

橋梁点検におけるDX対応の検討

復建調査設計 岡山支社

2022年11月11日
岡山県コンクリート診断士会
第12回情報提供会

1

■ 復建調査設計(株)の紹介

【会社概要】

社名：復建調査設計株式会社
本社：広島市東区光町2-10-11
創業：1946年12月1日
社員数：674名（令和4年4月30日時点）



■広島本社 ■東京支社 ■大阪支社

事業内容

- ・土木事業に関する建設コンサルタント及び施工管理業務
- ・地質または土質の調査、試験、計測及び解析
- ・土地、工作物、海洋の測量及び空中写真による測量、並びに補償コンサルタント業務
- ・環境計量証明事業に関する業務
- ・建築に関する調査、企画、設計、監理
- ・土木工事業、とび・土工工事業及びさく井工事業
- ・労働者派遣業
- ・前各号に附帯する一切の業務

【社是】

〈社是〉 一、進取 二、協力 三、信頼

一、進取
世界情勢・経済とも刻一刻とめまぐるしく変わっています。時代の変化についていくためにも常に社会情勢・技術の進歩等を把握し、物事を進んで取りいれる気持ちが必要です。

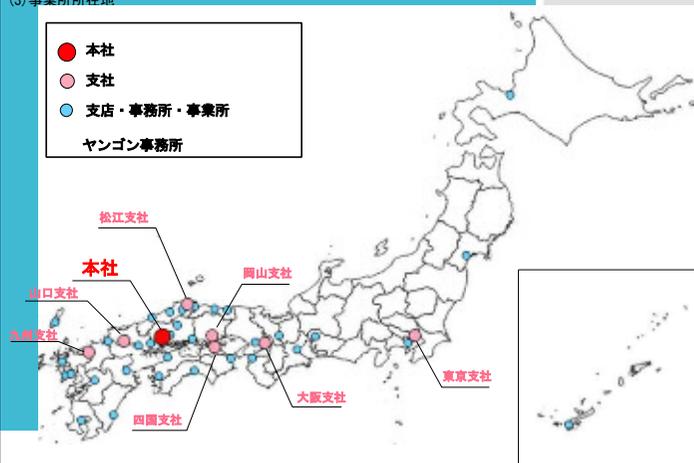
二、協力
復建調査設計株式会社は約600人の社員で構成されています。また、当社に係わる会社は数多くあります。人は一人でできることは限界があります。みんなで協力して大きな成果を上げましょう。

三、信頼
当社の企業方針のひとつ「顧客満足の追求」を実践するとき、まず信頼関係を築くことが第一歩だと思います。社内の人間関係においても同じで、まず職場での信頼関係を築くことによって仕事がスムーズに進んでいきます。

2

■ 復建調査設計(株)の紹介

(3) 事業所所在地



● 本社
○ 支社
● 支店・事務所・事業所
ヤンゴン事務所

松江支社
山口支社
大田支社
本社
岡山支社
四国支社
大阪支社
東京支社

3

■ 復建調査設計(株)の紹介

(4) 企業概要

① 本社事業部紹介



本社事業部

- 国際事業部
 - ヤンゴン事務所
- 地盤環境部
 - 地盤環境課、地盤技術課、試験分析室
- 河川砂防部
 - 砂防技術課、砂防基礎調査プロジェクト室、河川技術課
- 空間情報部
 - 情報技術課、情報補償課
- 道路・地域整備部
 - 道路技術課、地域開発課、地域計画課
- 沿岸・地震防災部
 - 地震防災課、沿岸技術課
- 保全構造部
 - 保全技術課、構造技術課、上下水道課
- 環境部
 - 環境技術課、新エネルギー・資源循環課、生物環境課
- 総合計画部
 - 道路計画課、交通まちづくり課

4

DX対応の検討

- ・遠隔支援システム
- ・AIによる橋梁診断支援システム

5

DX①遠隔支援システムの開発

開発の背景

- ①<効率化>
限られた要員で効率的に業務を遂行すること
- ②<人材育成>
在籍する熟練技術者の持つ点検や補修に関するノウハウを、経験の浅い技術者に伝承し、育成していくこと
- ③<各種専門分野間の技術連携>
わが社の幅広い各専門技術者の知見、蓄積されたデータを部門や地域を超えて発揮すること

6

DX①遠隔支援システムの開発

遠隔支援システムイメージ

【今まで】
熟練技術者が現地にて、点検・調査を実施。

・経験の浅い技術者の判断が難しい損傷等についてを遠隔にて確認判断が可能となる。(外業、内業の分担が可能となり、効率化が図れる)
・協議時にリアルタイムで現場と繋ぐことにより、写真撮影ではわかりにくい箇所を確認でき、円滑な現地状況の把握が可能となる。

【遠隔支援を使用した場合】
経験の浅い技術者(現場) ← 熟練技術者(事務所から指導)

はいっ

そこ ただけ!

