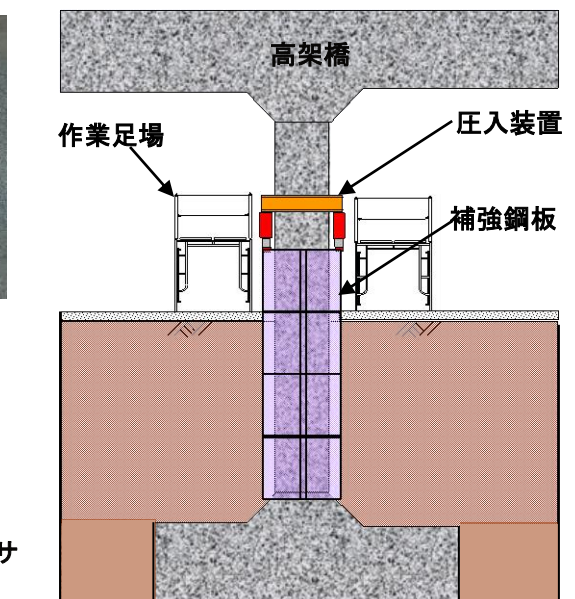
- ◆山陽新幹線高架橋耐震補強 90本（ＪＲ西日本）
- ◆湖西線高架橋耐震補強 256本（ＪＲ西日本）
- その他、合計400本程度の実績があります。



鋼板内充填方法



刃口詳細図



施工状況概要図

③ 補 修・補 強

鉄道高架橋の耐震補修技術（地中部鋼板圧入耐震補強工法）

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強工	■鋼板巻き耐震補強工法	■特 徴 1, 開削作業が不要になります ・従来工法の開削作業が必要ないため、掘削用の重機作業がなくなります。 ・狭隘な作業スペースでの作業が可能です。 ・特に高水位箇所では、水替えが不要となり工期とコストを低減可能です。 2, 補助工法により円滑な施工が可能です ・礫混じり層でも補助工法（ジェット、溝掘、置換など）を併用することにより鋼板の圧入が可能です。 ・圧入工法のため、騒音がありません。 3, 鋼板に偏りは生じません ・ローラ式スペーサにより、鋼板の偏りを防止できます。 4, 充填材を確実に充填できます ・袋状のチューブ内に水中不分離性モルタルを入れるので所定の位置に確実に充填できます。また、四隅以外は砂で充填します。 ■課 題 ・適用範囲が1m×1m程度のRCラーメン高架橋柱、深さは3m程度である事。	・鉄道ACT研究会PR対象工法

③ 補 修・補 強

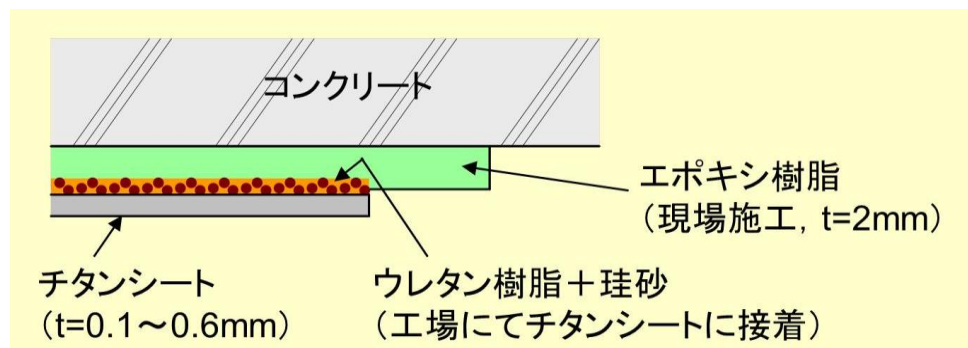
チタンシートによる高耐久性表面被覆工法

《チタンシート被覆工法》

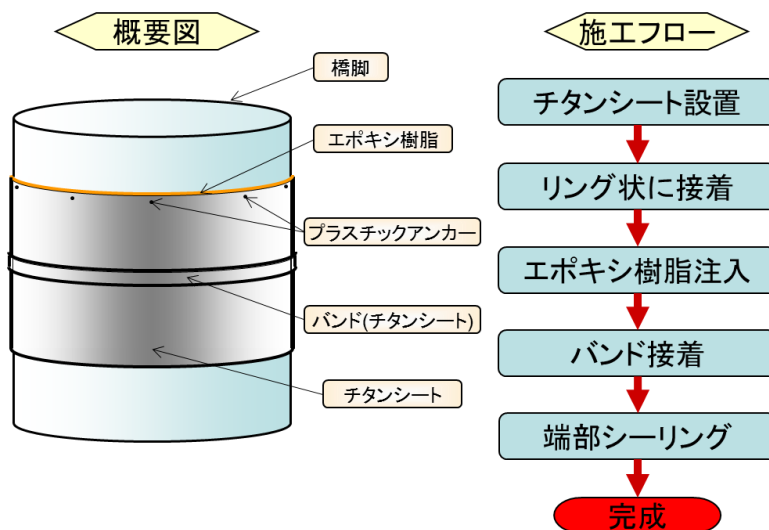
【東亜建設工業(株)】

■技術の概要

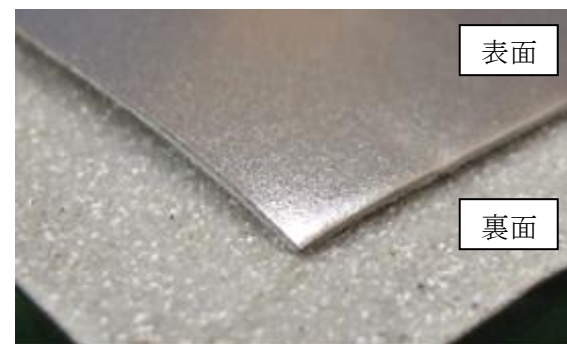
従来の表面被覆材料は、下水などの強酸性物質に対する耐久性に劣る、衝撃や摩耗に弱い、紫外線による劣化などの欠点があり、厳しい環境条件下での適用に制約を受けやすいものであった。これに対して本工法は、従来の被覆工法では適用できない厳しい環境条件下においても、極めて高い**耐久性**を有するチタンシートを構造物に接着させることによって、酸性河川水を完全遮断し、同時に**耐衝撃性**や**耐磨耗性**を有する被覆工法である。 ※鉄道 ACT 研究会登録工法



標準的な仕様



施工フロー



チタンシート （白い部分が珪砂面）



実績：平成 18 年、青森県の温泉酸性水(pH3 程度)が流れる河川中央部の橋脚に侵食対策として適用。

③ 補 修・補 強

チタンシート被覆工法

補 修			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
表面被覆工	チタンシート被覆工法 チタンシートを構造物に接着させることによって、酸性河川水を完全遮断し、同時に耐衝撃性や耐磨耗性を有する被覆工法である。	■特 徴 ①耐酸性・劣化因子遮断性 化学的に安定なチタンシートを用いることで、強酸性の温泉水や下水の作用する構造物に適用可能である。また、塩水の影響を受ける海洋環境での被覆工法としても適用可能である。 ②耐衝撃性・耐磨耗性 チタンシートをウレタン樹脂とエポキシ樹脂で接着することで、優れた耐衝撃性・耐磨耗性を発揮し、河川や海洋環境での流石・流水・波浪や漂流物による損傷を受けない。 ③付着性 チタンシート表面に珪砂をウレタン樹脂で接着させ、さらにエポキシ樹脂を用いてコンクリートに接着させることにより高い付着性を有する。 ④ひび割れ追従性 ウレタン樹脂の持つ柔軟性により大きなひび割れに対しても追従することができ、被覆材料としての性能を損なうことはありません。 ⑥ライフサイクルコストの低減 従来の表面被覆材料を用いる場合に比べて、極めて高い耐久性を有するチタンシートにより構造物の耐用年数を長期に設定することができ、ライフサイクルコストの低減が可能である。 ⑥美観 チタンシートを被覆材料として用いているため、光沢のあるきれいな仕上がりになる。 ⑦軽量 非常に薄いチタンシートを用いるため人力での作業が可能であり、施工性に優れる。また、被覆による重量の増加が軽微であるため構造設計上の制約を受けない。 ■課題 ・チタンシートが他の被覆材料（FRP）に比べて値段が高い。	

③ 補修・補強

凍結技術を用いて複雑な形状の構造物に対して確実に止水できる工法

《どこでもDRY工法》

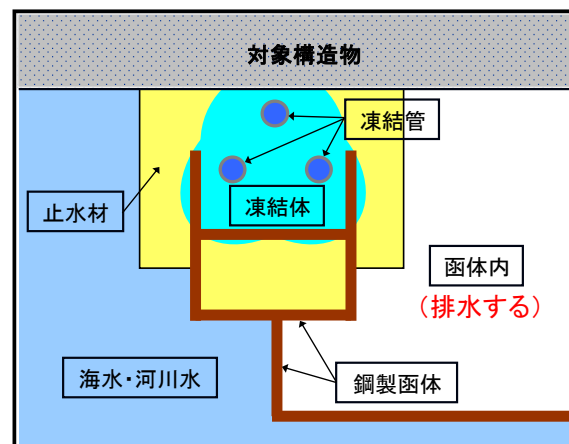
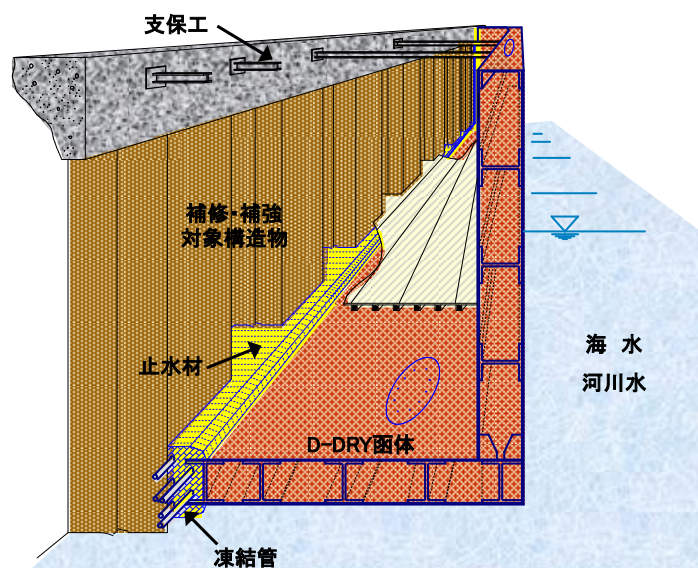
【東亜建設工業㈱】

■技術の概要

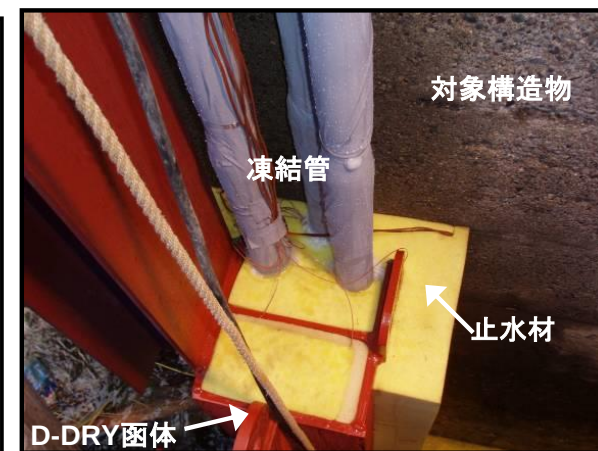
これまで、港湾・護岸・河川構造物の海中部（水中部）における補修・補強工事は、鋼矢板や鋼管矢板を打設した仮締切り工法や潜水作業により施工されてきた。しかし、仮締切り工法では施工条件の制約があるとともに施工期間や施工費が高む、また潜水作業では作業効率の低下などの問題点があった。また、これまでに鋼製函体（D-DRY 函体）を使用してドライ空間を確保する仮設工法が存在していたものの、止水の確実性が課題としてあった。

これに対して、本工法は、海水または河川水を含んだ柔軟なスポンジ状の止水材を地盤凍結工法の技術を応用して凍結させることで、D-DRY 函体と対象構造物との接合部の止水性を高めた工法である。これにより、複雑な形状の構造物に対しても、確実な止水効果を発揮することができる。

工法の概念図（矢板式構造物に適用した場合）

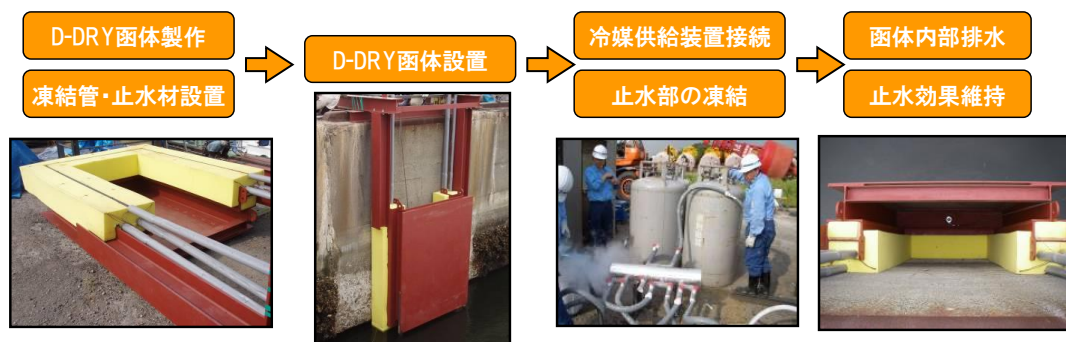


止水部のイメージ図

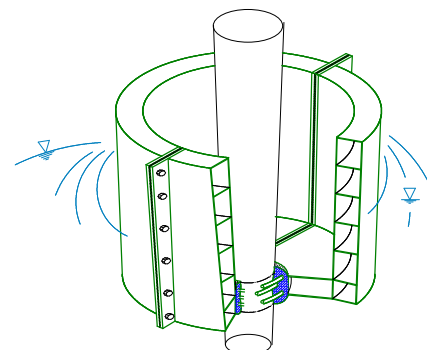


止水部の外観

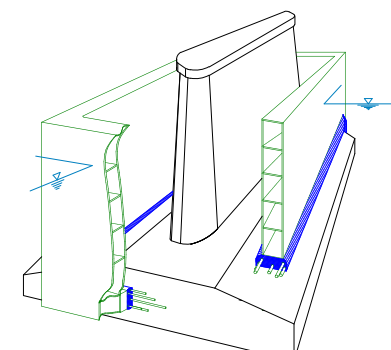
施工フロー



本工法で想定する適用事例



【直杭式構造物】



【橋梁下部構造物】

③ 補 修・補 強

どこでもDRY工法

補 修			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
仮設工	どこでもDRY工法 海水または河川水を含んだ柔軟なスポンジ状の止水材を地盤凍結工法の技術に応用して凍結させることで、D-DRY 函体と対象構造物との接合部の止水性を高めた工法	■特 徴 ①柔軟なスポンジ状の止水材を用いて複雑な形状の構造物の止水に対応可能 D-DRY 函体と対象構造物の間に柔軟なスポンジ状の止水材を配置し、十分に水を含んだ止水材を凍結させることで、複雑な形状の構造物に対する確実な止水が可能である。 ②確実な止水性と安全性を確保 施工前の温度解析と施工中の温度計測管理を実施し、それらに基づいて冷媒の供給を制御して凍結状態の維持を図るため、確実な止水性と安全性が確保できる。 ③本工事への早期着手にも対応可能 本工法では、凍結管内に流通させる冷媒として、ブライン（塩化カルシウム溶液：-25℃程度）と液体窒素（LN₂：-196℃）がある。凍結時に液体窒素（LN₂）を使用することにより、急速凍結して早期に止水効果が得られるため、本工事への早期着手が求められる場合には有効である。 ④環境への負荷の低減 海水や河川水を含んだスポンジ状の止水材を凍結させるため、水質汚染の発生がない。 ⑤D-DRY 函体の転用による経済性の向上 D-DRY 函体は複雑な形状の構造物に対しても転用が可能であるため、経済性の向上が図れる。 ■課題 ・海水または河川水温度が高い場合、止水材の凍結に時間を要し、コストが増大する可能性がある。	

③ 補 修・補 強

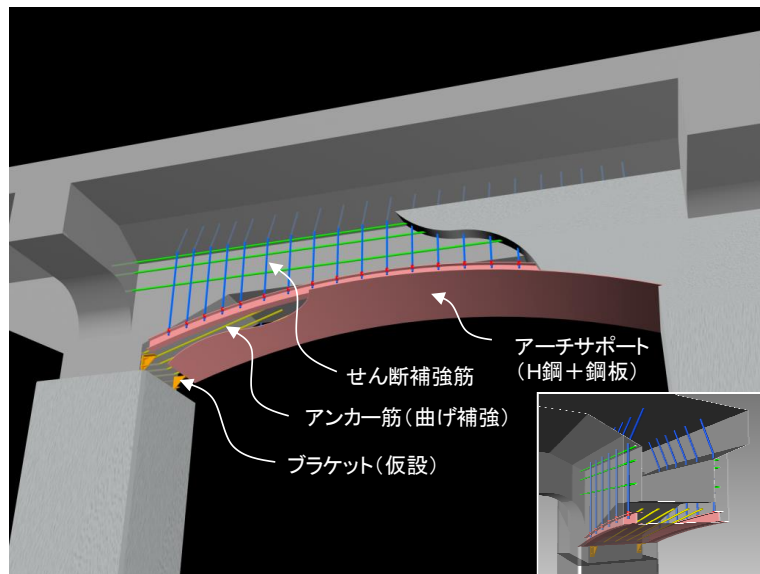
鉄道高架橋の補強工事

《ラーメン高架橋の梁部材の補強工法（アーチサポート工法）》

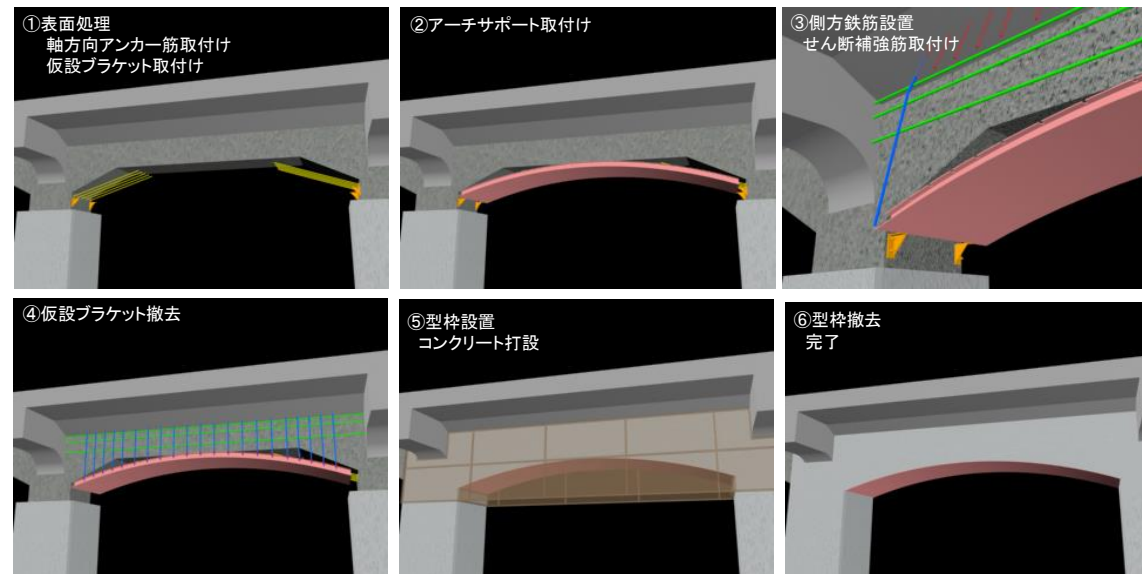
【東急建設株式会社】

■技術の概要

アーチサポート工法は、鋼板と形鋼で構成されるアーチサポートを用いて、鉄道高架橋などの鉄筋コンクリート梁をアーチ形状に補強する工法です。従来のコンクリート巻立て補強工法に比べ、施工性、工期、コストに優れる工法であり、アーチ状の美しい外観にリニューアルできます。



アーチサポート工法の概要



アーチサポート工法の施工手順

【適用事例】

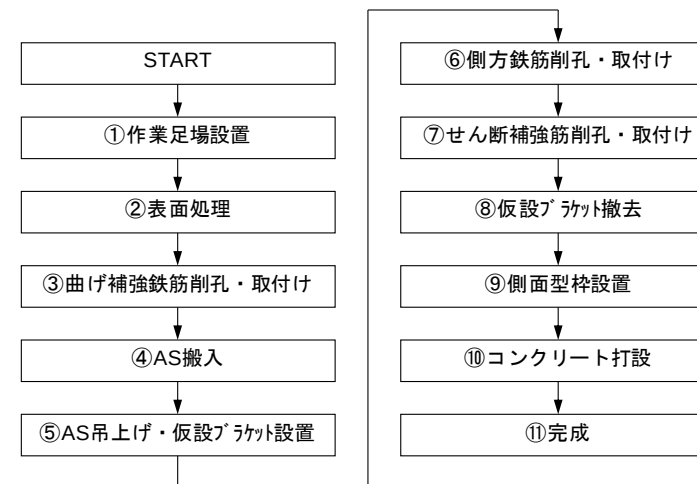
京急横浜～南太田駅間高架橋耐震補強工事



補強前



補強後



※ASはアーチ型補強鋼材を示す

施工フロー

③ 補 修・補 強

アーチサポート工法

補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
梁補強工	アーチサポート工法 ・工法の概要 H鋼と鋼板で構成されるアーチ型の鋼材（アーチサポート）を梁下面に設置し、曲げおよびせん断補強筋をあと施工アンカーで配置したのち、せん断補強筋とアーチサポートを連結し、これを吊底型枠として、中間支保工を用いることなく高流動コンクリートを打設し、梁をアーチ型に補強する。 ・曲げ補強 梁端部は柱に定着した軸方向アンカー筋をアーチサポート内部に定着させることによって、梁中央部はアーチサポートによって行う。 ・せん断補強 既設の梁あるいはスラブにアンカー定着したせん断補強筋とアーチサポートをボルト接合することによって行う。	・施工性 従来のコンクリート増厚工法で用いられていたせん断補強筋のフレア溶接を省略し、アーチ型補強鋼材にボルト接合することにより、せん断補強筋の取付けを容易にしている。また、アーチ型補強鋼材に軸方向鉄筋、コンクリート打設時の底型枠、および仮受け支保工の機能を集約することにより、施工性を向上している。 従来工法（コンクリート増厚） アーチサポート工法 アーチサポート せん断補強筋の接合方法 ・維持管理 アーチ型補強鋼材は亜鉛メッキ塗装を行うため、長期耐久性に優れている。また、下面が鋼板で覆われているため、コンクリート片の剥落による第三者災害の心配が少ない。	・本工法は、（公財）鉄道総合技術研究所と共同開発した技術です。 ・設計施工指針 「既存鉄道コンクリート高架橋梁の耐震補強設計・施工指針 アーチサポート工法編」平成22年11月（財）鉄道総合技術研究所 ・特許第4025793号、第4801449号、第4865650号 ・実績（当社） ラーメン高架橋梁 816本

