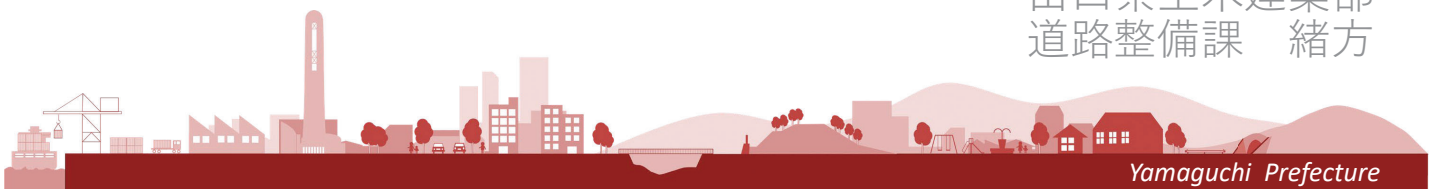


山口県における 橋梁メンテナンスの取組み

～AIによるインフラ点検・診断システムの構築～

2022.8.23
山口県土木建築部
道路整備課 緒方

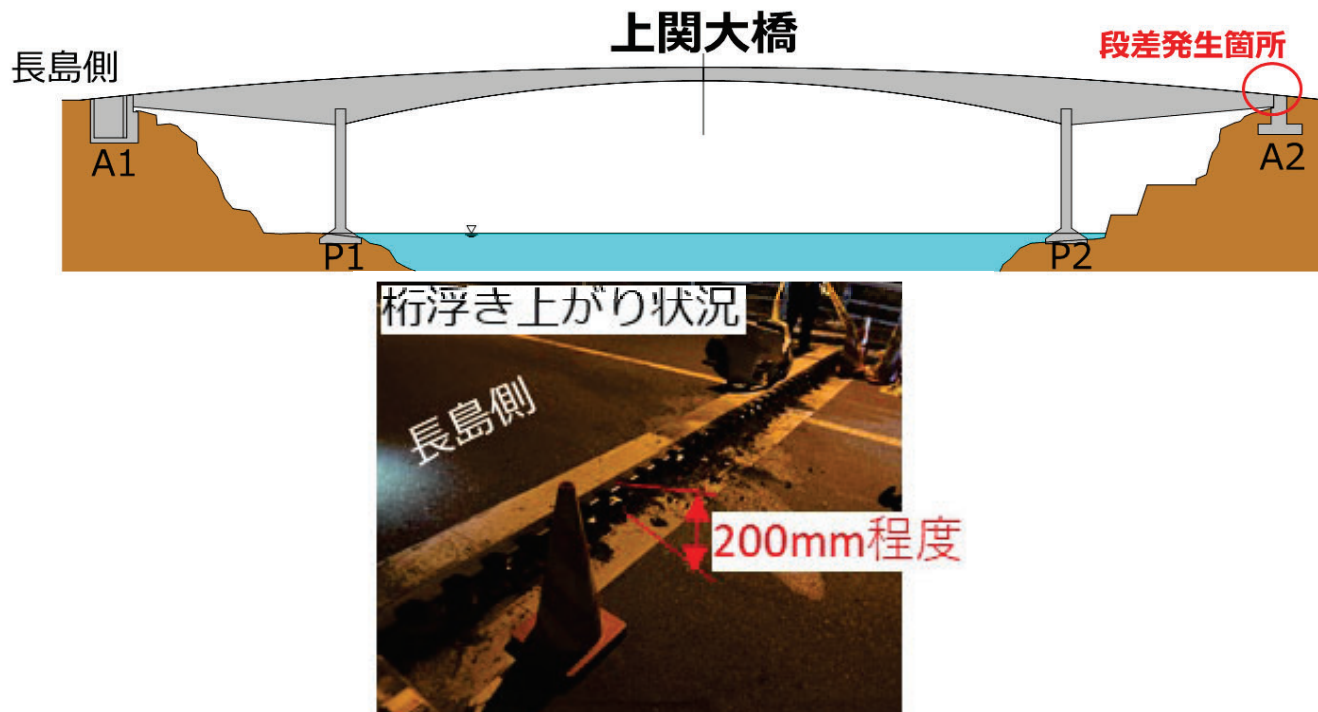


目次

目次

- ① はじめに
- ② 山口県の橋梁の維持管理の現状
 - 2-1 保全区分
 - 2-2 構造形式、健全性
 - 2-3 劣化傾向、点検状況
- ③ 橋梁の維持管理の方針
- ④ 離島架橋・特殊橋等維持管理の高度化・効率化
- ⑤ 小規模橋梁・溝橋維持管理の高度化・効率化
 - 5-1 AIによるインフラ点検・診断システムの全体像
 - 5-2 3D L i d a r アプリの概要
 - 5-3 点検記録自動作成アプリの概要
 - 5-4 損傷程度を評価するAIの概要
 - 5-5 本検討における地域連携について
 - 5-6 今後の予定
- ⑥ おわりに

- ・ 令和2年11月、山口県の上関大橋において桁端部の浮き上がりを抑えるPC鋼棒が破断し、段差が発生する事故が発生
- ・ 全国的にも例がない事故であり、専門的な見地から助言をいただくため、「上関大橋復旧検討会議」を設置



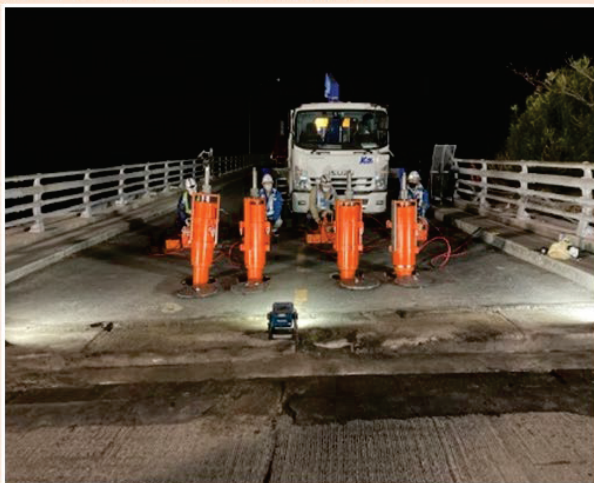
2

- ・ 検討会議からの御助言をいただきながら復旧工事を実施し、令和4年3月25日に本復旧工事が完了
- ・ 復旧にあたっては、多大なご支援をいただき、誠にありがとうございました

