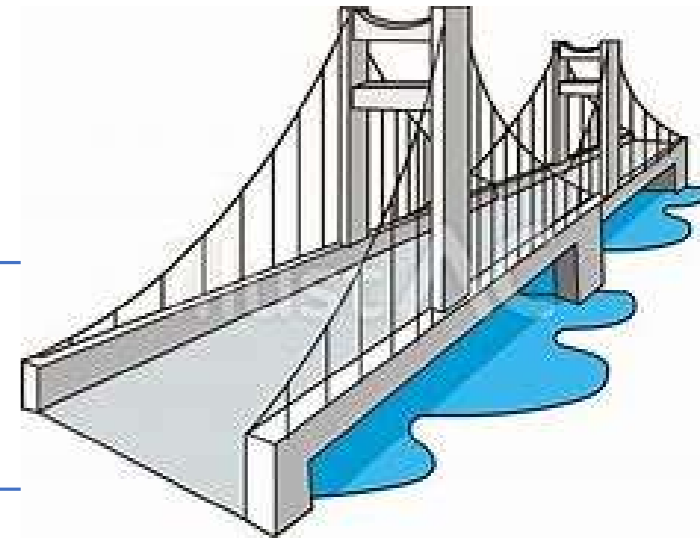


コンクリート構造物の仕様に関する 記録・保管について

株式会社宇部建設コンサルタント 設計部 大田裕生



発表内容



1. 概要

2. 既設構造物の維持管理で困ったことはありませんか？

3. 問題・課題

4. 今後の方向性

5. まとめ



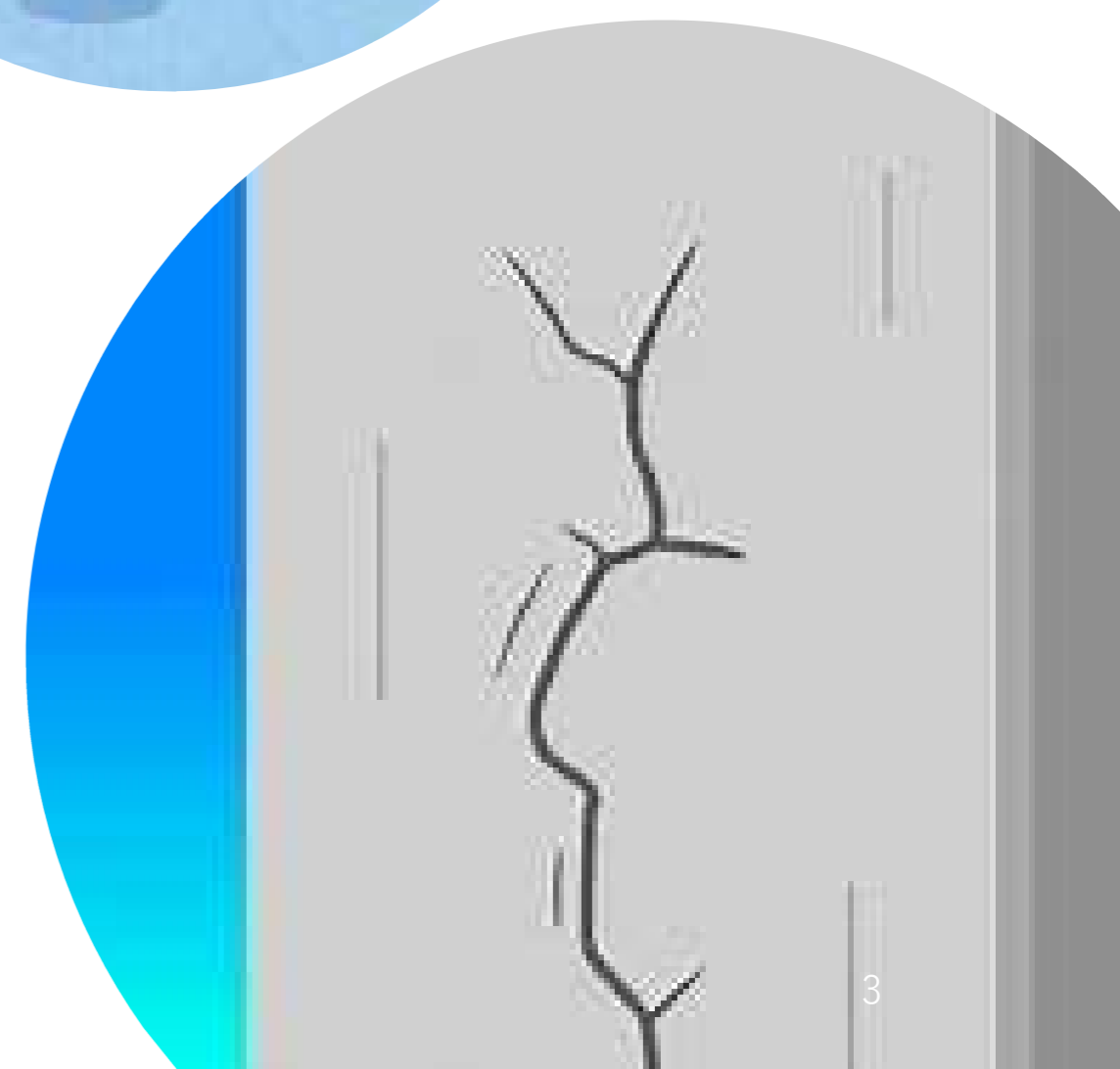
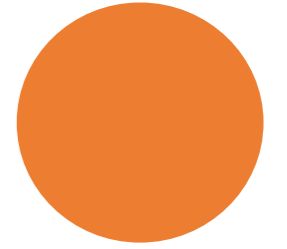
1. 概要

高度成長期に建設された修繕・更新が必要な既設コンクリート構造物がたくさんある。

例えば、全国の橋梁数の約70万橋のうち、建設後50年を超えた橋梁の割合が現在は18%であるが、10年後には43%、20年後には67%へ増加する。

これらの既設コンクリート構造物を維持管理するにしても、予算の不足や建設業に携わる就業者数がピーク時の66%と減少が続いており、適切な維持管理が困難な状況にあると言われている。

