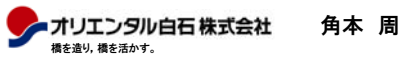


橋の主な補修工の概要と課題

産学官建設技術交流会

平成25年3月11日(月)

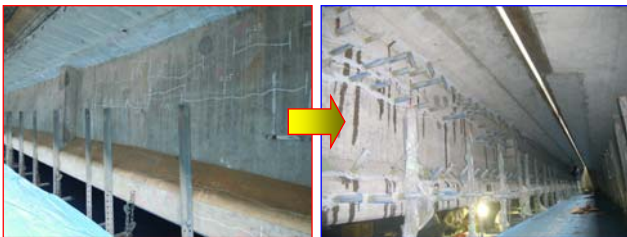


本日の構成

- 主要な補修工の概要
 - ・補修工の概要
 - ・施工管理, 検査における工夫や課題
 - ・新たな技術動向
 - ・産学, 産官の技術連携の事例
- ※日々進歩しているので, 古い情報があればご容赦ください。
※紹介するのは, ほんの一部です。
- 補修後の耐久性向上の工夫
- 規制を伴う補修工特有の事項
 - ・材料手配, 交通規制など
- 問題意識

ひび割れ補修

- ひび割れからの劣化因子の侵入遮断。
- 適用可能なひび割れ幅0.2mm~1.0mm。
- 0.2mm以下のひび割れ幅でも塗布することで毛細管現象で浸透するエポキシ樹脂系接着剤も開発されている。



ひび割れ状況 (ASR)

エポキシ樹脂注入

表面被覆(1)

- 劣化因子の侵入遮断。
- 表面被覆材の要求性能は, 劣化因子の遮断性, コンクリートとの付着性, ひび割れ追従性, 対アルカリ性, 耐候性など。
- 施工管理は付着強度, 膜厚(材料による)など。



表面被覆前

表面被覆後

表面被覆(2)

- 材料により, 耐久性能に差がある。
- 橋面防水が無い場合など, 水が浸透してふくれが生じる。
- 補修後のコンクリートの劣化進行が目視確認できない。

中塗材	耐久性 (外観・付着性)	耐塩害性 (遮塩性)
アクリル系ポリアーセメント	△	◎
エポキシ樹脂	○	◎
アクリルゴム	△	○
クロロプレノゴム	◎	◎
ビニルエステル樹脂	△	◎

◎:非常に優れる
○:優れる
△:やや劣る

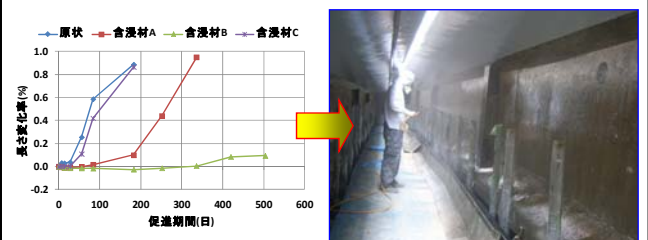


表面被覆のふくれ

沖縄での15年間曝露試験による性能比較

含浸材塗布

- 劣化因子の侵入抑制, 劣化速度の抑制。
- 補修後のコンクリートの劣化進行が目視確認できる。
- 含浸材により効果が異なる。→試験により性能を確認。
- 施工管理は空体管理。→塗布量の事後確認ができない。

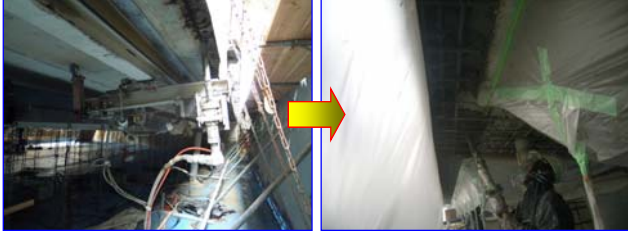


ASRの膨張抑制効果 (モルタルバー)

含浸材B塗布

下面の断面修復(1)

- 劣化因子、劣化部位の除去。
- はつり作業は、WJ、ハンマードリルなど。
- 断面修復は、左官工法、モルタル注入工法、コンクリート充填工法、吹付け工法など。
- はつり作業で微細な損傷が拡大し、補修範囲が広がる。



WJはつり(XYフレーム)

モルタル吹付け

6

下面の断面修復(2)

- 「WJによるはつり処理性能試験合格者」による作業。
- 平坦性の確保を要求されるが、コンクリートの配合によっては困難。
- ハンドガンの併用による平坦性の確保。



少ないセメントペースト、大きい粗骨材

ハンドガンによる平坦性確保

7

下面の断面修復(3)

