

施工側からみた補修・補強工事の課題

山陽ロード工業株式会社


SANYO ROAD INDUSTRY
山陽ロード工業 株式会社



Sanyo Road Industry **50** 50th Anniversary

地域とともに50年 世界をつなぐ50年 目指すのは信頼の100年企業

本社所在地: 〒708-1198 岡山県津山市下高倉西1203番の1
 代表者: 代表取締役 秋田 英次
 会社設立: 昭和42年4月7日 (53期)
 資本金: 5,000万円
 従業員数: 49名 (HP記載人数 2019/5/30現在)

事業展開

交通安全関連事業、道路関係事業を中心に、都市と暮らしを守り、
 自然との調和のとれた良きよい社会づくりに貢献しています。

交通・道路事業

道路工事のハイテク化として、道路付帯工事のレスポンスとして、
 道路の安全を確保するための事業を展開しています。

- 道路式サイン
- 道路照明器具
- 道路照明器具
- 道路照明器具

交通安全対策

- 道路照明器具
- 道路照明器具
- 道路照明器具
- 道路照明器具

構造物メンテナンス事業

トンネルや橋梁など、大切な社会インフラの
 維持管理に貢献しています。

- 橋梁補修工事
- 橋梁補修工事
- 橋梁補修工事
- 橋梁補修工事

構造物の補修・補強は難しい

↓

どんなところが？

(主にコンクリート構造物を対象として)

↓

① 外側(形状、変状)、内側(材料・材質、その配置、経年変化)共に的確な現状把握が難しい。

- 建造時の資料(竣工図や構造計算等)が無い、もしくは不足している。
- あっても、それが正しいのか？ 最新(最終)？、現場でのちょっとしたアレンジ
- 材料の当たり外れ(故意or不可抗力)
- 不適切な施工
- 調査・計測技術の限界

5

② 接合

- 補修・補強を問わず、既設部材に何かを追加する(くっつける)方法が多い。
- (浸透させるものを除けば、)接合部という弱点となる。
- 接合部の構造が全体構造のクリティカルとなるケースがある(床版取替用のプレキャスト版等では、継手の構造詳細で版厚が決定されることも)。

6

③ 妥当性

- そもそも、その見立ては正しいのか？(変状原因、診断方法、進行予測)
- そのやり方で良いのか？(モデル化、材料、施工課程)
- 新設以上に正解が無い。

7

本日の内容

事例をふまえながら、構造物の補修・補強の難しさを再認識

1. 接合について
2. 工法の妥当性について検討した事例
3. 個人的に疑問に思っている工法
4. トピック①:凍結抑制剤散布地域における床版上面の損傷
5. トピック②:土木研究所資料「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」の紹介
6. 工法紹介:塩分吸着剤による塩害対策工法
7. まとめ

8

1. 接合について

9

コンクリート構造物の補修・補強によく用いられる接合技術

1. 接着(付着)でくっつける
(樹脂、モルタル材、塗料、
接着系アンカーボルト 等)
2. 機械的にくっつける
(アンカーボルト、鉄筋継手、溶接
継手 等)

10

断面修復(左官)



増厚補強(吹付コンクリート)