「本復旧工事の状況」

○ A2 橋台〈室津地区側〉

桁を降下させる作業状況



現在の状況（令和4年3月17日）



3

2 山口県の橋梁の維持管理の現状

2-1 保全区分

- 山口県では多種多様な橋梁に対して全て一律で長寿命化を検討することは非効率なため、4,300の橋梁を保全区分に分類して管理
- 保全区分1や2は、離島架橋や特殊橋等の道路ネットワークを支える重要な橋梁が該当
- 保全区分6や7は、橋梁数が全体の地域住民の生活を支える橋梁が該当

保全区分	特性	内容	橋梁数 (R4.3)
1	離島架橋、長大橋	離島架橋および 橋長500m以上の橋梁	16
2	特殊橋	特殊な構造（斜張橋・吊橋・トラス橋・ アーチ橋）を持つ橋梁（保全区分1を除く）	17
3	跨線橋、跨道橋	跨線橋、跨道橋 (保全区分1,2を除く)	281
4	中規模橋梁 (緊急輸送道路上)	橋梁10m超の緊急輸送道路上の橋梁 (保全区分1,2,3を除く)	658
5	中規模橋梁 (緊急輸送道路上以外)	橋梁10m超の橋梁 (保全区分1,2,3,4を除く)	675
6	小規模橋梁	橋長10m以下の橋梁 (保全区分3を除く)	1,729
7	溝橋	土被り1m未満のカルバート (上記保全区分の重複を除く)	924
合計			4,300

約0.8%

約62%

4

2 山口県の橋梁の維持管理の現状

2-2 構造形式、健全性

- 橋梁の構造形式は、コンクリート橋（92%）、鋼橋（7%）、石橋・木橋等（1%）となっており、コンクリート橋が多い特徴がある

重 要 性			橋梁数 R4.3時点	健全度（損傷の程度）			
				損傷大	損傷小		
対象となる橋	事 項			Ⅳ（緊急措置段階）	Ⅲ（早期措置段階）	Ⅱ（予防保全段階）	Ⅰ（健全）
特に重要な橋	離島架橋	橋が通行機能を失ったとき、直ちに他の道路等によってそれまでの機能を維持できるような代替路がない橋	9橋	0橋	4橋	5橋	0橋
	長大橋、特殊橋	損傷をしたとき、その機能回復に時間を要する橋	24橋	0橋	3橋	14橋	7橋
	重要物流道路上の橋 緊急輸送道路上の橋	平常時における安定した人流・物流や、災害時の救援活動、復旧活動等の緊急輸送を確保するために必要とされる橋	1,920橋	0橋	255橋	1,119橋	546橋
	跨線橋、跨道橋	損傷をしたとき、それが他の構造物や施設に影響を及ぼす橋	87橋	0橋	21橋	50橋	16橋
その他の橋			2,260橋	0橋	286橋	1,250橋	724橋
合計			4,300橋	0橋 (0%)	569橋 (13%)	2,438橋 (57%)	1,293橋 (30%)

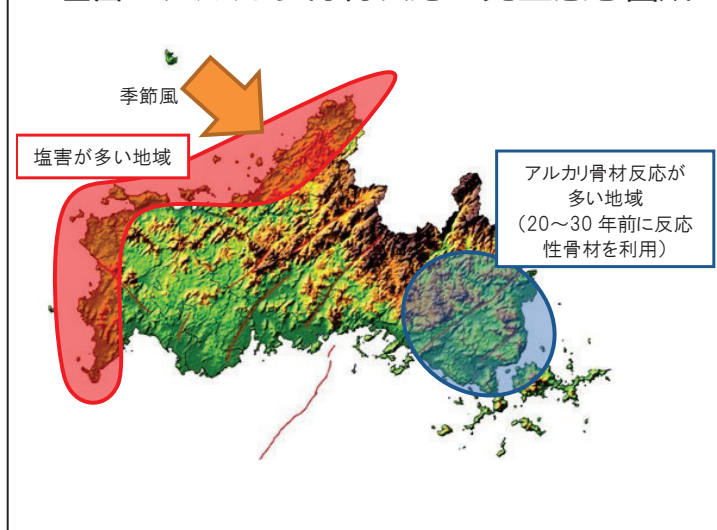
注）橋梁数は重要性区分の重複を除く

5

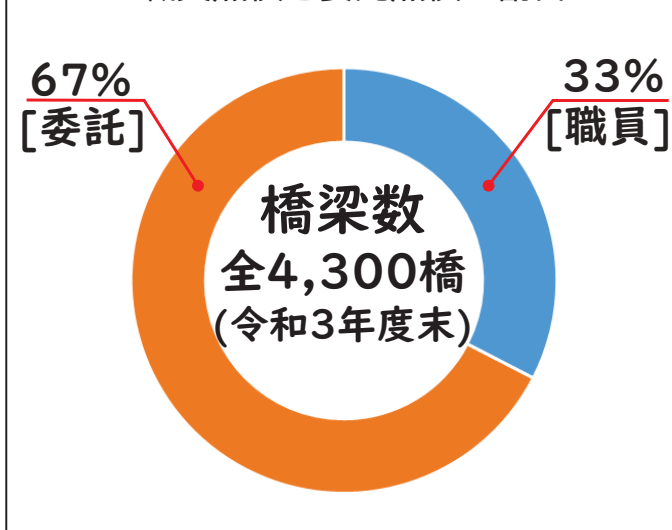
2-3 劣化傾向、点検状況

- 山口県では、塩害やASRが多い地域が存在し、橋梁もこれらに係る損傷が確認されている
- このような劣化傾向がある中、県職員と委託業者が協力して、定期点検を実施している