このような状況下で、既設コンクリート構造物を適切に維持管理をしていくために、妨げになる問題点や検討の事例について発表する。



2. 既設構造物の維持管理で困ったことはありませんか？

- 橋梁、BOX、トンネルなどのインフラ、これら既設コンクリート構造物を**適切に維持管理**するには……

既設構造物の形状や構造、使用された材料、劣化の状態・原因・要因に応じて、**適切な対策**を行う必要がある。

適切な対策を行うには、**既設構造物の情報**が必要不可欠！！

現状はというと……

既設構造物の既往図書残っていない！！

コンサルタントは対応に困っています！！



● 現在は、情報化社会で電子データが残っているのがあたり前。

● 高度成長期にインフラが一斉に建設された50年前は……。

① **コンクリート構造物は、永久構造物として認識されていた**

② **計算書・図面は、手書き**

● このような時代背景から……

① **維持管理不要と思われていた？**

② **設計図書の劣化、保存期間の超過？**



**既往図書が残っていれば、
貴重な資料！！**

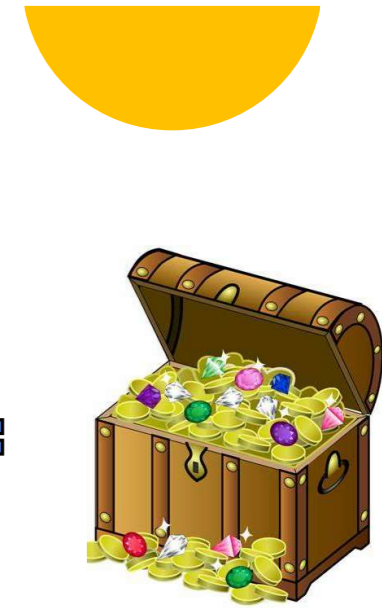
● 困っています！！

いつ造られたの？ 土の中はどんな形状・構造？ 設計荷重は？
どんな材料使っている？ 設計思想は？ 計算手法は？



推定での設計となる！！

設計者の腕の見せどころかもしれませんが……。





3. 具体的な問題点・課題

3.1 設計上の問題点

(1) 概要

既往図書が残っていないことで、設計上の問題となる事例を、以下の4項目について紹介する。

① 共通事項

② 補修設計

③ 補強設計

④ 災害設計（橋梁災）



(2) 私が考える設計上の問題点

- 時間・労力、費用を費やす。

- 推定での設計を余儀なくされる。

⇒ 私が重要と考える問題点



推定での設計は、場合によっては精度の低い対策に繋がる可能性がある！！

(3) 各項目の問題点

① 共通事項

<建設年の推定>

● 建設年はなぜ必要？

- ・ **残存寿命**の推定
- ・ 竣工当時の**設計基準**、**材料**などの推定
- ・ 中性化などの**影響範囲**の**到達年数**の推定 等

● 建設年を推定するには・・・

推定方法	信頼度	備考
1. 既往設計図書	◎	いちばん確実
2. 調書の記載事項	△～○	根拠が不明
3. 昔の航空写真を利用	○	事例紹介
4. 道路や河川の認定日	△	範囲がしぼれない

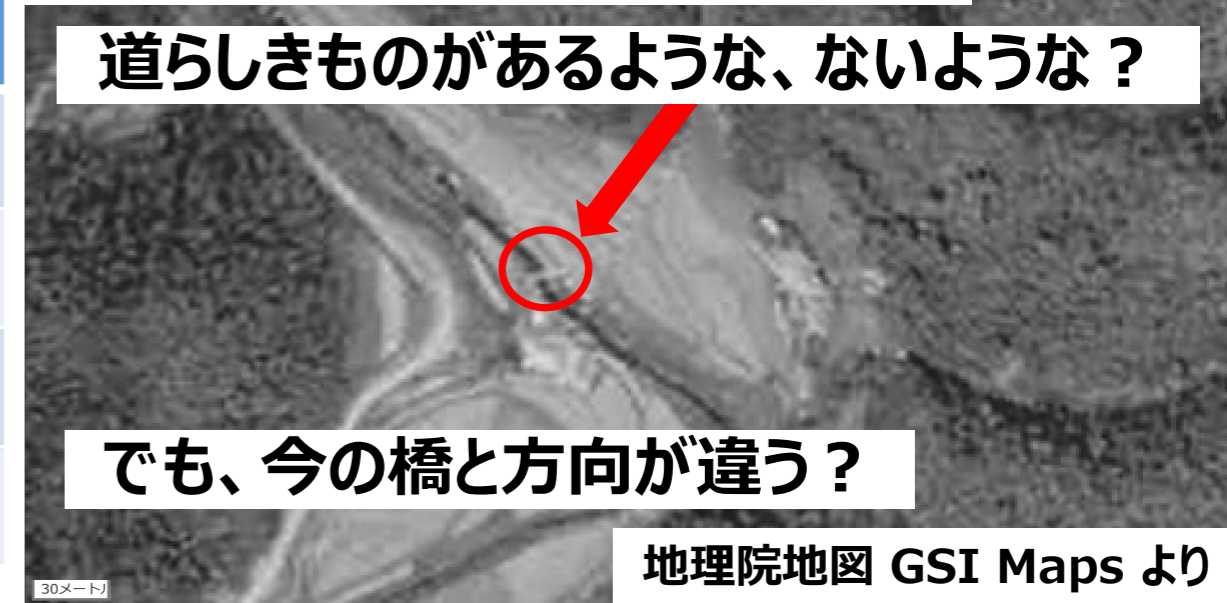
【1973年建設と推定した橋梁の事例】



1974年～1978年 航空写真



1961年～1969年 航空写真



重要な初期条件なのに、既往設計図書以外・・・確実なものがない！！

<設計基準の推定>

● 設計基準はなぜ必要？

- ・ 設計荷重の推定
- ・ 設計手法の推定
- ・ 使用材料の推定 等

● 設計基準を推定するには・・・

	推定方法	信頼度	備考
1.	既往設計図書	◎	いちばん確実
2.	設計基準の変遷	△～○	曖昧



特に設計荷重、耐震設計にかかわる基準は年代によって大きく異なるため、確実な建設年を推定しなければ、基準も異なる！！

設計基準の変遷 例

<コンクリート工事関連>

- 1986年：塩化物総量規制
アルカリ骨材反応抑制対策
- コンクリート標準示方書の改定・・・etc

<設計基準関連>

- 1926年：道路構造に関する細則案
- 1939年：鋼道路橋設計示方書案
- 1956年：鋼道路橋設計示方書
- 1971年：道路橋耐震設計指針
- 1993年：道路橋示方書Ⅴ 耐震設計編
- 1993年：T-25(A活荷重、B活荷重)
道路橋示方書の改定・・・etc

