

気仙沼湾横断橋における取組み

令和 4年 11月24日

国土交通省 東北地方整備局
南三陸沿岸国道事務所

1. 気仙沼湾横断橋の概要
2. 気仙沼湾横断橋での点検支援技術の活用方針
3. 状態把握の質の向上かつ作業の効率化
4. 状態把握の質は確保しつつ作業の効率化
5. 異常時点検に向けた取組（モニタリング）
6. 記録作業の省力化（記録項目・方法の見直し）
7. 今後の予定

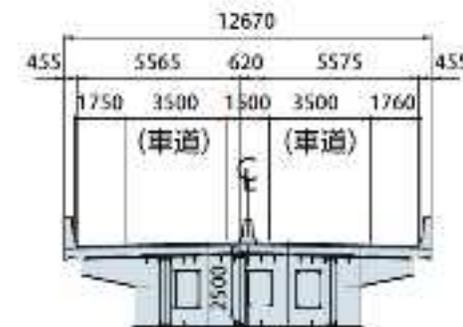
1. 気仙沼湾横断橋の概要

- ・ 気仙沼湾横断橋は、陸上部が664m、海上部が680mの**全長で1344m**の橋梁
- ・ 上部構造の形式は、陸上部が鋼3径間+鋼6径間連続箱桁橋、海上部は**鋼3径間連続斜張橋**であり、東北地方整備局が管理する直轄国道では**初の橋梁形式**である