○塩害・アルカリ骨材反応の発生懸念箇所



○職員点検と委託点検の割合



6

3 橋梁の維持管理の方針

- 土木技術者の減少や維持管理必要額の増加が進む中で、従来手法により橋梁を維持管理することは困難
- 山口県では、保全区分に応じた維持管理の高度化・効率化を図る

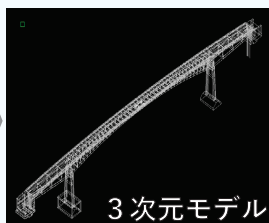
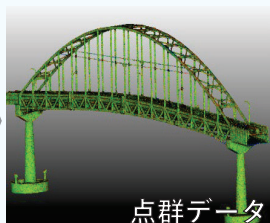
保全区分	特性	内容	橋梁数 (R4.3)	維持管理サイクル			
				点検	診断	記録	措置
1	離島架橋、長大橋	離島架橋および 橋長500m以上の橋梁	16	離島架橋、特殊橋等 維持管理の 高度化・効率化	橋梁 マネジメント システム	早期発見 ・ 早期対応	
2	特殊橋	特殊な構造（斜張橋・吊橋・トラス橋・ アーチ橋）を持つ橋梁（保全区分1を除く）	17				
3	跨線橋、跨道橋	跨線橋、跨道橋 （保全区分1,2を除く）	281				
4	中規模橋梁 （緊急輸送道路上）	橋梁10m超の緊急輸送道路上の橋梁 （保全区分1,2,3を除く）	658				
5	中規模橋梁 （緊急輸送道路上以外）	橋梁10m超の橋梁 （保全区分1,2,3,4を除く）	675	小規模橋梁・溝橋 維持管理の 高度化・効率化			
6	小規模橋梁	橋長10m以下の橋梁 （保全区分3を除く）	1,729				
7	溝橋	土被り1m未満のカルバート （上記保全区分の重複を除く）	924				
合計			4,300				

7

■ 特殊橋等の定期計測

構造が複雑な特殊橋等は、変状や損傷の把握の遅れにより
重大な事態を引き起こす可能性がある。

① 3次元測量による計測



② ひずみ計・変位計による計測 《R3実施》



【笠戸大橋】



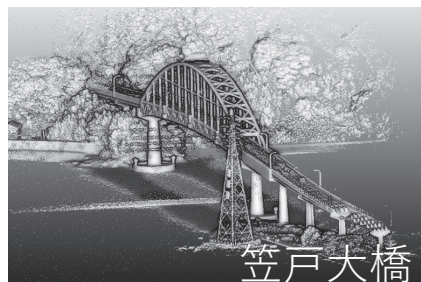
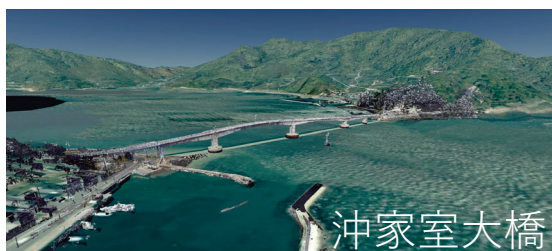
【沖家室大橋】



