

構造物の補修・補強における課題

西部技術コンサルタント株式会社

1

略歴

森川 洋介	昭和48年 広島県生	} 22年
平成9年3月	九州工業大学 工学部 卒業	
平成9年4月	ショーボンド建設株式会社 入社 ・構造物(主に橋梁)の補修・補強工事に携わる。	
平成23年10月	ショーボンド建設株式会社 退社	
平成23年11月	山陽ロード工業株式会社 入社 ・構造物(主に橋梁)の補修・補強工事に携わる。	
令和元年7月	山陽ロード工業株式会社 退職	
令和元年8月	西部技術コンサルタント株式会社 入社 1年4ヶ月 現在に至る	

2

※1年前にこんな話をしています。

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)

↓

3

① **外側(形状、変状)、内側(材料・材質、その配置、経年変化)共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

4

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)。

5

5

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。

6

6

本日の内容

多少なりとも建設コンサルタントの視点を加味して、

前回の話の続き

7

7

【補修後の再損傷事例】

断面修復箇所の再損傷(ひび割れ)



コンクリート保護塗装部の再損傷



繊維シートの浮き



補強鋼板の浮き



出典: 国総研資料 第748号 道路橋の定期点検に関する参考資料(2013年版) - 橋梁損傷事例写真集 - 国土技術政策総合研究所HP (<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/sityou/tnn/tnn0748pdf/ks074815.pdf>)

2019/5/22

8

8

なぜ再劣化が？

【事例1】 床版の土砂化

9

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。

①一方ひび割れ ②格子状ひび割れ ③ひび割れが上面に貫通 ④抜け落ち

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

10

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」

11

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（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」

12

**ここで肝心となるのが
土砂化した床版の損傷確認方法**

床版上面から損傷が進行するため、舗装の開削に伴う目視および打音検査が基本となる。

電磁波レーダとラインセンサカメラを搭載した測定車による非破壊調査や着色注入材と内視鏡による微破壊検査等もあるが、適用には限界がある。

↓

めくってみないと、本当にどうなっているかは、よく分からない。(下手をするとめくっても分からない部分が・・・)

17

17

調査・設計の段階で完全に状況を把握するのは難しいが、その段階で、概数であっても土砂化に対する補修が見込まれているのは良い方

↓

最近では、凍結抑制剤(塩カル)散布が床版に及ぼす影響について、広く認知されてきているため、ある程度橋梁上面に変状がある場合は、調査の必要性について理解が得やすいが