③ 補修・補強

高架橋柱の耐震補強工法

《組合せ鋼材巻立て補強工法（CB フープ工法）》

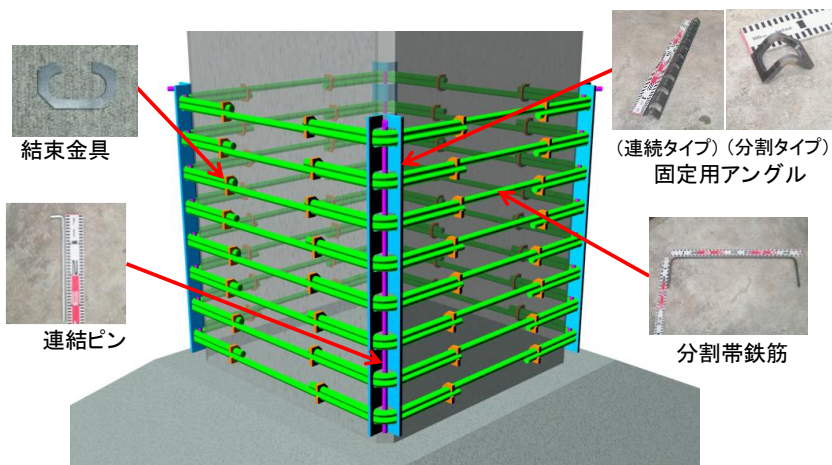
【東急建設株式会社】

工法概要

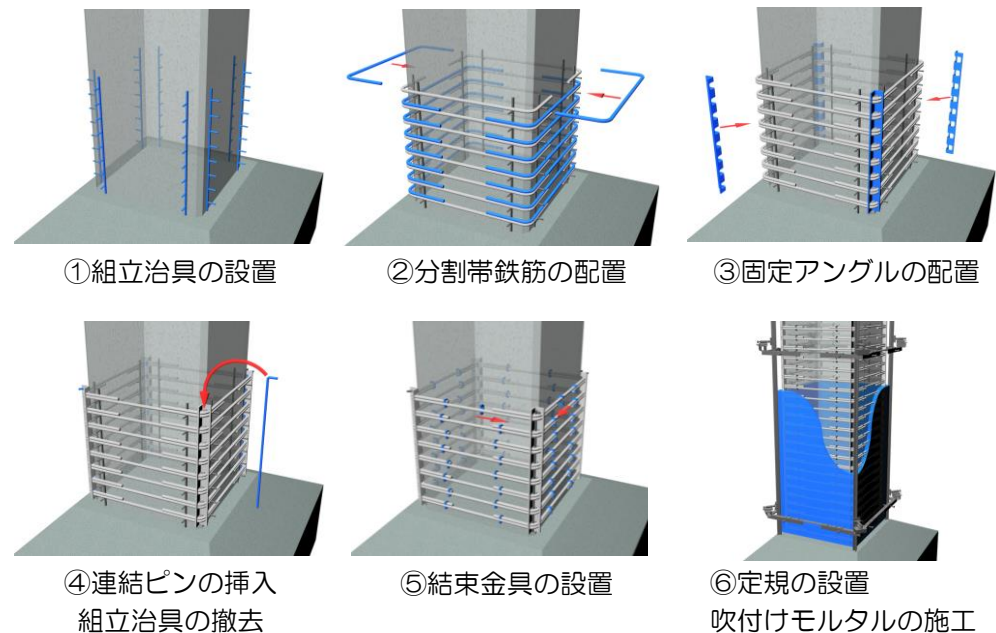
分割した帯鉄筋と補強鋼材を組み合わせて配置し、モルタルを吹付けて RC 柱部材を巻立て補強する。

特徴

- 型枠が不要⇒工期短縮、コスト縮減
- 巻立て厚さの抑制（70mm 程度）
- 狭隘部の施工が可能（人力施工）

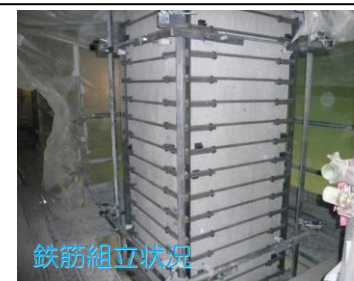
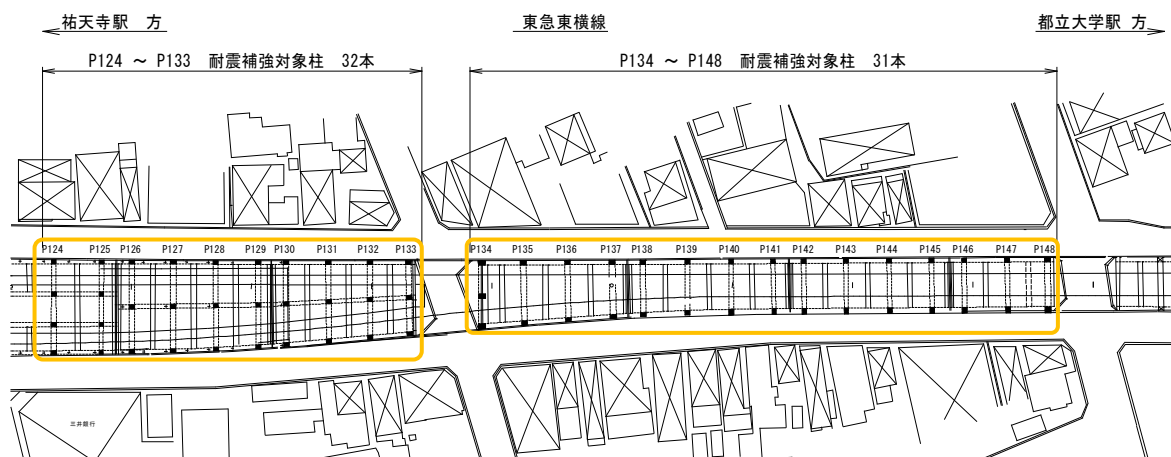


施工手順



【適用工事例】東急東横線学芸大学高架橋

補強対象は、2 層式 3 径間ラーメン高架橋の柱 63 本である。



鉄筋組立状況



施工完了



モルタル吹付け状況

③ 補 修・補 強

組合せ鋼材巻立て補強工法（CB フープ工法）

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
鉄筋工	組合せ鋼材の組立	■特 徴 ・補強帯鉄筋を4分割することで材料の軽量化を図り、重機を必要とせず人力で組み立てられるとともに、分割することで狭隙部での施工を可能としている。 ・特殊な材料は使用せずに鉄筋および一般構造用鋼材を用いることで、調達がしやすく、低コストになる。 ・分割帯鉄筋は、固定アングル鋼材およびくさび状の丸鋼（連結ピン）により躯体隅角部で緊結され、さらに結束金具を設置することで帯鉄筋として機能することになる。 ・固定アングルは、分割帯鉄筋を一体化させる効果と同時に、帯鉄筋を所定のピッチに配置する段取り筋の役割も果たし、鉄筋の組み立て精度の確保につながる。 ■課 題 ・補強帯鉄筋が D22 以上になる場合、柱形状が斜角柱、円形柱および壁付き柱の場合は、機械式継手、溶接等の検討が必要となる。	特許第 4917135 号 「鉄筋の配筋用金具と配筋構造」 他 3 件出願中
吹付け工	モルタル吹付け	■特 徴 ・現場条件に応じて、水、セメント、混和材および細骨材を現場で計量、混合する現場混合方式とプレミックス材を使用するプレミックス方式の 2 方式から選択が可能である。 ■課 題 ・巻立て厚さが大きくなる場合や周囲の環境から吹付け施工が困難な場合は、型枠充填による施工を検討する必要がある。 ・実技を含む吹付け講習会を実施し、技能の確保を実施しているが、継続的に技量を有する吹付け作業員の確保が必要である。	

③ 補 修・補 強

急結剤を併用したポリマーセメントモルタル湿式吹付け工法

《ジョッツ・クリート工法》

【東急建設株式会社】

■技術の概要

ポリマーセメントモルタル湿式吹付けによる断面修復技術に液体急結剤を併用することにより、初期強度が高く、厚付けを可能にした断面修復技術。

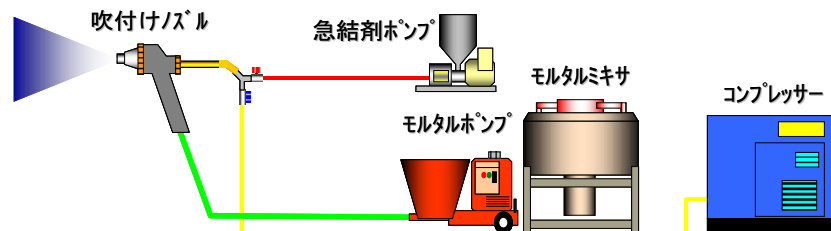


図1 急結剤を併用した湿式吹付け工法 標準施工システム

- ◇急結剤を併用することにより、厚さ 100mm 程度までの幅広い断面修復が連続的に施工でき、工期短縮が可能（写真 1）。
- ◇初期強度発現性、付着耐久性に優れる。（図 3）
- ◇補強繊維を混合して吹付けるため、高い耐剥落性能。
- ◇流動性の高いモルタルを用いるため、ポンプ圧送性に優れ、安定した施工が可能。
- ◇コンパクトで施工性に優れたシステムで施工可能。
- ◇吹付け後の左官仕上げが可能。
- ◇粉末樹脂等を適正配合したプレミックス材料を用いるため、現場では水練りだけで高性能なポリマーセメントモルタルを製造でき、品質管理が比較的容易（表 1）。
- ◇塩害・中性化・凍結融解等に対して高い抵抗性（図 4）。

表 1 標準配合

単位量(kg/m ³)		
水	プレミックス材	急結剤
243	1925	モルタル重量×0.9～2.2%

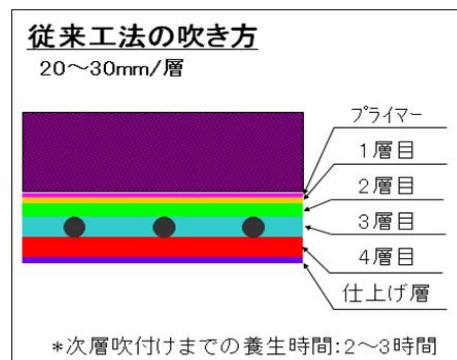


図2 吹付け工法による上向き施工方法



写真1 天井面厚吹き試験例
(t=200mm)

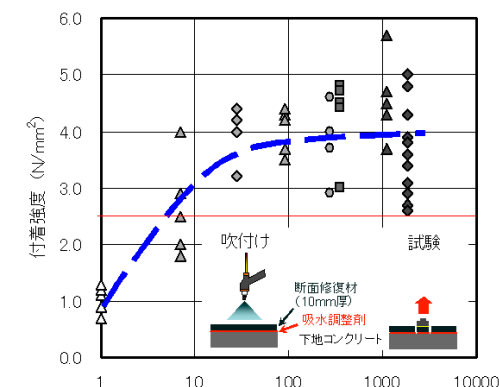
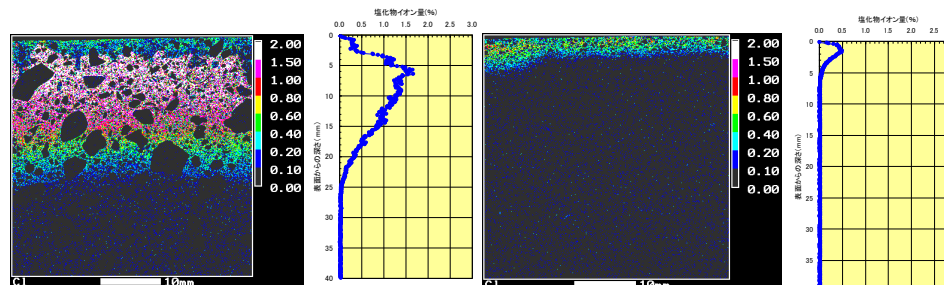


図3 付着強度試験例（1日から5年）



コンクリート（W/C=50%） ジョッツ・クリート
図4 塩分浸透性試験（塩水噴霧・乾燥促進試験 1000 サイクル）

③ 補 修・補 強

ジョツツ・クリート工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
断面修復工 増厚工	ジョツツ・クリート工法 湿式吹付けによる断面修復技術に液体急結剤を併用することにより、初期強度が高く、厚付けを可能にしたポリマーセメントモルタルの吹付け技術。	■特 徴 ・急結剤を使用しない従来のポリマーセメントモルタル吹付け工法では、一層の吹付け厚が 20 mm 程度であり、多層施工が必要であった。また、ダレ防止のため、流動性の悪いモルタルを使用を余儀なくされるため、ホース閉塞等施工性に課題があった。 ・ジョツツ・クリート工法は急結剤を併用することにより、流動性の高いモルタルの使用が可能となり、圧送性等、施工性がよい。 ・列車振動下等の実施工条件による付着試験、試験施工の追跡調査等により、長期の耐久性が確保できることを確認している。 ■課 題 ・実技を含む吹付け講習会を実施し、技能の確保を実施しているが、継続的に技量を有する吹付け作業員の確保が必要である。	・鉄道構造物を中心に 52 件、24,600m² の実績あり。 ・NETIS 登録あり。

③ 補 修・補 強

高架橋柱の耐震補強工法

《 CB パネル工法 》

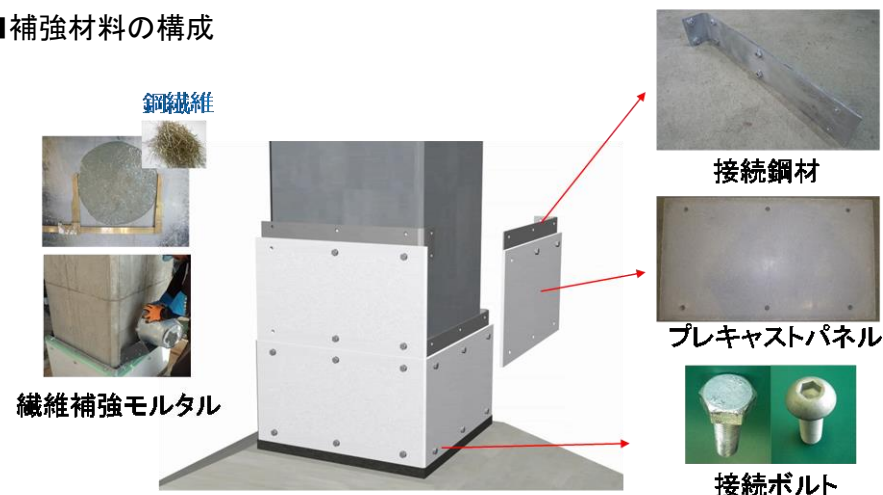
【東急建設株式会社】

■技術の概要



CB パネル工法の施工概念図

■補強材料の構成

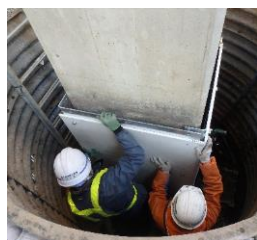
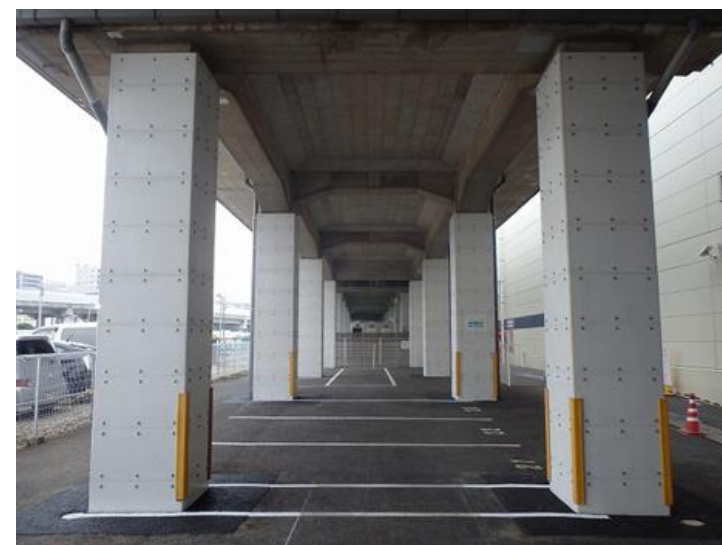


■技術の特徴

- 人力施工、狭隘部で施工可能
 - ✓ パネルは 1 枚 20kg 以下
- 特殊技能（溶接、吹付けなど）が不要
 - ✓ ボルトによる組立
 - ✓ プレミックスモルタルの充填
- 鉄筋、型枠・支保工を省略
 - ✓ 接続鋼材、モルタルが補強材
 - ✓ パネル・接続鋼材は型枠支保工を兼用
- 品質管理が容易、耐久性に優れる
 - ✓ 巻立てコンクリートのひび割れリスクの解消
 - ✓ パネルの耐久性が高い

■適用工事例

首都圏民間鉄道耐震補強工事 高架橋柱148本



狭隘部の施工



特殊技能が不要、品質管理が容易



型枠支保工を省略

③ 補修・補強

CB パネル工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
パネル組立工	CB パネルの組立	■特 徴 ・ パネル、接続鋼材は 1 枚 20kg 以下と軽量であり、狭隘部でも人力で施工できる。 ・ パネルおよび接続鋼材の組立は、充電式のインパクトレンチを用いたボルト締めで迅速に施工できる。 ・ 溶接・接着等の特殊技能を必要としない。 ・ プレキャストのパネルにより、巻立てコンクリートのひび割れリスクを解消できる。 ・ レジンモルタル製のパネルは、酸素や塩分などの劣化因子の浸透を遮断するため、耐久性に優れる。 ■課 題 ・ 必要補強量が増えると、接続鋼材の板厚、幅が大きくなり、接続ボルトのランクアップ（本数の増加もしくはボルト径の増加）が必要になる。 本数を増やした場合は施工効率が低下し、ボルト径を太くした場合は巻立て厚さが大きくなるため、経済性が低下する。	特開 2016-89610 号 「既設柱の補強構造および補強工法」 他、4 件出願中 商標登録 第 5800648 号 「CB パネル」
モルタル充填工	高強度繊維補強モルタルの充填	■特 徴 ・ モルタル吹付けのような特殊技能を必要とせず、騒音や粉塵が少ない。 ・ パネル、接続鋼材が型枠支保工を兼ねるため、適切な打ち上げ高さを設定することで型枠支保工は不要である。 ・ 高強度繊維補強モルタルの材料（モルタルおよび鋼繊維）は、所定の量で袋詰されているため、現地で計量する必要がない。施工効率が向上するとともに計量ミスを防止できる。 ■課 題 ・ 幅 1m を超える大断面の柱では 1 回の充填高さが低くなるため、施工効率が低下する。別途、支保工の検討が必要になる。 ・ 所定の高さのモルタル充填後、次段の施工を行うまでに時間を空ける必要があるため、同時に複数本の施工を行うことが望ましい。	

【東洋建設(株)】

●**締固め機能付き【ジューテンダーII】**

充填確認と同時に、締固め度合を施工時に判定できるシステムで
良質なコンクリート構造物を保証する

概要

- 振動デバイス: ジューテンダーと同一
- コンクリートの充填検知+締固め検知
- 締固め検知: 1回の振動加速度の計測時間および振動レベルの閾値を任意に設定し、その時間内に閾値を超えた場合に青玉1ヶ点灯させ、合計3ヶまで点灯するようにして締固め度合いを瞬時に判定:
- 締固め時間管理: 計測時間と計測点数の組合せて任意設定が可能
- 密実な充填(均質性): 間接的に、振動デバイス周囲の充填を確認

充填検知

表示画面例

1

締固め検知

計測例

約2.7秒に1回計測

ブロック図

- ジューテンダーに、振動加速度検出部のハードを追加、表示ソフトの追加

③ 補 修・補 強

コンクリートの充填検知システム「ジューテンダー」、締固め機能付き「ジューテンダーⅡ」

充填管理			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリート等の充填管理	コンクリートの充填検知システム「ジューテンダー」、締固め機能付き「ジューテンダーⅡ」 コンクリート充填検知システムによる橋脚補強時のコンクリートおよびモルタル充填管理	■特 徴 R C 巻き立てや鋼板巻き立てなどによる補強工事では、過密配筋や狭隘箇所などへのコンクリートやモルタル等の打込み・締固めが不十分で、打込まれた状況が目視確認できにくい場合には、未充填などの欠陥が生じる恐れがある。充填不良をなくするため、「コンクリート充填検知システム」を用いて振動デバイス設置位置の充填確認を施工時に瞬時に判断できる他、加えて充填確認と同時にバイブレータによる振動締固めの良否を判断できる「締固め検知機能付きコンクリートの充填検知システム」を用いることで、良質な構造物の施工に大きく貢献できる。 ■課 題 振動デバイスは、スイッチボックスに最大16ヶ接続できるが、計測箇所からスイッチボックスまではケーブルで連結する必要がある、断線などケーブルの取扱いに注意が必要である。	充填検知では、コンクリート（モルタル）、水、空気を識別する。 締固め検知では、バイブレータの振動加速度を検知して締固め度合を判定する。

【東洋建設株式会社】

③ 補 修・補 強

橋脚の耐震補強

《工事例：北陸自動車道 手取川橋補強工事》

【東洋建設株式会社】

橋脚の補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリートはつり	機械はつり	■特 徴 ・本工事では、本工法の採用に際し、試験施工を実施し、はつり面のひび割れ調査等を行い、コンクリートはつり工法やはつり厚さを選定した。 ・試験施工の結果から、はつり深さ $t=125\text{mm}$ のうち、表層の $t=100\text{mm}$ をスパイクハンマによる機械はつりを用いてコンクリートをはつり、残りの下層の $t=25\text{mm}$ をウォータージェットにてはつり施工した。 ・機械はつりとウォータージェットを併用することで、コンクリートはつりに要する費用が 1/3 に低減できた。 ・機械はつりは、ウォータージェットの約 2 倍の施工速度であるため、工期短縮が可能となった。 ■課 題 ・波浪や塩害により劣化したコンクリート構造物において、RC 巻立工法による補修・補強工事を行う場合、表面のコンクリートはつりの施工方法の選定が重要となる。この選定に際し、躯体コンクリートに新たなひび割れを発生させない、また、既設鉄筋を損傷しないことがポイントなる。	(明朝、8 ポイント)。
			
		図 機械はつり (スパイクハンマ) ※右側写真は、「日経コンストラクション pp.38・40 2006.8」引用	

③ 補修・補強

橋脚の耐震補強

《鋼製セグメント沈設仮締切工法》（工事例；H19 小松川大橋橋脚補強工事）

【東洋建設株式会社】

■ 工事概要

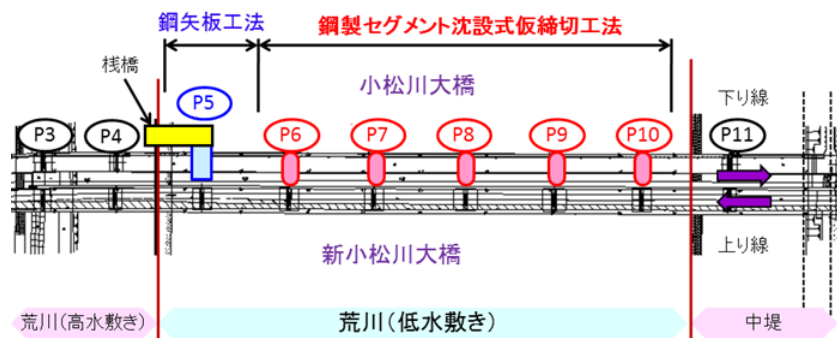
工事名；H19 小松川大橋橋脚補強工事

発注者；国土交通省関東地方整備局 東京国道事務所

工期；平成19年8月7日～平成21年3月31日

施工場所；東京都江戸川区小松川4丁目地先

工事内容；本工事は、一般国道14号にかかる小松川大橋の橋脚補強工事（P5～P10：6基のうち、5基を鋼製セグメント沈設仮締切工法にて施工）をコンクリート巻き立て工法にて行った。



■ 鋼製セグメント沈設仮締切工法の採用

鋼製セグメント沈設仮締切工法は、河川や海にある既設橋脚の耐震補強等で必要となる水中部の仮締切を設置する工法である。

当該工法は、橋脚周辺に設置した仮設架台に鋼製セグメントを吊り下げ、水面上で1リング毎に組立ながら、順次吊り降ろして仮締切を構築する工法である。施工フローと施工図を右図に示す。セグメントに分割されているため、狹隘な場所でも取り扱いやすく、既設橋脚の寸法に合わせた形状にできることが特徴である。