損傷箇所の
早期発見
早期対応

8

R3



R4

予定



9

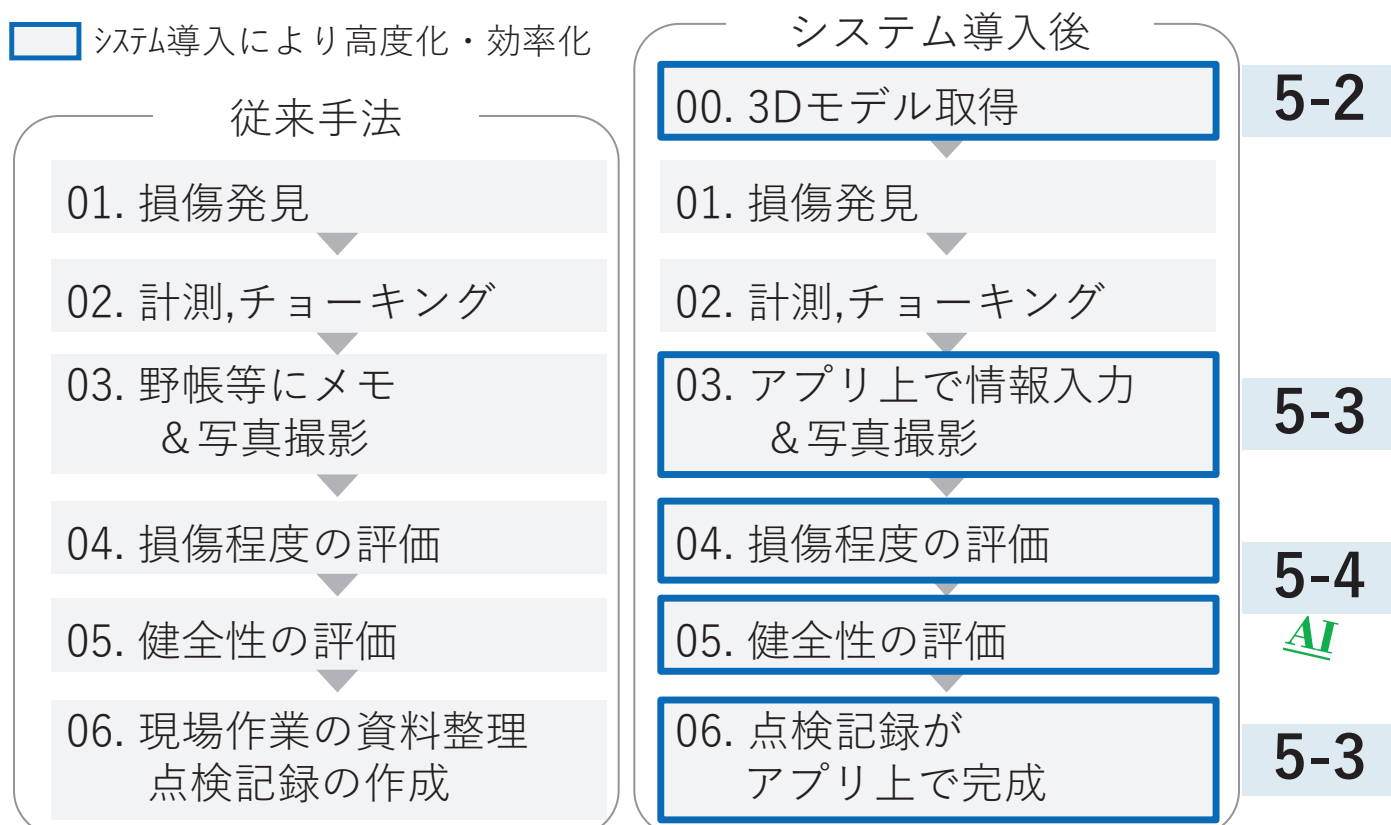
5-1 AIによるインフラ点検・診断システムの全体像

- 小規模橋梁・溝橋の定期点検については、AIやRPA技術を活用して効率化・高度化を図る
- 近接目視点検時にアプリ上で3Dモデルや損傷情報の取得を行い、この情報から自動で点検記録を作成する検討を進めている
- また、アプリで取得した損傷画像等から、損傷程度の評価を支援するAIの構築についても実施



10

5-1 AIによるインフラ点検・診断システムの全体像



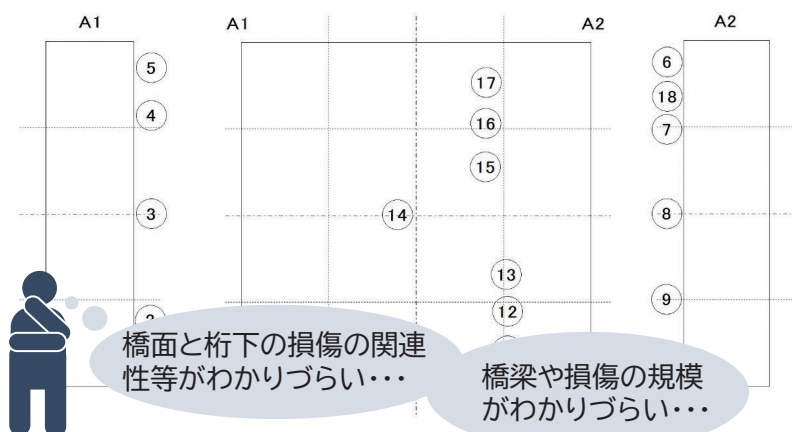
11

5-2 3D Lidarアプリの概要（課題・目的）

- 山口県で作成される損傷写真箇所図は2次元情報であるため損傷の位置がわかりづらく、局部的な損傷写真では橋梁全体の損傷状況や規模等も把握しづらい課題がある
- 一方、建設分野の動向に着目すると、i-Construction等の施策により、3Dモデルの活用が推進されている
- そこで、山口県ではiPad Proで市販(無料)される**3D Lidar アプリ**を活用して、点検情報の新しい管理手法を検討した

山口県で作成している損傷写真箇所図(例)