7

DX①遠隔支援システムの開発

市販されている遠隔支援ソリューションの検証

- (1) Web会議システム (V-CUBEミーティング)
Web会議システム+Webカメラ
→画像、音声ともに課題あり
- (2) スマートグラス (AceReal)
現場用遠隔支援システム
→実地検証へ
- (3) 小型ウェアラブルカメラ (MCS-W225)
小型カメラ
→軽量であり作業性はよい。画質が悪い
- (4) 骨伝導ヘッドセット
騒音箇所での音声の送受信
→マイクは音質に課題あり。スピーカーはOK

小型カメラ検証

骨伝導ヘッド検証

8

■DX①遠隔支援システムの開発

2. 市販品の実証実験 スマートグラス比較表

製品	AceReal (現場実証)	V-CUBE 遠隔作業支援ソリューション	RazVision WR
イメージ			
長所	<ul style="list-style-type: none"> 画像が高画質で保存可 スマートグラスの映像は比較的高画質 	<ul style="list-style-type: none"> スマートグラスが軽量 	<ul style="list-style-type: none"> 一式が軽い 構造が単純 遅延が少ない
短所	<ul style="list-style-type: none"> 映像が縦長 映像の画質が良くない (SD画質) 操作が複雑 スマートグラスが重い 露光、焦点距離が手動 映像のブレ (手振れ) 拡張性がない 	<ul style="list-style-type: none"> 映像の画質が良くない (SD画質) スマートディスプレイの映像が荒い 映像のブレ (手振れ) 拡張性がない 	<ul style="list-style-type: none"> 映像の画質が良くない (SD画質) 映像のフレームレートが低い (5fps) 映像のブレ (手振れ) 双方向でない 拡張性がない

9

■DX①遠隔支援システムの開発

2. 市販品の実証実験

【検証結果】

- 現場でのメリット・デメリット
 - ・音声は、会話に大きな支障はない
 - ・スマートグラスが重い (特に頭部への負担)
 - ・眼鏡部の画像を注視すると周りが見えない
- 社内でのメリット・デメリット
 - ・音声は特に問題ない
 - ・リアルタイム画像は、手ブレ、画質悪
 - ・画面が縦長であり、見にくい
 - ・音声と画像にずれがある
- 市販品の実証実験における所感
 - ・長時間の現場作業は難しい
 - ・音声OK、画像NG




・他の製品、既製品を組み合わせた**自社オリジナルの開発へ！！**

10

■DX①遠隔支援システムの開発

3. 遠隔支援システムのプロトタイプ開発

市販品を活用した「遠隔支援プロトタイプシステム」の開発

(1) プロトタイプシステムの機能概要

プロトタイプシステムの構成

- ①スマートホン (SH-02M)
(場合によって+スタビライザー (OSMO Mobile))
- ②Gopro+タブレット



11

■DX①遠隔支援システムの開発

4. 遠隔支援システムのプロトタイプの問題点

【改善点】

- ・画質は市販品 (AceReal) から向上。
- ・移動時の手振れは、スタビライザーで、かなり改善。
- ・画質は、実用に耐えうるレベルにまで改善

【問題点】

- ・画像は、現場からの一方向 (音声は双方向)。
- ・5Gでは通信速度はそれほど改善せず。
- ・スマホ版は手軽、ただしハンズフリーでない (作業不可)
- ・Gopro版は、撮影者が撮影箇所を確認できない。