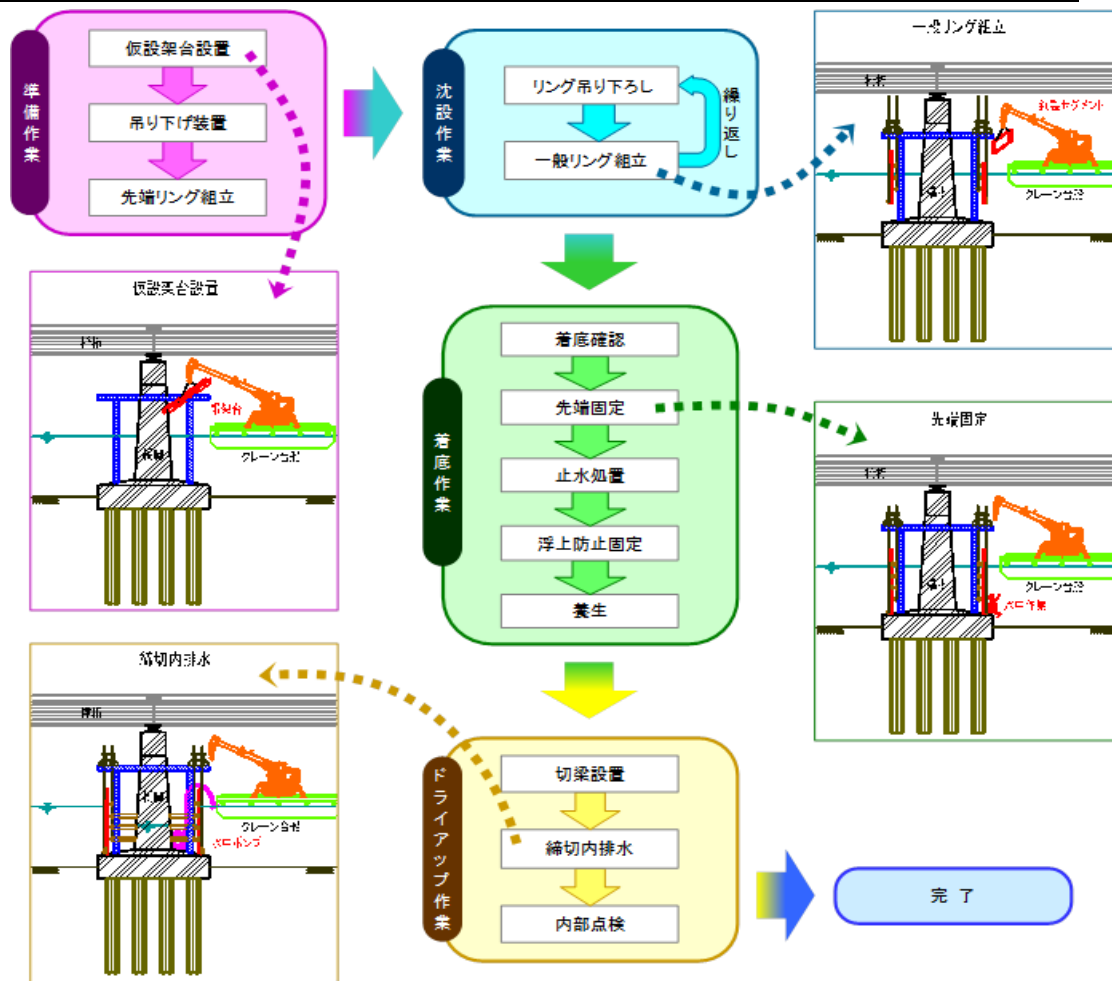
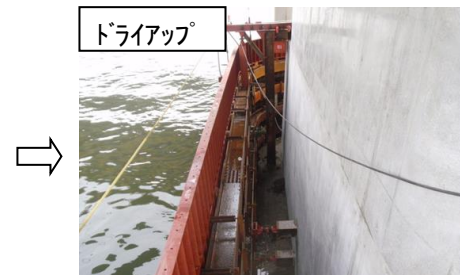


図 施工フロー及び施工図



③ 補 修・補 強

橋脚の耐震補強

《鋼製セグメント沈設仮締切工法》（工事例；H19 小松川大橋橋脚補強工事）

【東洋建設株式会社】

橋脚の補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
鋼製セグメント沈設 仮締切工法	仮締切の切梁構造	■ 特 徴 - 仮締切の切梁構造は、耐震補強工法により選定する必要がある。 - 当該工事では、RC巻き立て工法のため、橋脚本体に切梁を設置したまま補強コンクリートを打設するため、鉄筋を交わして仮締切の切梁を設置できるスルーサーを使用した。 図1 スルーサー（RC巻立工法） 図2 支圧板方式（鋼板巻立工法） ■ 課 題 - 仮締切の形状は、切梁を要しない円形状が理想であるが、橋脚やフーチングの形状によって矩形や小判型になる場合、切梁等の構造検討が重要である。	
	仮締切の止水構造	- フーチングの形状によって、仮締切壁をフーチング上面に設置する場合等、止水構造を検討する必要がある。 - 本工事ではフーチングの外面に仮締切壁を被せ、間詰めコンクリートで止水した。 図3 止水構造(例)	

③ 補 修・補 強

河川橋梁桁下（低空頭、狭小区間）での仮締切工法

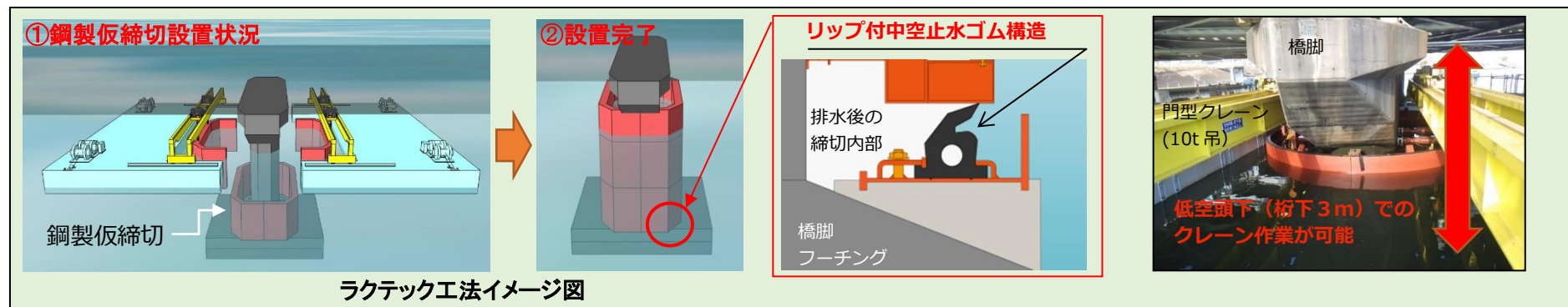
《ラクテック工法》

【東洋建設㈱】

■ 技術の概要

◎河川橋梁桁下（**低空頭、狭小区間**）での橋脚耐震補強をラクにした仮締切工法

ラクテック工法は、低空頭下における橋脚耐震補強工事の仮締切を短期間で設置する工法である。新しく開発した低空頭対応型クレーン台船2隻を用いて、大組した鋼製仮締切材を設置場所まで運搬・接合し、所定の位置に設置する。鋼製仮締切材閉合後、内部を排水してドライアップし、仮締切が短期間で完成する。



■ 技術の特徴

- 定格荷重 10t 吊のクレーンを搭載し、最小3m程度の低空頭下での作業が可能である。
- 低空頭クレーンと台船のバラスト監視システムを用いた船体喫水管理により桁との接触を回避できる。
- 仮締切りが大枠で組むことにより、潜水作業が減り安全性が向上する。
- 工期、工事費を大幅に短縮できる。また作業期間短縮により、河川利用者への影響を低減できる。
- 組立台船を使用しており、施工条件に併せて、台船形状の変更が可能である。
- リップ付中空止水ゴムにより仮締切からの漏水を低減する。

①鋼製仮締切製作

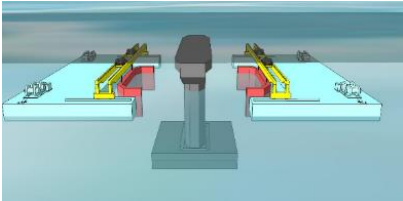
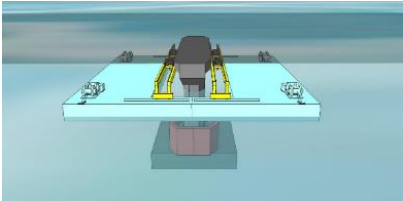
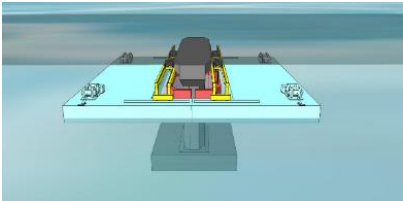
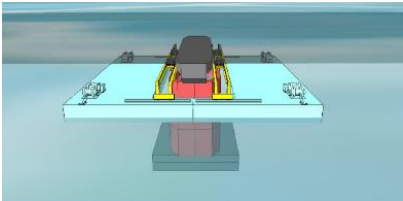
②鋼製仮締切吊卸



③ 補 修・補 強

河川橋梁桁下（低空頭、狭小区間） ラクテック工法

仮締切工

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
仮締切工	ラクテック工法 従来の河川での橋脚耐震補強工事においては、仮締切による構造物が水の流れを阻害するため、渇水期による短期間での施工が要求される。加えて、橋梁桁下の低空間での作業となることから使用する重機や施工方法に制限があり、施工性も低下し煩雑な工事となる。 ラクテック工法はこれらを解決するために開発した、低空頭・狭小区間での仮締切設置工法である。新しく開発した低空頭対応型クレーン台船2隻を用いて、大組した鋼製仮締切材を設置場所まで運搬・接合し、所定の位置に設置する。鋼製仮締切材閉合後、内部を排水してドライアップし、仮締切が短期間で完成する。	■特 徴 - 桁下 3m での作業が可能となるように、台船上に門型クレーンガーダーを搭載した低空頭クレーン台船を開発した。 2 隻の低空頭クレーン台船が平面 2 分割した半円形の仮締切部材を、橋脚を挟み込むように設置する工法。 - 走行台車と組合せたホイスト (5t×2 基) が門型クレーンガーダー上を移動し、クレーンガーダー自体も台船上を走行する移動式クレーンとすることで、吊荷の据付位置の微調整が出来る。 - ホイスト操作は無線でおこない、2 基のホイストの移動、巻上・巻下は同期操作にも対応が可能である。 - 台船は小型の組立台船 15 隻と門型クレーンガーダーから構成されている。それぞれが組立・分解可能であり、施工箇所まで陸上トラックで運搬する。 - 河川工事では一般船舶の航路確保などにより、狭小な施工範囲での作業を余儀なくされる場合がある。このような状況に対応するため、組立台船の組み合わせケースを標準仕様以外に、台船幅を縮小した組み合わせ形状とすることが出来る。 - バラスト監視システムにより台船喫水および姿勢制御が可能である。 - リップ付中空止水ゴムにより仮締切からの漏水が低減できる。  ①台船係留  ③1ROT 目仮締切設置  ②1ROT 目仮締切接合  ④仮締切設置完了 (①～③の繰返し)	工事件数（実績：2017 年 5 月現在） 橋脚耐震補強：5 件 特許番号：特許第 5510692 号

③ 補 修・補 強

コンクリート改質剤

《CS-21》

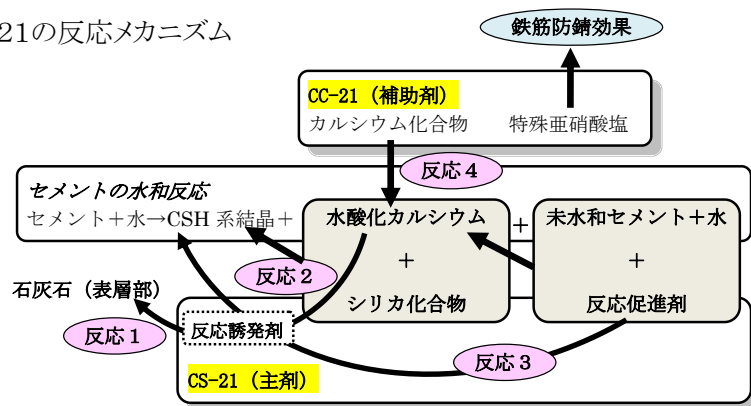
【飛島建設㈱】

■技術の概要

◆CS-21は、セメントの水和反応を活性化し、促進させる触媒的性質を有した薬剤である。

* CS-21を硬化後のコンクリート表面に塗布、またはひび割れ部に注入すると、未水和のセメントや不安定な水和生成物をより安定したCSH系結晶へと変化させ、コンクリートの空隙やひび割れ面を充填する。

○ CS-21の反応メカニズム



- ・反応1: 表層部に石灰石を生成する反応
- ・反応2: 水溶性シリカとコンクリート中のカルシウムにより CSH 系結晶を生成する反応
- ・反応3: 未水和セメントの水和反応を促進させ CSH 系結晶を生成する反応
- ・反応4: 水酸化カルシウムの補充と鉄筋の防錆処理

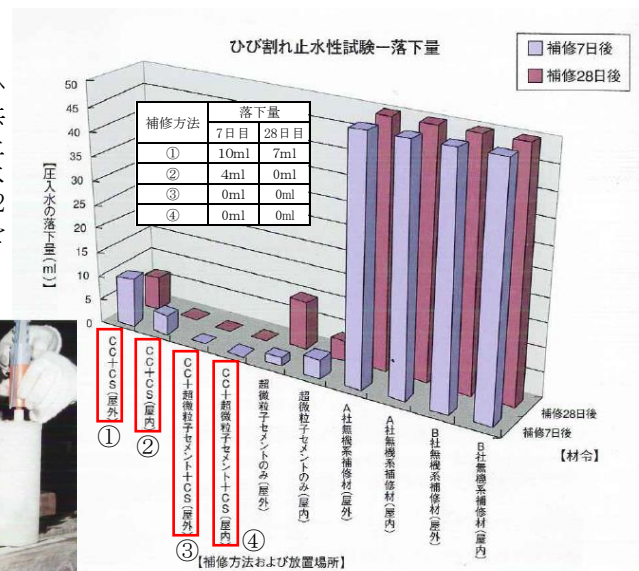
CS-21の特徴

1. コンクリート躯体の緻密化・不透水化により塩害・中性化・凍害等の劣化を抑制するため、構造物の長寿命化が図れる。
2. 補助剤の併用により鉄筋等内部鋼材の腐食対策も同時に施せる。
3. 水溶性タイプのため、短期間で効果を発揮できる。
4. 無色透明の水溶性タイプのため、施工後の外観変化がない。
5. 膜厚は存在しないため、材料剥離がない。
6. 複雑な躯体形状でも施工可能で、コンクリート表面に凹凸があっても施工可能である。

■中性化抑制効果確認

* 割裂引張载荷によりひび割れを発生させた供試体に補修を施し、上面から 50ml の圧力水 (20kN/m²) を注入して 2 日間放置後の落下量を測定。

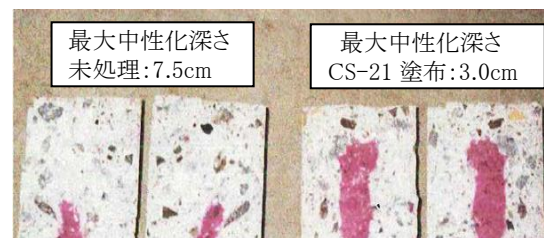
試験は補修後、7 日目、28 日目の 2 回実施。



■中性化抑制効果確認

* 温度 40℃、相対湿度 60%、炭酸ガス濃度 5% の環境下で 6 箇月放置した後に割裂。

着色部: 未中性化



■施工事例



③ 補 修・補 強

C S－2 1

補修

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
塗布型コンクリート改質剤	コンクリート改質剤C S－21 硬化したコンクリートに対して塗布または注入することで表層部を緻密化し、躯体防水・表面保護・ひび割れ補修等ができる技術である。	■特 徴 ・従来は、表面保護（例えば表面被覆工法）、ひび割れ補修（例えばエポキシ樹脂注入）等の目的毎に個別の対策を実施する必要があり、比較的長い工事期間を要した。また、ひび割れに対する追従性や構造物の景観上の問題等が発生することもあった。 ・C S－2 1は、下地コンクリートが湿潤状態にあっても塗布作業が可能で、型枠脱型後速やかに塗布作業に着手できるため、工程短縮が可能になる。 -水溶性タイプのため、微細なひび割れに対しても注入可能で、複雑な形状や多少の凹凸に対しても塗布が可能である。また、膜厚が存在しないため材料剥離という概念はなく、ひび割れに対する追従性の問題はない。 -無機質で無色透明の薬剤であるため、構造物の景観・美観を損なうことなく、施工性に優れる。 -水和反応活性成分の添加により、コンクリートの材齢を問わず効果を発揮する。 ■課 題 ・材料塗布または散布後、浸透促進のため散水（水湿し）が必要である。 ・材料が-2℃以下で凍結するため、気温 0℃以下の施工時は注意（養生あるいは湯煎など）が必要である。 ・補修後の強度は現状では母材までの強度回復は難しいため、防水・漏水対策、機密性の確保等の補修を目的とする箇所に適用すべき材料である。	・目視では発見し難い微細なひび割れ、打継目等の劣化の進行が懸念される部分への適用性にも優れる。

③ 補修・補強

不同沈下に対するジャッキアップ新工法（基礎直下の作業“ゼロ”）

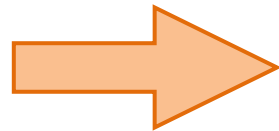
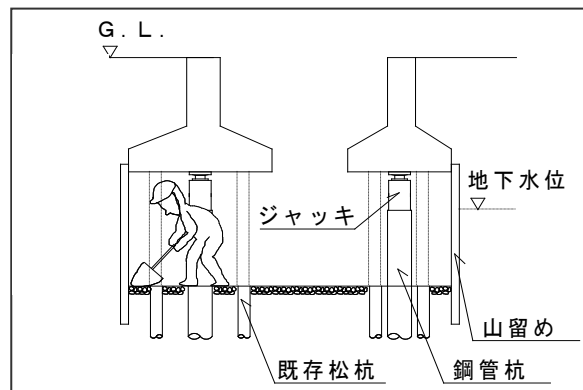
《NJU工法》

【ナカノフドー建設】

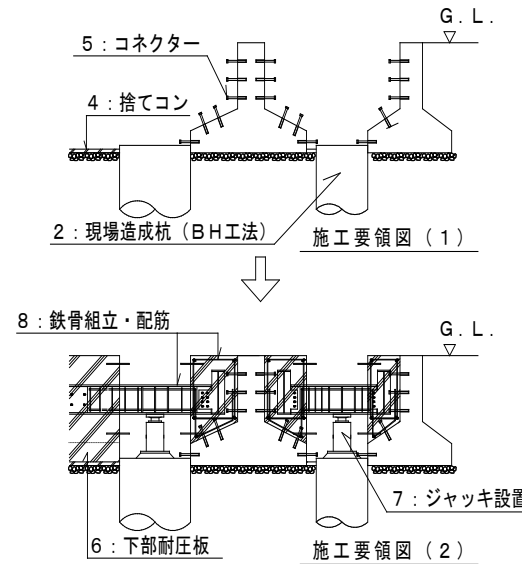
【技術の概要】

この技術は、不同沈下を起した建物をジャッキアップし、補正から補強に至るまでの一連の作業において、基礎直下の作業を無くすことで安全の向上とコスト削減の両立に成功した工法です。実際の事例は地下水位の変化により既設の松杭が腐食し不当沈下（10mm～80mm）を起した建物（昭和30年代のRC造4階建ての学校）による物だが、土木構造物の基礎についても応用可能なので紹介いたします。

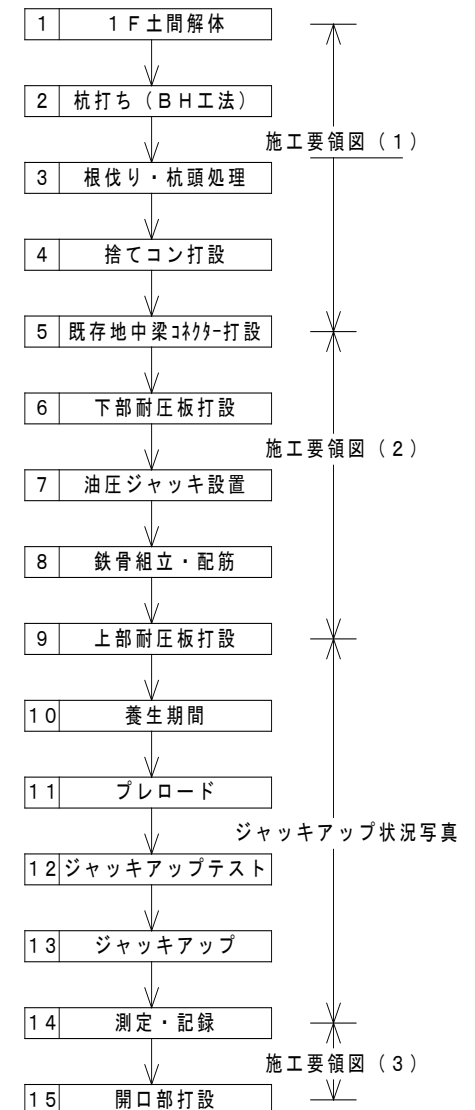
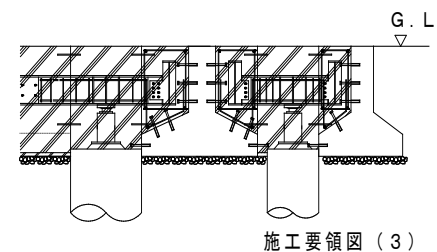
【従来工法（アンダーピニング工法）】



【新工法（NJU工法）】



ジャッキアップ状況写真



	従来工法（アンダーピーニング工法）	新工法（NJU工法）
建物の安全性	ジャッキのみで建物を支える期間は 120日 不安定な状態が長い	ジャッキのみで建物を支える期間は 5日 現状の建物支持地盤は荒らさない
既存松杭	撤去必要	撤去不要
杭工事	鋼管杭を約200本圧入、工期 70日 支持層は既存松杭と同じ、GL-8m	現場造成杭46本打設、工期45日 支持層は深層の強固な地盤、GL-20m
根伐	建物基礎下部を全体的に大きく掘削 根伐量：約1000m ³	杭打設部分のみ基礎下端まで掘削 根伐量：約400m ³
埋戻し	エアームタル1000m ³	なし
山留め工事	必要	不要
工期	180日(6ヶ月)	120日(4ヶ月)
コスト比率	1	2/3

③ 補 修・補 強

不同沈下に対するジャッキアップ新工法

基礎の補修・補強

工 種	要素技術	現状と課題	備 考
補修・補強	不同沈下修正 本工法は既存建築の基礎部分が経年変化、地震などで損傷を受け、建物自体が不同沈下した場合に、正常な状態にジャッキアップすることで戻す工法です。 又、アンダーピーニング工法等と比較すると既存基礎の下部の掘削が不要な為、より安全な施工が可能です。	(新工法の特徴) ・ 屋内(橋桁の下など閉鎖された場所)での杭打ち工事が可能 ・ 既存の鉄筋コンクリート地中梁を鉄骨鉄筋コンクリート地中梁に補強 ・ 基礎補強工事を同時に行う ・ ジャッキ設置部分は新設鉄骨鉄筋コンクリート基礎(耐圧版) ・ ジャッキはコンピューター制御で各個独自に油圧の管理 ・ ミリ単位での沈下修正可能 ・ ジャッキは油圧を抜いた後にストローク固定が可能 ・ 埋め殺しによりジャッキの腐食の恐れが無い (課題) ・ 土木構造物での実績がない ・ 公共構造物としての耐久評価基準	(特許第 3879085 号)