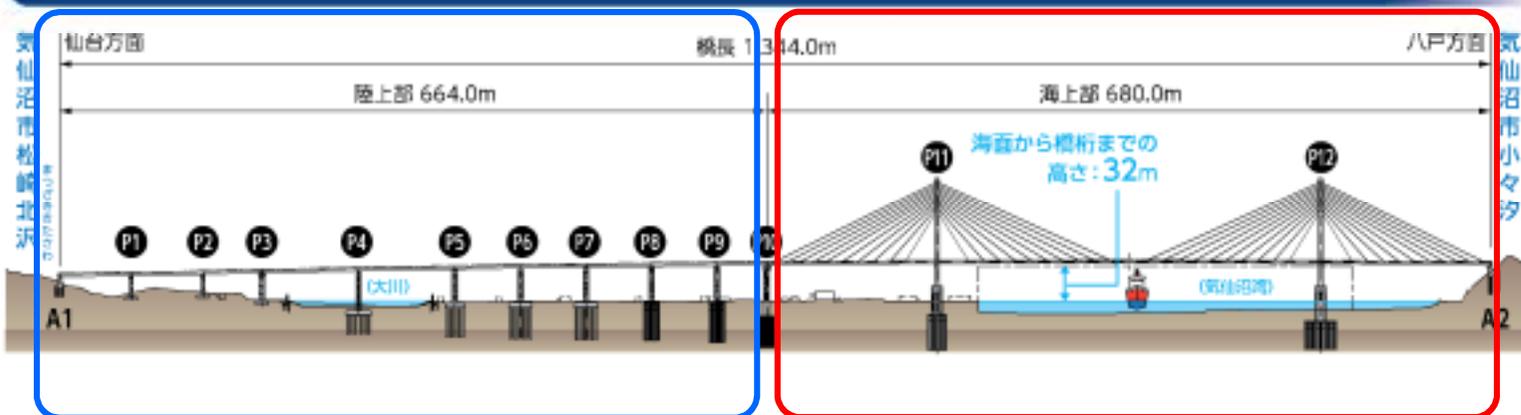
全体平面図



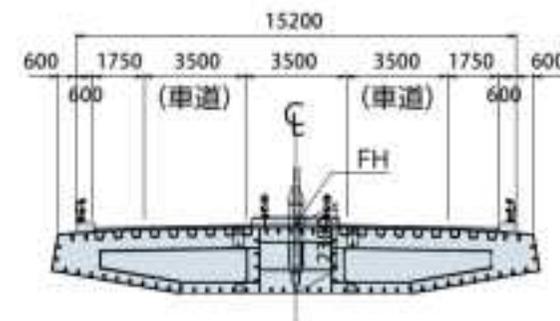
陸上部



側面図



海上部



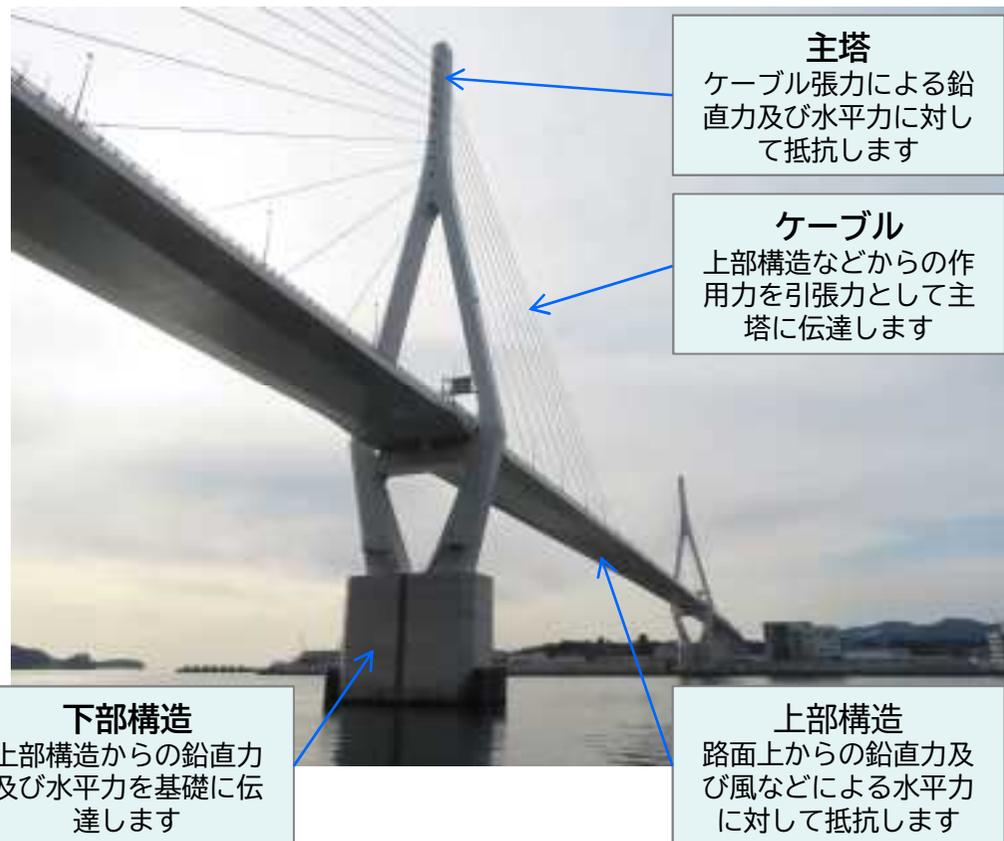
陸上部

海上部

1. 気仙沼湾横断橋の概要

- ・ 斜張橋部の**最大支間長は360m**であり東北最大の支間長である
- ・ **主塔高さが115m**であり、橋梁に使用された鋼材の重さは約8300トン、コンクリート体積は約12500m³である
- ・ 斜張橋は**主塔、ケーブル、上部構造**及び**下部構造**から構成されている
- ・ 本橋では、耐久性向上のため、主塔や主桁の鋼部材には**金属溶射+フッ素樹脂塗装**、下部構造には**エポキシ樹脂塗装鉄筋**が採用されている
- ・ また、維持管理性を考慮し主塔内部には**エレベーター**が設置されている