塩害・ASRの判断材料となる！！

橋梁などの基準は、大きな地震が発生するたびに、改訂される！！

年代によって設計荷重や耐震設計の考え方が異なる！！

② 補修設計

<使用材料の推定>

●使用材料はなぜ必要？→事例紹介

- ・使用した生コンの水セメント比、材料
→腐食発生限界塩化物イオン濃度
→アル骨に起因する骨材の確認
塩害に起因する細骨材の確認 等

●使用材料を推定するには・・・

<コンクリート工事関連の変遷>

年代	主な地震	社会・経済・景気動向	コンクリート工事関連事項
1970		70 日本万国博覧会	70 コンクリート技士制度開始（'71主任技師）
		71 列島改造景気	71 建築基準方施工令改正（帯筋間隔100mm以下）
		73 第一次石油危機	74 椎名町RC18階アパート完成
		75 山陽新幹線開通	75 全国生コンクリート工業組合連合会設立、 日本コンクリート工学境界（JCI）に改称
	78 宮城県沖地震	78 新東京国際空港開港	78 化学混和剤協会発足
		79 第二次石油危機	
1980		82 東北上越新幹線開通	81 建築基準法施工令改正（新耐震設計法）
	83 日本海中部地震	85 円高不況	83 コンクリート劣化問題、建築施工管理技士制度開始、 2段式強制練りミキサの導入
		86 東北自動車道開通	86 JIS A 5308改正、JASS5改訂 （塩化物総量規制、アルカリ骨材反応抑制対策、 可変速式2軸ミキサの導入）
		87 国鉄分割民営化	
		89 バブル景気	86 橋面防水層運用

推定方法	信頼度	備考
1. 既往設計図書	◎	いちばん確実
2. 設計基準の変遷	△～○	いまいち精度が劣る
3. 試料採取・室内試験	◎	手間・費用がかかる

重要な初期条件なのに・・・、容易に得られない！！

～使用材料による結果の違いの事例～

【腐食発生限界塩化物イオン濃度 (Clim) の算出例】

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4$$

W/C : 水セメント比 ($0.30 \leq W/C \leq 0.55$)