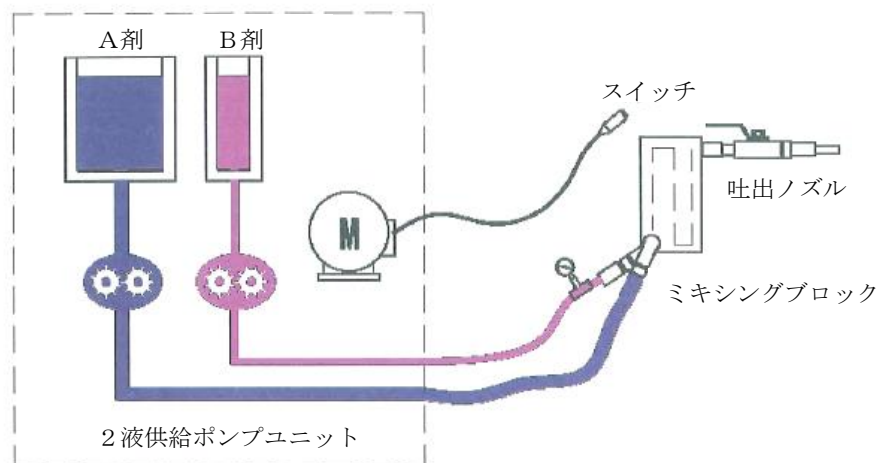
③ 補 修・補 強

エポキシ樹脂によるコンクリート構造物の補修・補強技術 《ADOX 工法》

【日本国土開発(株)】

■技術の概要

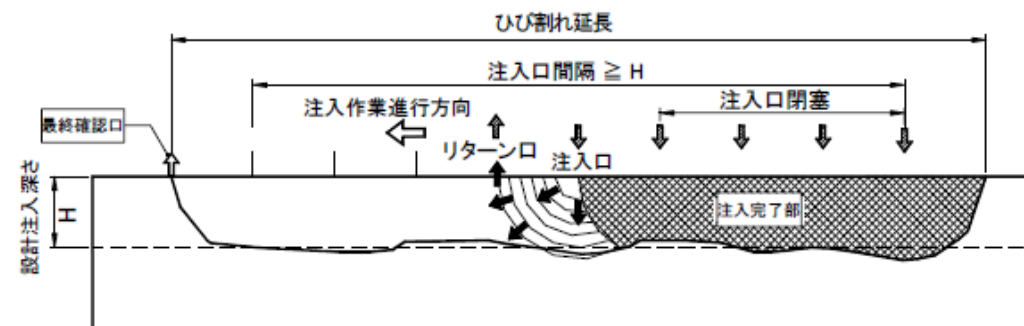
ADOX工法はエポキシ樹脂を用いたコンクリート構造物の補修・補強技術である。コンクリートのひび割れ注入、ライニング、断面修復、耐震補強など、補修目的に応じた多様な工法と製品（製品名：アドックス、コンクレッシブ）があり、他社の製品には例を見ない40年以上の使用実績により確かな信頼を得ている。



ADOX システム図



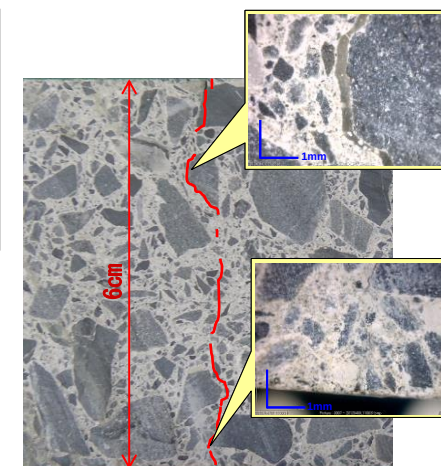
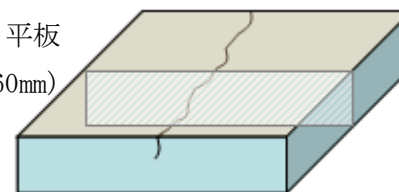
ADOX システムによるひび割れ注入状況



ADOX システムによる機械式注入工法

0.2～0.3mm のひび割れを発生させたコンクリート平板の表面にエポキシ樹脂「ADOX1380W」を 0.25kg/m² 塗布し、硬化後に塗布面に対して垂直に切断し、ひび割れの含浸状況を確認。

コンクリート平板
(300×300×60mm)



ADOX 製品「ADOX1380W」のひび割れ含浸性能

③ 補修・補強

ADOX 工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
ひび割れ注入工	ADOX システムによる機械式注入工法	■特 徴 エポキシ樹脂の自動計量攪拌混合、また注入（低圧から高圧までコントロール可能）までの施工サイクル全体を機械化することにより、エポキシ樹脂の高品質の安定確保、および人力施工の省略を可能する。機械式注入工法では、樹脂のリターンを確認しながら注入するので未充填部が発生する可能性を小さくできる。 ●使用する ADOX 製品には以下の特徴がある ①コンクリートとの接着性に優れる。 ②強度が大きく、耐薬品性、耐候性に優れる。 ③100%反応タイプの樹脂で硬化収縮が小さい。 ④溶剤を含まないため作業環境を良好に保てる。 ⑤-5℃までの低温での施工や湿潤面の接着など施工状況に合わせた多くの製品がある。 ■課 題 樹脂のリターンを確認しながら注入するため、同時多孔注入と比較して、1 日の施工数量が少なくなる。	
ひび割れ含浸工	ADOX 製品「ADOX1380W」	■特 徴 0.2mm 未満の微細なひび割れから、0.2mm 以上のひび割れについて、また表面保護工などのプライマーとして、-5℃までの低温作業環境下においてもコンクリート補修ができる製品です。また ADOX1380W は塗膜系床版防水層のプライマーとして、ひび割れの生じた既設床版の表面に塗布することにより、ひび割れ部に含浸して床版自体に防水機能を与える複合防水工法（ADOX 床版防水工法）の浸透系材料としての性能も発揮します。	NETIS: HK-110016-A 技術名称：寒冷地用エポキシ樹脂コンクリート補修材「ADOX1380W」

③ 補 修・補 強

基礎の耐震補強工法（高耐力マイクロパイル工法）

《国道 9 号差海橋補強工事》

【株式会社フジタ】

■技術の概要

一般に、マイクロパイルとは杭の直径が 300mm 以下の場所打ち杭・埋込み杭の総称である。マイクロパイルの中でも、構造物の支持や耐震補強用として開発された工法が高耐力マイクロパイル（以下、HMP; High capacity Micro-Pile）である。HMP 工法は、従来のマイクロパイル技術にグラウンドアンカー工法で用いられている削孔技術やグラウトの加圧注入技術を取り入れ、補強材として異形棒鋼に加えて高強度の鋼管を用いることにより、高耐力・高支持力を可能にした杭である。HMP の概念図を図-1 に、施工手順を図-2 に示す。また、HMP を用いた既設基礎の耐震補強のイメージ図を図-3 に示す。

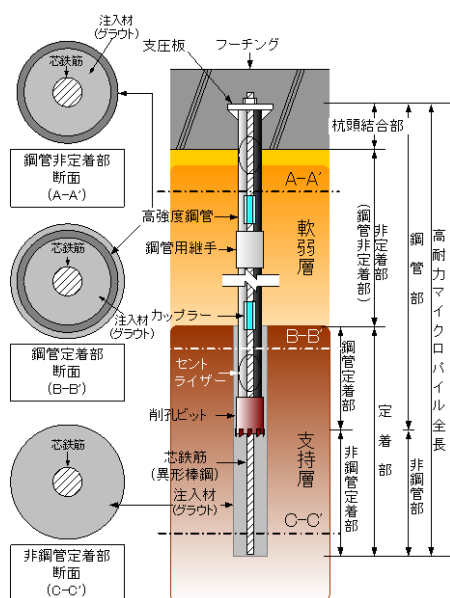


図-1 高耐力マイクロパイル概念図

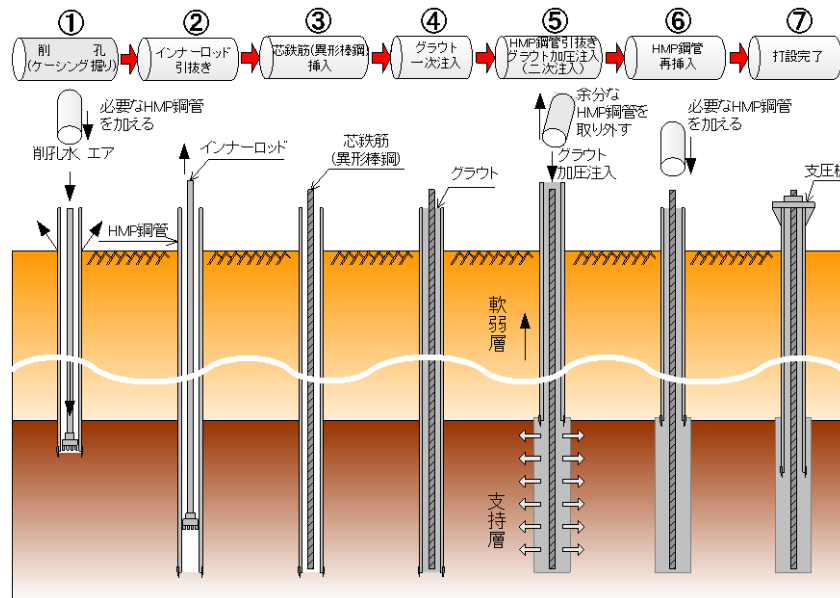


図-2 施工手順

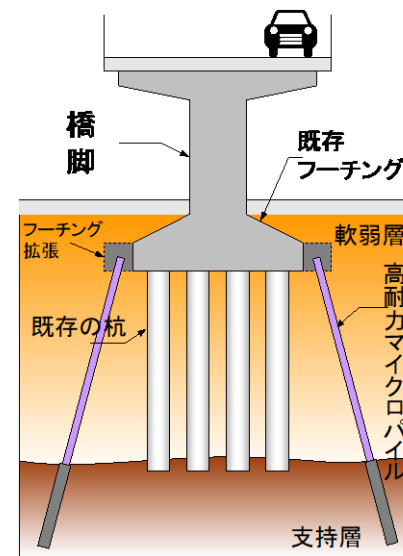


図-3 橋脚基礎補強のイメージ図

■工事例：国道 9 号差海橋補強工事

差海橋は、昭和 39 年に施工された橋長 40.6m、有効幅員 8.0m の 3 径間のRC橋であり、橋脚形式はパイルベント方式である（写真-1）。

耐震補強工事は既設杭の外側に HMP を施工し、パイルベント橋脚をRC巻立てするものである（写真-2、3）。HMP 工法が採用された主な理由は、現道交通を維持したまま施工が可能であること、橋梁下部河川締切り内の狭隘なヤードでの施工と桁下高さ制限 4.0m 未満での施工が可能であることなどである。



写真-1 施工前



写真-2 施工状況



写真-2 施工完了

工事事例 国道 9 号差海橋補強工事

③ 補 修・補 強

高耐力マイクロパイル工法

基礎の補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
基礎の耐震補強工法	高耐力マイクロパイル工法（HMP 工法） HMP 工法は、従来のマイクロパイル技術にグラウンドアンカー工法で用いられている削孔技術やグラウトの加圧注入技術を取り入れ、補強材として異形棒鋼に加えて高強度の鋼管を用いることにより、高耐力・高支持力を可能にした杭基礎工法である。 既存構造物の耐震補強において、狭い作業空間等の制約条件が厳しい場合にも有効な基礎補強工法である。	■特 徴 ・ HMP 工法は、注入材（グラウト）の加圧注入、補強材としての異形棒鋼と高強度鋼管の使用により、小口径にもかかわらず、大きな支持力を確保できる。また、耐震補強などの際の増し打ちフーチングを小さくでき、さらに、斜杭として水平荷重を分担することができる。 ・ HMP 工法は、小型ボーリングマシンを使用できるために、既設構造物の制約を受けて狭隘かつ低空頭の場所でも施工が可能であり、杭径が 300mm 以下と小口径であることから、地中障害物や既設構造物の干渉を減じ、掘削土量や削孔中の騒音・振動も抑制できる。 ・ HMP 工法は、総実績の約 6 割が既設基礎の補強に適用され、その主な対象は道路橋、電力・通信設備の鉄塔、配水池や水管橋等である。残りは歩道橋、擁壁等の新設基礎や、斜面補強等に適用されている。 ■課 題 ・ 非常に透水性が高く地下水の流れが速い場合（一般に 3m/min 以上）や被圧地下水が存在し作業地盤まで自噴する状況の場合は、施工が困難となることが予想される。その場合は、施工上の工夫が必要となる。	・ 本工法は、独立行政法人土木研究所、財団法人先端建設技術センター他、民間 12 社の官民共同研究で開発された技術で、平成 14 年に「高耐力マイクロパイル工法の設計・施工マニュアル」として取り纏められている。 ・ 「高耐力マイクロパイル研究会」にて、1999 年から 2011 年の 13 年間で、約 180 件、延べ杭延長で約 54,600m の施工実績を有する。

③ 補 修・補 強

劣化コンクリートのはく落防止工法（土木用ネットバリア工法）《JR 京葉線高架橋補修工事》

【株式会社フジタ】

■技術の概要

本工法は、アラミド繊維とビニロンからなる格子状ネットにポリプロピレンの不織布を合体した連続繊維シートを無機質系のポリマーセメントモルタルを用いてコンクリート躯体に接着させる劣化コンクリートのはく落を防止する工法である。NETIS:TH-030013

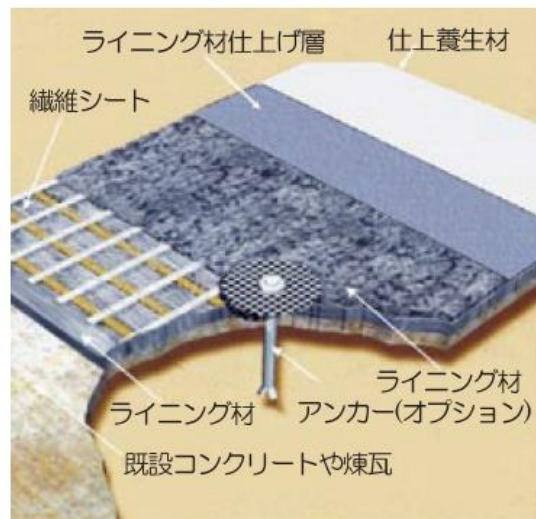


図1 工法の概要

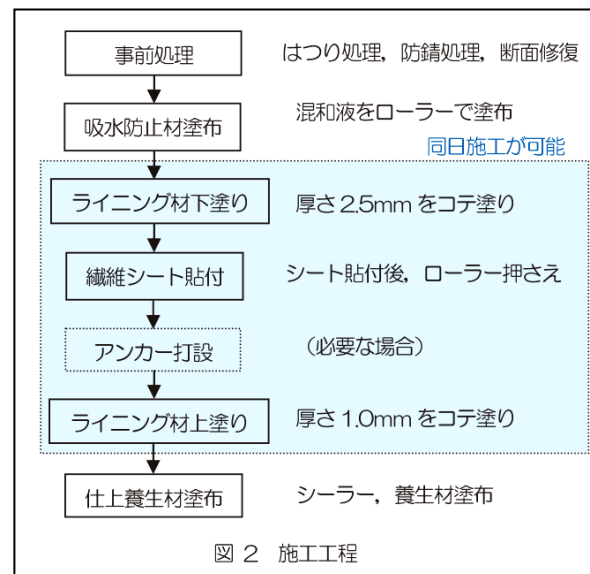


図2 施工工程

ネットバリア工法の特長

- ◆ アラミド繊維を用いた立体網目不織布は柔軟性、加工性、耐アルカリ性に優れ、耐久性に富んでいます。
- ◆ ライニング材は、プレミックスした粉体にポリマー混和液を配合するだけで、施工性に優れています。
- ◆ 構造物表面の凹凸に対するプライマ塗布や不陸修正が不要です。
- ◆ 紫外線などに対する劣化対策が不要です。
- ◆ 内部の水分を適度に発散するので、ライニングに膨れが生じません。
- ◆ 有機系溶剤を使用しない、人や周辺環境にやさしい工法です。
- ◆ 一連の工程を同日中に施工することが可能です。



表1 コンクリート劣化要因の遮断性能と試験結果

項 目	中性化抑制性	水蒸気透過性	酸素遮断性	塩化物イオン透過性
試験方法	JIS A 1153 に準拠 (※ 促進10週間)	JIS Z 0208 に準拠	ASTM D 1434 に準拠	JIS K 5400 に準拠
ネットバリア工法 (C2)				
各機関の基準値	東海道新幹線	3.0 mm 以下	10.0mg/cm ² ・日	—
	JR東日本	1.2 mm 以下	—	0.05 mg/cm ² ・日
	JR西日本	1.2 mm 以下	—	1.0 mol/m ² ・日
	首都高速道路公団	1.0 mm 以下	—	—
	日本道路公団	—	—	—

③ 補 修・補 強

土木用ネットバリア工法

コンクリートのはく落防止

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
劣化コンクリートのはく落防止工法	土木用ネットバリア工法 (C2) 本工法は、アラミド繊維とビニロンからなる格子状ネットにポリプロピレンの不織布を合体した連続繊維シートを無機質系のポリマーセメントモルタルを用いてコンクリート躯体に接着させる劣化コンクリートのはく落を防止する工法である。	・ 連続繊維シートは、アラミド繊維とビニロンの 2 軸ネットにポリプロピレンの不織布を合体したシート（リプレックスシート）で耐アルカリ性に優れセメントモルタル中での耐久性を保ちます。 また、柔軟性がありハサミで簡単に切断できるので、あらゆる補修箇所に対応します。 ・ 連続繊維シートは、2 軸ネットで落下物を保持すると同時に、不織布がライニング材を 3 次元的に補強してひび割れを防止する効果を発揮します。また、無収縮で水密性の高いポリマーセメントモルタル（ライトフィラー）は劣化因子である二酸化炭素や塩化物イオンの侵入を遮断する効果があります。 ・ 樹脂系のはく落工法と対比すると、湿潤面でも施工可能であることから、トンネルへの適用が増加しつつある。 ・ コテ作業が中心となるので熟練工の確保が緊急の課題である。	・ 本工法は、(株)フジタ、(株)リノテック、(株)高環境エンジニアリングとの共同開発。 ・ NETIS 登録番号：TH-030013 ・ 主な施工実績： 営団地下鉄東西線高架橋補修工事、JR 京葉線高架橋補修工事、関越自動車道構造物補修工事等

③ 補 修・補 強

コンクリート充填管理をシステム化した技術（コンクリート充填ウォッチャー）《JR 西日本の高架橋柱の耐震補強》【株式会社フジタ】

■技術の概要

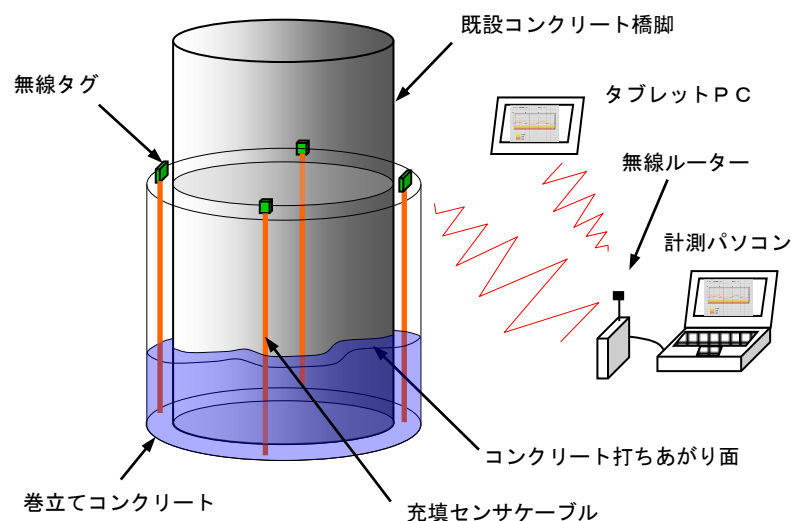
既存橋脚の RC 巻立て補強工事等、コンクリート打設時の充填状況の目視確認が困難で、鉄筋量が多くコンクリートが充填されにくい部位の施工に対して、充填状況を静電容量の変化として連続的に検知することにより、ビジュアル化して管理する手法。



無線タグとセンサケーブル



計測画面



計測パソコン



タブレット端末による確認



耐震補強橋脚



コンクリート充填状況

③ 補 修・補 強

コンクリート充填ウォッチャー

基礎のコンクリート補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
RC 巻立て補強部の コンクリート充填 管理システム	コンクリート充填ウォッチャー 既存橋脚の RC 巻立て補強工事等、コンクリート打設時の充填状況の目視確認が困難で、鉄筋量が多くコンクリートが充填されにくい部位の施工に対して、充填状況を静電容量の変化として連続的に検知することにより、ビジュアル化して管理する手法。	・ コンクリート構造物の品質向上のためには、まだ固まらないフレッシュコンクリートを隅々に充填させ、均一に締め固めることが重要であるが、センサーと計測ケーブルをセットにした計測機器を計測部位に取付けて管理する。 ・ 計測原理は、フレッシュコンクリートの静電容量が空気のそれと比較して約 80 倍となることを利用して、予め試験しておいた充填高さで静電容量の関係から、充填高さを検出する。 ・ 計測データはアンテナを介して無線で送信することで、打設箇所から離れた場所でリアルタイムに充填状況を把握することができる。 ・ 計測原理として非誘電率を使用しているため、生コン、水、ノロの種別判別ができない。	・ 本システムは、(株)フジタとセイコーエプソン(株)との共同開発である。 ・ 2010 年度の西日本旅客鉄道(株)の高架橋柱の耐震補強に適用した。

③ 補 修・補 強

高橋脚等の作業用足場（FCF 工法）

【(株)フジタ】

■技術の概要

高橋脚の高層コンクリート構造物の施工、補修において、作業用足場の組立・解体及び型枠の組払い・移動をこれまでの総足場工法に比べ、より安全にできるよう、かつ特殊作業員を必要とせず足場・型枠の作業を省力できることを特徴としている。図-1 にシステム概要を示す。

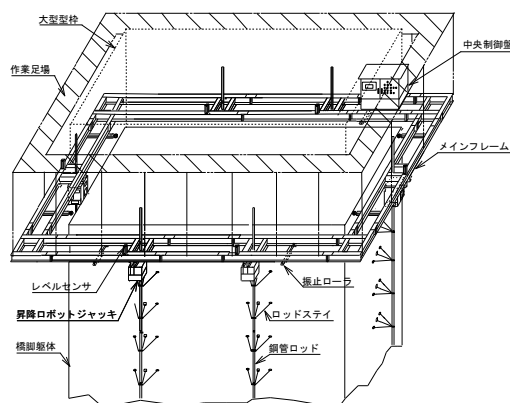


図-1 システム概要

橋脚の周囲にシステムの受け台であるメインフレームを設置する。その大きさにより、通常6～8台の昇降ロボットジャッキをフレーム下部に配し、機械内に鋼管ロッドを貫通させて躯体周囲に設置する。鋼管ロッドは移動時のガイド及び鉛直荷重に対する支え支柱となる。各ロッドは所定間隔で座屈防止のために壁つなぎ材料で躯体壁に固定する。メインフレーム上には、作業用の足場が必要高さ分設置される。システムは、昇降ロボットジャッキ、制御操作盤、レベルセンサーより構成されている。昇降ロボットジャッキ本体中心部には、上下2組のチャック装置がある。上昇と下降は水平を維持しながら、油圧シリンダーの伸縮と上下チャックの開閉を制御することで行う。図-2に昇降ロボットジャッキの外観と仕様を示し、チャック装置は、くさび構造のため、万一の機械の故障に対しても安全は確実に確保される。

図-3に最近の適用例を示す。

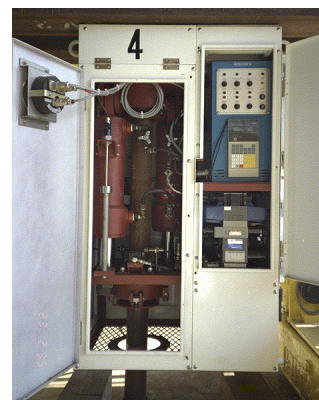


図-2 ジャッキ外観・仕様

押上力	15t/台
上昇速度	150mm/min
下降速度	75mm/min
油圧	13MPa
制御装置	シーケンサ
鋼管ロッド	3m/本、φ76mm
レベルセンサ	水盛式センサ、精度0.5mm
電動機	1.5kw、3φ×200V



図-3 適用例

工事名：さがみ縦貫串川橋下部

（その1）工事

発注者：国土交通省関東地方整備局

施工場所：神奈川県相模原市

断面寸法：12.5m×7.5m

高さ：38.0m

工事年月：H22年11月～H23年11月

③ 補 修・補 強

FCF 工法 昇降ロボットジャッキシステム

補修			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
高橋脚の高所作業の作業ステージを安全に昇降するクライミング工法	工法の特徴は、昇降が可能なため地上で組立解体ができ安全性が向上する。鋼管ロッドを支柱として昇降。施工高さに制限はありません。操作はコンピューターにより一括制御するため、特殊技能工を必要としません。高くなるほどシステムの効果が発揮され、工程短縮、経済性で有利となります。	■特 徴 - 新設の高橋脚では 60 基の施工実績を有しているが、補修補強での施工事例はない。 最大実績高さ：120m ■課 題 - 高橋脚では安全性が高く経済性にも優れた工法であるが、低い橋脚（高さ 30m以下）では経済性に劣る。 - 電源が必要となる。	- NETIS 登録済み - 国土交通省の第 5 回「国土技術開発賞・優秀賞」を受賞（平成 15 年）