気仙沼湾横断橋の規模



エポキシ樹脂塗装鉄筋の採用



主塔内部のエレベーター4

2. 気仙沼湾横断橋での点検支援技術の活用方針

R2.11.12第14回道路技術小委員会 資料3より抜粋

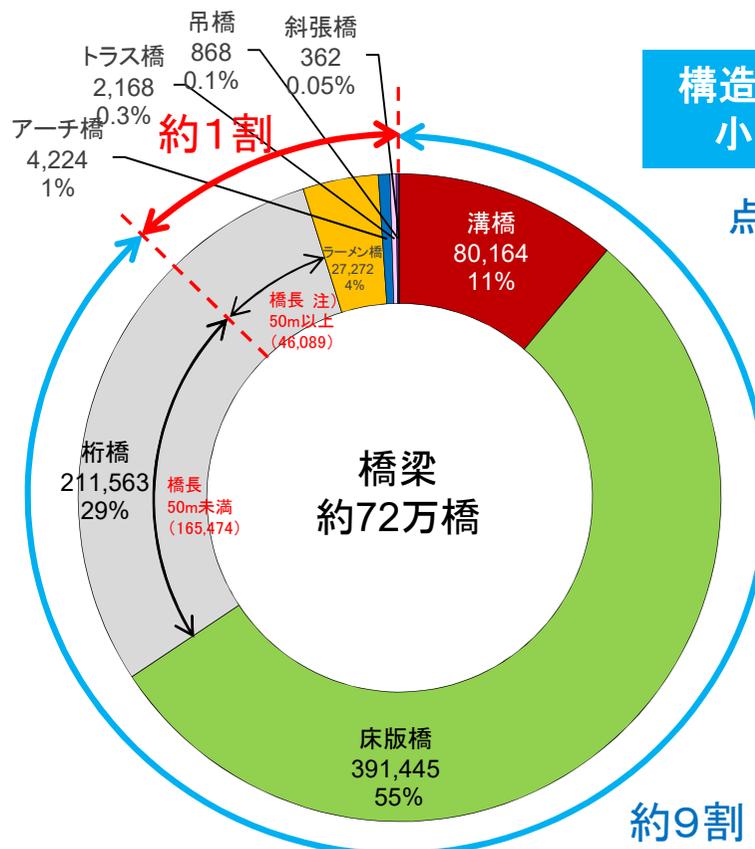
- 溝橋など、構造が単純・小規模な橋梁については、点検項目を絞り込みつつ、作業効率化に資する新技術の活用例を提示。**[2巡目点検の開始時に対応]**
- 規模が大きく、構造が複雑な橋梁は、橋梁の構造に応じて様々な技術を組み合わせることにより、点検を効率化できるように、参考資料等を充実。**[3巡目に向けて検討]**