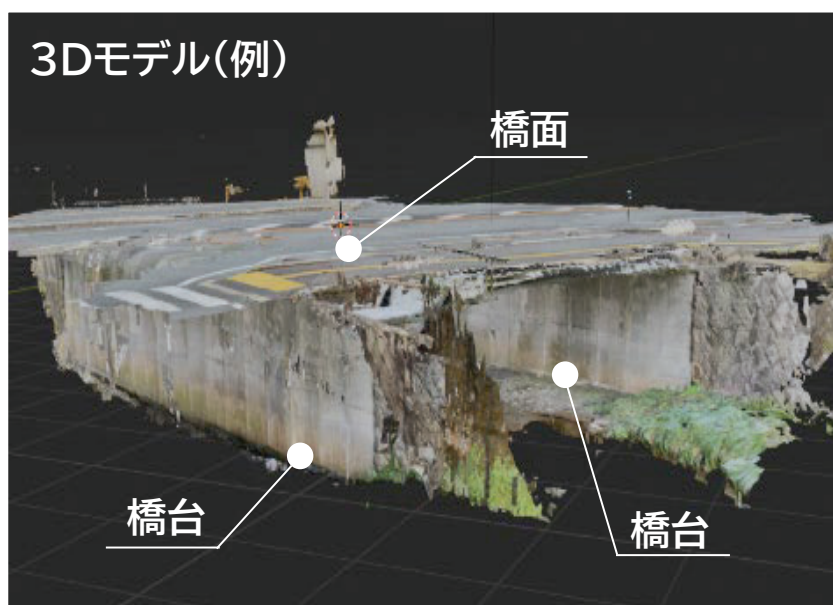
⑤ひびわれ/A1橋台



12

5-2 3D Lidarアプリの概要（検討状況）

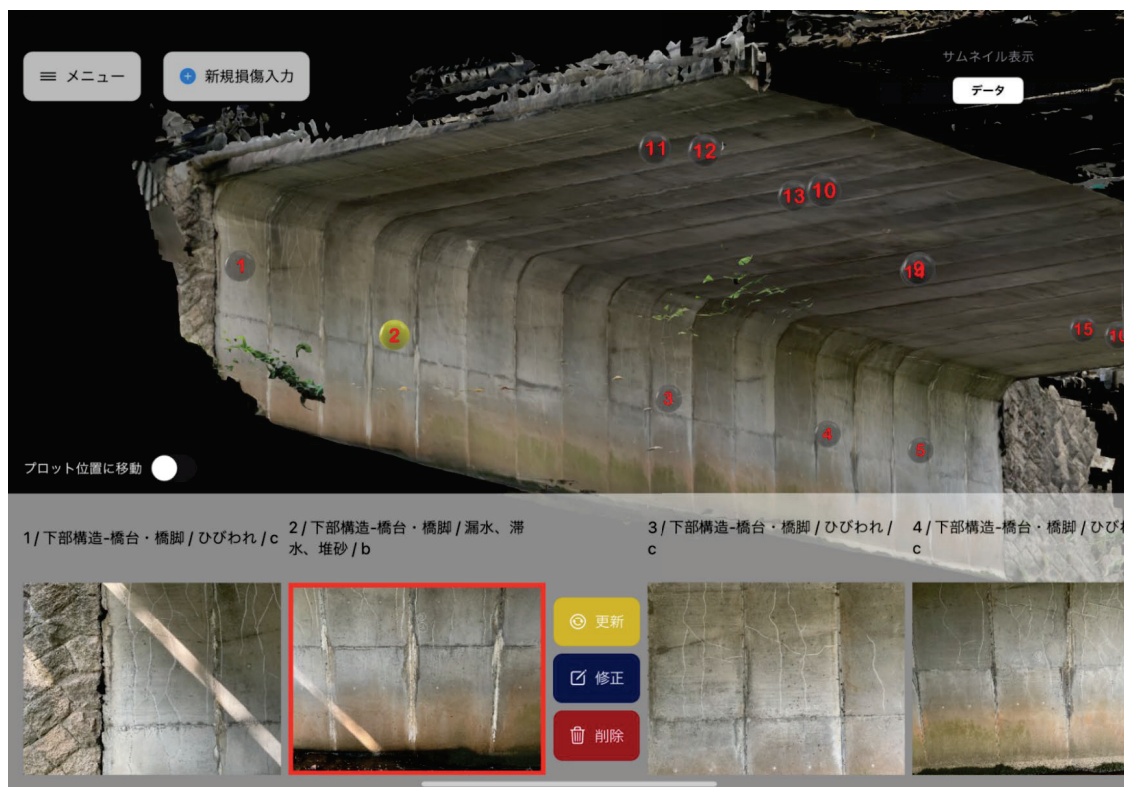
- 実際に小規模橋梁・溝橋で3Dモデルを取得した結果、橋梁全体の損傷状況や損傷規模を把握するうえで、**3Dモデルの活用は有効**と考えられる



13

5-2 3D Lidarアプリの概要（検討状況）

- また、3Dモデル上に点検情報を関連付ける新たな管理手法の方向性が示された



14

5-2 3D Lidarアプリの概要（検討状況）

- ただし、桁下空間が狭い橋梁は、iPadを持って桁下に侵入できないため、3Dモデルの取得は困難
- また、複数径間の橋梁や桁下空間が暗所部となる橋梁等は、モデルが取得しづらいケースがあることが判明



15

- 定期点検では、現場でスケッチした情報や損傷画像を内業時に点検記録様式としてデータ化する作業に最も時間を要している
- 点検記録自動作成アプリは、アプリ上で必要な情報を入力し、写真を撮影することで、点検記録を自動作成し、内業の効率化を図ることを目的としている



- 令和3年度、**地元の14業者**にアプリの現場実証を依頼し、**約22%の効率化を確認**



5-4 損傷程度を評価するA Iの概要（課題・目的）

- ・ 定期点検では、損傷を発見した後、幅や長さの計測や記録、各損傷の程度の評価を実施し、橋梁毎の健全性を診断する
- ・ 損傷程度の評価については、基準が定性的なものであるため、技術者によってバラつきが発生する課題がある
- ・ 損傷程度の評価A I（評価A I）は、技術者の評価を支援し、診断精度を向上することを目的としている