③ 補 修・補 強

固化改良を併用した既設橋脚基礎構造物の耐震補強工法 《In-Cap工法》 【(株) 不動テトラ】

■技術の概要

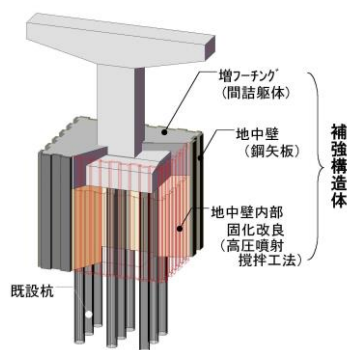
In-Cap (Incremental Capacity) 工法

In-Cap 工法は既設基礎フーチングを鋼矢板で所定の深さまで取り囲んで内部を固化改良し、増しフーチングで既設基礎と一体化することにより、耐震補強を行う工法である。必要に応じて増杭を行う場合もある。

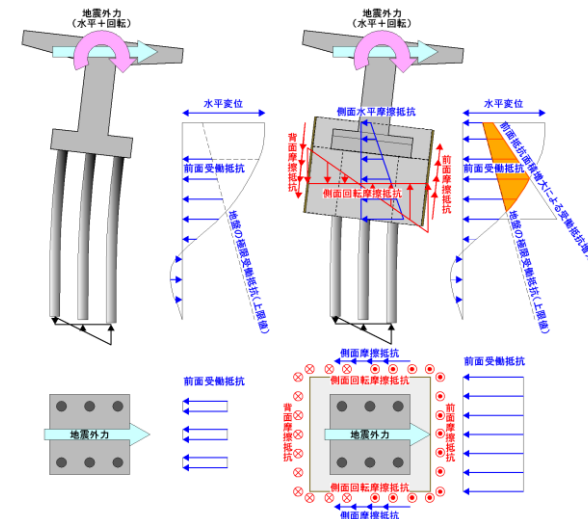
本工法により補強された基礎は、周辺地盤の抵抗要素が増大し、固化改良体が既設杭を拘束することにより剛性が増大するため、基礎の耐力向上を図ることができる。

本工法の特徴は、以下のとおりである。

- ・施工時には外周の鋼矢板を仮土留めと兼用できる。
- ・構造体寸法が小さく、施工占有面積が小さい。
- ・確立された技術・工法を用いるため、確実な施工が可能である。



構造概要図



杭基礎 (補強前)

In-Cap 工法 (補強基礎)

耐震補強メカニズム

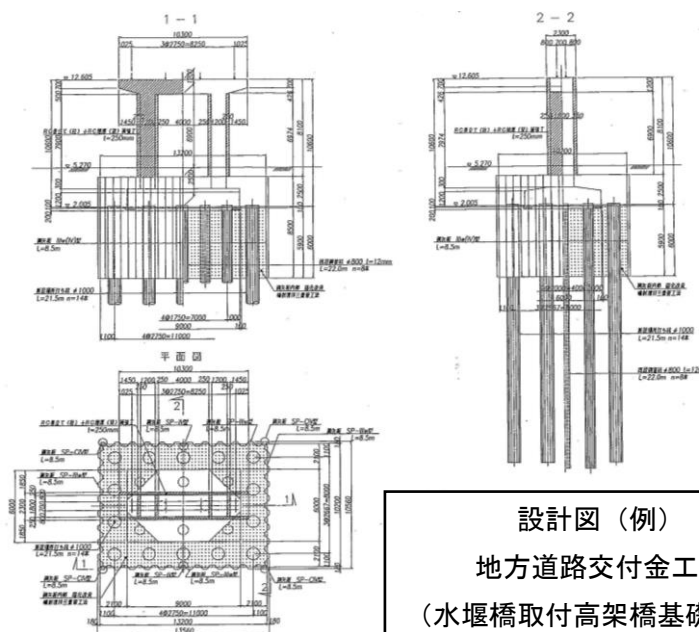


桁下での鋼矢板打設



増設フーチング完了

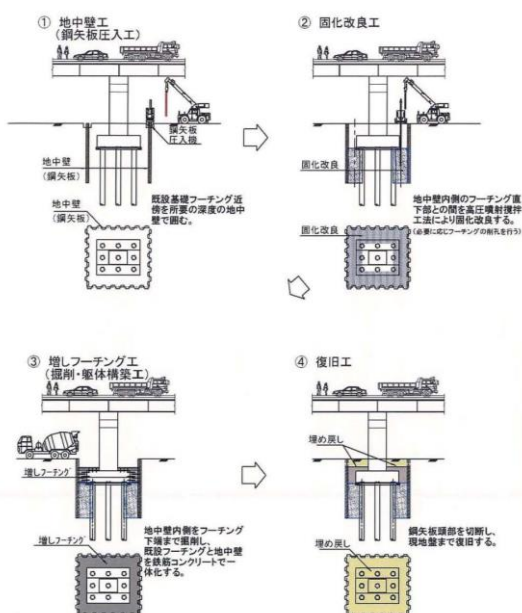
施工状況写真



設計図 (例)

地方道路交付金工事
(水堰橋取付高架橋基礎補強)

施工ステップ図



③ 補 修・補 強

既設橋脚基礎補強工法

補強			
工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強 (既設橋脚基礎の補強)	既存技術（工法）の組合せによる耐震補強工法	■特 徴 ・施工時には外周の鋼矢板を仮土留めと兼用できる。 ・構造体寸法が小さく、施工占有面積が小さい。 ・確立された技術・工法を用いるため、確実な施工が可能である。 ■課 題 ・地表面以下の基礎構造物の健全性を簡易に調査・判定する方法がなく、また予算等の関係から、地表面下の基礎構造物の補強の市場が広がらない。 ・現状では、本工法が有利となる構造物の基礎条件、地盤条件が限定的であり（と想定されており）、比較検討の対象とはなっても、適用が有利となる案件が限られている。 ・既設橋脚以外の構造物への適用も可能と考えているが、現状では適用構造物が杭基礎を有する既設橋脚に限定されている。	・特許：第 3515567 号 ・技術審査証明：国土技術研究センター 第 11 号（平成 17 年 3 月） ・NETIS 登録：CB-030075-A（平成 15 年 11 月） ・実績：1 橋梁（5 橋脚）
地中壁工 (地中壁構築)	鋼矢板工法	■課 題 ・既設の桁下空間での施工となる箇所では、施工機械が限定されるとともに、鋼矢板が継杭となるケースが多いため、これらのケースでは施工能率が悪くなる。 ・一般的には鋼矢板は増設フーチング施工時の仮土留めを兼用するため、仮土留めとして使用した際の残留応力を考慮する必要がある。	・一般には、鋼矢板は増設フーチング施工時の仮土留めと兼用する。
地盤改良工 (固化改良)	高圧噴射攪拌工法	■課 題 ・現状では、セメント系固化材を使用した三重管方式の高圧噴射攪拌工法を採用することを基本としている。 ・既設の桁下空間での施工となる箇所では、施工機械が限定されるとともに、短いロットを継ぎ足しながらの施工となるケースが多いため、これらのケースでは施工能率が悪くなる。 ・三重管方式の高圧噴射攪拌工法では、既設フーチングにφ200mm 程度以上の削孔を行う必要がある。このため、既設フーチングの鉄筋位置を避けて削孔あるいは切断する鉄筋の補強等の対策が必要となる。	

③ 補 修・補 強

既設構造物直下の効率的な地盤改良工法

《FTJ（エフツインジェット）-FAN 工法》

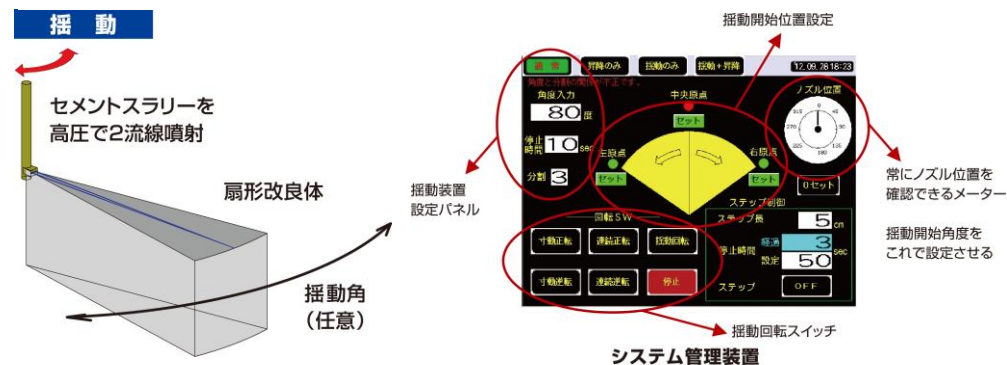
【株式会社テトラ】

■技術の概要

○地中で揺動する攪拌翼の先端から2流線で超高压のセメントスラリーを噴射することで、改良対象地盤を切削しながら攪拌混合し、扇形の改良体を造成します。これにより、既設構造物直下を改良する際には効率のよい施工（基礎の補強）が行えます。

- ・2流線による高压噴射で施工するため、従来の1流線の施工に比べ**高速施工**、**大径化施工**が可能
- ・揺動ジェット方式の採用により、**任意角度**で扇形の改良体を造成
⇒改良範囲に合せた無駄のない配置が可能
- ・エアを併用するため施工に伴う**地盤変位は殆ど発生しない**
⇒既設構造物との近接施工に適している
- ・施工条件に応じてボーリングマシンタイプ(**S型施工機**)から自走式杭打機(**L型施工機**)まで幅広く機種を選定が可能
⇒**N型施工機**は小型かつ自走式のため狭隘地での施工性に優れる

■施工仕様



FTJ-FAN工法の標準改良仕様

噴射距離 (mm)	揺動角 (度)	吐出方式	引抜時間 (分/m)
2,600~4,000	0~180	引抜吐出	10.0以上

(注-1) 揺動角は任意に設定が可能です。

(注-2) 引抜時間は土質条件・揺動角度等の施工仕様により変わります。

(注-3) 施工条件により関係を変更する場合があります。

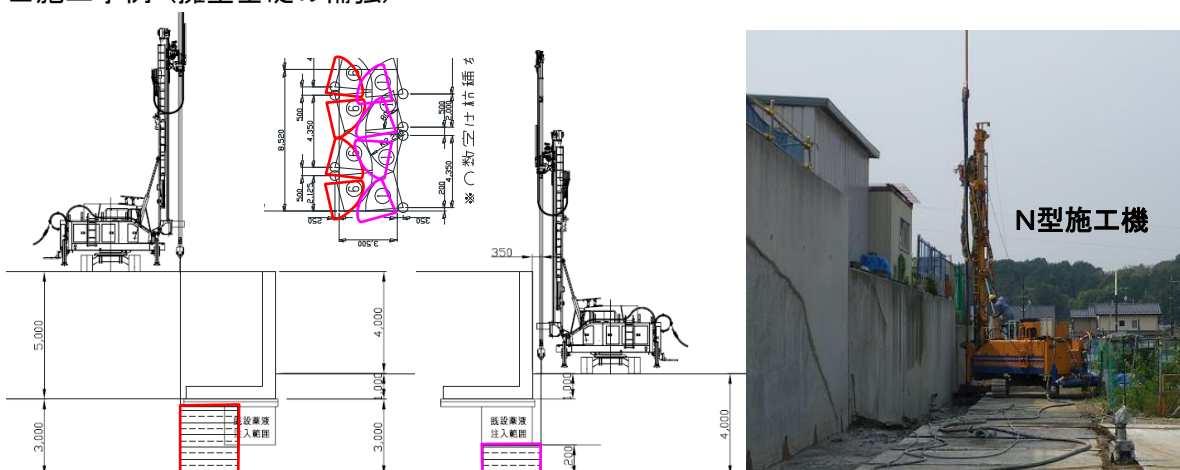
FTJ-FAN工法の標準施工仕様

噴射圧力 (MPa)	噴射流量 (ℓ/分)	固化材	水セメント比 W/C
30~	400~600 (200~300×2ノズル)	FJ-1号 FJ-2号	1.5 (1.0~1.5)

(注-1) 土質条件によりプレジェットを併用する場合があります。

(注-2) 室内配合試験により固化材添加量および水セメント比を決定します。

■施工事例（擁壁基礎の補強）



施工条件に応じて施工機を選定が可能



S型施工機



L型施工機

③ 補 修・補 強

F T J (エアツインジェット) - F A N工法

基礎補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
地盤改良工 (深層混合処理工法)	F T J - F A N工法 従来工法では困難であった、任意の角度で扇形の改良体を高速かつ大径化施工することを可能とした。これにより、構造物直下の地盤を改良する際の無駄な改良範囲が無くなり効率良い施工を行うことができる。	■特 徴 ・施工条件に応じて施工機を選択が可能である。(ボーリングマシンタイプ～自走式杭打機) ・超高压スラリー噴射の周囲にエアを同時に噴射するエア併用施工(2重管)により、周辺地盤・構造物への変位影響が小さく、大口径の地盤改良杭の造成が可能である。 ・扇形の形状を採用することにより、効率良く改良体を配置することができる。 ■課 題 ・土質条件によっては、改良径を確認するための試験施工が必要な場合もある。 ・大径の高圧噴射攪拌工法であるため大量の排泥処理が必要である。	・建築物(建屋)、擁壁、堤防等における施工実績あり。 ・F T J 工 法 (標 準) は NETIS: QS-040034-A 登録あり

③ 補 修・補 強

補修における下地処理の技術

《バキュームブラスト工法》

【株本間組】

■技術の概要

【工法概要】

- ・橋梁等の補修・補強工事において側方又は上方面のコンクリート劣化部を研削材及び粉塵を飛散させずに下地処理ができる。
- ・研削材の噴射ノズルと回収ホースとが一体となっているため、研削材や粉塵を飛散させることなく施工ができる。
- ・回収した研削材や粉塵等は、サイクロン方式によって分離され、再使用出来る研削材は、再度加圧タンクに送られ再噴射される。

【長所】

- ①粉塵の発生、騒音、振動が極めて低い。
- ②養生が比較的簡便でよい。
- ③人力施工であるため、研削面の状態を確認しながら作業ができる。
- ④躯体の形状に合わせた作業ができる。
- ⑤廃棄物の収集が容易である。
- ⑥システムがコンパクトで現場での移動が容易である。

【短所】

- ①乾式のブラスト方式であり、処理面が湿潤状態では作業ができない。
- ②作業範囲に制限がある。(水平方向に 60m 以内)

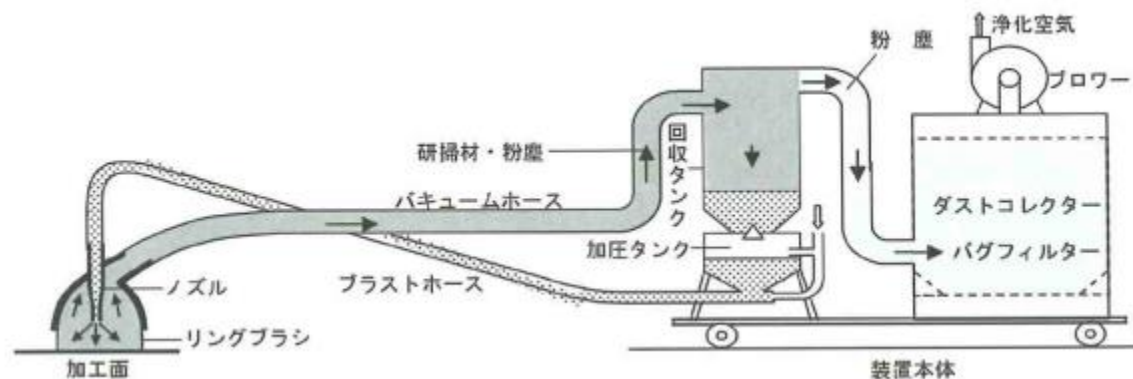


図-1 バキュームブラスト工法のシステム図



写真-1 施工状況



写真-2 システム写真

【施工実績】

- ・ H23 年新樋口橋耐震補強工事（国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所）
- ・ H24 16号拝島橋耐震補強補修工事（国土交通省関東地方整備局相武国道事務所）
- ・ 水郷大橋下部耐震補強その6工事（国土交通省関東地方整備局千葉国道事務所）

③ 補 修・補 強

バキュームブラスト工法

補修工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
下地処理工	バキュームブラスト工法 ・下地処理においてはチップングによるマイクログラック発生による躯体への悪影響や作業時の騒音・粉塵対策等を必要としない工法。噴射ノズルと回収ホースとが一体となっている為、施工と同時にブラストや粉塵を飛散させることなく回収出来る飛散防止型のブラスト工法である。	■特 徴 ・バキュームブラスト工法を採用することにより以下の課題を解決できる。 ①既設コンクリートへ衝撃を与えることなく劣化層を除去できる。 ②設備を施工位置から離して設置することで運転音による騒音を低減できる。 ③粉塵をブラストと同時に回収するため粉塵発生が抑制できる。 ④作業廃棄物の処理が容易である。 ⑤躯体形状に合わせた作業が可能となる。 ■課 題 ・まとまった施工量がないとコストアップに繋がる。(最低でも 70～80m²以上の施工規模が必要) ・コンクリート表面が乾燥していないと施工ができない。特に雨天時は施工が不可。天候に左右されずに施工を実施するためには養生が必要となる。 ・施工管理が面倒。劣化層の除去量はブラストの噴射時間によって変化するため、事前にブラスト時間と変化させた試験体を数種類用意し、この試験体と無収縮モルタルとの付着力を試験によって評価することにより、単位面積当たりのブラスト噴射時間を決定する。噴射時間を決定後、現場での施工においては、現場職員が常に立会い、時間を計測しながら施工管理を行うことになる。今後は、このような劣化層の除去について仕上がり面の優劣を評価できる測定器の開発が望まれる。	NETIS 登録 有り 当初設計から計上してあるケースはない。技術提案等で自主施工している状況。 管理試験項目等が発注者ごとに異なる。

③ 補 修・補 強

土留め材の設置・撤去に関する技術

《スルーサーA》

【株本間組】

■技術の概要

「スルーサーA」とは

スルーサーAは、切梁式土留め工法による既設橋脚等のRC巻立て耐震補強工事で用いる金具(図-1)。土留めを行う際に、既設構造物と切梁の間の巻立て部に設置(図-2)し、コンクリート打設後は埋め残すことで、以下に示すメリットがある。

- ①切梁の盛替えを不要にできる。
- ②製品内の空間に設計どおりに鉄筋を配置できる。
- ③切梁位置に左右されないコンクリート打設が可能。



(a) 巻立て厚 20~30cm



(b) 巻立て厚 35~40cm



(c) 巻立て厚 45~55cm

図1 製品イメージ

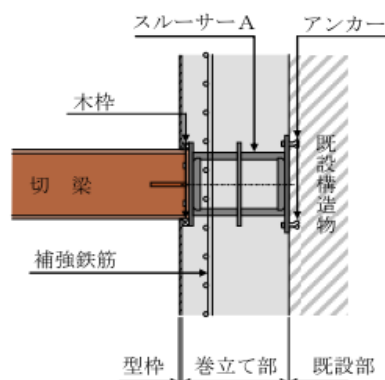


図2 スルーサー工法による既設構造物のRC巻立て

工事例：H23 新樋口橋耐震補強工事（国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所）

補強方法：RC巻立て $t=250\text{mm}$

新樋口橋 全体一般図 5-1:200

側面図

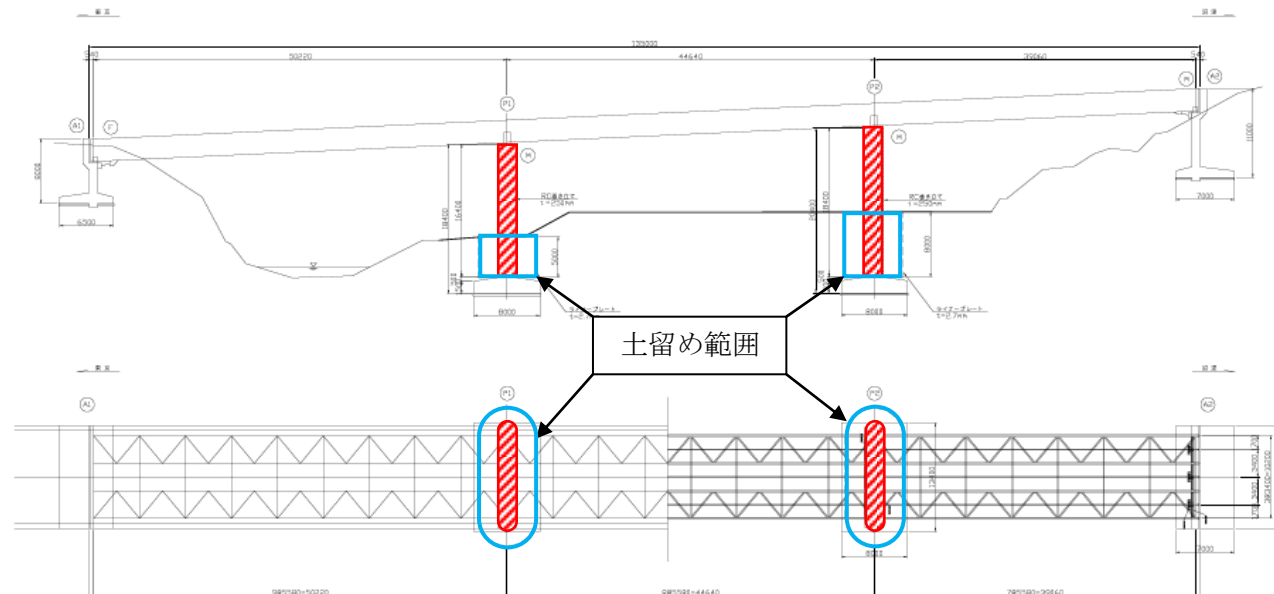


写真-1 土留め設置完了（スルーサー設置）

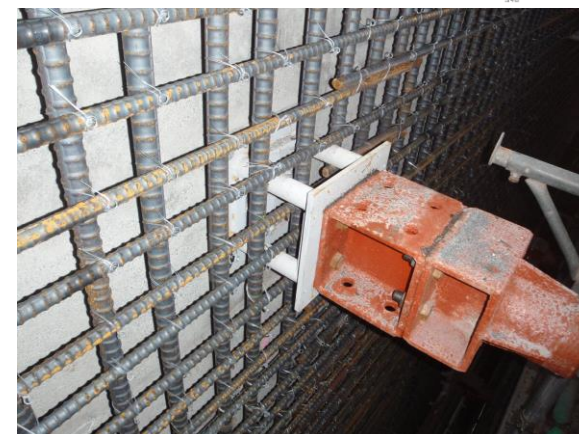


写真-2 スルーサー設置状況

③ 補 修・補 強

スルーサー A

R C 巻立て

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
土留め材設置・撤去	スルーサー ・既設橋脚 R C 巻立て耐震補強工事を行う際に、切梁との脱着が可能で、かつ鉄筋の挿入が可能な空洞を備えた金具を既設橋脚と切梁との間の R C 巻き立て部に設置することで、巻き立て途中の切梁の盛替え作業を不要とした製品。	■特 徴 ・基部掘削時に切梁を設置する場合、既設橋脚の鉄筋位置が判明した後でフーチング定着アンカー鉄筋配置が決定されるため H 形鋼の切梁材では盛替えを行う必要があった。 ・埋設型の切梁用金具である「スルーサー」は、補強鉄筋の取付位置の自由度を確保し、上記の鉄筋位置の移動に対応できるため、切梁の盛替えの必要が無くなる。また、製品と切梁をボルトで接合する構造となっているのでガス溶断作業が無く、切梁を速やかに解体できる。 ・製品の効果として①施工期間の短縮、②作業安全性の向上、③施工品質の向上が期待できる。 ■課 題 ・適用範囲として掘削深さは最大で 1.5 m まで、切梁段数が最大で 4 段程度までとなっており、大深度の土留めにおいては適用が難しい。 ・これまで設置してきた切梁のピース材に比べれば軽量であるが、切梁設置前にセットしておく必要があるため、取付けには手間がかかる。(約 30 kg 程度) ・施工期間の短縮等の工程的なメリットはあるが、施工費については材料費の計上が必要となることからコストアップとなる。将来は材料費の縮減が求められる。	NETIS 登録 有り 切梁断面寸法、増し厚に応じて各種金具が用意されている。