構造が複雑、又は大規模な橋梁

部位・部材等に応じて様々な新技術を組み合わせるなどにより、点検の質の向上と効率化の両立へ



斜張橋の例



構造が単純、又は小規模な橋梁

2巡目点検の開始にあたり、定期点検要領を改定し対応

点検項目の絞り込み



簡易に、安価に活用できる技術等による作業効率化
※ 今後も、点検支援技術性能カタログ(案)の掲載技術の充実を図る

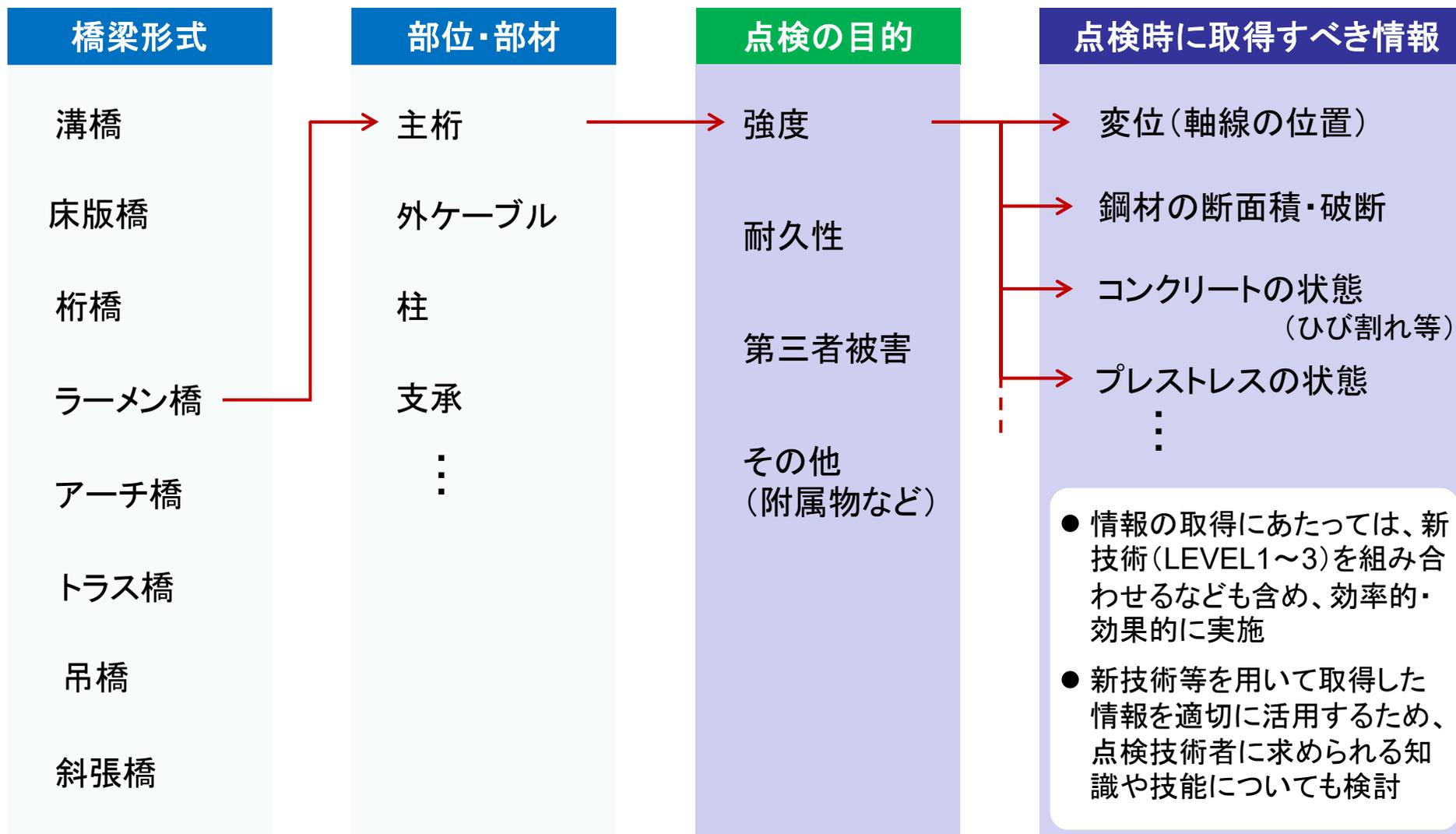


注) 概ね2径間以上になる橋長
出典) 道路統計年報2020 (H30.4) より

2. 気仙沼湾横断橋での点検支援技術の活用方針

R2.11.12第14回道路技術小委員会 資料3より抜粋

○ 橋梁等の構造物の構造や点検の目的に応じて、点検時に取得すべき情報をきめ細やかに整理することにより、橋ごとに点検を効率的に実施。



2. 気仙沼湾横断橋での点検支援技術の活用方針

【次期改定に向けた検討項目】 状態把握の方法の計画と照査の技術図書

- ・橋毎に適正な点検計画であることを判断するための拠り所
- ・診断に必要な情報の検討手順や検討に含むべき項目の建て方

A: 診断に必要な情報の検討手順や検討に含むべき項目の建て方の検証

B: カタログの項目の充実の必要性等の把握

C: 機器の現地でのキャリブレーションの留意点や事例の提示

D: コスト縮減効果の把握

【気仙沼湾横断橋で試行】

【現在、気仙沼湾横断橋で試行中】

全国への横展開

① 定期点検

(1) 状態把握の質の向上かつ作業の効率化

- ・ケーブル一般部、定着部(内部の把握が困難)
- ・主塔(RC部分)
- ・ゴム支承
- ・基礎(水中部)

(2) 状態把握の質は確保しつつ作業の効率化

- ・主塔(鋼製部分)、主桁

(3) 記録作業の省力化(記録項目・方法の見直し)

1) オルソ画像の取得

- ・主塔、主桁

2) 機械によるひびわれ図作成

- ・主塔(RC部分)

② 異常時点検(モニタリング)

- ・ケーブル、支承、主塔

・状態把握の方法の計画と照査の技術図書
・カタログの項目の充実

・カタログの項目の充実

【ケーブルの健全性を評価する場合の計測項目】

ケーブル断面積 e.g. 非破壊検査	現在の断面積は直接把握できるが、劣化環境まではわからない
ケーブル内部の水分の有無 e.g. 温湿度計測	劣化環境は把握できるが、腐食の発生や程度はわからない
ケーブル外観の変状の有無 e.g. 画像計測	劣化環境は推測できるが、腐食の発生や程度はわからない
ケーブルの応答範囲 e.g. 常時微動計測	応答の大きな変化があれば、異常があると推測できるが、応答の変化がないからといって、異常がないとは言えない (例えば、腐食が生じていても応答は大きく変化しない)