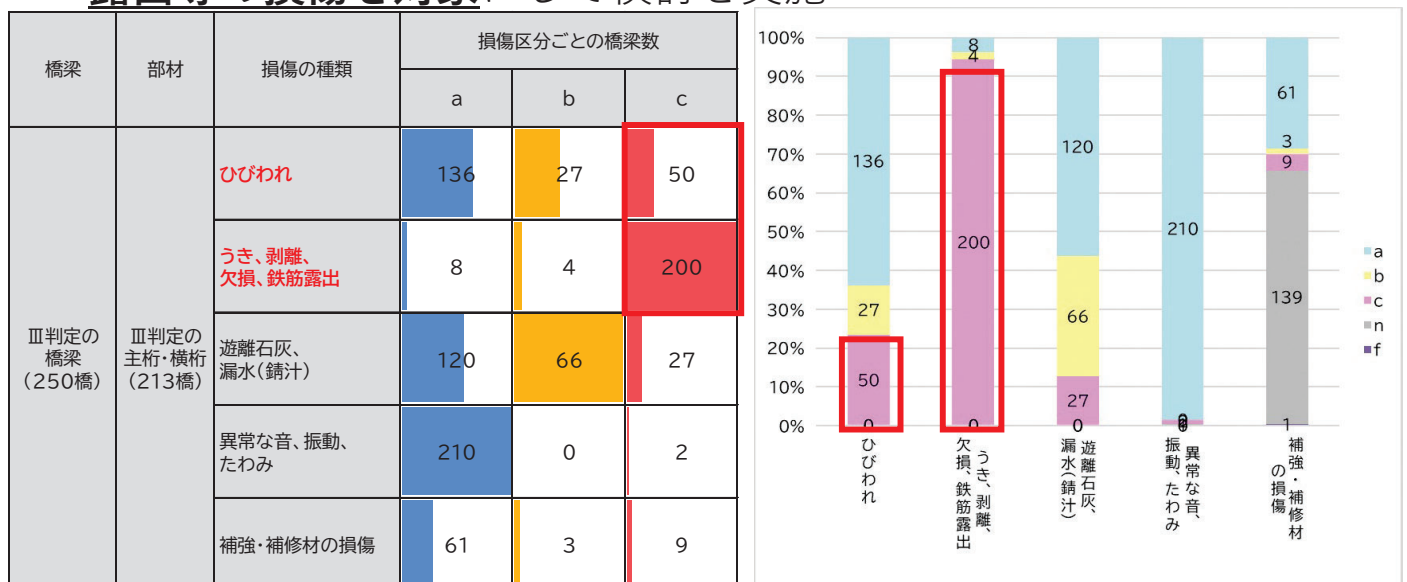


県独自基準		評価基準(国交省点検要領一部改)		
区分	損傷状況	損傷の種類・状況		
		⑦剥離・鉄筋露出	⑫うき	⑬変形・欠損
a	損傷なし・軽微な損傷	損傷なし	損傷なし	損傷なし
b	うき、剥離、欠損（規模中）	剥離のみが生じている	うきがある（規模中）	部材が局部的に変形している その一部が欠損している
c	うき、剥離、欠損（規模大）、鉄筋露出	鉄筋が露出しているが、鉄筋の腐食は軽微である 鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく腐食している	— うきがある（規模大）	— 部材が局部的に著しく変形している その一部が著しく欠損している

18

5-4 損傷程度を評価するA Iの概要（課題・目的）

- ・ III判定の小規模橋梁は、主桁・横桁等の主要部材に発生するひびわれや剥離・鉄筋露出等の損傷が「c」判定となり、健全性が低下している場合が多い
- ・ このため、評価A Iの構築にあたっては、ひびわれや剥離・鉄筋露出等の損傷を対象にして検討を実施



Ⅲ判定の橋梁(主桁・横桁)は、「ひびわれ」や「うき、剥離、欠損、鉄筋露出」がc判定となる場合が多い。

19

5-4 損傷程度を評価する A I の概要（損傷画像の収集）

- ・はじめに、「ひびわれ」や「うき、剥離、欠損、鉄筋露出」等の損傷画像を収集
- ・損傷画像の収集は、過去の点検記録（平成27年3月～令和3年4月）を対象に実施
- ・また、損傷程度aの画像は、別途現地踏査により追加

主桁・横桁		損傷区分			合計
		a	b	c	
損傷種類	ひびわれ	629	684	910	2,223
	うき、剥離、 欠損、鉄筋露出	543	864	4,550	5,957
合計		1,172	1,548	5,460	8,180

下部構造		損傷区分			合計
		a	b	c	
損傷種類	ひびわれ	776	1,106	1,837	3,719
	うき、剥離、 欠損、鉄筋露出	462	1,109	695	2,266
合計		1,238	2,215	2,532	5,985

※単位：枚

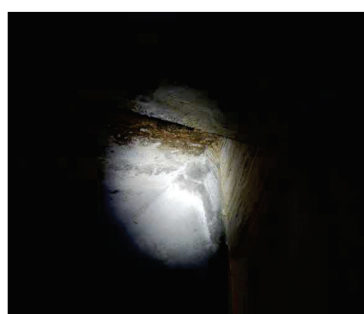
20

5-4 損傷程度を評価する A I の概要（教師データ作成時の留意点）

- ・収集した損傷画像を用いて教師データを作成する前に、以下に示すような損傷画像は対象外とすることに留意した

■留意点

- 損傷が適切に撮影されている画像を採用すること。
(暗所部の画像やブレ画像は採用しない)
- 損傷以外の不要な情報が含まれていない画像を採用すること。
(計測器が含まれる写真は採用しない)
- 損傷程度の評価基準を再検証し、技術者（有資格者）でクロスチェックを行うこと。



暗所部の画像



ブレ画像



計測器が含まれる画像



その他
(損傷以外の情報が多い画像)

21

5-4 損傷程度を評価する A I の概要（教師データの作成）

- ・ 前述した留意事項を踏まえたうえで、損傷画像を用いて評価 A I の教師データを作成
- ・ **教師データの作成は、国土交通省登録の民間資格である「社会基盤メンテナンスエキスパート山口（ME 山口）」や山口大学にも協力**をいただき作成

主桁・横桁		損傷区分					合計
		a1	a2	b	c1	c2	
損傷種類	ひびわれ	238	130	402	606	290	1,666
	うき	87	-	681	-	197	965
	剥離・鉄筋露出	141	-	110	1,574	1,399	3,224
	変形・欠損	115	-	321	-	5	441
合計		581	130	1,514	2,180	1,891	6,296

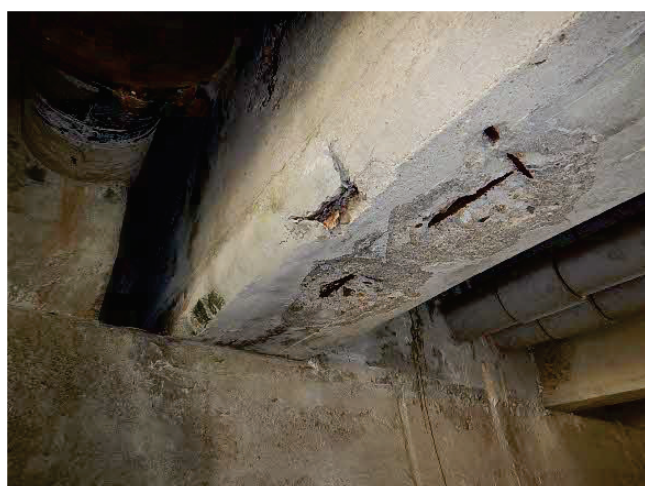
下部構造		損傷区分					合計
		a1	a2	b	c1	c2	
損傷種類	ひびわれ	214	171	496	1,241	548	2,670
	うき	111	-	401	-	30	542
	剥離・鉄筋露出	141	-	47	271	68	527
	変形・欠損	42	-	714	-	42	798
合計		508	171	1,658	1,512	688	4,537