③ 補 修・補 強

あと施工ナット定着型せん断補強鉄筋

《サイトフィットネイリングバー (SNB) 工法》

【西松建設(株)】

■技術の概要

「サイトフィットネイリングバー (SNB) ⑧」工法 (建技審証 第 1507 号) は、供用中の鉄筋コンクリート構造物にせん断補強を行うためのあと施工タイプのせん断補強工法です。本工法は、既存構造物表面からハンマードリル等で削孔を行い、その孔内に定着用のモルタルカプセルである「SNB カプセル」をあらかじめ水中に 2～5 分程度浸漬したのち挿入し、その後「サイトフィットネイリングバー (SNB) ⑧」を打込むことでせん断補強が行えます。

■特徴

(1) 高いせん断補強効果

- ・必要な定着長は 4D (D: 鉄筋径) なので、有効率を高く取れるとともに薄壁への適用が可能。

(2) RC 部材の配筋状況に合わせた施工

- ・特殊ナットは現場でのセットが可能なので、対象 RC 部材の配筋状態に合わせた施工が可能。



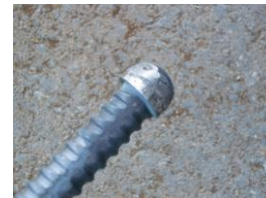
トータツエポキシ充填



充填完了



ねじ込み



取付け完了

(3) 施工の容易性と迅速性

- ・モルタル注入工程が不要であり、大型機材を使用しないので施工が容易かつ迅速。

■施工手順



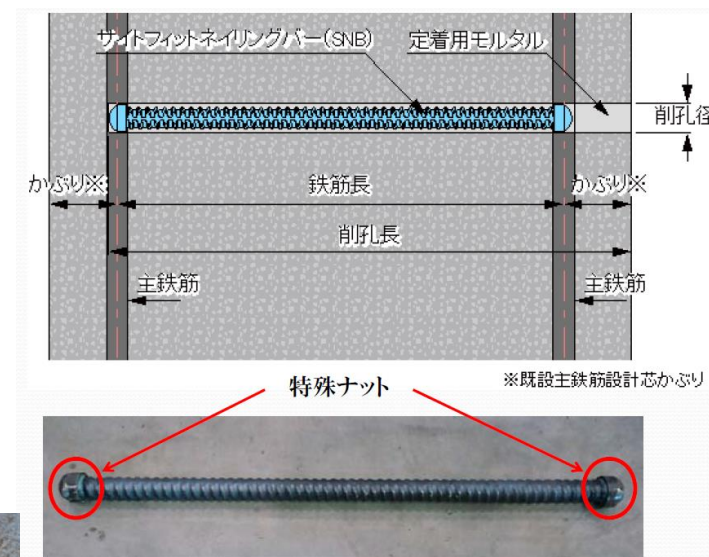
削孔



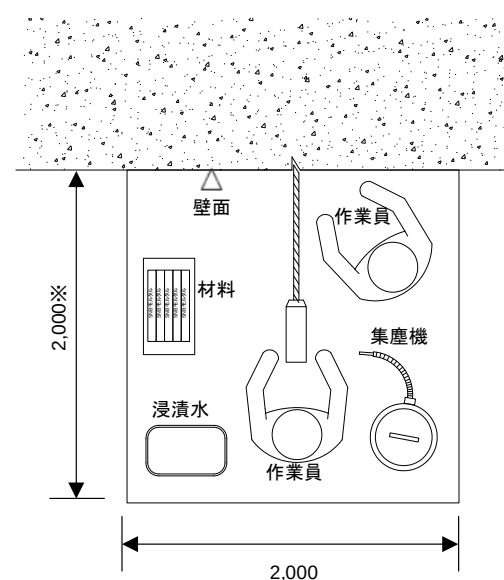
SNB カプセル挿入



SNB の打込み



サイトフィットネイリングバー (SNB)



施工スペース(例)

③ 補 修・補 強

サイトフィットネイリングバー（SNB）工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
せん断補強	あと施工ナット定着型せん断補強鉄筋「サイトフィットネイリングバー（SNB）工法」	■特 徴 ①現地寸法に合わせた加工が容易 汎用のネジ節鉄筋に特殊ナットをトーテツエボキシにて一体化する材料であるため、現場で発生する寸法変更等にも容易に対応が可能です。 ②削孔径の小口径化 先端の特殊ナットを小さくすることで削孔径も小口径化し、削孔による既存鉄筋との干渉確率が低減するとともに、二段階削孔等がなく作業工程が単純です。 ③汎用工具での施工 ハンマードリル等の汎用機械を使用した1段削孔で施工が可能であるため、容易かつ迅速な施工が可能です。 ④小規模工事や狭隘な箇所での施工 カプセルタイプのモルタルで充填するため、注入用プラント等の設備を必要としません。  ⑤水道施設対応性 「SNB カプセル AF」は厚生労働省 水道施設の技術的基準を定める省令の基準を満足しています。	建設技術審査証明取得（土木研究センター第1507号 平成27年12月 内容変更平成28年6月）

③ 補 修・補 強

コンクリート片はく落防止工法

《ネットキーパー工法》

【西松建設㈱】

NEXCO「構造物施工管理要領」はく落防止工法 適合法

商標登録 第 5774310 号

本工法は、コンクリート構造物を対象にしたコンクリート片のはく落防止技術です。コンクリート面との付着性に優れた無溶剤型エポキシ樹脂系プライマーおよび接着剤を使用し、特殊な表面処理を施したポリプロピレン製の3軸構造メッシュシートをコンクリート躯体表面に貼り付けて一体化することで、優れたはく落防止性能を発揮します。

本技術の特長

1) 夏期施工性の向上

従来同等品に比べて、暑中環境での施工可使時間が2～3割長くなり、夏期施工性が向上

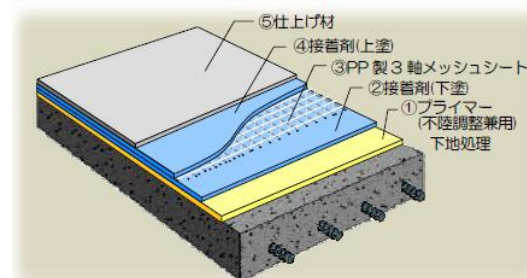
2) 隅角部への追従性

薄厚のメッシュシートは軽量かつ柔軟で、構造物隅角部への追従性に優れ、繊維の浮き上がりを低減

3) 低温から高温域で安定した押抜き抵抗性を発揮

－30℃(低温)～50℃(高温)の温度範囲内でNEXCO規格を満足する安定した押抜き抵抗性を発揮

材料仕様



	品 名	標準使用量
⑤	AOI トップコート	0.20 kg/m ²
④	エポボンド NK	0.50 kg/m ²
③	シムテックスメッシュ SCM1810A	1.00 m ² /m ²
②	エポボンド NK	0.70 kg/m ²
①	エポプライマーNK	0.15 kg/m ²

■ 施工手順

①下地処理



②プライマー塗布



③接着剤塗布 (下塗り)



④繊維シート貼付



⑤接着剤塗布 (上塗り)



⑥仕上げ材塗布



完成

施工日数: 2～3日

■ ポリプロピレン製3軸繊維シートの特長

(通常PPに比べて)

1. 強度・弾性率に優れる

- PP繊維と低融点のポリエチレン樹脂を高温・高倍率延伸処理によって一体化した「高強度FRTP線状体」を採用

2. 軽くて薄い

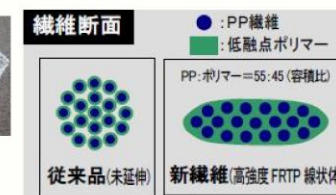
- 従来品の2/3程度の薄さで、しかも軽量65g/m² ←ビニロン繊維の1/3

3. 加工しやすい

- 賦形加工できる

4. 表面特殊処理

- コロナ放電処理により接着剤との親和性が向上



③ 補 修・補 強

ネットキーパー工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考																																																																						
コンクリート構造物 はく落防止工	■橋梁等の補修工法 NEXCO「構造物施工管理要領」はく落防止工	■特 徴 1．夏期施工性の向上 従来同等品に比べて、暑中環境での施工可使時間が2～3割長くなり、夏期施工性が向上 2．隅角部への追従性 薄厚のメッシュシートは軽量かつ柔軟で、構造物隅角部への追従性に優れ、繊維の浮き上がりを低減 3．低温から高温域で安定した押抜き抵抗性を発揮 -30℃（低温）～50℃（高温）の温度範囲内で NEXCO 規格を満足する安定した押抜き抵抗性を発揮 <table><tr><th colspan="7">性能試験データ</th></tr><tr><th>対象</th><th colspan="2">項 目</th><th>試験方法</th><th>判定基準</th><th>条件</th><th>試験結果</th><th>判定</th></tr><tr><td rowspan="12">橋梁・ボックスカルバート</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3">はく落防止性能 (押抜き試験)</td><td rowspan="3">JSCE-K 533</td><td rowspan="3">変位 10mm で ≧1.5kN</td><td>-30℃</td><td>2.77 kN</td><td>合格</td></tr><tr><td>+23℃</td><td>2.68 kN</td><td>合格</td></tr><tr><td>+50℃</td><td>2.53 kN</td><td>合格</td></tr><tr><td></td><td>プライマーひび割れ含浸性</td><td>試験法 426</td><td>≧2.0N/mm²</td><td>+20℃</td><td>3.19 N/mm²</td><td>合格</td></tr><tr><td rowspan="8">耐久性能</td><td rowspan="3">付着強さ</td><td rowspan="8">試験法 425</td><td rowspan="3">保持率</td><td>-30℃</td><td>87.0 %</td><td>合格</td></tr><tr><td>+23℃</td><td>86.4 %</td><td>合格</td></tr><tr><td>+50℃</td><td>129 %</td><td>合格</td></tr><tr><td rowspan="3">ひび割れ抵抗性</td><td rowspan="3">保持率</td><td>-30℃</td><td>101 %</td><td>合格</td></tr><tr><td>+23℃</td><td>234 %</td><td>合格</td></tr><tr><td>+50℃</td><td>133 %</td><td>合格</td></tr><tr><td>塩化物イオン透過性</td><td>≦0.005g/m²・日</td><td>+40℃</td><td>0.0014g/m²・日</td><td>合格</td></tr><tr><td>塗膜劣化(光沢度)</td><td>保持率</td><td>+23℃</td><td>89.3 %</td><td>合格</td></tr></table>	性能試験データ							対象	項 目		試験方法	判定基準	条件	試験結果	判定	橋梁・ボックスカルバート		はく落防止性能 (押抜き試験)	JSCE-K 533	変位 10mm で ≧1.5kN	-30℃	2.77 kN	合格	+23℃	2.68 kN	合格	+50℃	2.53 kN	合格		プライマーひび割れ含浸性	試験法 426	≧2.0N/mm ²	+20℃	3.19 N/mm ²	合格	耐久性能	付着強さ	試験法 425	保持率	-30℃	87.0 %	合格	+23℃	86.4 %	合格	+50℃	129 %	合格	ひび割れ抵抗性	保持率	-30℃	101 %	合格	+23℃	234 %	合格	+50℃	133 %	合格	塩化物イオン透過性	≦0.005g/m ² ・日	+40℃	0.0014g/m ² ・日	合格	塗膜劣化(光沢度)	保持率	+23℃	89.3 %	合格	
性能試験データ																																																																									
対象	項 目		試験方法	判定基準	条件	試験結果	判定																																																																		
橋梁・ボックスカルバート		はく落防止性能 (押抜き試験)	JSCE-K 533	変位 10mm で ≧1.5kN	-30℃	2.77 kN	合格																																																																		
					+23℃	2.68 kN	合格																																																																		
	+50℃				2.53 kN	合格																																																																			
		プライマーひび割れ含浸性	試験法 426	≧2.0N/mm ²	+20℃	3.19 N/mm ²	合格																																																																		
	耐久性能	付着強さ	試験法 425	保持率	-30℃	87.0 %	合格																																																																		
					+23℃	86.4 %	合格																																																																		
					+50℃	129 %	合格																																																																		
		ひび割れ抵抗性		保持率	-30℃	101 %	合格																																																																		
					+23℃	234 %	合格																																																																		
					+50℃	133 %	合格																																																																		
		塩化物イオン透過性		≦0.005g/m ² ・日	+40℃	0.0014g/m ² ・日	合格																																																																		
		塗膜劣化(光沢度)		保持率	+23℃	89.3 %	合格																																																																		

③ 補 修・補 強

アラミド FRP ロッドによる壁式橋脚の耐震補強

《AWS 工法》

【三井住友建設（株）】

■技術の概要

1. AWS 工法とは

AWS 工法は、壁式橋脚用の耐震補強工法であり、中間拘束材としてアラミド FRP ロッドを用い壁厚方向にプレストレスを与えることにより、軸方向鉄筋のはらみ出しを防止し、内部コンクリートの拘束効果を高め、じん性の改善およびせん断耐力の向上を図る工法です。

2. 特徴

・経済的

中間拘束工は、PC 鋼棒などを使用する従来工法に比べて本数が半減するため経済性に優れます(中間拘束工費が 10～30%程度縮減可能)。締切りや掘削などの仮設物の縮小も可能です。

・高耐久性

アラミド FRP ロッドは劣化腐食せず高い耐久性を有します。

・プレストレスによる効果的な補強

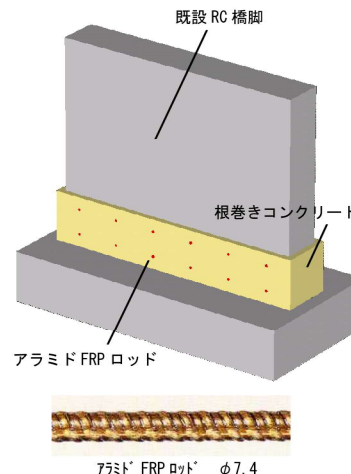
プレストレスを導入し積極的に主鉄筋のはらみ出しを抑制することにより効果的なじん性、せん断補強が可能です。

3. 施工手順

- ①橋脚の主鉄筋を探索し、中間拘束材用の削孔をします。
- ②根巻きコンクリートを施工し、アラミド FRP ロッドを挿入、緊張、仮定着し、孔とアラミド FRP ロッドとの隙間にモルタルグラウトを注入します。
- ③モルタルの強度が所定の値に達した後、根巻きコンクリート壁面でアラミド FRP ロッドを切断します。これにより付着定着方式で橋脚躯体にプレストレスが与えられます。
- ④アラミド FRP ロッドの端面処理、仕上げ。

4. その他

- ・国土技術開発賞受賞：第 3 回国土技術開発賞（国土技術研究センター 沿岸開発技術研究センター 国土交通省）を受賞
- ・技術標準：プレストレスを導入した壁式橋脚耐震補強工法の設計・施工要領(案)、日本道路公団東京第一建設局、1998 年 3 月
- ・特許：特許-3032716、コンクリート橋脚の補強方法及び緊張材の定着方法、日本道路公団と三井住友建設の共同出願（実施料は中間拘束材費の 2～3%）



壁式橋脚の耐震補強
壁式橋脚(断面の辺長比3以上の幅の広い橋脚)では、中間拘束材が十分に配置されていない場合、地震時には主鉄筋のはらみ出しが生じ、ねばり強さに欠ける問題があります。

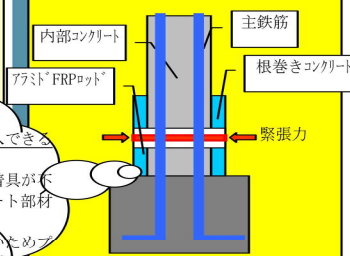


無補強(基部鉄筋のはらみ出し破壊)

アラミド FRP ロッドにプレストレスを導入できる理由
・付着強度が高いため PC 鋼材のような定着具が不要、かつ劣化腐食しないため、コンクリート部材に付着定着が可能
・PC 鋼材に比べて低弾性率で伸びが大きいのでプレストレスの導入が確実。また、与えたプレストレスが部材の収縮などで大きく損失しない

PC 鋼棒（従来工法）
・緊張できない
(高弾性係数、定着具が必要)
・はらみ出し後に有効
・中間拘束材数が多く低効率

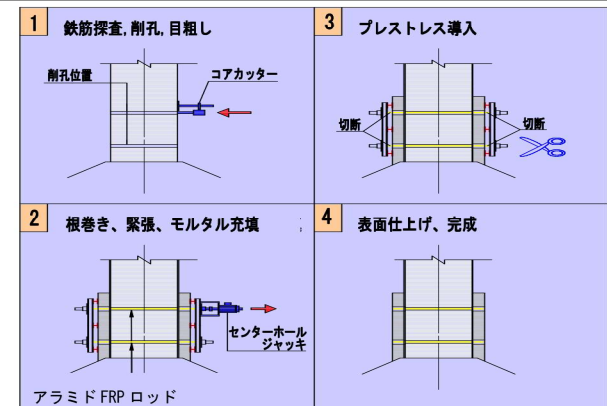
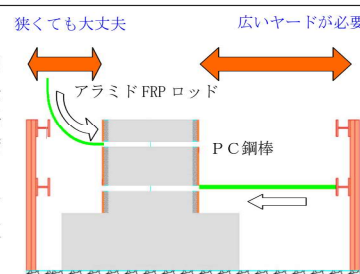
アラミド FRP ロッド（AWS 工法）
・緊張可能
(低弾性係数、付着定着)
・緊張効果で積極的にはらみ出しを抑制
・中間拘束材数の半減



仮設物の経済性

中間拘束材として PC 鋼棒を用いた場合、締切り仮設材の規模は、挿入する PC 鋼棒の長さで決定されます。しかし、アラミドロッドを用いた場合、その柔軟性を活かし締切り仮設材の規模を縮小できます。

特に河川内の橋脚補強では、締切り工が総工費の中で占める割合が大きく、本工法の経済的優位性が高まります。



③ 補 修・補 強

アラミド FRP ロッドによる壁式橋脚耐震補強

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
	アラミド FRP ロッドによる壁式橋脚の耐震補強 AWS 工法	■特 徴 ・経済的 中間拘束工は、PC 鋼棒などを使用する従来工法に比べて本数が半減するため経済性に優れます(中間拘束工費が 10～30%程度縮減可能)。 締切りや掘削などの仮設物の縮小も可能です。 ・高耐久性 アラミド FRP ロッドは劣化腐食せず高い耐久性を有します。 ・プレストレスによる効果的な補強 プレストレスを導入し積極的に主鉄筋のはらみ出しを抑制することにより効果的なじん性、せん断補強が可能です。 ■課 題 ・削孔が必要 中間拘束工は、PC 鋼棒などを使用する従来工法に比べて本数が半減するものの、既設橋脚への削孔が必要である。 ・アラミド FRP ロッドの取り扱い アラミド FRP ロッドは通常の現場施工作業では耐力低下を生じることはないが、一般の鋼材に比べて、火花や傷に弱いため、取り扱いには注意する。	(明朝、8 ポイント)。

③ 補 修・補 強

アラミド繊維シート巻き立てによる橋脚の耐震補強

【三井住友建設（株）】

■技術の概要

1. アラミド繊維シート巻き立て補強工法とは

アラミド繊維シート巻き立て補強工法は、RC 橋脚の耐震補強工法であり、アラミド繊維シートを既設橋脚表面に含浸接着樹脂を用いて貼り付けることにより、既設橋脚の曲げ耐力、せん断耐力、じん性能の向上を図る工法です。

2. 特徴

・経済的

アラミド繊維シート工法は補強による重量増加が微少で、基礎への負担が増加しません。補強費の大きな割合を占める基礎補強の軽減が図れます。また、目的や必要量に応じて細かい調節が可能のため、他の補強工法よりも経済的です。

・優れた施工性

アラミド繊維シートは軽量で現地への搬入や加工が容易なため、特殊足場や大型重機も不要で仮設設備が縮小できるとともに、狭隘な環境でも確実な施工ができます。また、柔軟で変形性に富むため、既設橋脚の出来形のばらつきに左右されません。さらに、短時間で施工することができます。

・部材寸法が変わらない

補強による部材寸法の増加が無く、RC 巻立てのように建築限界や河積阻害率を侵しません。

・耐久性が高く、非磁性、非電導

アラミド繊維シートは耐久性に優れ、非磁性、非電導体であるため、施工環境を選びません。

3. 補強方法

・曲げ補強

アラミド繊維シートを、橋脚の部材軸方向に貼り付けることにより主鉄筋段落し部の曲げ耐力を向上させることができます。また、フーチングに定着したアンカー筋とアラミド繊維シートを連続させることにより、橋脚の曲げ耐力を向上させることができます。

・せん断補強

アラミド繊維シートを、橋脚の部材軸直角方向に貼り付けることにより、せん断耐力を向上させることができます。

・じん性補強

アラミド繊維シートを、橋脚基部の部材軸直角方向に貼り付けることにより、コンクリートの拘束効果を高め、変形性能を向上させることができます。1. AWS 工法とは

4. 施工手順

①設橋脚表面の下地処理

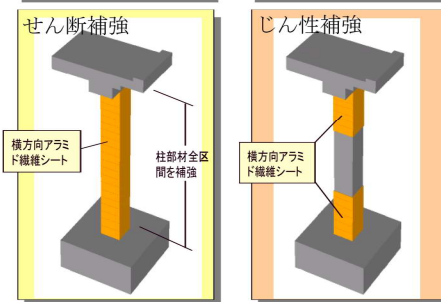
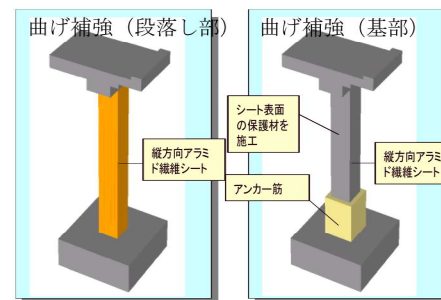
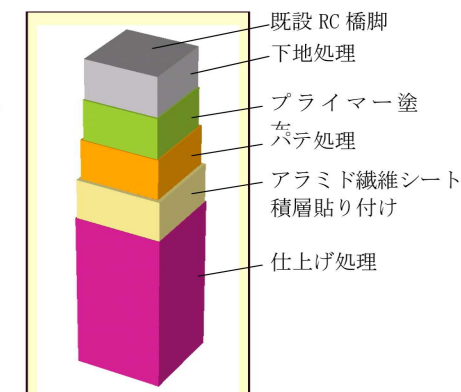
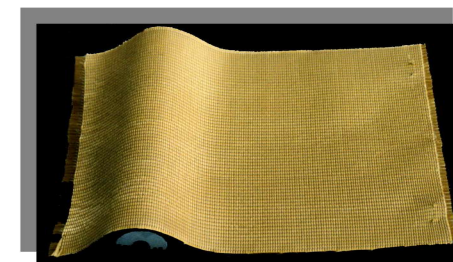
②プライマーを塗布し、含浸接着樹脂を用いてアラミド繊維シートを一層ずつ必要層数数貼り付けます。

③表面保護のため、塗装あるいはモルタルで仕上げ処理を行います。

5. その他

・適用：アラミド繊維シート巻き立て補強工法は、柱部材だけでなく梁部材にも適用できます。

・技術基準：アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法 設計・施工要領(案)，アラミド補強研究会