竣工当時の基準から水セメント比を推定

水セメント比30% → 2.50kg/m³
水セメント比55% → 1.75kg/m³

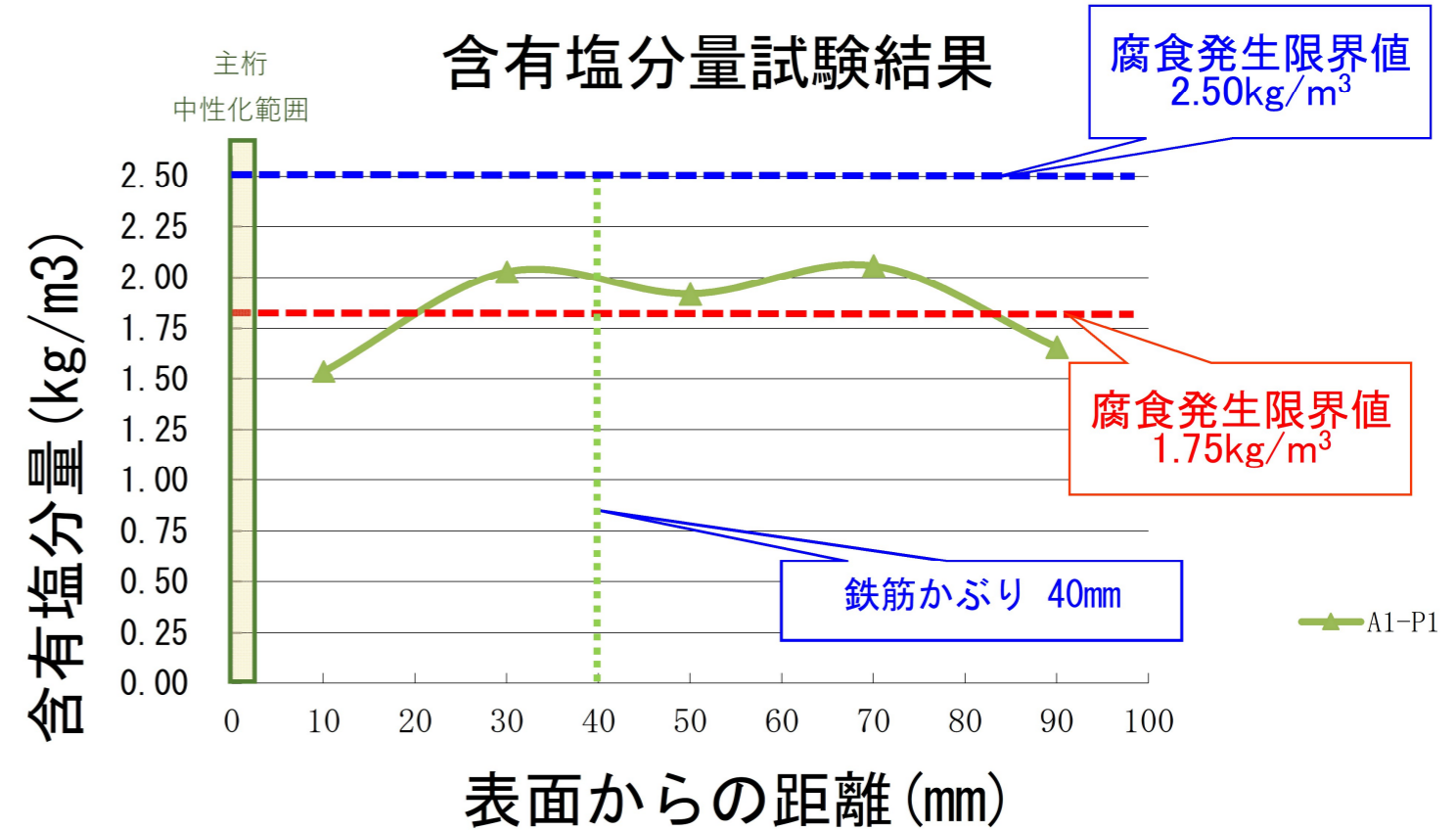
塩化物イオン濃度の腐食発生限界値が異なる！！

既設構造物の損傷状況にもよるが……。

水セメント比30% → 塩害の影響なし

水セメント比55% → 塩害と評価

推定する材料によって、評価・対策が異なる可能性がある！！



③ 補強設計（耐震補強）

<既設構造の形状、配置鉄筋の推定>

- **既設構造の形状、配置鉄筋はなぜ必要？**
 - ・ 既設構造物の耐震性能の評価
 - ・ 補強効果を得るための定着の位置の確認
- **既設構造の形状、配置鉄筋を推定するには？**

推定方法	信頼度	備考
1. 既往設計図書	◎	いちばん確実
2. 現地調査	△ ~ ◎	事例紹介
3. 復元設計	○ ~ ◎	入力条件による



重要な初期条件なのに、構造計算の条件などの推定を間違えれば必要な耐力を得られない可能性もある！！

<昭和59年施工の既往図面>

The image shows a set of architectural drawings for a structure constructed in 1984. It includes several cross-sectional views (e.g., 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5) and reinforcement details. A reinforcement table (鉄筋表) is also present, listing various reinforcement bars with their specifications and quantities. The drawings are detailed and show the layout of reinforcement bars within the structure.

宝物に値する！！



～現地での調査事例（1/2）～

<目的>

- ・ 既設橋脚の巻立て補強対策
- ・ 補強鉄筋を定着させるための基部の位置確認

<調査内容>

- ・ 地上部の形状計測
- ・ はつり調査 ⇒ 橋脚内部鉄筋の径・配置
- ・ ボーリング調査 ⇒ 底版上面の位置確認
- ・ 鉛直磁気探査 ⇒ 杭の深度の確認