⇒ 複数の計測項目の組み合わせが必要

3. 状態把握の質の向上かつ作業の効率化

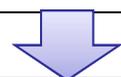
【ケーブル一般部の考え方フロー】

内部が確認できない部材の診断に必要な情報の充実と作業の効率化の両立

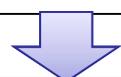
- 目的①: 今、必要な強度があるか
 目的②: 次回定期点検まで保持されているか



- 目的を達成するために必要な確認事項
 ①ケーブル素線の断面積が残存していること
 ②劣化する原因(水の浸入、疲労)がないこと



- 確認事項に対する計測項目
 ①断面積: 初期値
 ②水の浸入: 想定される水の浸入経路毎に、浸入の痕跡がないこと
 ※ 疲労は別途検討



- 複数の計測項目を組み合わせた診断のための情報の取得
 ①全磁束法により、磁束量を計測(実施済)
 ②想定される水の浸入経路毎の点検方法
 1) 被覆表面: カメラ等の画像による状態確認【本日の試行】
 2) 塔側定着部: 塔外側からカメラ等の画像による状態確認【本日の試行】
 塔内側から近接目視による状態確認
 3) 桁側定着部: 路面から近接目視による状態確認
 桁内側から近接目視による状態確認

A: 診断に必要な情報の検討手順や検討に含むべき項目の建て方の検証

情報の取得は橋毎に自由に選定するとして
 B: カタログの項目の充実の必要性等の把握
 C: 機器の現地でのキャリブレーションの留意点や事例の提示
 D: コスト縮減効果の把握

3. 状態把握の質の向上かつ作業の効率化

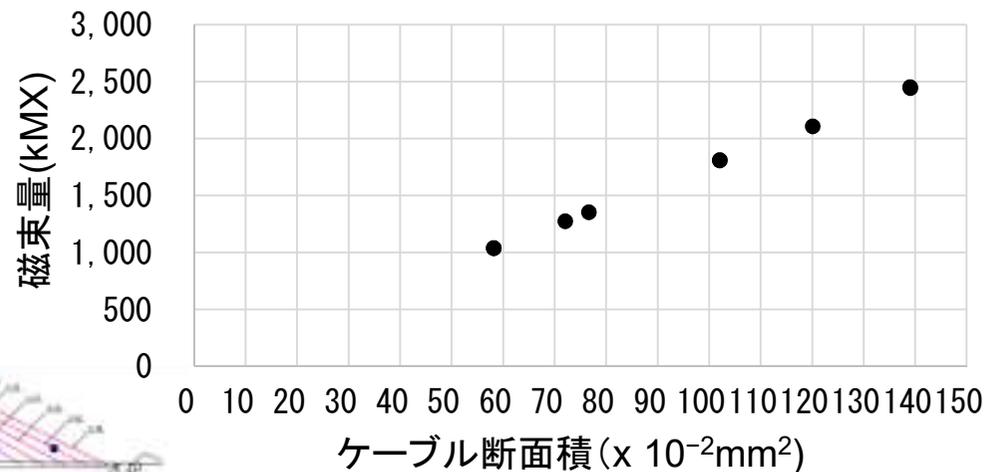
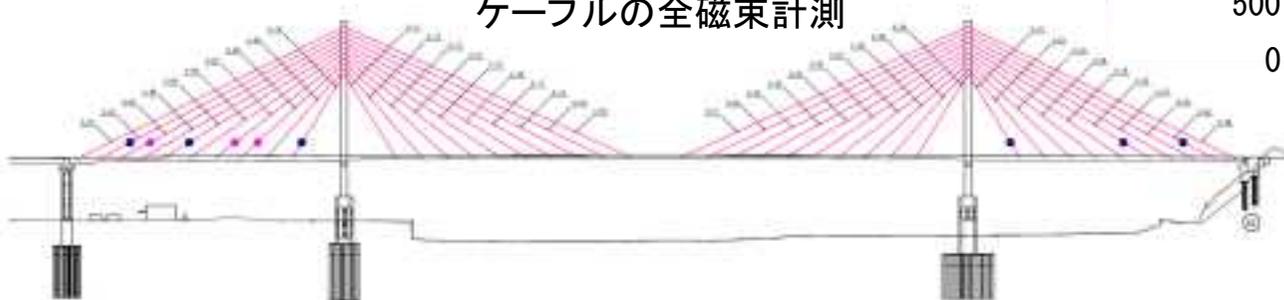
【2021.2に計測した結果】