11

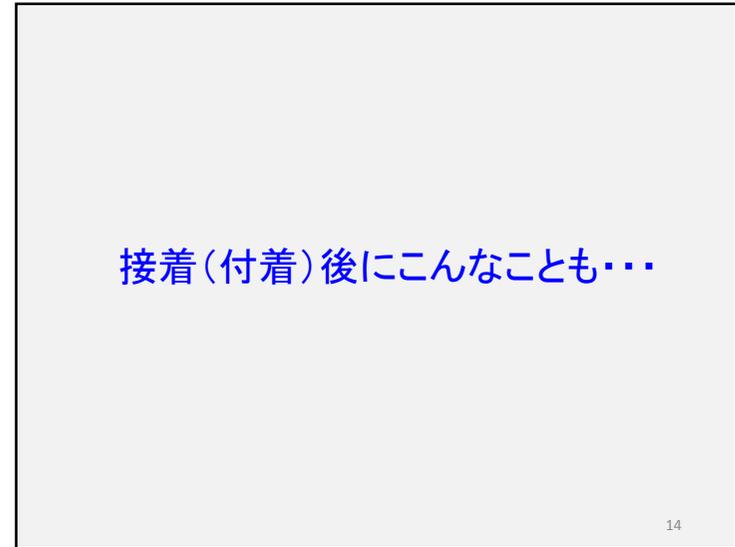
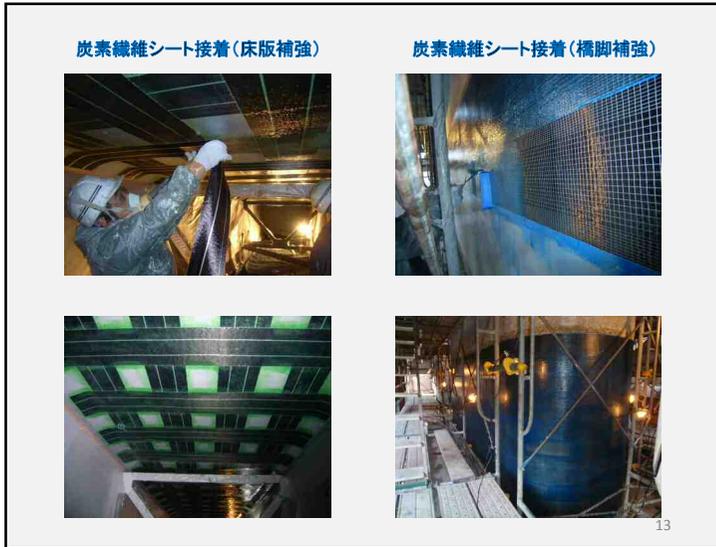
ひび割れ注入



コンクリート表面保護塗装(塗膜系)



12

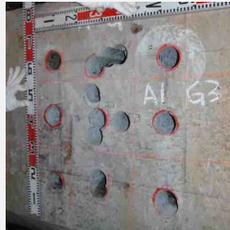


そもそも、既存構造物への削孔作業が困難という問題



非破壊調査
(鉄筋探査)
Rレーダ

※精度に限界



よくあるアンカーボルトの定着方法だが、施工によっては、構造物を大きく損傷させる可能性がある。

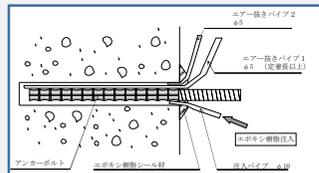
17

WJによる主桁(PC桁)の削孔



18

アンカーボルト シール注入定着(例)



19

良い施工のためには
作業員の技量と・・・

20

【施工過程への配慮】定着部の品質を確保するための1例

上部工側鋼材 一体型 (コ形部材)
※こちらの構造が一般的

上部工側鋼材 分割型

21

一体型 (コ形) ブラケット

※設置にあたり仮止めが必要

※孔内の充填性に劣る。

分割型 ブラケット

- 設置された後の構造を見ると、一体型構造の方がスマートで合理的な構造に見える。しかし、施工性および品質確保の観点からは、分割型が合理的な構造である。
- 構造によって、接合部のスペースが確保できるかという問題はある。

22

- 補修・補強においては、重力に逆らう施工となることも多く、接合をより難しくさせている。
 - これが、品質確保にあたり、作業員の技量への依存度をより高める。
 - 加えて、既設部材の外的および内的条件によって、施工の品質がバラツキやすい。
 - 接合部は、ほぼ不可視であるため、潜在的な欠陥部を内包する可能性がある。
 - 樹脂接着アンカーについては、疲労等の長期耐久性について、未解明な部分も多い。適用にあたっては、本来は入念な検討を要する(対象外力、周辺への影響等)。
 - 施工時においては、確実な品質が確保できるよう、施工過程まで含めた計画が重要。
- 23

