

既設RC栈橋の外ケーブル補強について
(コンクリート構造物のメンテナンス工法)

第14回民間技術交流会プログラム
平成28年 2月18日

株式会社ピーエス三

本日の発表内容

1. 既設RC栈橋の外ケーブル補強
2. 電気防食工法【PI-Slit工法】
3. PCグラウト充填不足部補修工法【リパッシブ工法】

はじめに

補強の経緯

- ・供用開始から20年
- ・コンテナ量の増加
- ・ガントリークレーンの高規格化(荷重の増)

↓

梁部材の補強



補強工法の選定

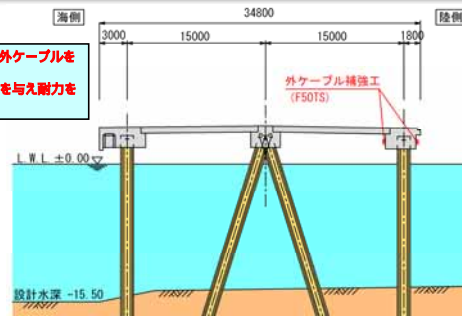
制約条件

- ・上面施工は不可
- ・荷役作業への影響
- ・梁下面への増厚は望ましくない
- ・実績など

→

外ケーブル補強工法
鋼板接着工法
ハンチ補強工法

外ケーブル補強工法の概要(1)



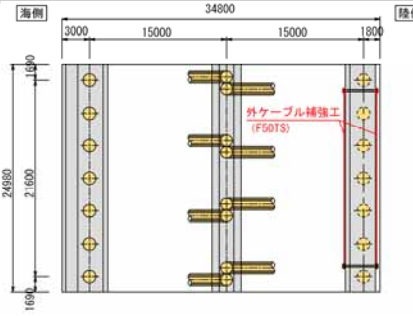
海側 陸側

外ケーブル補強工 (F50TS)