③ 補 修・補 強

アラミド繊維巻立てによる耐震補強

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
	アラミドFRP ロッドによる壁式橋脚の耐震補強 AWS 工法	■特 徴 ・経済的 アラミド繊維シート工法は補強による重量増加が微少で、基礎への負担が増加しません。補強費の大きな割合を占める基礎補強の軽減が図れます。また、目的や必要量に応じて細かい調節が可能なため、他の補強工法よりも経済的です。 ・優れた施工性 アラミド繊維シートは軽量で現地への搬入や加工が容易なため、特殊足場や大型重機も不要で仮設設備が縮小できるとともに、狭隘な環境でも確実な施工できます。また、柔軟で変形性に富むため、既設橋脚の出来形のばらつきに左右されません。さらに、短時間で施工することができます。 ・部材寸法が変わらない 補強による部材寸法の増加が無く、RC 巻立てのように建築限界や河積阻害率を侵しません。 ・耐久性が高く、非磁性、非電導 アラミド繊維シートは耐久性に優れ、非磁性、非電導体であるため、施工環境を選びません。 ■課 題 ・アラミド繊維シートの取り扱い アラミド繊維シートは通常の現場施工作業では耐力低下を生じることはないが、一般の鋼材に比べて、火花や傷に弱いため、取り扱いには注意する。	(明朝、8 ポイント)。

③ 補 修・補 強

アラミド FRP ロッドによるフーチングの補強

【三井住友建設（株）】

■技術の概要

概要

道路橋示方書の改訂に伴い基礎に対しても耐震性能の向上が求められています。基礎の補強は有効な方法がないことや、一般に施工が困難なことから、これまでほとんど実績がありませんでした。フーチングの補強工法には、補強材を配置したり上下面に補強筋を配置してコンクリートを増打する工法もありますが、実施工はほとんど不可能で、費用もかさみ現実性は低いと考えられます。

プレストレスによる基礎の補強

フーチングにプレストレスを有効に作用させることにより耐震補強が可能となります。既設フーチングを水平、鉛直方向に削孔し、緊張材を配置しプレストレスを導入することにより曲げ、せん断耐力を向上させる工法です。

フーチングの水平方向にプレストレスを導入した場合、曲げ降伏耐力の向上、拡幅部の一体化などの効果が得られます。

フーチングのせん断破壊として、斜めひび割れの発生による脆性的な破壊が懸念されます。これに対し鉛直方向にアラミド FRP ロッドを配置し、プレストレスを導入することによりコンクリートを拘束し、せん断耐力の増加を図ることができます。

施工手順

アラミド FRP ロッドによるフーチングのせん断補強の施工手順は、

- ①フーチング下面主鉄筋の内側まで鉛直削孔を施す。
- ②アラミドロッドを挿入。
- ③下方 50cm の深さに特殊モルタルを注入して養生する。定着体が形成される。
- ④アラミドロッドを緊張します。
- ⑤緊張力を保持した状態で残りの部分に特殊モルタルを注入し養生する。付着力を介して構造物にプレストレス力が導入される。
- ⑥不要なアラミドロッドを切断し、端面処理を行う。

メモ

男鹿大橋の施工に際して、フーチングのせん断補強の実績が少ないこと、緊張材をフーチングの下面主鉄筋の内側に定着することは従来のトラス理論が成立しないことから、事前にモデル試験体による試験を行い、せん断補強効果を確認しています。

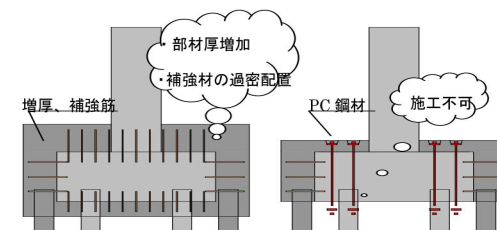


図-1 基礎の補強は困難

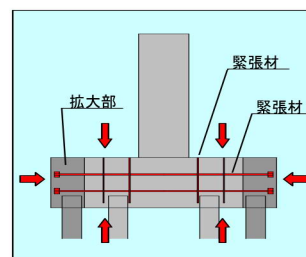


図-2 プレストレスによる補強

補強用緊張材にアラミド FRP ロッドが最適な理由

- ・土水中環境でも腐食しない
- ・付着性能が高く短距離で付着定着できる
- ・引張剛性が小さいので緊張力の損失が少ない、また導入が確実
- ・プレストレスの効果により配置本数が少ない
- ・コンクリート部材内の下面鉄筋の内側で定着できるので、主鉄筋を切断せず、上面からの作業のみで済む（図-3）

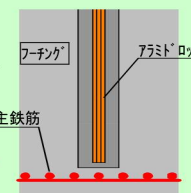


図-3 アラミドロッド定着部

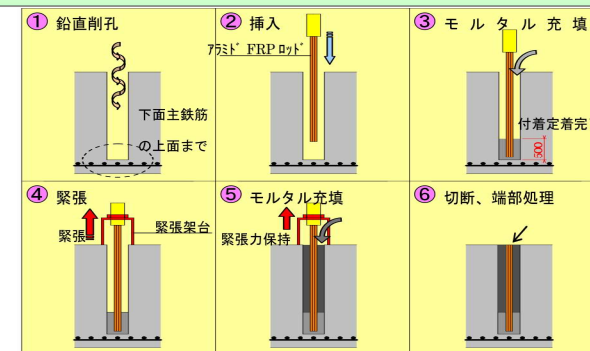
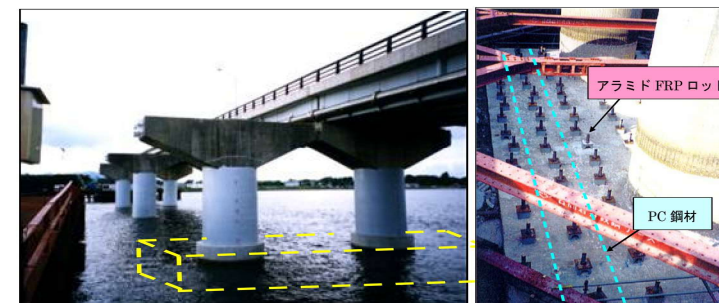


図-4 アラミド FRP ロッドによる補強工法の施工手順



男鹿大橋における補強事例

③ 補修・補強

アラミド FRP ロッドによるフーチング補強

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
	アラミド FRP ロッドによるフーチングの補強	■特 徴 フーチングにプレストレスを有効に作用させることにより耐震補強が可能となります。既設フーチングを水平、鉛直方向に削孔し、緊張材を配置しプレストレスを導入することにより曲げ、せん断耐力を向上させる工法です。フーチングの水平方向にプレストレスを導入した場合、曲げ降伏耐力の向上、拡幅部の一体化などの効果が得られます。 フーチングのせん断破壊として、斜めひび割れの発生による脆性的な破壊が懸念されます。これに対し鉛直方向にアラミド FRP ロッドを配置し、プレストレスを導入することによりコンクリートを拘束し、せん断耐力の増加が図ることができます。 ■課 題 ・削孔が必要 既設橋脚への削孔が必要である。 ・アラミド FRP ロッドの取り扱い アラミド FRP ロッドは通常の現場施工作業では耐力低下を生じることはないが、一般の鋼材に比べて、火花や傷に弱いため、取り扱いには注意する。	(明朝、8 ポイント)。

③ 補 修・補 強

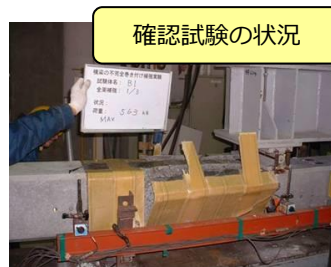
部分プレキャストアラミド繊維シート工法

【三井住友建設】

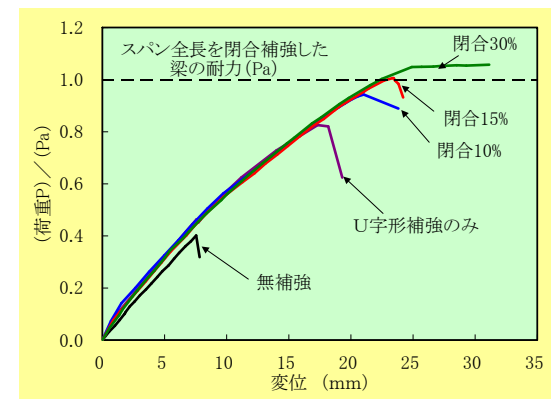
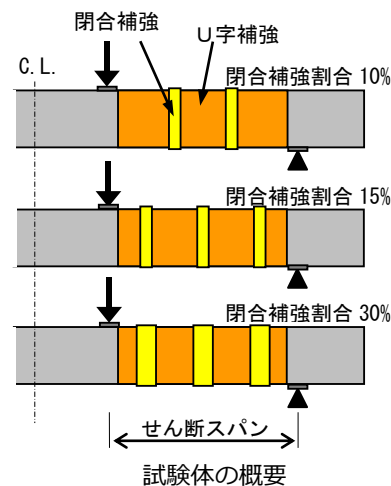
■技術の概要

せん断耐力が不足しているラーメン橋脚横梁のせん断補強工法です。横梁上面に支承などの障害物があり、連続繊維シートの閉合が不完全になる場合でも所要のせん断耐力を確実に確保できます。

狭隘な施工空間となる横梁上面では、部分プレキャストシートを用いて施工性を改善できます。

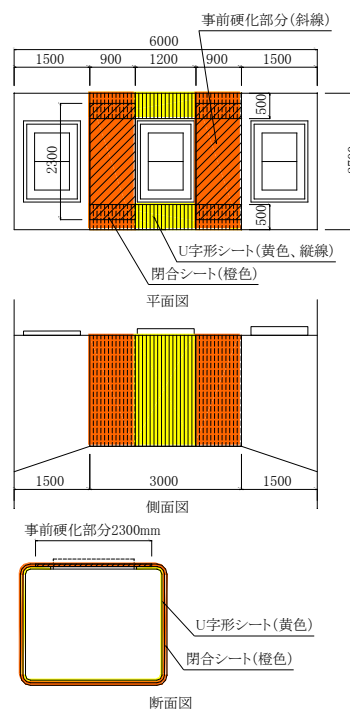
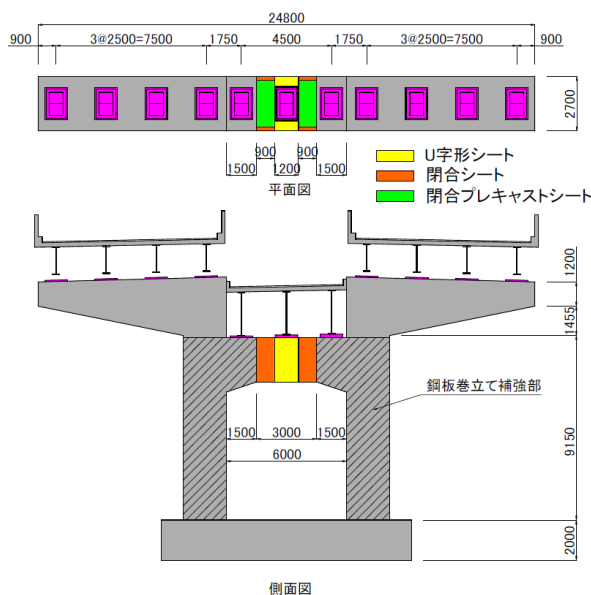


確認試験の状況

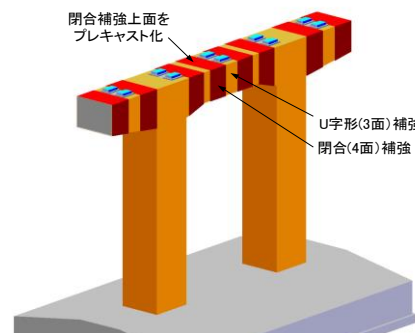


試験結果（荷重－変位関係）

都市高速道路での実績



(a)大207～209橋脚の補強概要



部分プレキャストシート



部分プレキャストシート施工



完成

③ 補 修・補 強

部分プレキャストアラミド繊維 シート工法

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
橋脚補修・補強工法	部分プレキャストアラミド繊維シート工法 技術概要： せん断耐力が不足しているラーメン橋脚横梁のせん断補強工法。横梁上面に支承などの障害物があり、連続繊維シートの閉合が不完全になる場合でも所要のせん断耐力を確実に確保できる。	■特 徴 ・横梁上面を除いた3面を補強するシート（U字シート）と支承を避けて閉合補強するシート（閉合シート）を併用する。U字シートは横梁全長に対して実施する。 ・現状では、U字シートと閉合シートの種類と厚さは同じとしている。 ・ ・ ■課 題 ・せん断スパンに対する閉合シート区間の割合は15%以上必要である。 ・閉合シートを貼っていない区間の梁軸方向の長さは梁高さ以下となる必要がある。	・特許番号 第4041708号 第4194915号 - 関連特許 第4938577号 （横梁側面にブラケット等の障害物がある場合の補強方法） ・実績 1件（都市高速道路高架橋）

③ 補 修・補 強

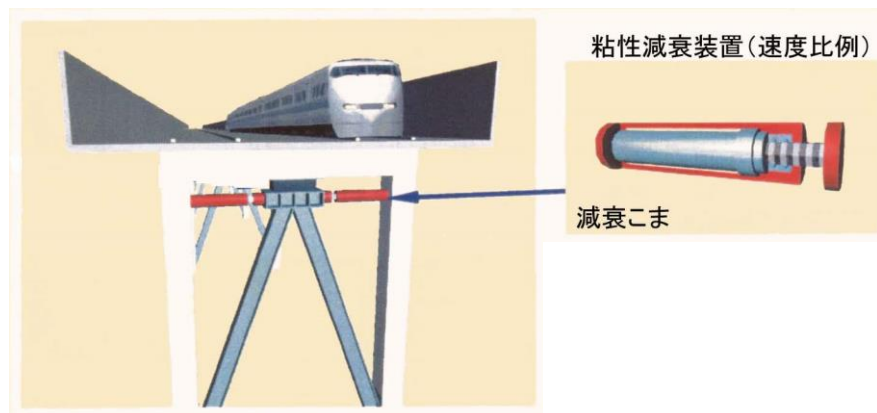
「減衰こま」による高架橋の制震補強工法

【三井住友建設】

■技術の概要

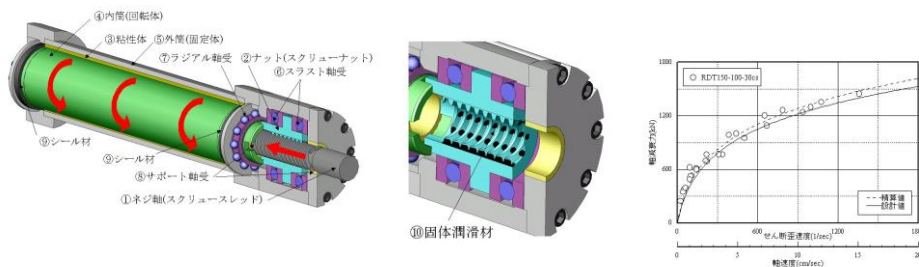
●制震工法とは

制震工法とは、高架橋に減衰装置を付加することによって減衰能を与え、応答変位や応答加速度を小さく抑える耐震補強工法です。減衰装置としては、粘性体を使用した「減衰こま(RDT:Rotary Damping Tube)」を使用します。



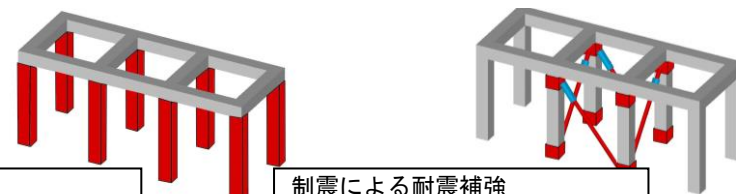
●「減衰こま」の性能

- ・減衰こまの減衰力は、粘性体（シリコンオイル）のせん断歪み速度との関係で求めることができます。
- ・せん断歪み速度が大きくなると大きな減衰力を発揮します。
- ・減衰こまは構造物に生じる層間速度(直線運動)を滑りネジ(オイルレス加工品)により回転運動に変換し、その増幅された速度を回転部分に充填された粘性体に作用することにより大きな粘性減衰力を発生させる装置です。



●特徴

- ・減衰こまの高い減衰性能により、地震時の応答変位や応答加速度を小さく抑えることができ、地震後の列車走行安全性が確保されます。
- ・3径間（8本柱）の場合、4本の柱に対して減衰装置を取り付けるだけで十分な補強効果を得ることができます。
- ・柱の全数・全長にわたって補強工事を行う必要がありません。
- ・柱の4面に対して工事を行わなくても減衰装置を取り付けることができます。
- ・減衰装置の大量生産によりコストダウンが可能となります。
- ・条件によっては柱脚部を掘削しなくても補強工事を行うことが可能です。



従来の耐震補強

全ての柱に対して柱脚から柱頭までを鋼板あるいは繊維シートで補強します。

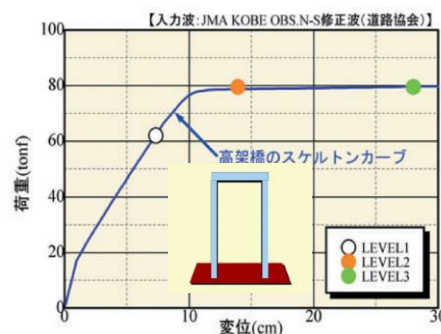
制震による耐震補強

4本の柱の柱頭・柱脚に制震ダンパーを取り付けるだけで十分な補強効果が得られます。

●解析結果

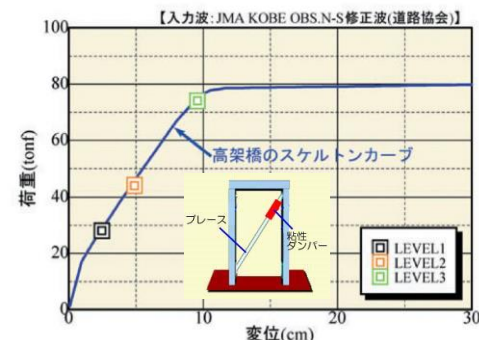
ケース1 ラーメン高架橋のみ

既存のRCラーメン高架橋の解析を行った結果、高架橋の応答変位は入力レベル1 (Amax=200 gal 程度) の地震では弾性域にあるものの、入力レベル2, 3 (Amax=400, 800gal 程度) では、塑性域に達してしまいます。地震による入力エネルギーは、鉄筋降伏等の構造物の損傷によって吸収するしかなく、高架橋には高い靱性能が要求されることになります。

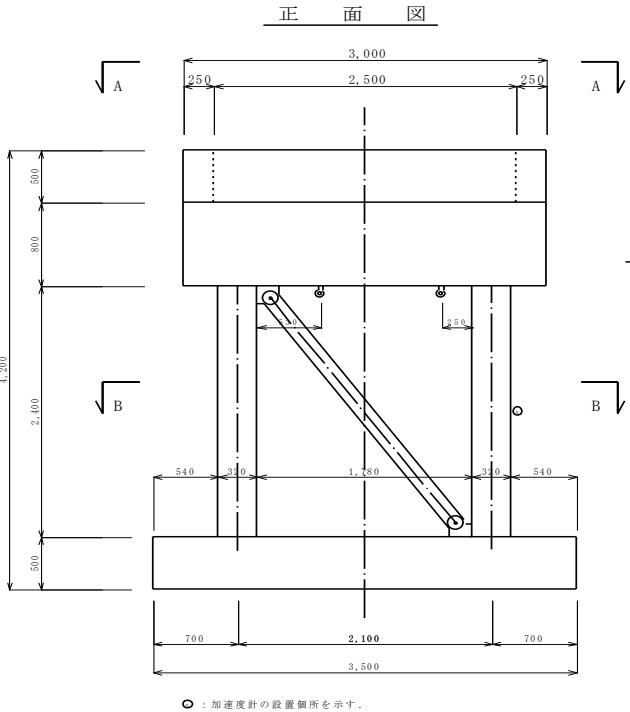


ケース2 減衰こま設置

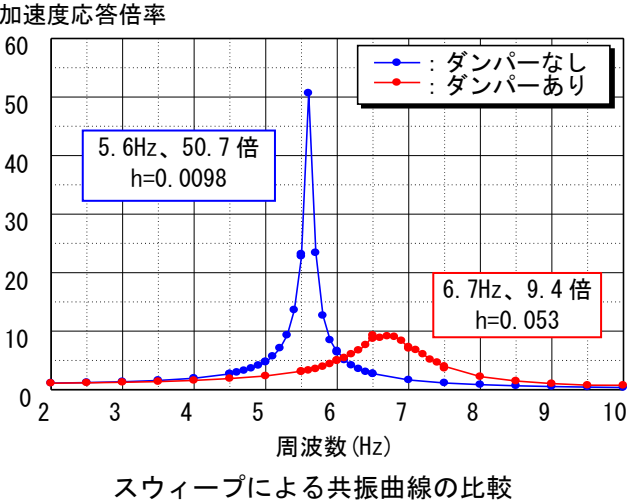
高架橋に適正な粘性ダンパーを付加した場合は、高架橋の応答値を弾性域にとどめることができ、応答変位・負担せん断力を同様に小さくすることができます。粘性系ダンパーは履歴ダンパーに比べて剛性付加が少なく、地震による入力エネルギーをダンパーが吸収するので、高架橋本体が負担する地震力を低く抑えることができます。



●振動台による性能試験



試験の結果、ダンパーの設置によって加速度応答倍率が1/5に低減し、有効な耐震補強効果が認められます。



●実績
鉄道ラーメン高架橋



●土木学会技術評価取得
[第 0001 号]



③ 補 修・補 強

低配筋橋脚のアラミドFRPロッドによる耐震補強

【三井住友建設（株）】

■技術の概要

本工法は、既設橋脚の上端より削孔し、アラミドFRPロッドを挿入し、プレストレスを与えることにより、橋脚の曲げ耐力、せん断耐力を向上させる耐震補強工法です。作業は橋の上部工に干渉することなく橋脚上面から行えるため、仮栈橋や河川締切などの大規模な仮設備や水中作業が不要です。条件によりますが従来の工法に比べて工費、工期ともに大幅に削減できます。

■特徴

- ・ 橋脚軸方向にプレストレスを与えることにより、効果的に曲げ耐力、せん断耐力を向上させることができる。
- ・ 作業は橋の上部工に干渉することなく橋脚上面から行えるため、仮栈橋や河川締切などの大規模な仮設備や水中作業が不要である。
- ・ 仮設備の縮小により従来の工法に比べて工費、工期ともに大幅に削減できる。
- ・ アラミドFRPロッドは高強度で耐食性があり、非電導なので特に鉄道橋では安全な施工が可能である。
- ・ アラミドFRPロッドは柔軟で付着性も高いため施工性がよく、本工法の緊張材として適している。