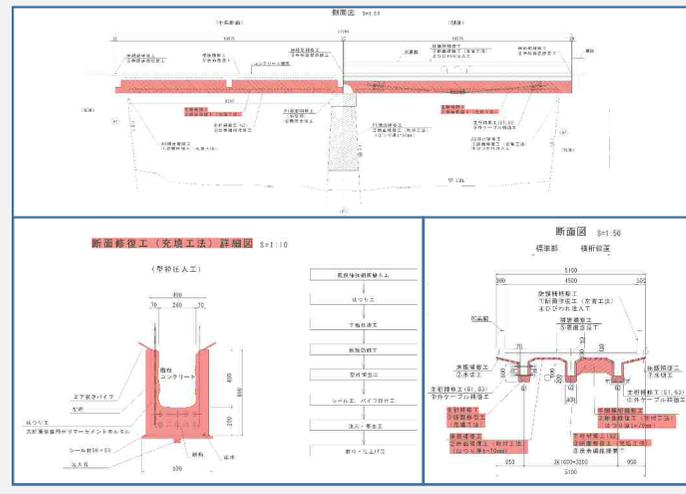
2. 工法の妥当性について 検討した事例

24

【事例1: 主桁断面修復】

25

県外の知り合いの施工者から、メールと電話で相談を受けた案件



26

- 構造はRCTの単純桁
- 現地の詳細は不明。おそらく塩害による損傷で、かぶりコンクリートの浮き、鋼材の腐食が生じている状況
- 「図面を含め、設計図書には施工手順についての特記は無いが、一度に主桁を全面はつても良いか？」との質問
- 施工時は、車両通行止
- 工程上、明日にでもはつりたい。



何となく危ないのは分かるけど(もしくは誰かに指摘された)、設計図書には施工手順についての明示が無い。工期も無い。誰か「大丈夫」と言ってくれないかな。あわよくば画期的なアイデアが出てこないかな。

27

何の権限もないですが、一応の回答

- 本来であれば、はつりにあたって支保を検討すべき事案です。
- ただ、下が河川であることを考えると、簡単に対応するのは難しいですね。
- 出来れば、設計者と、施工手順について再調整した方が良いでしょう。
- どうしても工期的に難しいということであれば、施工中の車両通行止めを前提として、せめて1径間を橋軸方向に3分割して施工した方が良いでしょう。
- 極力1回の施工範囲を小さくしたいので、出来れば、主桁毎の施工にした方が良いでしょう。



某県で施工中に橋が落ちたとは聞かないので、無事施工は終わった模様

28

【所見】

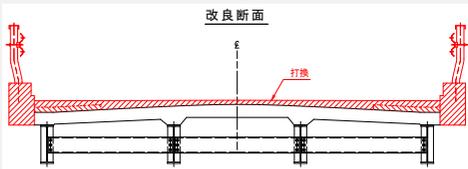
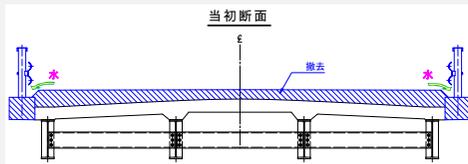
- 橋梁の補修・補強工事に、地元の建設会社が参入している状況。
- 不慣れな会社や担当者の場合、違和感をいただいても対応が遅れてしまい、工期が押し迫ってそのまま(図面通り)施工となりがち。
- 図面には、施工過程についての注記が必要。
- 特に今回のケースについては、施工順序図等によって1回の施工単位を明示すべき。
- そもそも、支保工を計画する必要があるように思う。

29

【事例2:地覆打換】

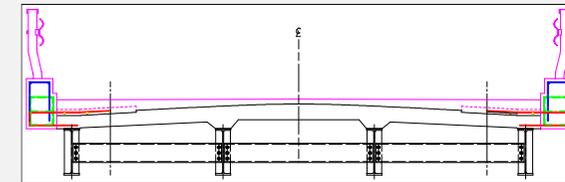
30

地覆コンクリートに、凍害によるスケーリングが生じていた。オーバーレイによって、地覆天端よりも舗装が高くなっており、路面の水が側面に垂れ流しの状態

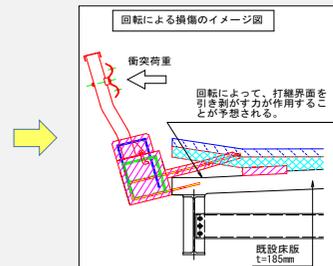
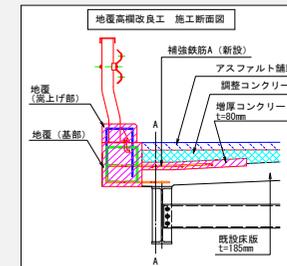


地覆を嵩上げし、路面水の流下を防止

31



断面剛性というより、部材の安定が……?