L.W.L. ±0.00

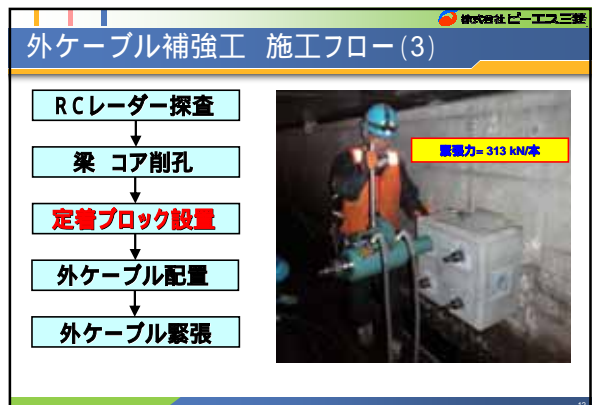
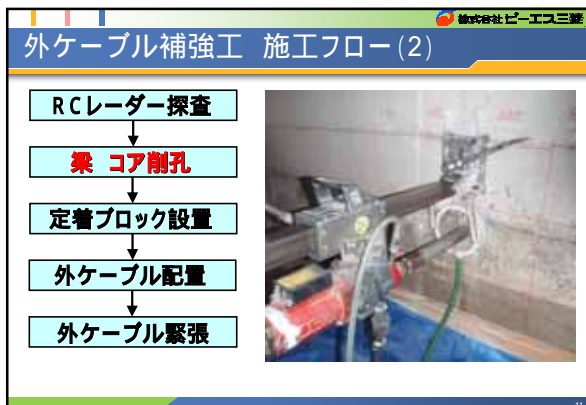
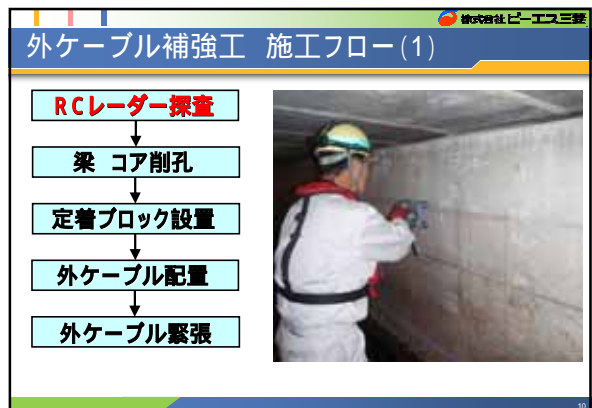
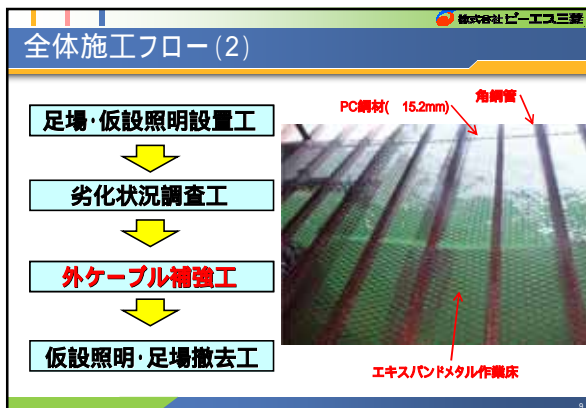
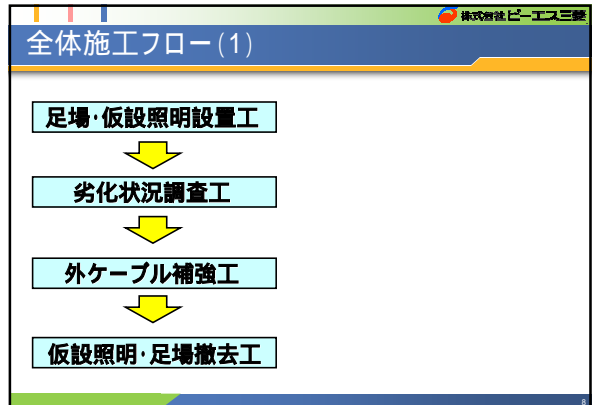
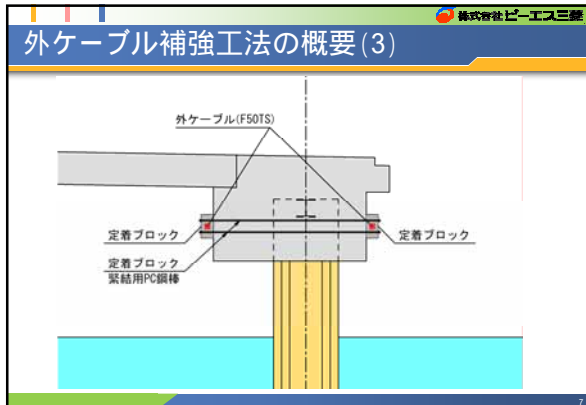
設計水深 -15.50

外ケーブル補強工法の概要(2)



海側 陸側


外ケーブル補強工 (F50TS)



株式会社ピーエス三菱

外ケーブル補強工 施工フロー (4)

- RCレーダー探査
- ↓
- 梁 コア削孔
- ↓
- 定着ブロック設置
- ↓
- 外ケーブル配置**
- ↓
- 外ケーブル緊張




13

株式会社ピーエス三菱

外ケーブル補強工 施工フロー (5)

- RCレーダー探査
- ↓
- 梁 コア削孔
- ↓
- 定着ブロック設置
- ↓
- 外ケーブル配置
- ↓
- 外ケーブル緊張**



14

株式会社ピーエス三菱

1. 既設RC 栈橋の外ケーブル補強
- 2. 電気防食工法 (PI-Slit工法)**
3. PC グラウト充填不足部補修工法 (リパッシブ工法)

15

株式会社ピーエス三菱

ピーエス三菱の電気防食工法

チタングリッド工法

(NETIS登録番号: KT-040042-V)

PI-Slit工法 (ピーアイスリット工法)

(NETIS登録番号: KT-090033-A)