※単位：枚

22

5-4 損傷程度を評価する A I の概要（教師データの作成）

- ・ 教師データの作成時に、定期点検時から判定結果を見直した損傷画像（例）を以下に示す
- ・ 以下に示す剥離・鉄筋露出に対して、点検記録では「b」と判定されていましたが、教師データ作成時には「c（c1）」とした



点検記録:b 教師データの作成時:c1



点検記録:b 教師データの作成時:c1

5-4 損傷程度を評価するAIの概要（教師データの拡張）

- 作成した教師データは、「反転」や「サイズ変更」「照度・色調変更」を行うことで、約83万枚まで拡張を行った

主桁・横桁		損傷区分					合計
		a1	a2	b	c1	c2	
損傷種類	ひびわれ	13,818	7,610	23,142	34,866	16,550	95,986
	うき	7,047	-	55,161	-	15,957	78,165
	剥離・鉄筋露出	11,421	-	8,910	127,494	113,319	261,144
	変形・欠損	9,315	-	26,001	-	405	35,721
合計		41,601	7,610	113,214	162,360	146,231	471,016

下部構造		損傷区分					合計
		a1	a2	b	c1	c2	
損傷種類	ひびわれ	13,574	12,331	38,176	100,041	44,068	208,190
	うき	8,991	-	32,400	-	2,349	43,740
	剥離・鉄筋露出	11,421	-	2,754	26,730	5,670	46,575
	変形・欠損	3,402	-	57,996	-	3,402	64,800
合計		37,388	12,331	131,326	126,771	55,489	363,305

※単位：枚

24

5 小規模橋梁・溝橋維持管理の高度化・効率化

5-4 損傷程度を評価するAIの概要（アプリ構築）

- 拡張した教師データを用いて、評価AIのアプリを構築
- 評価AIは、損傷画像をインポートすることにより、ひびわれや剥離・鉄筋露出等の評価結果を出力

The screenshot shows the '橋梁評価支援AI' (Bridge Evaluation Support AI) application. It includes a file selection sidebar on the left, a main image display area, and a results panel on the right. Numbered callouts indicate the workflow:

- ① 損傷画像をインポート (Import damage image): Points to the '画像選択' (Image Selection) button in the sidebar.
- ② インポートされた損傷画像が表示 (Imported damage image is displayed): Points to the main image display area showing a concrete crack.
- ③ 損傷の種類を選択 (Select the type of damage): Points to the '損傷種類' (Damage Type) dropdown menu.
- ④ 実行 (Execute): Points to the '推論実行' (Inference Execution) button.
- ⑤ AIの判定結果を出力 (Output AI judgment results): Points to the '損傷推論結果' (Damage Inference Results) table.
- ⑥ 最終判断は技術者が行う (Final judgment is made by the technician): Points to the '技術者損傷判定' (Technician Damage Judgment) input field.

The '損傷推論結果' table shows the following data:

損傷名	確率
ひびわれ c2	93.58%
ひびわれ c1	6.08%
ひびわれ b	0.34%
その他	0%

The 'AI損傷判定' (AI Damage Judgment) is 'c2'.

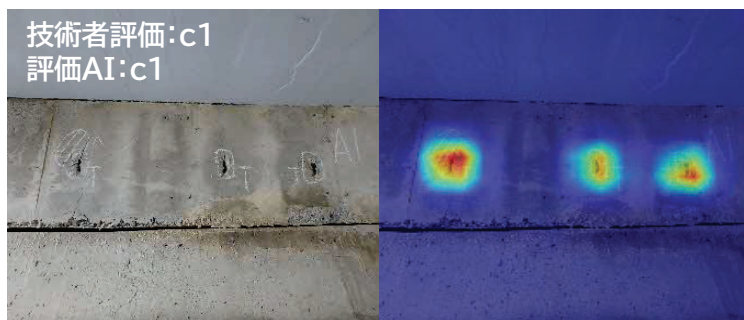
25

5-4 損傷程度を評価するAIの概要（検証結果）

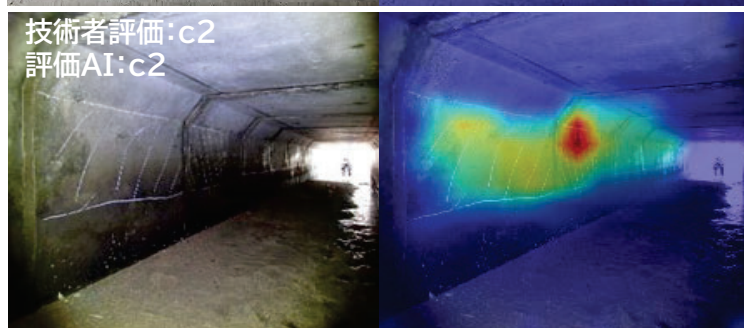
- ・ 評価AIを交差検証した結果、技術者とAIの判断結果の一致率が主桁・横桁で約81%、下部構造で約88%となった
- ・ また、評価AIの着目箇所を解析したところ、概ね画像中の損傷に着目して、結果を出力していることを確認した

■うき、剥離、欠損、鉄筋露出の検証結果

主桁・横桁		AIの損傷程度の評価結果				学習枚数 (拡張後): 370400枚 推論枚数: 4630枚 正解率: 81%
		a1	b	c1	c2	
技術者の 評価結果	a1	325	15	2	1	
	b	3	929	115	65	
	c1	0	72	1251	251	
	c2	0	101	275	1225	