- ・全磁束法により異なる断面積のケーブルで磁束量の計測を実施し、断面積と磁束量の値の相関を把握

⇒点検時に磁束量を計測することで、断面積の推測が可能と考えられる



ケーブルの全磁束計測

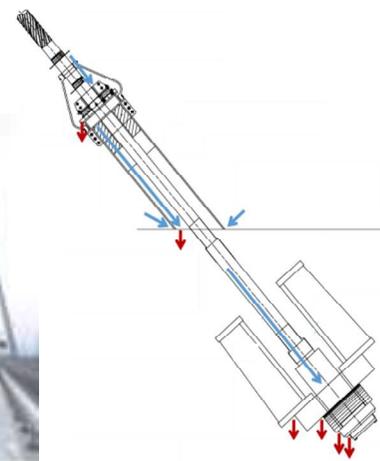


【今回点検】

- ・水の浸入を疑う余地について、近接目視とカメラ等の画像を組み合わせて確認



ケーブル被覆表面の確認



桁側定着部から水の侵入経路 10



3. 状態把握の質の向上かつ作業の効率化

【主塔(RC部分)の考え方フロー】

予防保全も重視した場合に情報の充実と作業の効率化を検討

- 目的①: 今、必要な強度があるか
目的②: 次回定期点検まで保持されているか

目的を達成するために必要な確認事項

- ①鉄筋の断面積が残存していること
- ②劣化する原因(塩分の浸入)がないこと
(今後の腐食の可能性)

確認事項に対する計測項目

- ①1)断面積: 顕著な腐食が生じていないこと
- 2)塩分の浸入: 発錆する塩分濃度になっていないこと
(②も兼用)

複数の計測項目を組み合わせた診断のための情報の取得

- ①1)カメラ等の画像によるコンクリート表面の状態確認
(顕著な腐食が生じていれば、ひびわれや錆汁、水染みや遊離石灰などが生じると考えられる)
- ①2)暴露供試体を用いた塩分濃度の確認
非破壊検査技術の活用(今後、試行を検討)
(予防保全上、極めて重要な情報であるとともに、
顕著ではない腐食が生じる可能性も把握したい)

A: 診断に必要な情報の検討手順や検討に含むべき項目の建て方の検証

情報の取得は橋毎に自由に選定するとして

B: カタログの項目の充実の必要性等の把握

C: 機器の現地でのキャリブレーションの留意点や事例の提示

D: コスト削減効果の把握



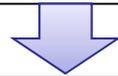
P11橋脚基部に暴露供試体を設置 11

4. 状態把握の質は確保しつつ作業の効率化

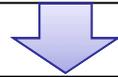
【主塔・主桁(鋼部材)の考え方フロー】

質は確保しつつ、箱断面の構造特性を生かした作業の効率化を検討

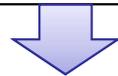
- 目的①: 今、必要な強度があるか
- 目的②: 次回定期点検まで保持されているか



- 目的を達成するために必要な確認事項
- ① 鋼材に減肉、きれつが生じていないこと
 - ② 劣化する原因がないこと(防食が残存していること)



- 確認事項に対する計測項目
- ① 断面積: 防食機能の低下や腐食が生じていないこと
 - ② 防食: 防食機能の低下



- 複数の計測項目を組み合わせた診断のための情報の取得
- ① 及び②
 - 内面: 近接目視及び打音・触診
必要に応じて非破壊検査技術の適用
 - 外面: カメラ等の画像による状態把握【本日の試行】