○多少の問題があるが、実用に耐えうるレベルになった。

だが、双方向・作業しながらがいい

12

■DX①遠隔支援システムの開発

5. 新・遠隔支援システムの概要

R3年度 完全ハンズフリーの新ハードウェアを導入



双方向の画像のやり取りが可能なヘッドセット「リアルウェア」(ヘルメット装着型でハンズフリー、音声入力で操作可能)を使用し、システムを一新。

13

■DX①遠隔支援システムの開発

5. 新・遠隔支援システムの概要



「メニューを表示」とつぶやくと、小窓のモニターは、こんな感じでコマンド一覧が見える。
音声入力で操作するため、完全ハンズフリー。

「カメラを起動、写真を撮る」

14

■DX①遠隔支援システムの開発

6. 遠隔支援システムの試用



実際の映像

15

■DX①遠隔支援システムの開発

6. 遠隔支援システムの試用 撮影した写真画像：800万画素



動画は、動きがある見えない。止まると見える。
静止画にすると、0.2mmのひび割れも見える。

16

新ハードウェアは、別途、通信システムが必要であるため、通信システムごとの検証を行う。

検証 1. マイクロソフト Teams

- ・標準で用意されている通信システム
- ・通常のマイクロソフト TeamsのライセンスでOK

検証 2. V-CUBE V-CUBEコラボレーション

- ・サードパーティー (V-CUBE) が提供する通信システム
- ・新ハードウェア専用開発されている。

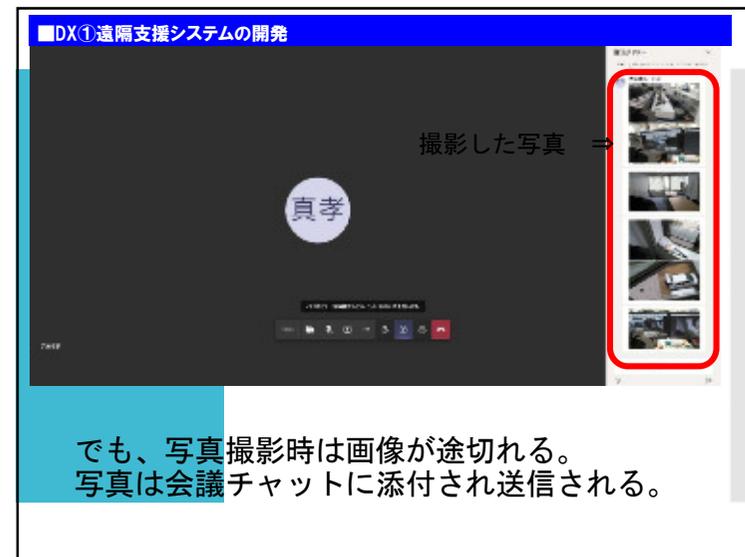
17



18



19



20



21



22

■DX①遠隔支援システムの開発

通信システムの検証結果

検証結果. マイクロソフト Teams

- ・ 動画撮影時は特に問題がない。
- ・ 事務所から現場への資料の共有はやりやすい。
- ・ 現場から写真を送付する場合は、画像が途切れる。
- ・ 写真を撮影⇒メッセージを作成⇒メッセージを送信となり写真の送付は手間がかかる。
- ・ 使用するソフトが、TEAMSであるためブラウザ版を使用することにより、ネット環境があれば誰とでも利用可能。
- ・ 会社のTEAMSアカウントを使用すれば、追加の費用がなく使用が可能である。

23

■DX①遠隔支援システムの開発

通信システムの検証結果

検証結果. V-CUBE V-CUBEコラボレーション

- ・ 動画撮影時は特に問題がない。
- ・ 現場から写真を送付する場合も、画像は途切れない。
- ・ 写真を撮影すれば自動で送信されるため、手間はかからない。
- ・ 現場のからの操作は、特に意識することなく操作が可能であるため、TEAMSに比べ現場の負担は少ない。
- ・ 別途、ソフトをインストールする必要があるため、通信先は限定される。
- ・ システムのセットアップ及びシステム使用料が発生するため、TEAMSに比べ追加費用が発生する。

24

DX①遠隔支援システムの開発

7 遠隔支援システムの利用シーン

新しい遠隔支援システムの総評

- ・ 静止画は、十分な精度を保っている。
- ・ 動画の画質は、動きがあるとダメ⇒通信速度がネック
- ・ 音声は一度も途切れることはなかった。
- ・ 操作はハンズフリーで、装着感（重さ）も気にならない。
- ・ 桁下の電波の届かないところは中継器が必要。

現状での利用シーン

- ・ 事務所側の動画から損傷を発見するのは困難。
- ・ 現状では現場技術者に損傷発見スキルが求められる。
- ・ 複合的な構造物や立ち入り人数に限られる現場に少数で入場し、事務所内で他の専門技術者がアドバイザーとして助言する。
- ・ 現場に若手技術者入場し、熟練技術者が事務所内からサポートとして参加する。