- 「吹付けノズルマン技能検定試験合格者」による作業。
- 充填性の確保は、吹付け層毎のポリマーセメントモルタルの配合※やノズル形状の選定など、ノズルマンの技量に依存。
- ※規格値の範囲内。

吹付けノズルマン技能認定証

会社名	
氏名	
生年月日	
初回交付	
交付番号	
有効期限	

上記の者は、吹付け補修・補強における吹付け技能の有資格者であることを証明する。

RC構造物のポリマーセメントモルタルの吹付け補修・補強工法協会会長(緑)



吹付けノズルマン技能認定証

ポリマーセメントモルタルの練混ぜ

8

上面の断面修復, 増厚(1)

- 劣化因子、劣化部位の除去。
- ポットホールの頻発などへの対応。
- 交通規制を伴う工事。→速硬性材料(ジェット, 1dayなど)。
- 補修後の耐久性は既設部分との付着性能が重要。
- 打継面への接着剤の塗布が効果的。



WJはつり(ロボット)

コンクリート打設

9

上面の断面修復, 増厚(2)

- 速硬性混和材「Facet」。→6~12時間で24N/mm²以上。
- 生コン工場の活用。→現場添加可能。
- 作業時間の確保。→練混ぜ開始から1時間以上。
- 材料コストの縮減。



現場での生コンへの添加

コンクリート打設

10

上面の断面修復, 増厚(3)

- 既設部分と補修部分との塩化物イオン濃度差によるマクロセル腐食。
- 対策は、犠牲陽極埋込み、亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルペースト塗布、シラン系含浸材塗布など。
- 対策コストの縮減。環境負荷の低減。



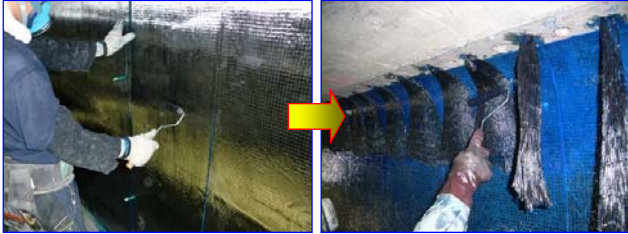
シラン系含浸材による絶縁層の形成

ミニセンサーによる効果の長期計測

11

PC箱桁の炭素繊維補強

- せん断補強。
- CFアンカーを設置する箱桁コーナー部はX線探査ができないので、予備削孔で鋼材探査。



炭素繊維シート貼付け

CFアンカーによる定着

12

PC箱桁の外ケーブル補強

- 中央ヒンジの連続化。
- せん断補強の炭素繊維シートと外ケーブル定着ブロックとの付着性状を、実物大実験で確認。



外ケーブル定着部性能確認実験

外ケーブル緊張完了

13

鋼橋の床版取替え(1)

- 劣化した床版をプレキャストPC床版や合成床版に取替え。
- 補修後のLCCを考慮した抜本的な対策。
- 交通規制を伴う工事。→工程短縮と施工性の向上。
- 既設床版撤去時に鋼桁を損傷しないことが重要。



既設床版撤去

プレキャストPC床版架設

14

鋼橋の床版取替え(2)

- 市街地での24時間工事。→仮設遮音壁などの設置。
- 接近する供用線、民地境界。→狭い施工空間。
- 標準的なループ継手での鉄筋曲げ半径の制約。→床版厚の増加。
- 床版取替えに対応したプレキャストPC床版の接合方法



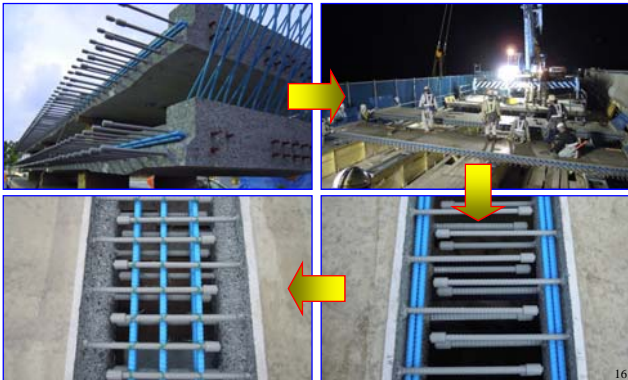
ループ継手内への横方向鉄筋の挿入

市街地の工事における仮設遮音壁の設置

15

鋼橋の床版取替え(3)

- エンドバンド継手の採用。



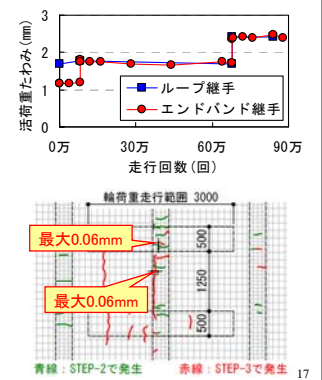
16

鋼橋の床版取替え(4)