↓

床版の疲労対策等のための床版防水設置や、舗装の打換の際、いざめくって部分的に土砂化が見つかった・・・

18

18

【タイムスケジュール(例)】

【床版上面の補修が無い場合のタイムスケジュール】

8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00

規制設置 既設舗装切削(高さ測定等含む) 防水層設置 舗設 養生(含材温度の低下待ち) 規制開放

↓

【床版上面の補修を実施する場合のタイムスケジュール】

8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00

規制設置 既設舗装切削(高さ測定等含む) 劣化部の調査・除去・埋戻し ※切削との並行作業 防水層設置 舗設 養生(含材温度の低下待ち) 規制開放

・損傷状況に適した補修工法・材料の選定 ← なかなか難しい
・入念な施工

19

19

損傷範囲の設定、適切な施工材料および工法の選定等について、事前に入念な計画を行うのが難しい損傷であるのは確か

それだけに、どのような状況下で生じ易いどのような事象であるのかを、良く把握しておくことが逆に重要になる。

余談ですが、その地方の維持工事を担当している業者は、舗装下に変状があるのを知っていました。

やはり、維持管理は点の仕事ではなく、一連の線で情報をつなげていくことが必要

23

23

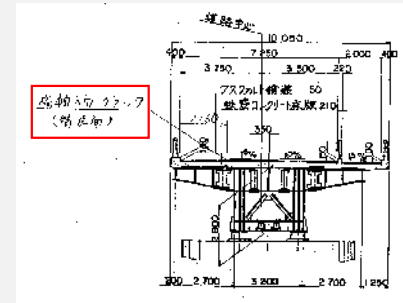
【事例2】
床版の土砂化 Part2

24

24

※15年以上前の設計です

鋼箱桁橋の張出床版付根の上面にクラックが確認された。



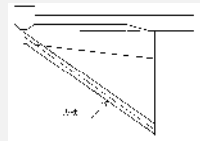
25

25

・張出の耳桁(縦桁)の剛性不足が損傷原因と推定



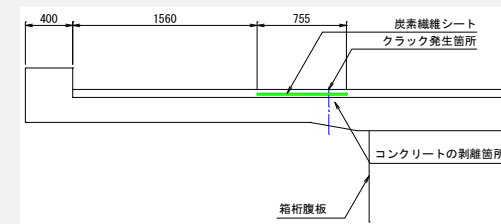
・恒久的な対策としては、方丈部材等で耳桁(縦桁)を支持するのが望ましい。



・部材の改築等を直ちに行うのは難しいので、床版上面を炭素繊維接着で補強する計画に

26

26



10年以上経過した後
舗装の打換工事にはいると・・・



27

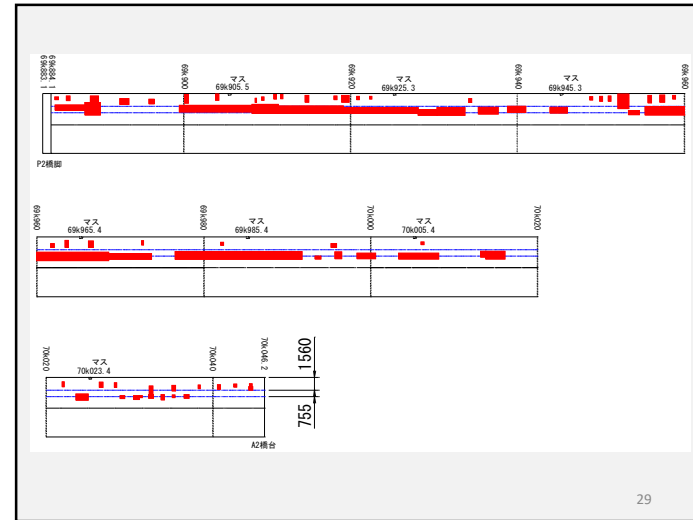
27

炭素繊維シートを貼っていない箇所は、土砂化が点在している程度（潜在的に土砂化が進行している）

炭素繊維シート貼った箇所は、のきなみ上面コンクリートに浮きが生じている状態

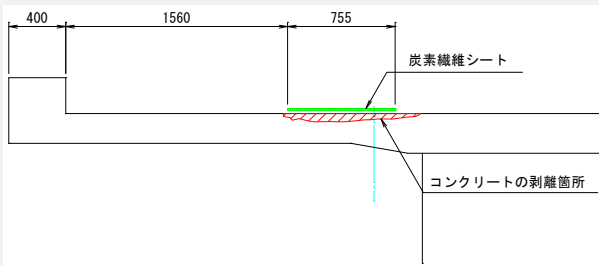
28

28



29

29



30

30

- ・元々の構造弱点
- ・応力集中等の構造上の問題
- ・上面に異物があることによる滞水 etc.

色々な原因は考えられるが、良かれと思った補強が裏目に出た。

35

35

インフラの維持管理に大きな関心を集めるきっかけとなった、供用中のインフラで発生した事故

トンネル天井陥落下事故の概要

【高一】日時：平成24年12月2日(土) 5:00頃
 【高一】場所：千葉県市川市(二子)トンネル内(延長4.7km) 入付JCT=段の10電
 【高一】状況：供用中(約 7km)付近において、トンネル天井陥落。陥落した天井は長さ約10m、高さ約2mのコンクリート製。陥落した天井は長さ約10m、高さ約2mのコンクリート製。陥落した天井は長さ約10m、高さ約2mのコンクリート製。