回転によって、打継界面を引裂き力が作用することが予想される。

32

- ・横断方向に鉄筋を連続配置する構造とした。
- ・張出部近傍に、ズレ止めの差し筋を設置した。
- ・新旧コンクリート打継界面に、エポキシ樹脂接着剤を塗布した。

33

- ・ 工期との兼ね合い。
- ・ それまでの経緯。
- ・ 一度提出したものを引っ込められない。
- ・ 請負各社(元請、下請)の思惑の違い。

↓

- ・ 改良案の方がベターぐらいでは、変更が難しい。
- ・ かといって、全くダメですという言い方は、話がこじれ余計に前に進まなくなる(ことが多い)。

↓

- ・ 一旦提出された設計成果を変更するのは、非常に手間と労力がかかる。

39

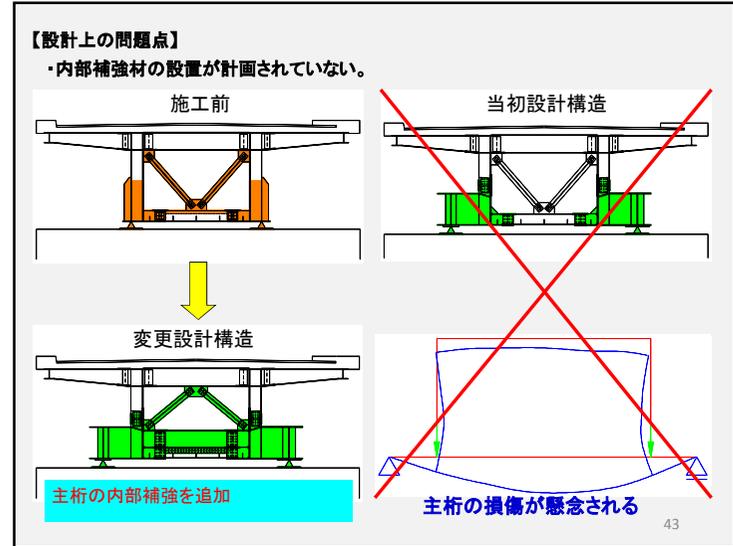
【参考事例:単箱桁の支承取替(鋼桁)】

40

鋼桁の部分的な更新を含めた支承取替

施工性および維持管理性を考慮して張出部材による主桁支持構造の変更

41



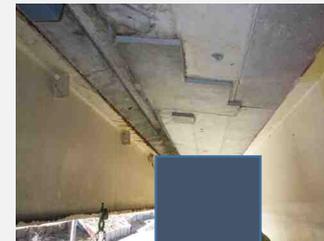
- 構造の変更をとまなう際は、特に注意が必要
 - 元々、そういう形状・構造になることを意図された構造物ではない。
 - 新設の際は、継手部は弱点としていくらいに言われるが、補修・補強の場合には割と無頓着。
 - 既設構造物だからと、あきらめがつきやすい（補修なので言い訳がしやすい）？
 - 接合部の構造には、十分な配慮を。
- 45

3. 個人的に疑問に思う工法

46

その① 【盛り上げて仕上げる断面修復】

かぶりを確保するために、断面修復を盛り上げて仕上げることもある。周辺と断面を変えることで、かえって再劣化しやすくなるのではないだろうか？
個人的には、平滑に仕上げて、表面塗装等で劣化因子の進入を防止する方が良いと感じる。



47

その② 【腐食鉄筋の添え筋】

断面修復にあたり内部鋼材の腐食が進行しており、その鋼材が主鉄筋の場合、「断面の回復が必要な場合は」添え筋等による処置が求められるケースが有る。

ただ、「必要な場合か否か」を、その都度現場で判断するよりは、添え筋をってしまった方が労力が少ないため、とにかく添え筋を入れてしまうケースが多い。



はつり完了後



添え筋(重り)追加

48

添え筋の継手長を確保するために、健全部をはつり取った事例

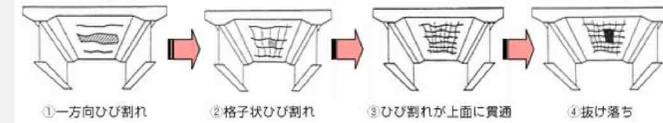


49

4. トピック① 凍結抑制剤散布地域における 床版上面の損傷

50

従来から、RC床版は活荷重による疲労で破壊すると考えられてきた。



出典：国立研究開発法人 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター(<http://www.pwri.go.jp/caesar/overview/02-04.html>) 2019/5/7