25

DX①遠隔支援システムの開発

- ・ GENBA-Remote
- ・ Safie Pocketz
- ・ Gリポート
- ・ Zao Cloud View
- ・ アイちゃん

・・・その他多数が雨後の筈

26

27

DX①遠隔支援システムの開発

建設現場の遠隔臨場に関する試行要領（案）の仕様（令和3年3月）

項目	仕様	備考
映像	画素数640×480以上	カラー
	フレームレート：15fps以上	
音声	マイク：モノラル（1チャンネル）以上	
	スピーカ：モノラル（1チャンネル）以上	

- ・ 令和2年3月版から仕様を緩和させたため、ハードルがかなり低くなった。
- ・ 動画による確認となるため、画質があまりよくない（と思う）。
- ・ 発注者側にもITスキルが求められる。
- ・ 現場までの距離が遠い場合は、メリット大。
- ・ ただし、もっと辺境の現場になると、携帯電話が通じないため遠隔臨場が出来ない。

まだまだ始まったばかり、この先に期待。

28

■DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

AIを活用した橋梁診断支援システム「Dr.Bridge」とは

- ・ ㈱日本海コンサルタントと日本ユニシス㈱が開発した橋梁診断支援システム。
- ・ 撮影した写真から、AIが劣化要因と健全度を判定し、点検調書（点検票記録様式（その1）（その2））を作成することが可能。
- ・ 第4回インフラメンテナンス大賞 優秀賞受賞
- ・ NETIS登録有 (HR-210002-A)

従来の橋梁診断

Dr. Bridge導入後

AIで点検業務・調査作成をもっと効率的に。
Dr. Bridgeから、劣化診断から診断書への業務自動化。

- 1 劣化箇所をAIで検出
- 2 AIによる劣化診断
- 3 診断結果をAIで診断書へ自動転写

29

■DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

入力すること

- 点検診断
 - 損傷写真 (AI診断を行う写真の範囲は指定可能)
 - 撮影距離 0.5~1m、1~2m、2~3m
 - 地域情報 ASR地域内、塩害地域内、凍害地域内、凍結防止剤散布有 (複数選択可)
 - 径間部材 主桁、横桁、床版 (Co橋)、床版 (鋼橋)、下部工、他部材 (高欄・地覆)
 - 径間材料 PC、RC、無筋
- 損傷情報
 - 最大ひび割れ幅 無、0.3mm未満、1.0mm未満、1.0mm以上、直接入力
 - 欠損 無、有 (不明、小規模、大規模)
 - 鉄筋露出 無、有 (不明、減肉無、減肉有)
 - うき 無、有

↓

入力して2~3分で、AI診断完了。
入力自体はとても簡単。

30

■DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

調査結果 (AI診断結果)

劣化種別	割合
腐食	7%
剥離	25%
ひび割れ	25%
その他	43%

調査結果 (AI診断結果)

劣化種別	割合
腐食	8%
剥離	39%
ひび割れ	45%
その他	0%
鉄筋露出	0%
欠損	0%
うき	1%

調査結果 (AI診断結果)

調査結果 (AI診断結果)

調査結果 (AI診断結果)

31

■DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

検証方法

検証は、アジア航測と共同して実施した。

アジア航測は、補修設計対象橋梁の2橋において、技術者による判定と、AI診断の差異について検証を実施。

復建調査は、過年度点検・補修設計において撮影した写真を使用し、特定の劣化原因の判定が可能か、撮影距離の違いによる健全度判定の違いについて検証を実施。

32

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

「Dr.Bridge」のAI診断による劣化要因の推定と健全性評価の精度検証

1. 目的
Dr.Bridgeを活用したAI診断により、橋梁の劣化要因の推定と健全性評価の精度を検証し、橋梁関係業務の効率化等に向けた導入可能性を検討する。

2. 検証対象

- 橋梁補修設計業務委託
【宛先者：株式会社】
・橋長：1110.6m
・橋種：コンクリート橋
・竣工年次：昭和30年
- 補修設計業務委託
【宛先者：株式会社】
・橋長：1145.0m
・橋種：鋼橋
・竣工年次：昭和44年

3. 作業フロー

以下のフローに基づき、AI診断による劣化要因の推定と健全性評価の精度検証を行う。

① 劣化調査 (人による健全性評価)

② Dr.BridgeによるAI診断
・ AIによる劣化要因の推定
・ AIによる健全性評価

③ 劣化要因の推定と健全性評価の精度検証

④ 「Dr.Bridge」の活用検証

明日と未来 ASAHI SURVEY CO., LTD.