【高上】の状況：【上】(表)大津JC ~ 一宮IC 陥落地点 【下】(表)大津JC ~ 津河川

出典：国土交通省 HP <https://www.mlit.go.jp/common/000987373.pdf> 2019/5/7

48

インフラ構造物の安全性確保および効率的な維持管理のために、各構造物において、法令により定期点検が義務付けられた。

法律	対象構造物	定期点検頻度	施行年月日
道路法	道路橋 道路トンネル シェッド、大型カルバート 横断歩道橋 付属物(標識、照明等)	5年に1回	平成26年7月1日
河川法	ダム 堤防 可動堰 その他省令の定める河川管理施設等	1年に1回	平成25年12月11日
海岸法	堤防、護岸等 水門、陸閘等	5年に1回程度 ※設備は別	平成26年12月10日
下水道法	腐食のおそれの大きい下水道管路	5年に1回	平成27年11月19日

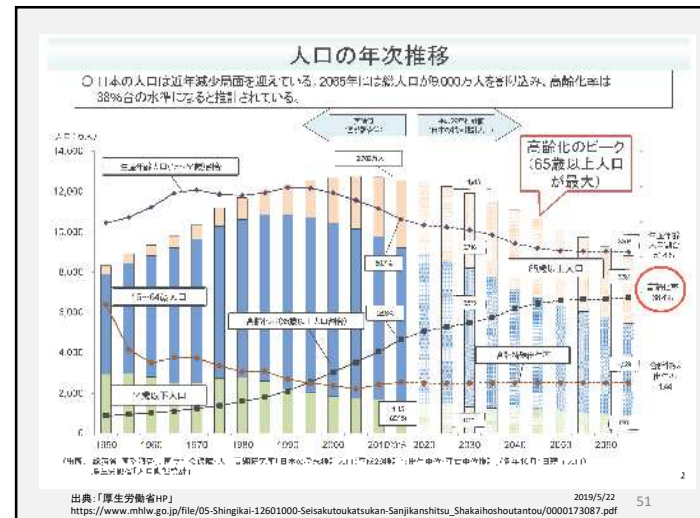
etc.