※ 内面、外面の両者をくまなく近接することとせずメリハリをつけつつも組合せて信頼性を担保したい

A: 診断に必要な情報の検討手順や検討に含むべき項目の建て方の検証

情報の取得は橋毎に自由に選定するとして

- B: カタログの項目の充実の必要性等の把握
- C: 機器の現地でのキャリブレーションの留意点や事例の提示
- D: コスト縮減効果の把握



箱桁内部の貫通排水装置



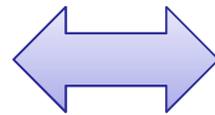
箱桁内部の溶接位置

異常時点検へのモニタリング技術の活用検討の前提条件

定期点検

診断に必要な観点

- ①今の強度
- ②次回定期点検まで状態が保持できるか



異常時点検

診断に必要な観点

- ①突発的かつ顕著な事象



健全な場合



白錆が生じ、一部で点錆が発生している場合



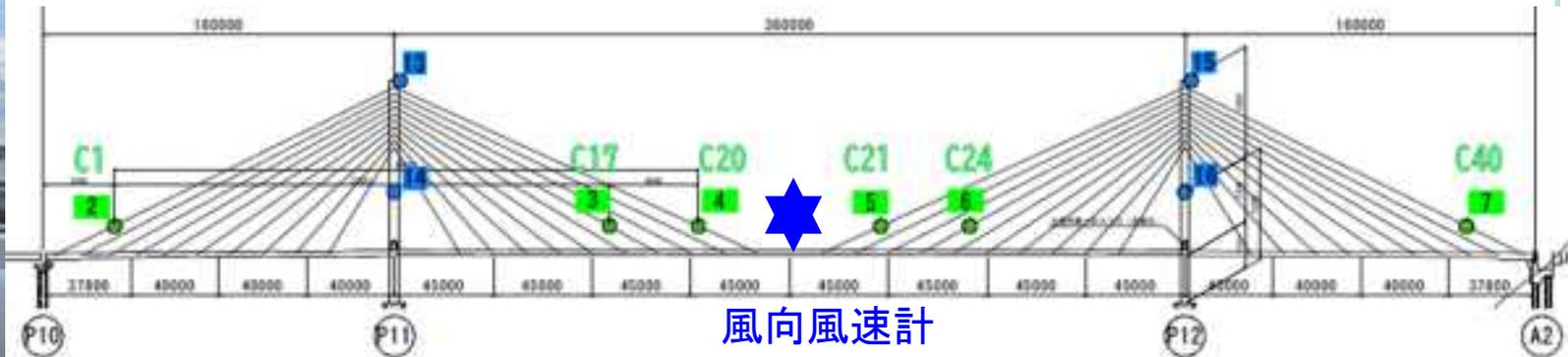
点錆が著しい場合



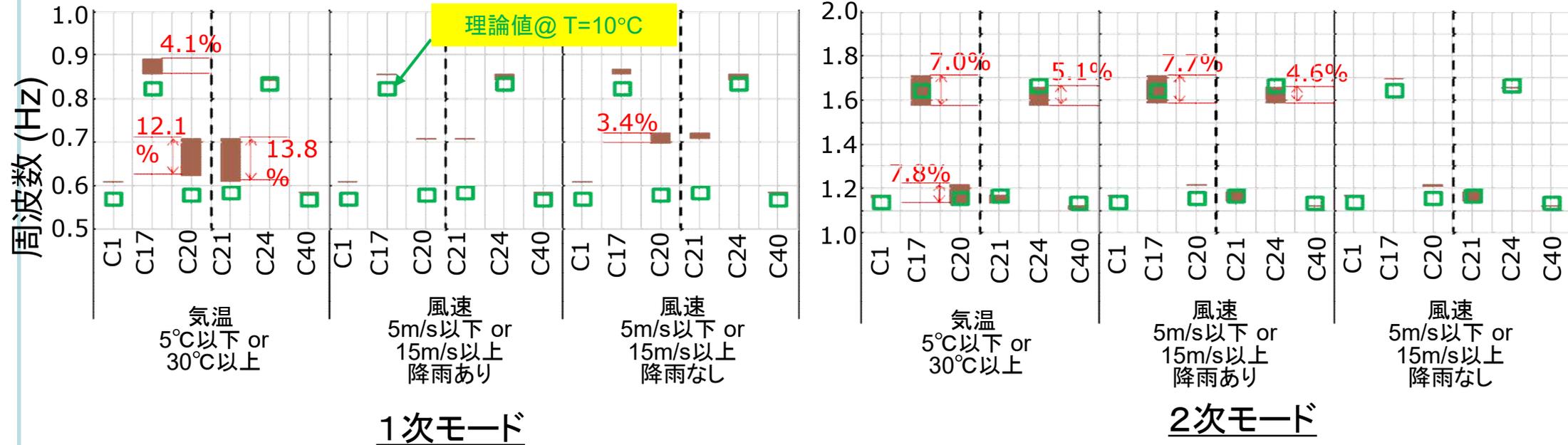
地震によりケーブルに異常が生じた例

5. 異常時点検に向けた取組(モニタリング)