16

株式会社ピーエス三菱

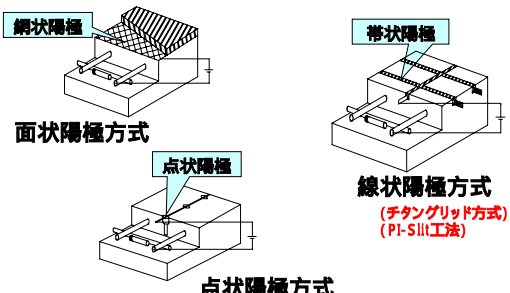
電気防食の種類 (電源の種類による分類)

| | |
|--------|---|
| 外部電源方式 | 面状陽極方式 チタンメッシュ方式、チタンワイ方式、チタン溶射方式 導電性塗料方式、導電性モルタル方式 |
| | 線状陽極方式 チタングリッド方式、PI-Slit方式 チタンメッシュ方式、ニッケル被覆炭素繊維方式 |
| | 点状陽極方式 チタンロッド方式 |
| 流電陽極方式 | 亜鉛ペースト方式、アルミニウム溶射方式 |

17

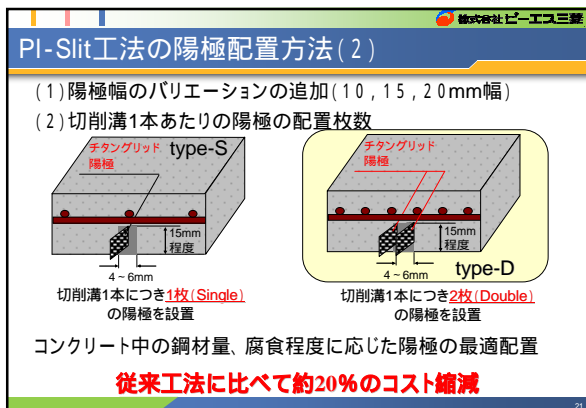
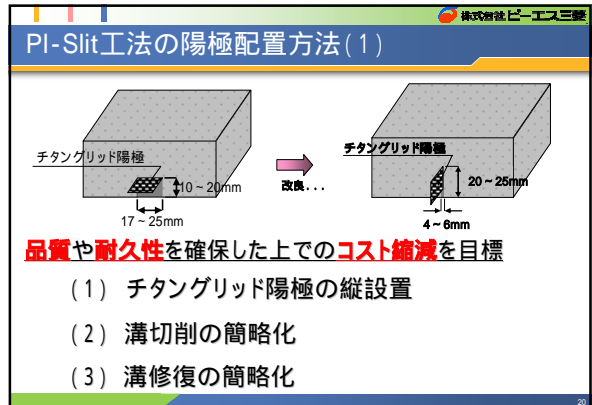
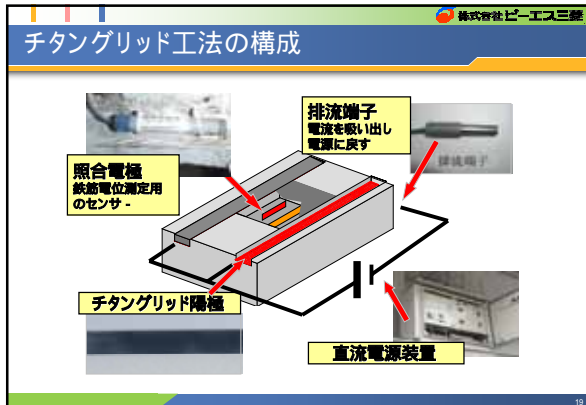
株式会社ピーエス三菱

電気防食の種類 (陽極材の形状による分類)



- 網状陽極
- 帯状陽極
- 面状陽極方式
- 点状陽極
- 線状陽極方式 (チタングリッド方式、PI-Slit工法)
- 点状陽極方式

18



陽極材の種類

| 種類 | G10 | G15 | G20 | |
|---------|-------------|-------|-----|-----|
| 形状 | 形状 | メッシュ状 | | |
| 幅 (mm) | 10 | 15 | 20 | |
| 厚さ (mm) | 0.9 | 0.9 | 1.3 | |
| 母材 | 高純度チタン | | | |
| 触媒 | 溶合貴金属酸化被膜 | | | |
| 電気特性 | 許容電流値(mA/m) | 2.0 | 4.0 | 4.5 |