49

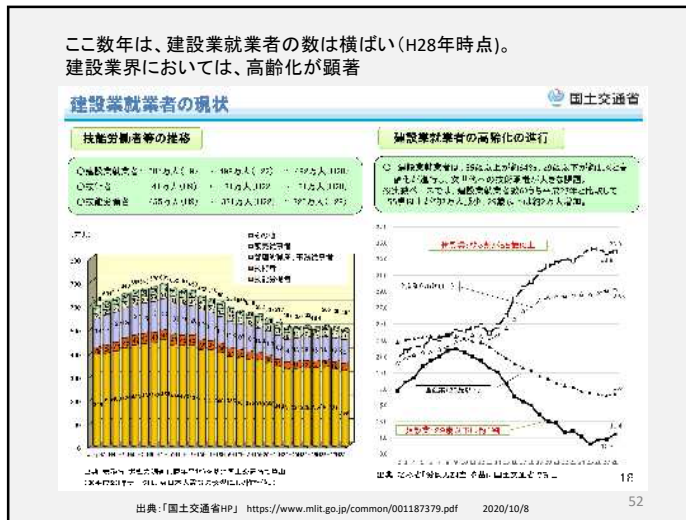
【取り巻く状況②】

高齢化社会
担い手不足

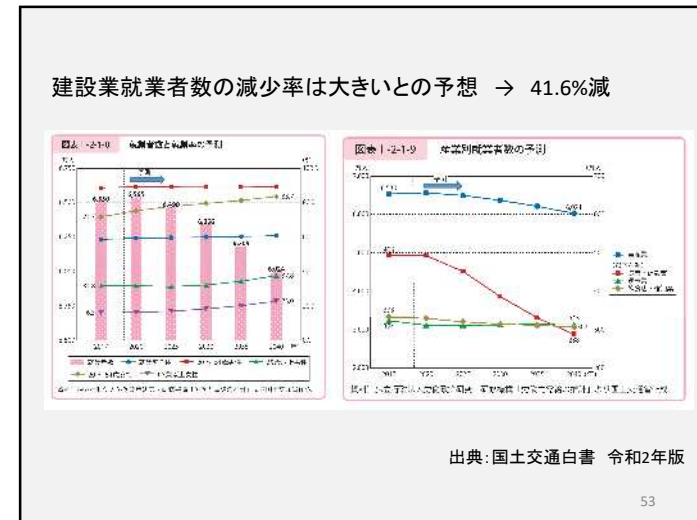
50



51



52



53

- 近年における出生動向の改善に伴い、人口推計の仮定条件である、合計特殊出生率の数値が1.39→1.45に変更された。
- 前回の推計と比較して、人口の減少速度や高齢化の進行度合いは緩和されている(H29推計)。
※ただし、直近4年程度の合計特殊出生率は減少(H27→R1) 1.45→1.44→1.43→1.42→1.36
- 生産年齢人口が減少し、高齢化率が上昇する。
- 現役世代の引退とともに、建設業の担い手が更に減少することが予想される。
- 国土交通白書によれば、市町村のインフラの維持管理に関わる地方公共団体の土木部門の職員数、平成17年～平成30年度の間に約14%減少しており、技術系職員がいない市町村の割合は約3割にのぼる。