- 輪荷重走向疲労試験にて、ループ継手と同等の疲労耐久性を確認。



輪荷重走向疲労試験



17

鋼桁端部の補修

- 伸縮装置からの漏水により鋼桁端部が特に劣化。
- 鋼材板厚減少部位の補修方法は、減厚率によりランクを設定し、減厚率40%以上では肉盛溶射、減厚率60%以上では肉盛溶射+鋼板補強。



ウェブの貫通腐食

鋼板補強

18

鋼桁端部の防食対策

- 補修に要するLCCを考慮して防食仕様を選定。
- 除錆度により防食被膜の耐久性が左右されるので、Sa3.0を確保。
- 狭隘部用の溶射ガンを使用。



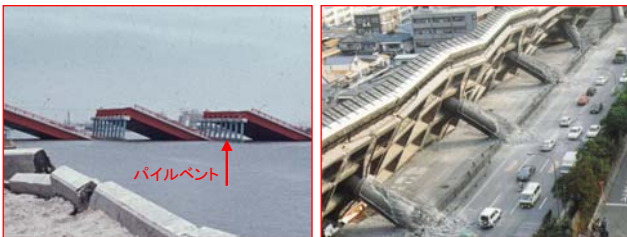
除錆度Sa3.0の素地調整

狭隘部用溶射ガンによる金属溶射

19

耐震補強

- 緊急輸送道路の耐震補強3カ年プログラム(H17~19)。
- S55年道路橋示方書より古い基準を適用した橋を対象。
- RC橋脚の段落し部の補強、落橋防止装置の設置を優先。
- 今後は、フーチングの無い橋脚の補強、厳しい制約条件の橋脚の補強、曲げ耐力を向上させる補強などが必要。



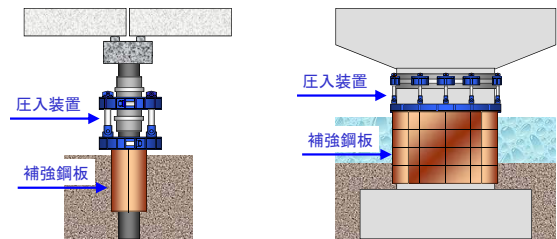
液状化による落橋

橋脚の倒壊

20

鋼管巻立圧入による耐震補強(1)

- 補強鋼管の圧入による耐震補強
- パイラベントの耐震補強技術の開発に関する共同研究。(土木研究所、民間企業、先端建設技術センター)
- パイラベント、PCウェル、橋脚に適用。



パイラベント、PCウェル

橋脚

21

鋼管巻立圧入による耐震補強(2)

- 施工中の河川阻害が少ない。
- 鉄道や道路、建築物の近接施工が可能。
- 堤防などの開削できない条件でも施工可能。



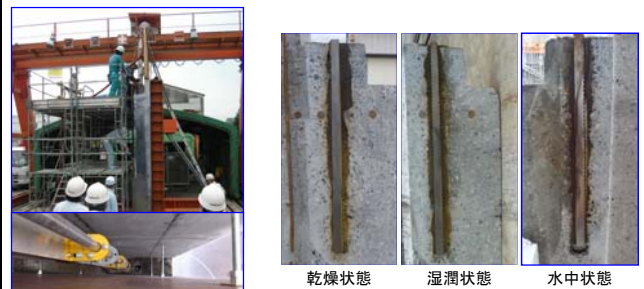
補強鋼板溶接組立

補強鋼板圧入沈設

22

鋼管巻立圧入による耐震補強(3)

- 補強鋼管圧入+鉄筋アンカー定着による曲げ耐力向上。
- WJIによるフーチング削孔。
- 水中施工可能なエポキシ樹脂を使用したアンカー定着。



WJIによるフーチング削孔

乾燥状態

湿潤状態

水中状態

エポキシ樹脂注入

23

落橋防止対策

- 支承部の維持管理からは、点検や応急対策を容易に行えるように空間を確保。
- 落橋防止構造が検査路を遮断。
- 東北地方太平洋沖地震では、落橋防止構造の取付け側の破壊が発生。



検査路を遮断する落橋防止構造

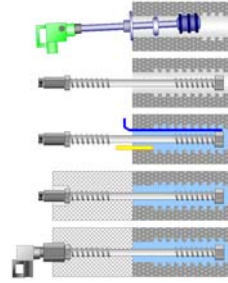


支点部の多くの落橋防止システム

24

落橋防止対策(縁端拡幅)