33

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

「Dr.Bridge」のAI診断による劣化要因の推定と健全性評価の精度検証

①上部橋梁(梁)の検証【3ケース：同一部位3枚の写真】

■人による劣化要因の推定 (技術者判定)

下部橋梁(梁)において、既存影響要因調査を行った結果、アルカリシリカ反応の調査が進行していることから、劣化要因はASRと判断した。

健全性評価について、AI判定と技術者判定は一致したが、劣化要因は一致しなかった。

明日と未来 ASAHI SURVEY CO., LTD.

34

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

「Dr.Bridge」のAI診断による劣化要因の推定と健全性評価の精度検証

5. 検証結果及び今後の「Dr.Bridge」活用

(1) 検証結果

健全性評価と劣化要因の推定について、AI判定と技術者判定 (詳細調査結果等) を行った結果、若干バラツキが確認されるが、大きな相違はないと判断できる。

(2) 今後の「Dr.Bridge」活用

橋梁補修設計業務では、劣化箇所に対する適正な補修対策が求められるため、劣化要因の推定は非常に重要である。したがって、技術者による劣化要因の推定が難しい場合や劣化原因特定のための詳細調査等を立案する際、「Dr.Bridge」を活用することで業務を効率化かつ効果的に実行できると考える。

明日と未来 ASAHI SURVEY CO., LTD.

35

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

Dr.Bridgeに期待すること

健全性評価 → AI → 判定：I, II, III (診断者間でブレない判定)

劣化要因 → AI → 判定：ASR, 塩害, 中性化, 凍害, 収縮系・疲労, 豆板系 (経験の浅い技術者の補助的役割、調査原因判定のスクリーニング、セカンドオピニオン)

判定：IVは、構造的判断が必要となるため技術者が判断する。

36

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

ケース	部位	ASR地域	判定	精度	AI判定内訳
1	下部工	○	AI判定 損傷原因 ASR	×	ASR11%,収縮89%
2	下部工	○	AI判定 損傷原因 ASR	×	ASR 6%,収縮94%
3	下部工	○	AI判定 損傷原因 ASR	○	ASR58%,収縮42%
4	上部工 (アーチ)	○	AI判定 損傷原因 ASR	×	ASR47%,収縮50%
5	下部工	○	AI判定 損傷原因 乾燥収縮 ASR	○	ASR 6%,収縮74%
6	下部工	○	AI判定 損傷原因 ASR	×	ASR57%,収縮42%
3'	下部工	-	AI判定 損傷原因 収縮系・疲労 ASR	×	ASR 0%,収縮98%

- ①や②のような析出物が多いASRは、正しく判定されない傾向にある。
- あまり析出物が見られないような蜘蛛の巣状のひびわれがASRと判定されるよう。
- 乾燥収縮によるひびわれは、ASRと誤診断される傾向に。
- 「ASR地域」のチェックを外すと、ASRと判断されなくなる。

析出物が多いASRは注意が必要。
ASRと診断されても乾燥収縮の可能性も。
日本全国ASRの可能性が捨てきれないと思われるため、ASR地域のチェックは入れたままがよい？
チェックはASR抑制対策以降に建設された構造物に対して使用？

37

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

ケース	部位	塩害地域	判定	精度	AI判定内訳
1	主桁	○	AI判定 損傷原因 塩害	○	塩害95%,中性化5%
2	主桁	○	AI判定 損傷原因 塩害	○	塩害84%,中性化15%
3	床版	-	AI判定 損傷原因 中性化 塩害	×	塩害0%,中性化76%
4	床版	-	AI判定 損傷原因 塩害	×	塩害0%,中性化100%
5	ボックス	-	AI判定 損傷原因 中性化 塩害	○	塩害0%,中性化100%
6	ボックス	-	AI判定 損傷原因 中性化	○	塩害0%,中性化100%
2'	主桁	-	AI判定 損傷原因 塩害	×	塩害0%,中性化100%
4'	床版	○	AI判定 損傷原因 塩害	×	塩害6%,中性化94%
6'	ボックス	○	AI判定 損傷原因 塩害 中性化	×	塩害95%,中性化5%

- ①や②は正しく判定された。(塩害地域)
- ③や④は、内在塩分による塩害であるが、正しく判定されない。
- ⑤や⑥は、中性化による著しい鉄筋露出であるが、正しく判断された。
- 「塩害地域」のチェックがないと塩害の可能性をすべて排除。