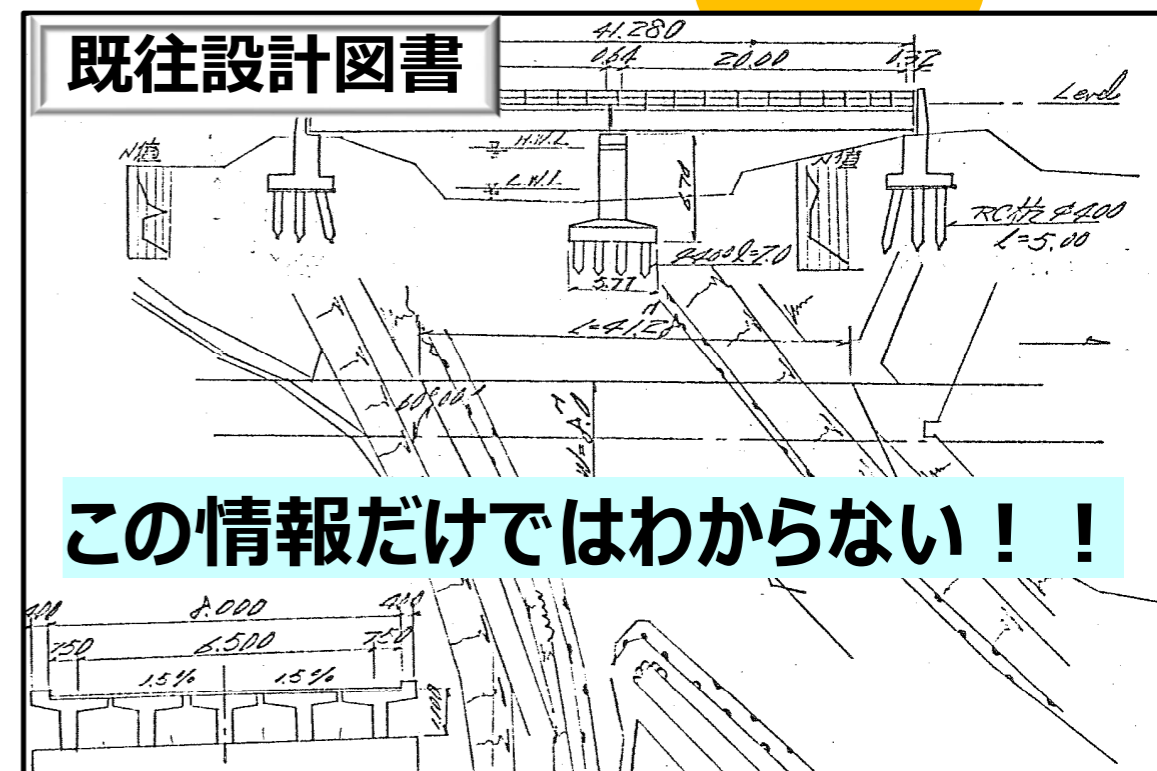
<既往設計図書>

- ・ 簡易的な一般図のみ

耐震対策に必要な情報が得られない！！

既設構造を傷める！！

手間がかかる！！



～現地での調査事例 (2/2)～

ボーリング機械を使った底版上面位置の確認

① 地質調査ボーリングとは別孔で、既設フーチング上面位置を確認。



② 孔内から採取された殻にフェノールフタレインを噴霧して赤紫色になるのを確認。



③ 孔内カメラを挿入し、底版上面であることを最終確認。

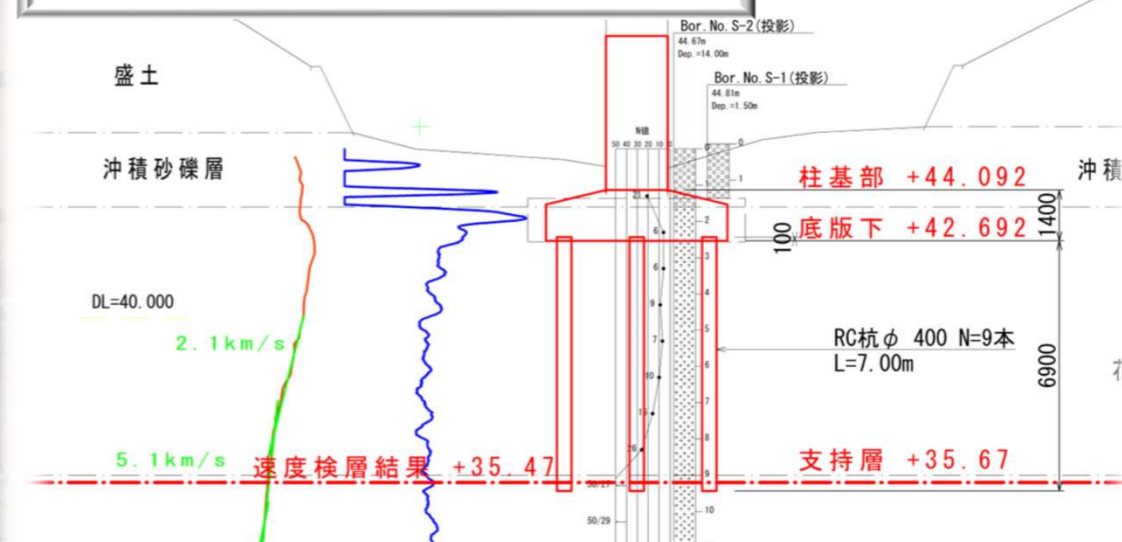


鉛直磁気探査による杭深度の確認

② 鉛直磁気探査測定状況



橋脚基部・杭復元結果



① 地質調査孔を利用し、鉛直磁気探査を実施

既往図書が残っていれば、もっと簡易な調査で対応できた可能性もある！！

④ 災害設計（橋梁災）

<既設構造の形状、設計荷重の推定>

● 既設構造の形状、設計荷重はなぜ必要？

- ・ 一般災害と同様に原形復旧が基本
- ・ 既設構造の復元

● 形状や設計荷重を推定するには・・・

推定方法	信頼度	備考
1. 既往設計図書	◎	いちばん確実
2. 現地調査	○～◎	手間がかかる
3. 復元設計	△～◎	入力条件による
4. その他	○	事例紹介