54

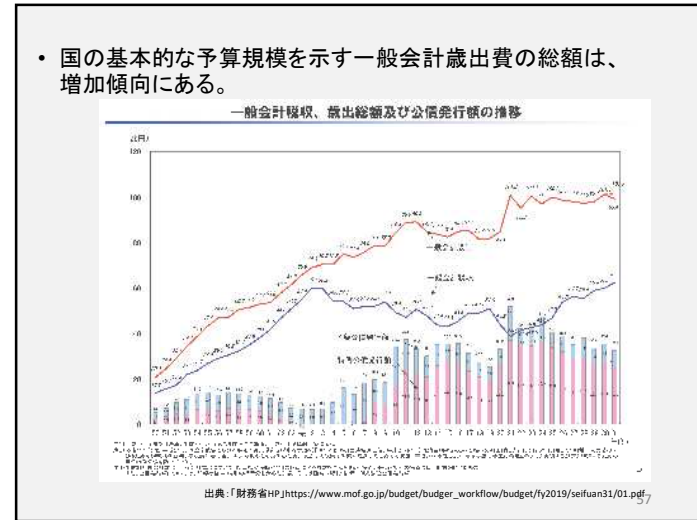
【取り巻く状況③】

社会資本の維持管理・更新に関わる費用

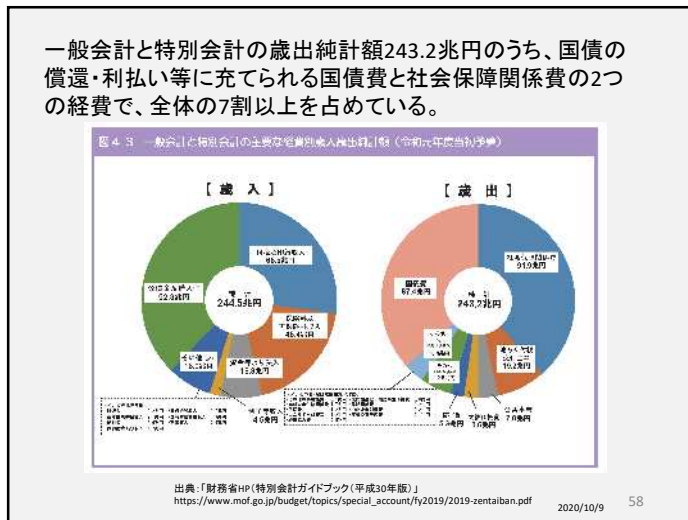
55



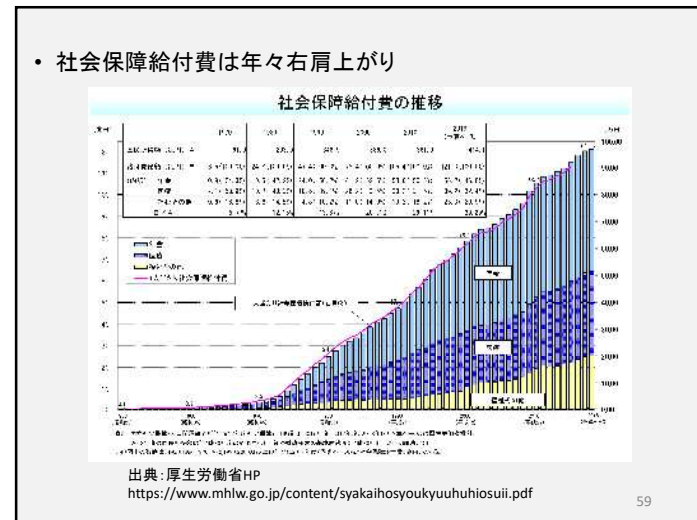
56



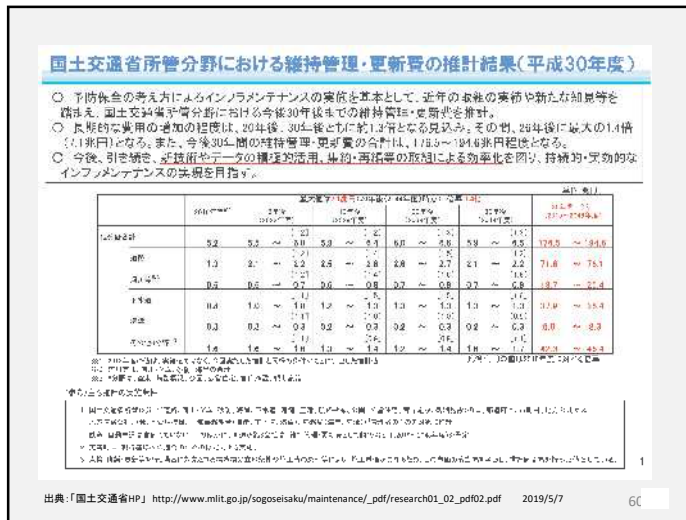
57



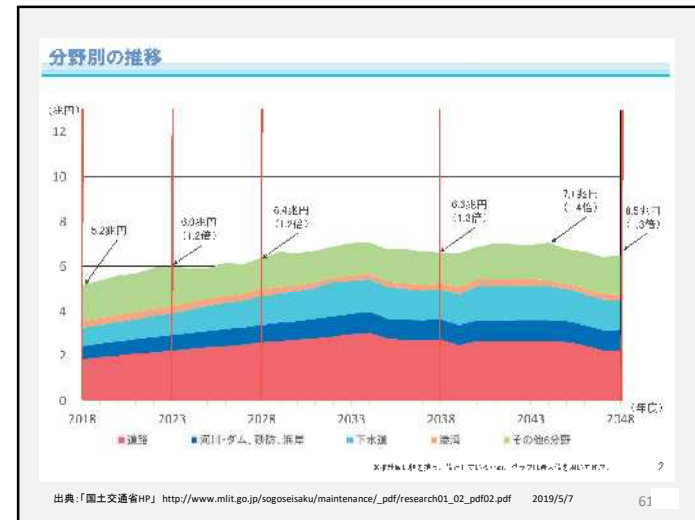
58



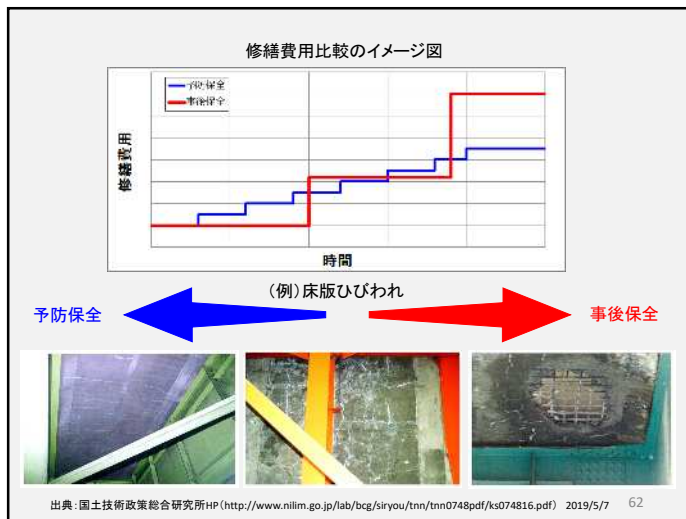
59



60



61



62



63

- 今後も高齢化に伴い、社会保障費は増加することが予想される。
- 税金については不透明（消費税増税？生産性向上による経済成長？）。
- 数十年レベルで増えていくことが予想される社会資本の維持管理費に加え、その他の公共事業費を、圧迫される財政下で捻出することが求められる。

64

64

【インフラ維持管理を取り巻く状況を簡単に
まとめると】

人、金の不足した状態で、インフラの老朽化への対応が迫られる。



- 予防保全による長寿命化？
- 女性、外国人の活用？
- ICT技術による生産性向上？
- 民営化による民間資金の活用？

65

65

近年では災害リスクも増大

国土交通省によれば

- 大雨や短時間強雨は全国的に増加すると予想される。
- 南海トラフ地震
マグニチュード8～9クラスの地震の
30年以内の発生確率70～80%
(2020年1月24日時点)

66

66

更に、新型コロナが・・・

ますます、不透明感が増す。

そんな状況下で、こんなことを
していても・・・？

(前回も出しましたが)

67

67

【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、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。