■施工手順

①削孔、挿入

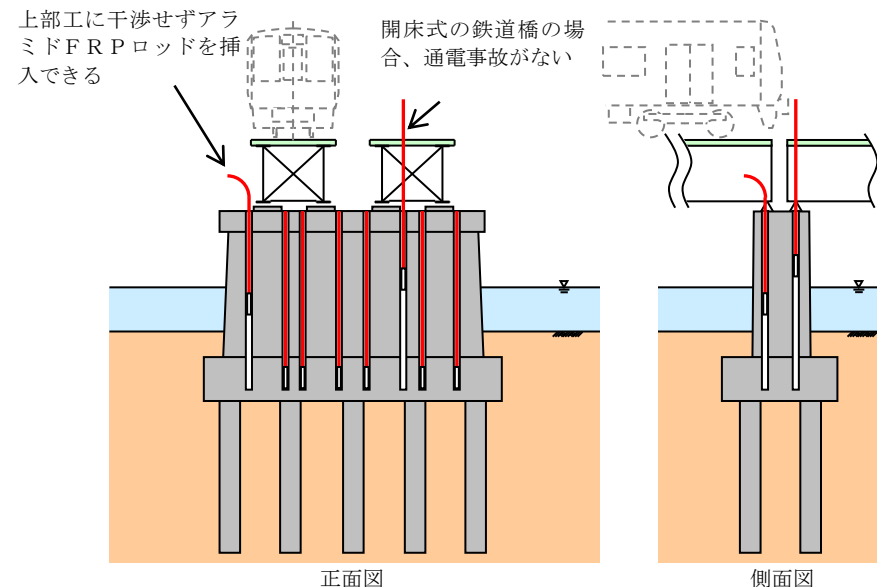
橋脚の鉛直方向に削孔し、アラミドFRPロッドを挿入する。

②1次グラウト、緊張

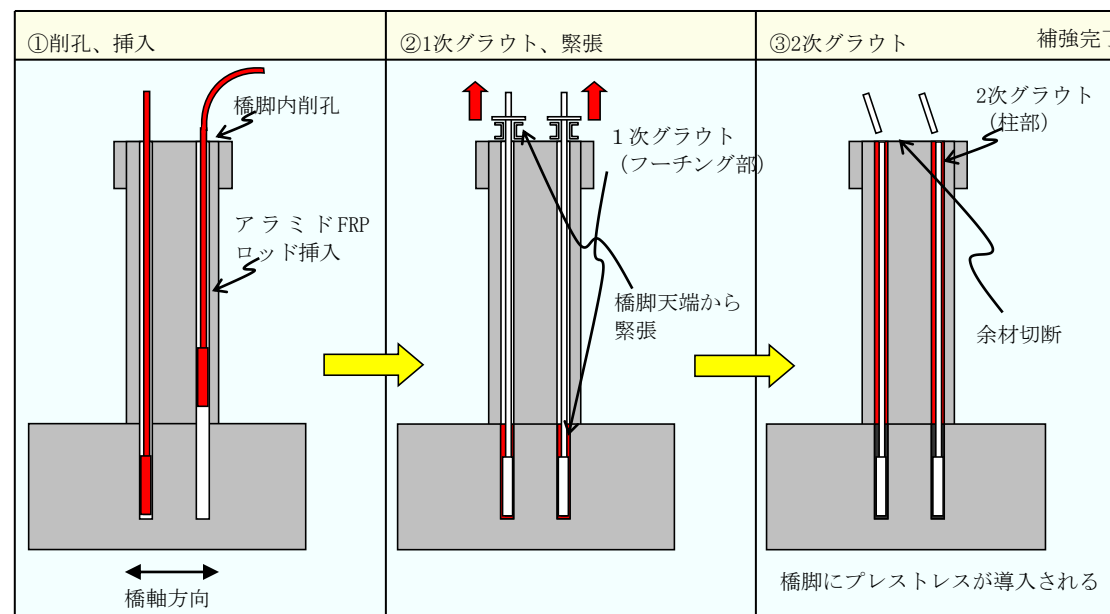
アラミドFRPロッドの先端部を1次グラウトする。グラウトの強度確認後、橋脚天端からアラミドFRPロッドを緊張する。

③2次グラウト

残り部分を2次グラウトする。グラウトの強度確認後、アラミドFRPロッドの余材を切断し端面を仕上げる。橋脚にはグラウトの付着力を介して補強軸力が導入される。



工法の概念



施工要領

③ 補 修・補 強

低配筋橋脚のアラミドFRPロッドによる耐震補強

耐震補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
■性能確認試験	大型試験体を用いた正負交番載荷試験	古い橋梁に見られる鉄筋量が少ない鉄筋コンクリート橋脚を 1/3 程度にスケールダウンした試験体を製作し、無補強に比べて最大荷重が 2 倍程度に向上するようにアラミド FRP ロッドで補強し、正負水平交番載荷試験によって耐震性能を確認しました。 ●日時： 2015 年 3 月 3 日（公開試験） 4、5 日（継続試験） ●場所： 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 国立研究所 ●試験結果： ・本試験において、損傷は基部に集中し、柱軸方向鉄筋の破断により最大荷重が低下した。また、試験終了時においても明確な塑性ヒンジは確認されず、低鉄筋比の RC 柱の試験体と同様の損傷状況となった。 ・補強後の最大荷重は、無補強に比べて倍増し、変形性能も大幅に改善された。降伏荷重、最大荷重はほぼ計算どおり、最大変位は予想の 3 倍という結果であった。 ・これらより、本工法による耐震性効果を確認した。	
 試験の様子		 定着部 アラミド FRP ロッド定着部  1 次充填  アラミド FRP ロッド 緊張  2 次充填 完了  アラミド FRP ロッド 切断  補強完了 試験体の補強状況	

③ 補 修・補 強

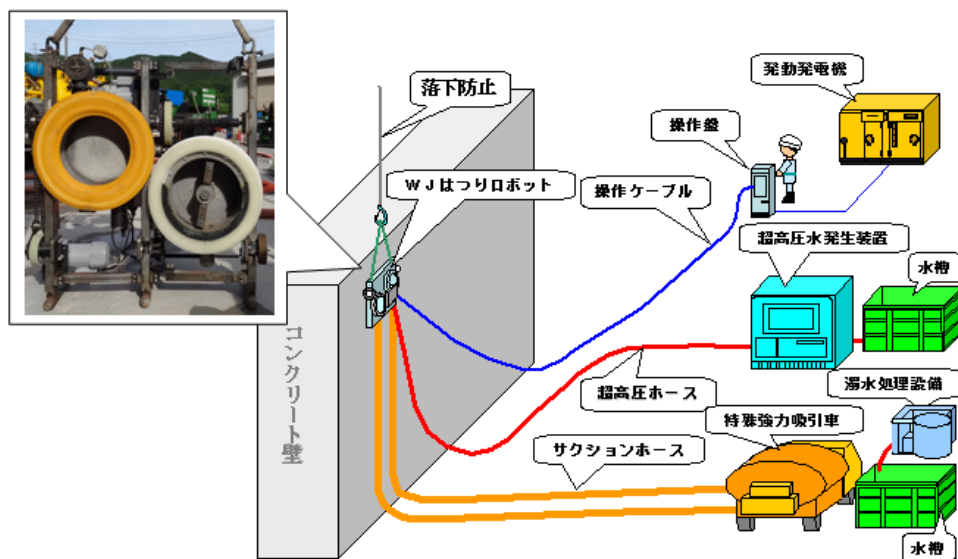
既設コンクリートの表面処理工法

《吸着自走式ウォータージェット（WJ）はつりロボットシステム》

【村本建設(株)】

■技術の概要

老朽化したコンクリート構造物を補修する際、最初に劣化部コンクリートの除去が必要になります。「吸着自走式WJはつりロボット」は、構造物の壁面に真空吸着し、コンクリート表面を自走しながらウォータージェットによるはつり作業を行うリモコン式のロボットです。本機は吸着自走部とはつり部を分離することで深いはつりを可能にするほか、従来のウォータージェット工法で問題となっていた騒音、水の飛散、苦渋作業（人力作業）等の周辺環境への影響や作業環境の問題を解決しました。



吸着自走式WJはつりロボットシステム概略図

【特長】

① 吸着自走機能

真空吸盤によりコンクリート面に吸着し、目地等の凹凸があっても上下左右を自在に走行することが可能です。

② はつりガラ、はつり水回収機能

発生するはつりガラおよびはつり水は、はつり部に吸い込まれる高速気流の作用により吸引され、特殊強力吸引車等に回収されます（回収率：95%以上）

③ はつり作業の定量化

作業員の技量に頼っていたはつり深さ、はつり面の仕上がりは、ロボットの設定条件により定量化できます。

④ 作業環境の向上および省力化

機械化作業により苦渋作業の低減、省力化が図れます。

仕様概要

全体	寸 法	横 1,270mm×縦 1,235mm×高 450mm
	重 量	約 200kg
	駆 動	電源 : AC200V/220V 600W
吸着自走部	走行速度	0～5.0m/分（インバーター制御）
	走行方向	上下左右
	吸 着 部	負圧：通常時－0.05～0.06MPa
	処 理 幅	約 240mm
	水 圧	100～245MPa

はつり性能

下降速度	はつり深さ
0.5m/min	7～10mm
1.2m/min	3～5mm
水圧：150MPa 水量：14L/min 回転数：115rpm	
コンクリート強度：24N/mm ²	



はつり状況



ウォータージェット噴射状況

③ 補 修・補 強

吸着自走式ウォータージェット（WJ）はつりロボットシステム

施工方法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
既設コンクリートの表面処理	吸着自走式ウォータージェット（WJ）はつりロボットシステム 吸着自走式WJはつりロボットシステムは、コンクリート壁面の劣化部を除去する技術である。ロボットは特殊強力吸引車からの吸引力を壁面への吸着力に変え、張り付くことを可能とした。またロボットは自走し、操作盤からのリモートコントロールで、その壁面を上下左右へ移動できる。ロボットは回転式超高压ウォータージェットノズルによって、コンクリート壁面を均質に一定の厚さではつり取ることができる。	■特 徴 ・危険作業のロボット化を可能とした。 ■課 題 ・施工実績が少ない（現在、橋脚の耐震補強工事で試験施工中） ・在来工法に比べて高価となる ・小型化，軽量化に向けた改良を行っている。	・特許出願中 ・平成24年度除染技術実証事業（環境省）に採用

③ 補 修・補 強

ポリマーセメントを用いた橋脚の耐震補強

《マグネラインPP工法》

【株式会社 守谷商会】

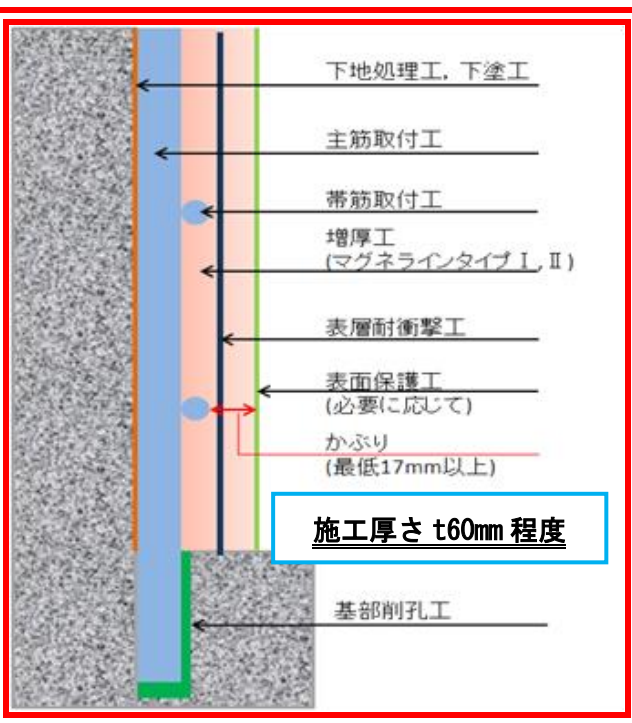
■技術の概要

- ◆RC巻立て工法同等以上の耐震性能を有する橋脚耐震補強工法であり
ポリマーセメントモルタルを用いて薄く巻き立てる事が可能。

■工法の特徴

- ①構造寸法の拡大による建築限界・河積阻害率・死荷重の増加が要因となり
RC巻立て施工が困難な橋脚に対し大変有効である。
- ②ポリマーを含む無機系の材料であるため、錆の発生等の心配が少ない。
- ③材料特性より耐久性を照査することが可能、設計・施工に関するマニュアル(案)も
発刊されている。
- ④国・県・市町村等、全国的な施工実績が多数。PP(橋脚耐震補強)工法では500件以上。
- ⑤NETIS 取得済 登録NO: KT-980187-V

標準施工断面



①吹付け工



②左官工



③ 補 修・補 強

ポリマーセメント巻立て工

補修・補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
耐震補強工事及び補修工事	RC巻立て工法同等以上の耐震性能を有する橋脚耐震補強工法であり、ポリマーセメントモルタルを用いて薄く巻き立てる事が可能。	■特 徴 ①構造寸法の拡大による建築限界・河積阻害率・死荷重の増加が要因となり RC巻立て（吹付け・左官） 施工が困難な橋脚に対し有効である。 ②ポリマーを含む無機系の材料で巻き立てるため、錆の発生等の心配が少ない。 ③材料特性より耐久性を照査することが可能、設計・施工に関するマニュアルも発刊されている。 ④国・県・市町村等，全国的な施工実績が多数。PP（橋脚耐震補強）工法では500件以上。 ⑤NETIS 取得済 登録 NO：KT-980187-V ⑥概算直工費：1,100 円/㎡/mm ■課 題 ①現状の圧送距離よりさらに長い距離の実現。 ②ポリマーセメントミキサー混練の時間短縮。 ③吹き付け充填性の向上。	

③ 補 修・補 強

橋脚補修工事におけるプレハブ鋼殻仮締切り工法

《PREDAM 工法》

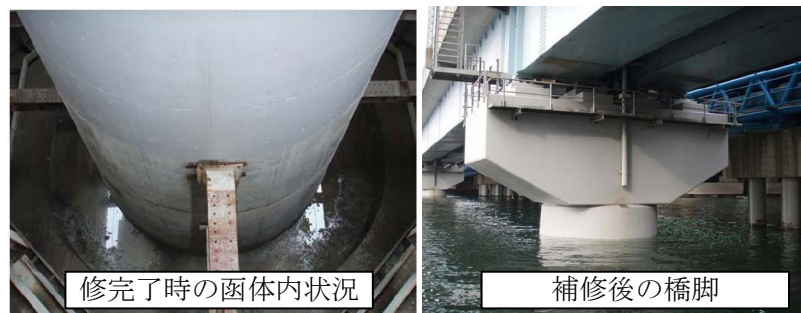
【若築建設(株)】

■技術の概要

本工法は、橋脚の補修・補強を行う際に、ドライな環境を提供するための仮締切り工法である。施工は、分離可能な浮力体を装着した作業函を現地に浮遊えい航し、橋脚を囲うように設置する。その後、作業函をウインチまたは油圧ジャッキ等の昇降設備を用いて沈降させ、作業函底部に配置した止水材を対象構造物のフーチング部分に密着させ止水性を確保した後、作業函内部の水を排水する事でドライな施工環境を提供する工法である。



適用例：鉄道橋橋脚の補修工事（橋脚4基を対象）φ(下端)4.9m×h7.7m

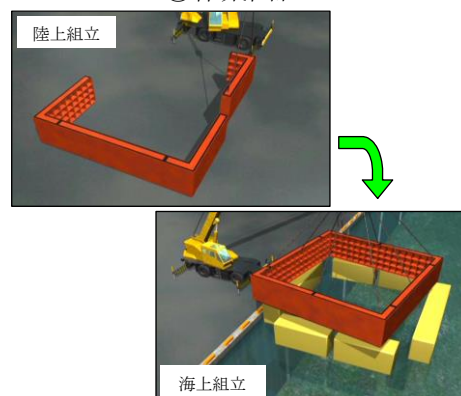


修完了時の函体内状況

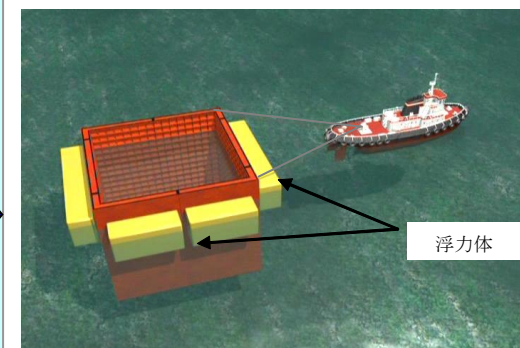
補修後の橋脚

施工手順

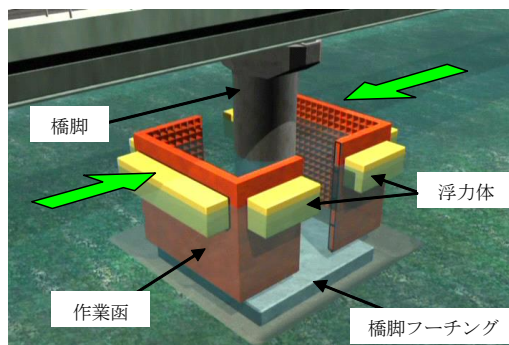
①作業函組立



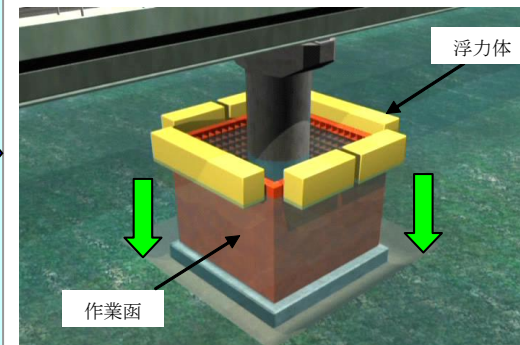
②作業函運搬



③作業函分割・閉合



④作業函沈設



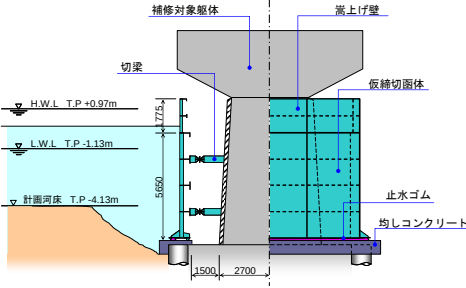
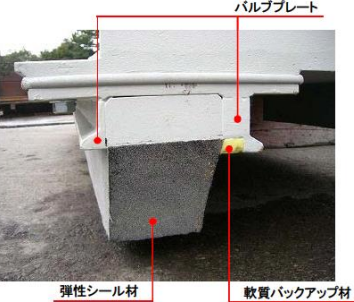
本工法による橋脚耐震補強工事での実績

- ・当社施工によるもの：運河橋梁橋脚補修工事（東京都）
- ・技術供与によるもの：なし

③補 修・補 強

橋脚補修工事におけるプレハブ鋼殻仮締切り工法 《PREDAM 工法》

仮締切り工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
仮締切り工	仮締切り構造 ①プレハブ構造の作業函の採用による施工性の向上 ②分離可能な浮力体の採用によるコンパクトな作業エリア	■特 徴 プレハブ構造の採用による設置工期の短縮および転用性が向上し、コスト低減が図られている。また、曳航可能な構造による高さ制限の克服、大型重機なしでの設置による航路付近での施工性の向上が可能となっている。浮力体の取り外しができ、コンパクトな作業エリアでの施工を可能としている。  ■課 題 作業函の設置方法については、現場条件、環境条件に作用される面が多く、現場にあわせた設置方法の工夫が必要で実績を蓄積して技術を向上させる必要がある。	NETIS（国土交通省 新技術情報提供システム）へ登録（CB-060009-V）し、評価試行方式による試行現場照会中。 特許 4528652 特許 4954914
	止水方法 ②弾性シール材による底部の止水性の確保	■特 徴 橋脚フーチング部に接する面に弾性シール材を配置し確実な止水性を可能としている。  ■課 題 本作業函は、橋脚フーチング上に函体を設置し止水性を確保している。フーチングのないものや小さいものに対しても対応できるように検討する必要がある。また、本作業函を設置する橋脚フーチングが土砂に埋没している場合は、フーチング周辺の浚渫が必要となり大量になる場合もある。浚渫量を極力低減する対策も必要となる。 	

④ 更 新

供用期間中の橋梁架け替え技術

《工事例：余部橋りょう架け替え工事》

【清水建設㈱】

■工事例：山陰線鎧・餘部間余部橋りょう改築他工事（西日本旅客鉄道株式会社）

約 100 年にわたる潮風により腐食が激しく進行していた余部橋りょう（既設鉄橋）を撤去し、新しくプレストレストコンクリート橋（新橋）に架け替えた工事である。

架け替え方法は、列車運行期間を極力短くするため、①既設鉄橋のすぐ隣で新橋を張出し施工にて構築し、既設鉄橋を撤去した後、トンネル出口に近い桁長 90m 分（A1 橋台と P1 橋脚の 2 点支持）を本設のすべり支承を利用して②平行移動させ、橋脚頭部に埋め込まれたストッパーを中心として③桁を回転させたのち、既設線路と新橋とを接続させた。

既設橋梁



新梁



既設鉄橋隣での張出し施工状況



移動・回転概要

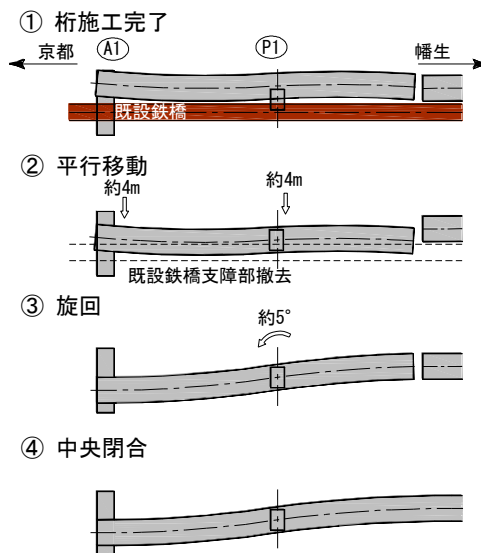


●移動・回転設備の概要

S 字に製作した A1 橋台～P1 橋脚上の桁を 4m 水平移動し、5.2° 回転することでトンネルに擦り付ける。

A1, P1 側ともに水平移動時はジャッキを使用して海側に移動させる。

回転時には P1 側にはストッパーを設置して回転軸として使用し、A1 側のみジャッキで引っ張り、所定の位置まで回転させる。



①桁施工完了



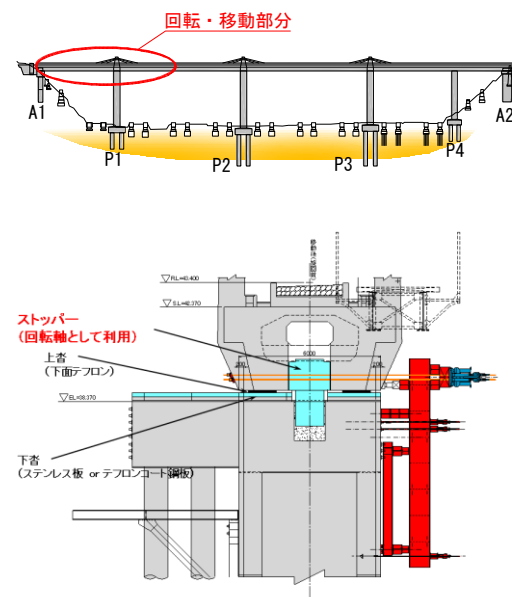
②既設鉄橋支承部撤去



②桁平行移動



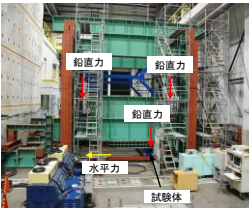
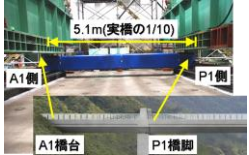
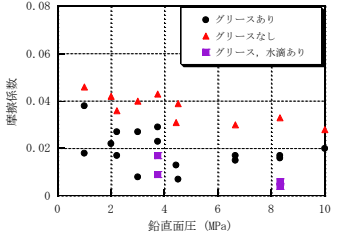
③桁回転



④ 更 新

橋梁架替技術

施工方法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
桁の移動回転工	既設橋梁脇で製作した 100m 近い S 字の桁（重量約 3800 トン）を、30m を超える橋脚上でジャッキを使って約 4m の平行移動と約 5.2 度の回転をさせることで、短期間での架替えを可能にした。	■特 徴 - 架替工事期間短縮を目的として、列車営業運転中の既設鉄橋と超近接（本工事では最小離隔が約 30cm）での張出し施工を行った。 - 新橋の構築は、本設橋脚（橋台）と連結した仮橋脚（橋台）上で行った。 - 移動回転工を含めて、線路の切換え作業を 1 カ月弱の運転休止期間内に完了させた。 - 移動回転時の滑り機構には本設の支承を利用し、仮支承およびその盛替え工程をなくした。 - 移動回転時の桁位置微調整用の押見ジャッキと逸走防止装置を用意した。 - アンバランスな支点反力下で、かつ片側に大きく張り出した状態での桁の移動回転となるため、事前に模型実験にて桁の挙動を把握し、施工計画に反映した。 - 架替え後の桁の施工精度は、計画位置に対して±10mm 以内と高精度であった。 ■課 題 - すべり杓の設置から桁の移動回転工までの期間が長期にわたる場合、すべり面に傷や腐食が生じて想定以上の摩擦力が生じてしまう可能性がある。 - 既設橋梁と平行かつ隣接した場所に新設橋梁を架設するヤードが確保できない場合は、採用不可能あるいは平行移動量が大きくなり不経済かつさらに高度な施工管理が要求される。	※模型実験について ●移動・旋回実験概要 P1 橋脚と A1 橋台の反力が大きく異なる場合（約 7:1）に、所定の場所に移動できるか？ 砂などの異物、雨天時の水滴や移動速度が摩擦係数にどのような影響を与えるか？ 等を把握するために、実橋りょうの 1/10 縮小モデルを用いて約 70 ケースの実験を実施した。  ＜実験状況＞  ＜試験体＞ ●実験結果 ① ②  ＜実験結果＞