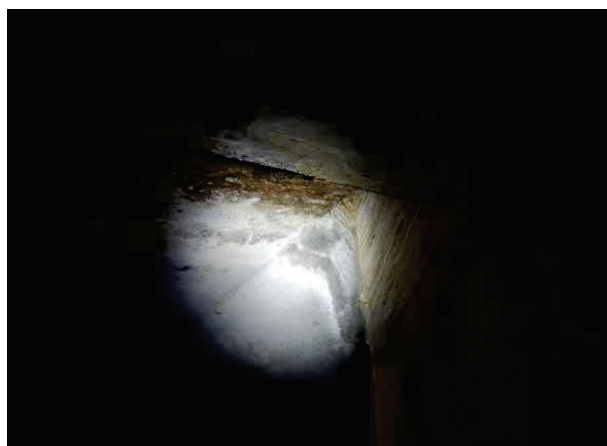
下部構造		AIの損傷程度の評価結果				学習枚数 (拡張後): 153200枚 推論枚数: 1915枚 正解率: 88%
		a1	b	c1	c2	
技術者の 評価結果	a1	284	10	0	0	
	b	6	1080	41	23	
	c1	2	57	259	12	
	c2	0	64	24	53	



26

5-4 損傷程度を評価するAIの概要（検証結果）

- ・ なお、評価AIの構築にあたっては、前述のとおり、暗所部の画像やブレが大きい画像等は学習させていない
- ・ このような学習させていない画像に対しては、AIの精度が低下することを確認している
- ・ 今後は、ガイドライン等を作成し、評価AIの対象範囲（精度が良好となる画像）や留意点等を取りまとめることとしている



暗所部の画像



ブレ画像

27

5-5 本検討における地域連携について

- 3Dモデルや点検記録自動作成アプリ、評価AⅠの検討状況についてご紹介しましたが、本取り組みについては、**産官学が意見交換・協力しながら、検討を進めている**
- 例えば、評価AⅠの教師データの作成や各技術の現場試行については、ME山口や県内の地元業者に協力いただいた



ME山口との教師データ作成に関する協議状況



点検記録自動作成アプリ等の現場試行状況

28

5-5 本検討における地域連携について

- 全体的な内容については、「AⅠによるインフラ点検・診断システム検討ワーキンググループ」を設置し、山口大学や地元業者、県出先職員等からも意見徴収しながら検討した

WG委員構成

■検討委員

- | | |
|------------|----|
| ・山口県職員 | 3名 |
| ・市職員 | 2名 |
| ・県外コンサルタント | 2名 |
| ・県内コンサルタント | 2名 |

■事務局

- ・山口県職員
- ・山口県建設技術センター

■アドバイザー

- | | |
|-------|----|
| ・山口大学 | 2名 |
|-------|----|

AIやRPA技術の活用
の方向性等について
産官学が協議



WG開催状況



既存AI技術の試行状況

既存AI技術等にも検討WG内で試行検証を実施

29

5-5 本検討における地域連携について

- これらの取組みについては、令和4年5月に山口県内で記者発表・現場見学会を通して公開しており、県内におけるAIやRPA技術の活用に係る意識を高められるように努めている



現場見学会の全体説明状況

現場見学会には約120名の県職員・県内民間企業・学生等が参加

点検記録自動作成アプリや
損傷程度の評価AI等の紹介・
デモンストレーションを実施



評価AIの紹介状況



点検記録自動作成アプリの紹介状況

本現場見学会の様子は、
県内放送局・新聞等で報道

30

5-6 今後の予定

01

- 現場実証での意見や課題を踏まえ、操作性の向上に向けたシステムの改修
- ガイドラインの作成

県の点検・診断業務への導入

31

5-6 今後の予定

02

- ・県内市町へのシステム導入にあたり、データ管理や運用方法などの課題について検討

県内市町の意見を聴きながら 導入に向けた支援

32

6 おわりに

保全 区分	特性	内容	橋梁数 (R4.3)	維持管理サイクル			
				点検	診断	記録	措置
1	離島架橋、長大橋	離島架橋および 橋長500m以上の橋梁	16	離島架橋、特殊橋等 維持管理の 高度化・効率化	橋梁 マネジメント システム	早期発見 ・ 早期対応	
2	特殊橋	特殊な構造（斜張橋・吊橋・トラス橋・ アーチ橋）を持つ橋梁（保全区分1を除く）	17				
3	跨線橋、跨道橋	跨線橋、跨道橋 （保全区分1,2を除く）	281				
4	中規模橋梁 （緊急輸送道路上）	橋梁10m超の緊急輸送道路上の橋梁 （保全区分1,2,3を除く）	658				
5	中規模橋梁 （緊急輸送道路上以外）	橋梁10m超の橋梁 （保全区分1,2,3,4を除く）	675				
6	小規模橋梁	橋長10m以下の橋梁 （保全区分3を除く）	1,729	小規模橋梁・溝橋 維持管理の 高度化・効率化			
7	溝橋	土被り1m未満のカルバート （上記保全区分の重複を除く）	924				
合計			4,300				

山口県では今後も、県民の安心・安全のため、維持管理の高度化・効率化の取組みを進めてまいります。

33

米CNN・日本の最も美しい場所31選
元乃隅稻成神社(長門市)



隈研吾建築都市設計事務所デザイン
久杉橋(岩国市)



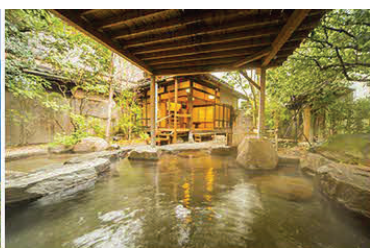
日本3大奇橋のひとつ
錦帯橋(岩国市)



トリップアドバイザー・日本の橋ランキング1位
角島大橋(下関市)



34



**YAMAGUCHI
MAGIC!**



山口県でお待ちしております

35