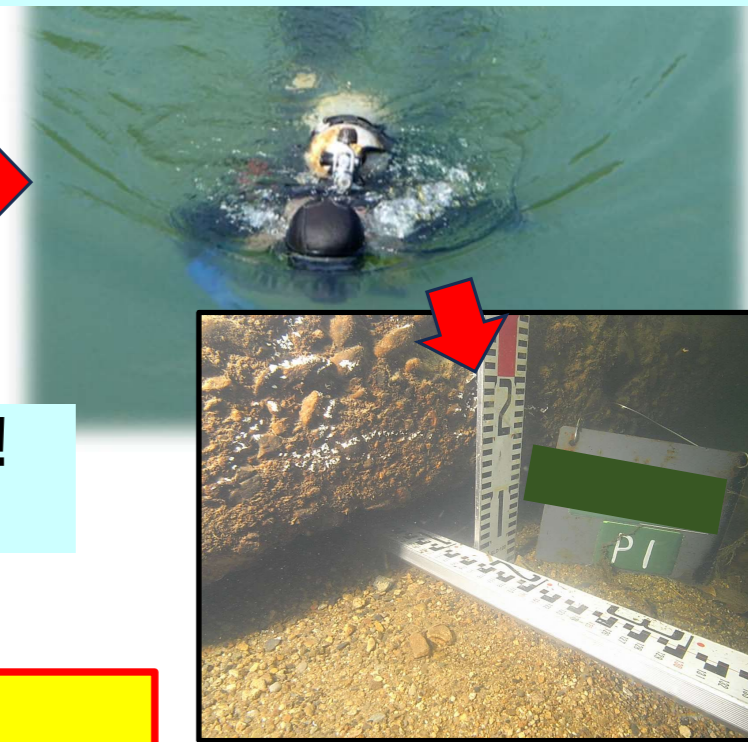


跡形もない！！
どうやって復元する？



ダイバーにお願いすることも！！

水深3mもあるのに！！
どうやって調査する？



**重要な初期条件なのに・・・手間がかかる！！
入力条件によっては間違った復元をする可能性もある！！**

～設計荷重の推定の事例（1/2）～

<初期条件>

竣工年月日：1967年（昭和42年）
設計指針：鋼道路橋設計示方書（昭和31年）
道路規格：市道 第3種第5級

<道路区分からの推定>

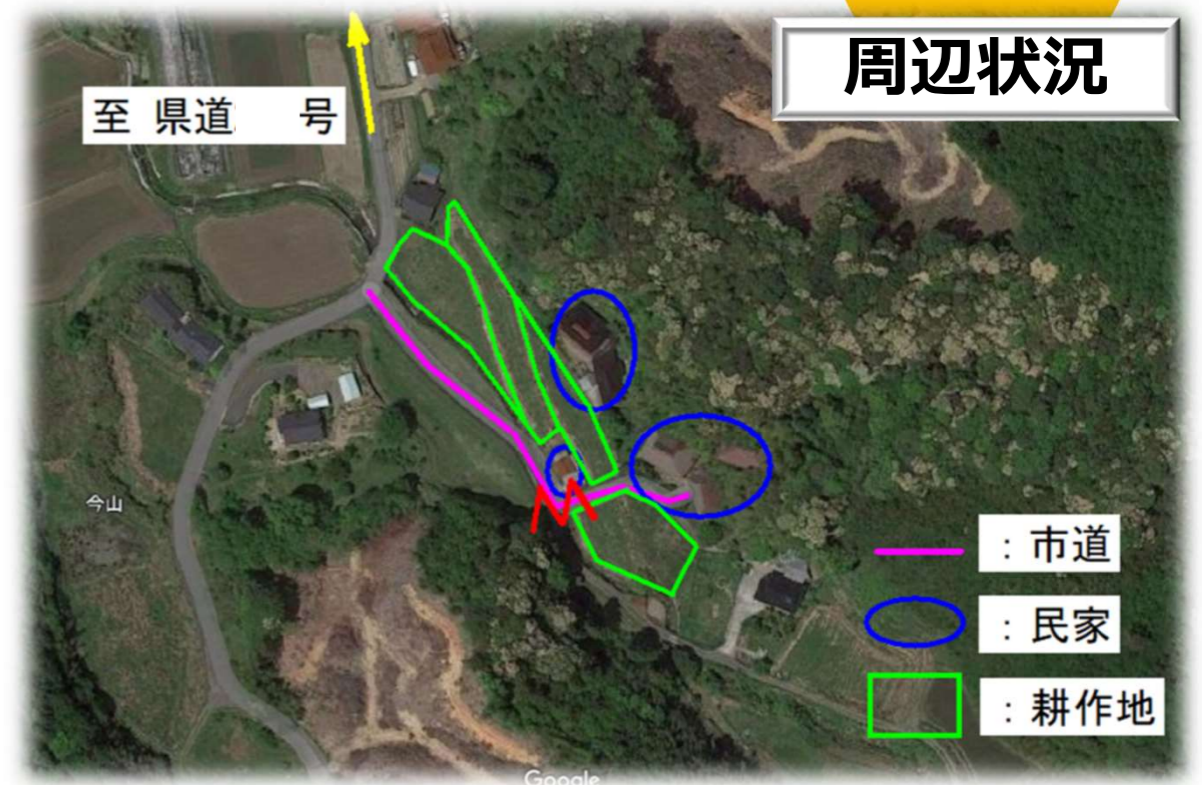
市道 → **T-14荷重（二等橋）**

<部材厚からの推定>

T-10荷重 → RC床版標準図集 $t=285\text{mm}$ > 既設床版厚 $t=270\text{mm}$
→ **T-10荷重以下で設計されたと推定**