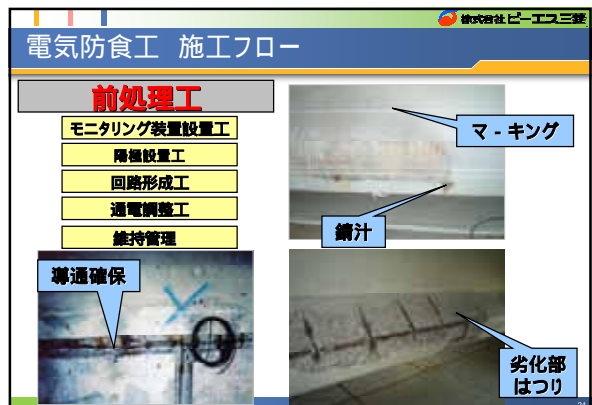
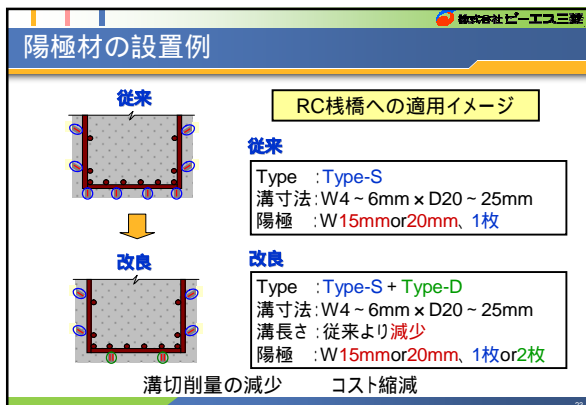
G10 ←→ G20

幅: 小さい ←→ 大きい

単価: 安 ←→ 高

通電能力: 小さい ←→ 大きい

構造物の種類
構造物の劣化状況



株式会社 ビーエス三菱

前処理工
モニタリング設置工
 陽極設置工
 回路形成工
 通電調整工
 維持管理

計測端子

照合電極

モルタル被覆

25

株式会社 ビーエス三菱

前処理工
 モニタリング設置工
陽極設置工
 回路形成工
 通電調整工
 維持管理

溝切削

陽極設置

モルタル注入

注入充てん法

圧入充てん法

26

株式会社 ビーエス三菱

前処理工
 モニタリング設置工
 陽極設置工
回路形成工
 通電調整工
 維持管理

配線

ビニルボックス

27

株式会社 ビーエス三菱

前処理工
 モニタリング設置工
 陽極設置工
 回路形成工
通電調整工
 維持管理

計測ユニット

直流電源ユニット

直流電源装置

28

株式会社 ビーエス三菱

前処理工
 モニタリング設置工
 陽極設置工
 回路形成工
 通電調整工
維持管理

日常点検

定期点検

ランプによる
作動確認

現地による測定 (1~2回/年)
 遠隔監視システムによる測定

29

株式会社 ビーエス三菱

電気防食適用後の維持管理

| | 従来の方法 | ビーエス三菱の遠隔監視システム |
|----|-------------------------------------|--|
| 概要 | | |
| 頻度 | 最低でも1~2回/年程度が推奨 | 毎日の測定 |
| 費用 | 人件費だけでも \approx 人工/年 (2回/年の測定と仮定) | 通信費用 2000円/月程度 (データの送信頻度、防食回路数により多少変動) |
| 項目 | 電源電圧、電源電流、鋼材電位、復極量 | 電源電圧、電源電流、鋼材電位、復極量 |