出典：国土技術政策総合研究所HP (<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryuu/tnn/tnn0748pdf/ks074816.pdf>) 2019/5/7

51

近年では、凍結抑制剤散布地域を中心に、RC床版上面の土砂化が散見される様になった。

参考資料によれば、東北地方の床版における活荷重による押し抜きせん断破壊は、S39道示やS47道示に準拠した、現在よりも床版厚の薄い床版で、かつ交通量が2万台/日の重交通路線で発生していた。

一方、土砂化は活荷重による疲労破壊がまだ確認されていない交通量8千台～1万2千台/日程度のRC床版でも発生しており、疲労破壊よりも先に土砂化が発生しているのが東北のRC床版の実態。

参考資料：
凍結抑制剤散布下におけるRC床版の耐久性確保の手引き
平成28年10月
SIPインフラ 維持管理・更新・マネジメント技術
「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外
への実装を目指した統括的研究」



52

想定されるメカニズムは

- ・ 上縁鉄筋に沿った水平ひび割れ(通常の疲労試験においても発生)
- ・ 上面からの水の供給と輪荷重の載荷
- ・ 凍結抑制剤由来の塩化物イオンにより、凍害が促進される。
- ・ 凍結抑制剤由来のアルカリ成分により、ASRが発生する場合がある。
- ・ これらの複合劣化により、床版上面コンクリート(水平ひび割れ上部のコンクリート)が土砂化

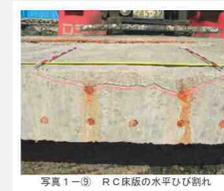


写真1-9: RC床版の水平ひび割れ



写真(左)引用および参考資料：
凍結抑制剤散布下におけるRC床版の耐久性確保の手引き 平成28年10月
SIPインフラ 維持管理・更新・マネジメント技術
「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」

53

中国地方でも

凍結抑制剤(塩カル)散布の影響は甚大!

54

5. トピック②
土木研究所資料
「コンクリート構造物の補修対策
施工マニュアル(案)」
の紹介

55

- 国立研究開発法人土木研究所から平成28年8月に刊行された報告書
- 実務に即した記載内容に加え、補修後の不具合事例等も紹介されており、興味深い内容となっている。
- 個人的に、特に気になった部分を抽出して紹介

56

【析出物のあるひび割れへの対処法(クロスカット)】

解説 図-3.3.5 クロスカットを再利用した注入器の設置例

出典:土木研究所資料 コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)
平成28年8月 国立研究開発法人土木研究所

析出物のあるひび割れに対して、ひび割れに直交する方向にコンクリートカッター等で切り込みをいれる(クロスカット)。クロスカット内にあるひび割れの空隙からひび割れ注入を行う。

57

【建研式接着力試験の載荷速度】

同報告書記載の「付録資料D 断面修復材の付着強度試験方法(案)」では、建研式による試験時の載荷速度を0.02N/mm2/secと定めている



付着強度1.5N/mm2を確認するためには、 $1.5/0.02=75$ 秒かけて載荷する必要がある。



58

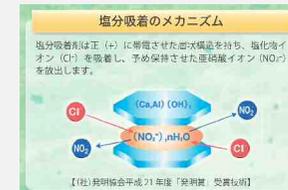
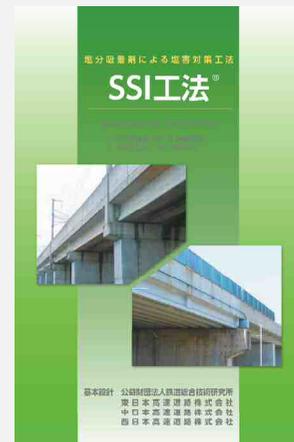
6. 工法紹介

59

【塩分吸着剤による塩害対策工法】

60

防錆ペーストや断面修復材に塩分吸着剤を付加し、高機能化した材料



層状のカルシウム・アルミニウム複合水酸化物の層間に、負に帯電した亜硝酸イオン (NO₂⁻) を保持させた構造



塩化物イオン (Cl⁻) を吸着し、亜硝酸イオン (NO₂⁻) と入れ替えることで、塩化物イオンを層間に固着すると共に、亜硝酸イオンによる腐食環境の改善も期待できる。