68

68

【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ある。

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、添え筋をし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。



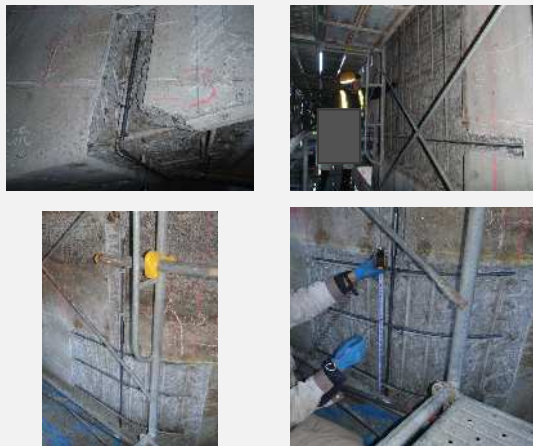
はつり完了後

添え筋(重り)追加

69

69

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



70

70

まとめ

71

71

➤ 何のために補修・補強をするのか？
 構造物を長持ちさせるため。

➤ なぜ長持ちさせる必要があるのか？
 長持ちさせることでメンテナンス費用を低減および平準化させることが、財政支出の前提となっているから。

先行き不透明な中で、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のでしょうか。

その技術を駆使して、本当の意味でコンクリート構造物の適切なメンテナンスを行うのが、コンクリート診断士の役割ではないでしょうか。

やはり、補修・補強は難しい。

72

72

ご静聴ありがとうございました。

見えぬところに、私たちの技術が活かされています。

SEIBU ENGINEERING CONSULTANT

山手区世田、藤野、新大塚、池袋中心部まで電力の安全供給を担うインフラ設備のみならずの設備メンテナンスも実施しています。

測量業 Surveying
 地質調査業 Geotechnical Investigation
 特殊コンサルタント業 Specialized Consultant
 建設業 Construction
 建築家事務所 Architectural Office

73

73