前後道路の幅員からの推定

周辺状況



床版厚からの推定



～設計荷重の推定の事例（2/2）～

<周辺状況・前後道路からの推定>

- 沿道の家屋や周辺の耕作地へアクセスする道路。
- 狭い部分でW=2.2m程度と狭小な路線。**

<復旧橋梁の条件に応じた設計荷重の推定>

全橋被災であれば→ 最新基準 → **A活荷重**

ただし、

- ① 周辺住民の生活道、通行車両は1日数台
- ② 大型車の通行がない
- ③ 復旧する橋梁がごく小規模
- ④ **A活荷重を採用すれば不経済**

前後道路の幅員が3.0m未満であることと、利用する車両の想定が小型自動車であることを考慮し、**設計荷重は59kN(T-6)を採用した。**



現地の条件に応じた設計荷重を採用！！

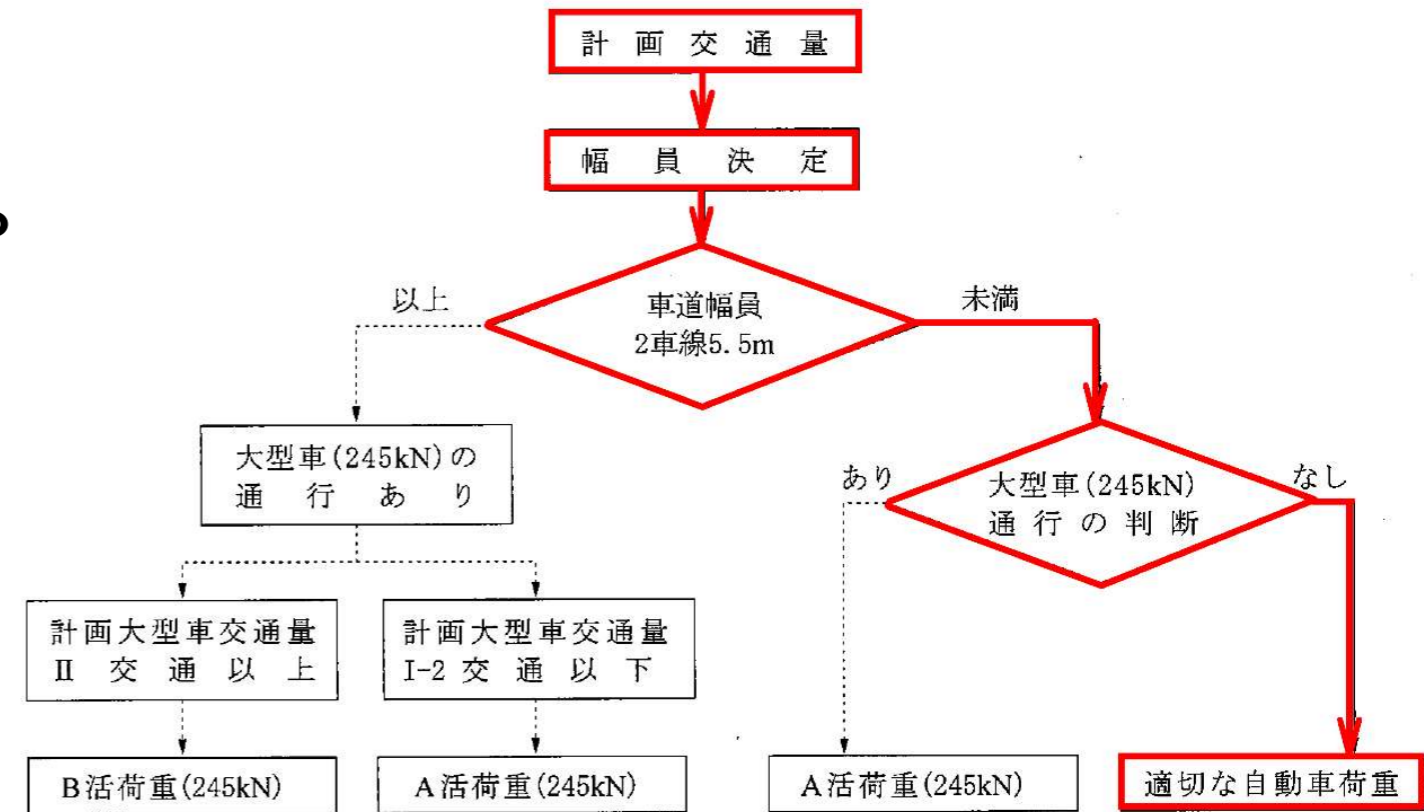


図. 設計自動車荷重選定フロー

表. 大型車の通行のない支線農道の設計荷重

	幅員	荷重
	全幅 (B)	自動車荷重
支線道路	5.0m > B ≥ 4.0m	137kN
〃	4.0m > B ≥ 3.0m	98kN
進入路	3.0m > B	59kN

農道整備事業実施の手引

3. 問題点・課題

3.2 今後の課題

(1) 問題点のまとめ

既設構造物の情報は・・・

- ① 確実なものがない！！
- ② 容易に得られない！！
- ③ 間違った推定をする可能性がある！！

(2) 私が考える今後の課題

既設構造物を相手にして設計するには、**重要な初期条件を推定しなければならない**。初期条件の精度を高めるには、既設構造物の竣工当時の設計図書を準用することが必須であるが、**残っていることは稀である**。

そのため、今後、既設構造物を適切に維持管理するには、補修・補強履歴などを含め、設計条件や設計思想、施工時の情報などが記載された**設計図書の記録・保管が課題と考える**。

- 時間・労力、費用を費やす。
- 推定での設計を余儀なくされる。

推定での設計は、場合によっては精度の低い対策に繋がる可能性がある！！



4. 今後の方向性

4.1 私が考える今後の方向性

(1) 今まででは……

- ① 現在、補修や補強をおこなっているコンクリート構造物は、報告書も図面も 手書きの時代。
- ② 2000～10年代ごろから 電子納品の運用やCADが定着 やっと、既往の設計図書が残っている時代。 ときには、残っていないことも……。



(2) 現在は……

現在は…… **デジタル化社会！！**

建設産業の生産性向上の観点から3次元モデルの活用が進められている。



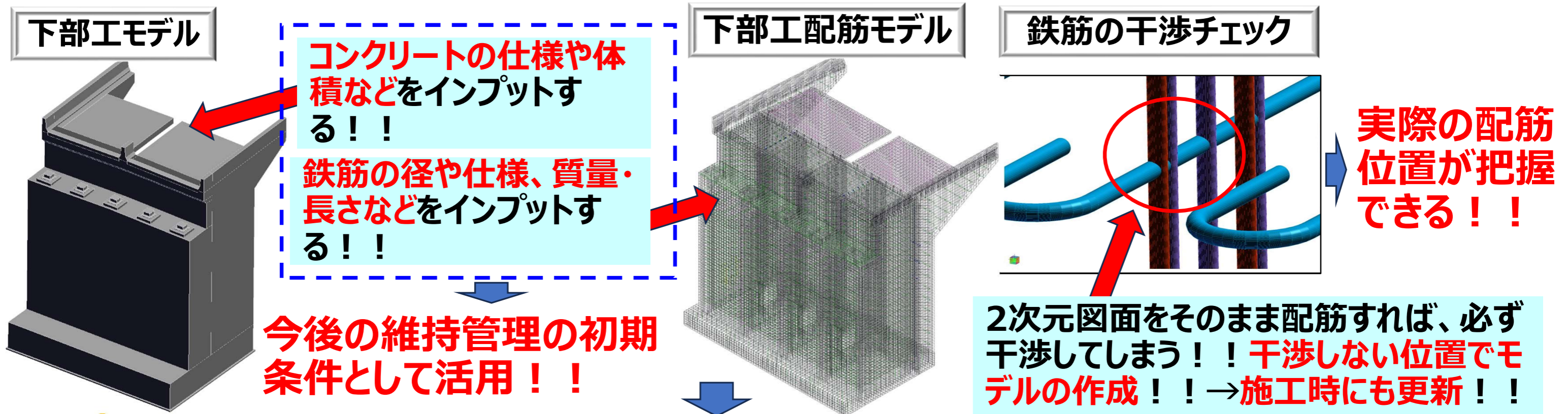
3次元モデルが、設計図書の記録・保管の観点からも活用できるのでは？

4.2 3次元モデルの作成事例

設計・施工・維持管理の各段階で、記録・更新・保管！！

(1) 下部工モデル・配筋モデルの活用

- ① 使用したコンクリートの材料仕様、鉄筋の仕様などを属性情報として入力することで、今後、補修・補強が必要となった場合に、**高い精度で実状に応じた対策が可能となる。**
- ② 施工段階における実際の鉄筋位置や鉄筋径が把握できるため、はつり調査などが不要となり、**既設構造物を傷めずに、手間なく設計に反映することができる。**