※工法カタログ抜粋

61

施工の基本パターン

防錆材として作用する防錆ペーストを大幅に高性能化しました。その結果、併用していた防錆モルタルを省略することが可能となり、接合界面を減らすことにより、施工の簡素化と品質の向上を実現しました。

塩化電イオン量による建二パターンの選定

鉄筋位置の塩化電イオン量	建二パターン	
	Sa範囲	Sa範囲外
2kg/m ² 未満	1mm(1.0kg/m ²)	Sa範囲外
2kg/m ² 以上4.9kg/m ² 未満	3mm(2.8kg/m ²)	塩化電イオン量 を参考に選定 を参考に選定
4.9kg/m ² 以上9.9kg/m ² 未満	3mm(4.2kg/m ²)	
9.9kg/m ² 以上14.9kg/m ² 未満	4mm(6.0kg/m ²)	
14.9kg/m ² 以上19.9kg/m ² 未満	5mm(7.0kg/m ²)	
20kg/m ² 以上	5mm(7.0kg/m ²)	

※ Saは、鋼材の表面積を1m²として算出した塩化電イオン量を示す。単位は、kg/m²である。

新工法材の選定

新工法材	新工法	塩化電イオン量 (kg/m ²)	サビ量 (mm)
鉄筋位置の塩化電イオン量	新工法	20kg/m ² 以上	1.5mm以上
鉄筋位置の塩化電イオン量	新工法	40kg/m ² 以上	1.5mm以上
鉄筋位置の塩化電イオン量	新工法	60kg/m ² 以上	1.5mm以上
鉄筋位置の塩化電イオン量	新工法	80kg/m ² 以上	1.5mm以上

※ 新工法材の選定は、塩化電イオン量とサビ量の関係に基づき行われる。

※工法カタログ抜粋

- カタログスペック上は、多量の内在塩分にも対応可能
- 施工対象箇所が存在する塩化物イオンの総量によっては、**はつり量を減らせる可能性がある(既設躯体への影響低減、工費の縮小)**
- 20年程度の実績があり、実験等で効果の確認もされている。
- 前述の土研の報告書では、鉄筋防錆材や塩分吸着材、犠牲陽極の設置等の鉄筋防食処理の手法について、「各種工法の効果を横並びかつ客観的に検討した事例は少なく、土木研究所としても、これら各種工法の効果の確認を含め、工法選定および施工上の留意事項を整理すべく、研究に着手したところである。」との記述がある。
- いずれにしても、**一般的な断面修復と大差ない施工方法で、内在塩分への対策が施せる**というのはメリット。

7. まとめ

- 接合部には、とかく問題が生じがち。
 - マクロセル腐食抑制(亜硝酸リチウム)
 - ↳ 接着性向上(エポキシ樹脂プライマー) -どうすれば？
 - 樹脂アンカーのクリープや疲労耐久性 -適切な使用方法？
 - 施工過程も含め、モデル化の前提に問題点はないか？
 - 接合部の構造ディテールは適切か？

⇒接合するという行為に対しては、慎重な検討が必要。

- やはり、(鉄筋)コンクリート構造物において、**水と塩化物の影響は甚大。**
- 新しい技術もでてくるが、**長期耐久性を含めて、その効果を適切に判断することが求められる。**
- 補修・補強技術には限界がある。直せないと判断できる能力も必要。

- 本日の発表は、犯人探しや工法のあら探しは目的ではない。
- 私が、全く見当違いな発信をしている可能性もある。
- ただ、私一人でも、このように疑問に思うことが多々ある。
- 他の情報も共有して、内容について**議論を深めた上で、その情報を一元管理する**のが、技術の発展にあたっては望ましい。
- この方法で良いとなったものを、再度蒸し返して練り直すのが難しいのは重々承知だが、今後とも求められる技術であるためには、その技術に、公正かつ多視点からの批判に耐えうる妥当性や透明性が求められるのではないだろうか。

やはり、補修・補強は難しい。

ご静聴ありがとうございました。

SANYO ROAD INDUSTRY
山陽ロード工業 株式会社