内在塩分による塩害は判定できない。
内在塩分を判定するには、塩害地域(凍結防止剤散布有)のチェックは入れたままがよい？
塩害地域を入れても、すべて塩害になるわけではない(露出した鉄筋量で仕分け?)。

38

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

Dr.Bridgeに期待すること

健全性評価

AI②

判定: I
判定: II
判定: III

・診断書間でブレない判定

劣化要因

AI②

判定: ASR
判定: 塩害
判定: 中性化
判定: 凍害
判定: 収縮系・疲労
判定: 豆板系

・経験の浅い技術者の補助的役割
・損傷原因判定のスクリーニング
・セカンドオピニオン

判定: IIIは、構造性の判断が必要となるため技術者が判断する。

39

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

ケース	部位	写真距離	判定	精度	AI判定内訳
1	床版	1~2m	AI判定 損傷原因 IV	×	IV 51%, III 19% II 30%
	床版	2~3m	AI判定 損傷原因 III	×	II 30%, I 70%
2	ボックス	0.5~1m	AI判定 損傷原因 II	○	II 97%, I 3%
	ボックス	2~3m	AI判定 損傷原因 II	○	II 100%

- 鉄筋露出は、写真の写し方によるブレがある。大きく写せばよい判定。
- ひびわれは、写真の写し方による影響は少ない。

限られた情報での判断であるため、限界があると思われる。
撮影する写真の全体に対する大きさは規定があってもよいのでは？

40

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

AI診断の気づき

- ・塩害地域、ASR地域等のチェックマークにより診断の結果が大きく変わるため、入力は簡単だが注意が必要。
- ・塩害の診断は、塩害地域のチェックに依存するため、内在塩分による塩害は診断が困難である。
- ・析出物が多いASRは、教師データに無いと思われる。そのような“教師データにない損傷”の診断精度は低い傾向。
- ・写真の写し方により、診断がブレるため写真の写し方にブレをなくす必要がある。また、適切な診断には適切な画角が必要になるため“適切な画角”を決める必要がある。
- ・診断には損傷の種類（ひびわれ、鉄筋露出、うき等）が必要と思われるが、AIは写真に写った損傷の種類を判別していないように思える。

41

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

AI診断の検証結果

- ・健全度評価について、若干のばらつきが確認されるが、大きな相違はないと判断できる。
- ・劣化要因の推定については、技術者でも判断に迷うような状況の場合は、AI判定も精度が悪い傾向にある。

AI診断の利活用方法

- ・橋梁補修設計のような、劣化要因を確定させる必要がある場合には、使用が困難である。
- ・橋梁点検における点検員の補助、もしくはスクリーニング用途であれば使用可能と考えられる。

42

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

AI診断の今後の展望

- ・国土交通白書では、建設生産プロセス、維持管理、災害対応分野での人工知能（AI）の社会実装を推進している。
- ・維持管理分野（定期点検等）において、AIによる点検を目指し、開発を推進している。

43

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

44

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究(平成30～33年度)

□研究内容

- ① 点検AIの開発(床版の土砂化、画像解析)
 - ・ロボット等による点検作業の補助や一部自動化を目標とした、診断に役立つ点検データ等の取得技術(ひび割れや剥離等の変状の検出・識別、および基点検箇所への誘導等)
 - ・画像および、電磁波レーダーを含むその他のセンサ等から取得したデータの分析および損傷の兆候のスクリーニング(前回記録との比較および適切な診断を行うための情報の抽出)
 - ・開発技術と統合し、現場での点検の支援、および、スクリーニングした情報を記録するシステムの提案
- ② 診断AIの開発
 - ・測定環境の分析、取得画像の分析、各種非破壊試験結果など様々なデータ・物理量と劣化との相関関係
 - ・熟練技術者の論理的思考や基礎的な情報についてエキスパートシステム等へ入力するデータの作成
 - ・診断を支援する技術の試作・試行
 - ・診断AIのインプットデータとして最適な点検調査のフォーマットを検討
- ③ データ基盤の開発
 - ・目的に応じた教師データセットの整備
 - ・3次元化された構造データ上に点検データを表示する技術の検討

45

DX②AIを活用した橋梁診断支援システムの検討

AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究 全体像

- ・ 点検AIでは、診断に必要な情報の抽出、報告の自動作成などを目標とする
- ・ 診断AIでは、損傷種類・要因の特定、措置方法の提案などの開発を目標とする

46

ご清聴ありがとうございました。

47