作成した3次元モデルを、設計・施工・維持管理の各段階で受け継ぎ、記録・更新・保管することで、高い精度の初期条件を得ることができるのでは？

(2) 既設建造物の3Dスキャン

- ① 形状が複雑な既設建造物に対し、人の手による計測が不要となる。
- ② 損傷状況など、既設建造物のあらゆる部分の状態を把握できる。

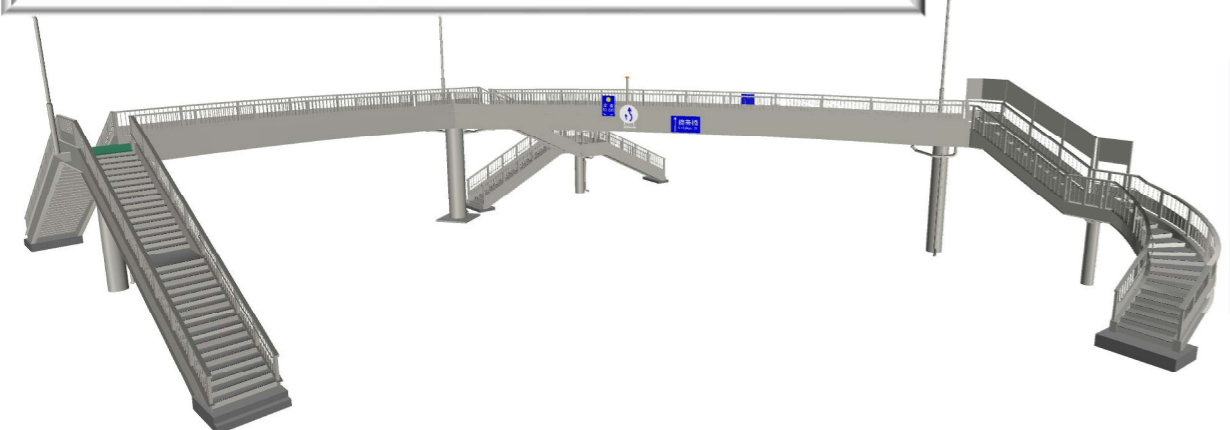
高い精度の初期条件が得られる！！

既設横断歩道橋の3Dスキャン



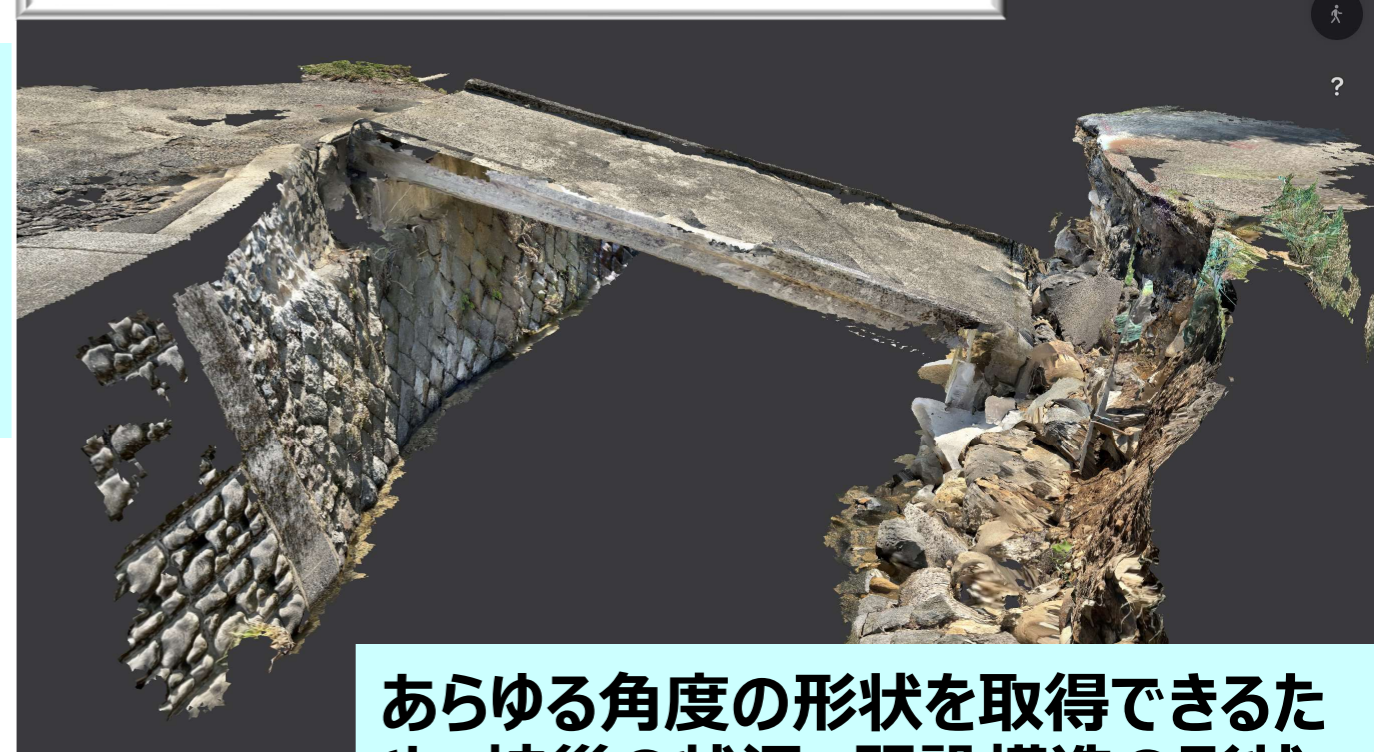
ある程度複雑な形状のデータも取得できるため、近接して計測しなくてもデータ化が可能！！

3Dスキャンデータのモデル化



3Dスキャンデータをもとにモデル化も可能！！

被災した既設橋梁の3Dスキャン



あらゆる角度の形状を取得できるため、被災の状況、既設構造の形状を把握、データ化ができる！！

既設建造物を3次元データ化することで、今後の維持管理の段階における初期条件を高い精度で得ることができるのでは？

5. まとめ

現在、設計・施工を進めているインフラ構造物は、
100年の寿命を目指して建設されている。

これらを維持管理していくのは、現在の私たちでは
なく、建設業の次世代を担う将来の技術者である。

その技術者が維持管理を円滑に進められるように、
現在の私たちが適切な情報の記録・保管、それらを
更新して受け継いでいくことが重要な課題と考える。





ご清聴ありがとうございました。



10/10/2023