- 設計桁かかり長を1.5倍することで落橋防止構造を省略。
- 桁端部がシンプルになり、支承や桁端部の維持管理が容易。
- 接合面にプレストレスを導入することで耐久性を向上。



中空PC鋼棒を用いた縁端拡幅



中空PC鋼棒とトルクレンチによる緊張

25

補修後の耐久性向上の工夫(防水層)

- 耐久性向上においては、防水層の設置が最も効果的。
- 防水層は付着強度の確保が重要。
- 床版凹凸の大きい箇所はスチールショットを使用。
- 付着強度が管理値以下の場合、ライナックスによる研掃を追加。



スチールショット



ライナックスによる研掃

26

補修後の耐久性向上の工夫(舗装)

- 基層(SMA)は防水システムの1部。
- 基層に打継目地を設けないように、全幅同時に施工。



フィニッシャー1台での分割施工



フィニッシャー2台を使用した施工

27

補修後の耐久性向上の工夫(伸縮装置)

- 塩分濃度:海水は約3%。凍結防止剤は約20%。(飽和食塩水は約26%)
- 伸縮装置の鋼板が腐食し、止水材やコンクリートが損傷。
- 伸縮装置の防食仕様を向上させることで、伸縮装置及び止水材の耐久性を向上。



凍結防止剤散布による伸縮装置の腐食

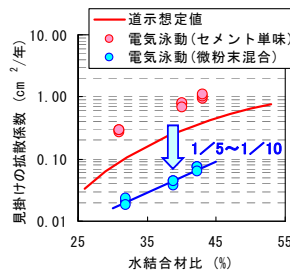


伸縮装置へのAl-Mg合金溶射

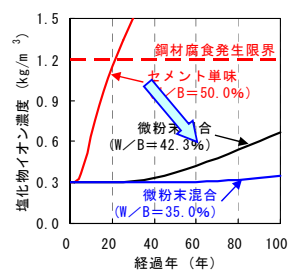
28

補修後の耐久性向上の工夫(コンクリート)

- 九州でも凍結防止剤を散布。塩害及びASRを促進。
- コンクリートに高炉スラグ微粉末を混合することで、凍結防止剤に対する耐久性を向上。



配合と塩化物イオン拡散係数



壁高欄鉄筋位置の塩化物イオン濃度予測

29

規制を伴う補修工特有の事項(材料手配)

- 損傷部位が予想より多い場合、特殊な(高価な)材料の数量が大幅に増加する可能性がある。
→ 交通規制期間内に手配できない場合もある。
→ 余分に手配しても、使用しなければ施工会社の負担。



床版上面用の樹脂モルタル(高温対応)



床版上面の炭素繊維補強

30

規制を伴う補修工特有の事項(交通規制)

- 交通規制切替え時(多くの作業員が必要)のリスク。
→ 雨天(ラインの切替えが不可)。
→ 規制予定区間での交通事故。
● 一般車両の規制材への故意の衝突。空缶等の投込み。



交通規制の切り替え



仮設防護柵の配置

31

規制を伴う補修工特有の事項(迂回路など)

- 交通量に応じた迂回路の構造。
→ 重交通の場合、簡易舗装では轍掘れが生じる。
- 路面損傷への緊急対応。
→ 路肩など、通常走向位置と異なる位置に車線を設けると、ポットホールが発生する。



交通量に応じた迂回路の構造



路面の緊急補修

32

規制を伴う補修工特有の事項(その他)

- 路面排水など、降雨に配慮した規制材の設置。
→ 仮設防護柵などにより路面排水が遮断された場合、供用車線に滞水。
- 規制区間供用車線での交通事故への対応。
→ 事故車の移動など。



仮設防護柵による路面排水の遮断



交通事故への対応

33

問題意識(1)

- 損傷原因のフィードバック。
→ 補修前より耐久性の高い構造物を目指して。
→ 同じ過ちを繰返さない。
- 交通規制期間短縮と品質確保のトレードオフ。
→ 耐久性を向上させるには十分な養生が必要。
- 規制期間に対応できない管理項目。
→ 付着試験での接着剤の硬化時間など。
- 研究室レベルの性能と現場での性能。
- 関係諸機関の協力。
→ 特に、県境付近での規制工事。

34

問題意識(2)

- 最大の問題は、補修工事の今後の担い手は・・・
→ 過酷で危険な作業現場(特に交通規制工事)。
→ 社会の無理解(補修工事への総論賛成、各論反対)。

皆さんは、ご息子が“補修工事の仕事をしたい”と言ったら、賛成されますか？

- ・・・医療の分野での救急救命医や産婦人科医と同じ道を歩むのでは。

35