30

株式会社ピーエス三葉

チタングリッド工法の施工実績

チタングリッド工法(PI-Slit工法含む)施工実績 : 41,000m²

31

株式会社ピーエス三葉

1. 既設RC橋のケーブル補強
2. 電気防食工法(PI-Slit工法)
- 3. PCグラウト充填不足部補修工法(リパッシブ工法)**

32

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法

特許取得 第5312526号
NETIS登録番号:KT-120108-A

33

株式会社ピーエス三葉

開発背景

1. PCT桁橋におけるシース内PC鋼材の腐食

- ・グラウト充填不足の存在
- ・凍結防止剤(塩分)の侵入

34

株式会社ピーエス三葉

開発背景

2. 従来の補修方法の問題点

1

35

株式会社ピーエス三葉

開発背景

2. 従来の補修方法の問題点

2

36

開発背景

2. 従来の補修方法の問題点

3

開発背景

2. 従来の補修方法の問題点

4

開発背景

2. 従来の補修方法の問題点

RC構造物の断面修復のように鋼材表面の錆を除去できない

錆層内には多量の塩化物イオンが残留 (腐食促進環境)

錆層や鋼線間の小間隙へのグラウト注入は困難

再注入グラウト

Point: 従来のグラウト再注入工法では、グラウト充てん不足部の腐食抑制効果は不十分

リパッシブ工法の概要

亜硝酸リチウム水溶液注入

塩化物環境でも腐食抑制可能な防錆剤

グラウトが充填されない錆層内やPC鋼線間の小間隙にも侵入して補修できる

グラウト充てん不足部

リパッシブ工法の腐食抑制メカニズム

錆層

塩化物イオン

亜硝酸イオン

再不動態化

亜硝酸リチウム水溶液

- (1) 水溶液中の NO_2^- が錆層に浸透
- (2) 錆層内の Cl^- が水溶液中に移動
- (3) 錆層内イオン量が $\text{Cl}^- < \text{NO}_2^-$ へ変化
- (4) 腐食した鋼材表面が再不動態化

亜硝酸リチウム水溶液の除去

不動態化したPC鋼線

株式会社ピーエス三葉

亜硝酸リチウム添加補修材の充填

PC鋼線を再不動態化状態に維持する

Point: 亜硝酸リチウム水溶液の漫せきによる再不動態化の
手順を省略すると十分な補修効果が得られない。

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工

鉄筋探査 (RCレーダー法)

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工

コア (80mm) 削孔

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工

錆層内の塩化物イオン量調査 (グレード判定)

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工

高弾性チューブ挿入 (充填不足長確認)

定着部側へ挿入

曲げ上げ始点側へ挿入

高弾性チューブ

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工


真空ポンプ

真空計

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




グラウトホース設置
漏水防止シート設置

49

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




注入ベッセルの設置
(側面足場)

50

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工



亜硝酸リチウム水溶液注入
(自然流下方式)

61

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




高弾性チューブからの
水溶液排出確認

62

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




再不動態化モニタリング

53

株式会社ピーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




真空ポンプを用いた
エアリフト式注入

54

株式会社 ビーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




補修材の練り混ぜ

株式会社 ビーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

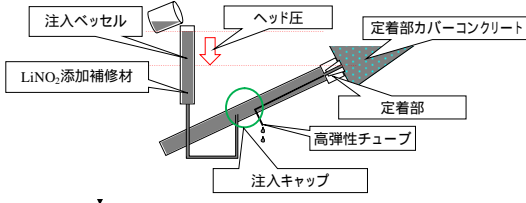
1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工



補修材の充填 (自然流下法)

株式会社 ビーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー



5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工

補修材の充填 (自然流下法)

株式会社 ビーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工




補修材の充填確認 (自然流下法)

株式会社 ビーエス三葉

リパッシブ工法 施工フロー

1. 事前調査工
2. 通気確認工
3. 注入準備工
4. 亜硝酸リチウム水溶液 注入工
5. 亜硝酸リチウム添加補修材 充填工
6. 後処理工



後処理工(施工完了)

株式会社 ビーエス三葉

リパッシブ工法 施工実績



施工実績 13件 (平成27年度完成工事)

- 施工実績：兵庫県 PCT桁橋 主ケーブル12 7mm
- 施工実績：仙台市 PCT桁橋 主ケーブル12 7mm
- 施工実績：山形県 PCT桁橋 主ケーブル12 7mm
- 施工実績：国交省北海道開発局 PCT桁橋 主ケーブル12 5mm 12 6mm
- 施工実績：国交省中部地方整備局 PCT桁橋 主ケーブル12 7mm