【ケーブル】



ケーブルの常時微動観測箇所



→ ケーブル振動数の日々の変化の要因や応答範囲を計測・蓄積中

5. 異常時点検に向けた取組(モニタリング)

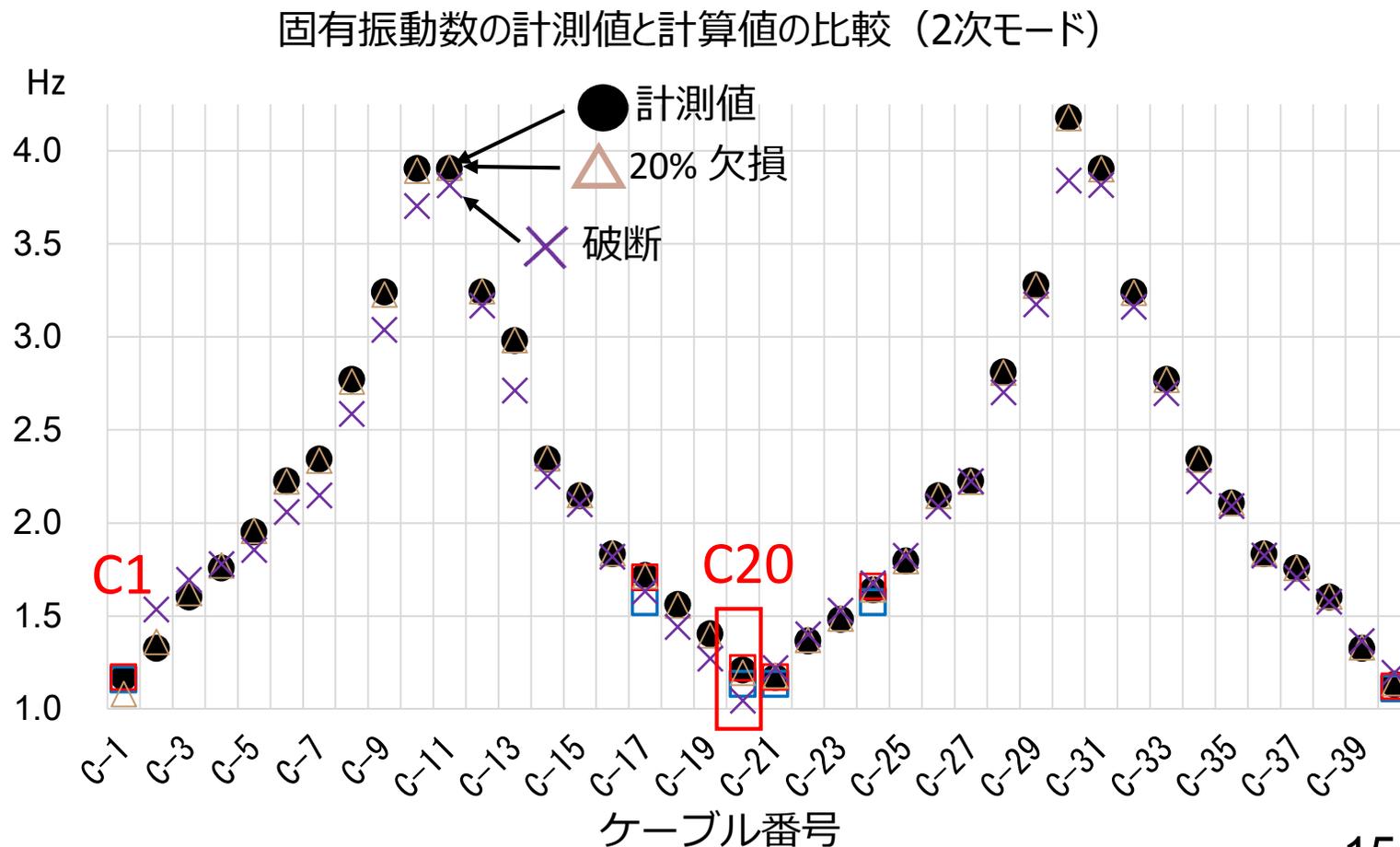
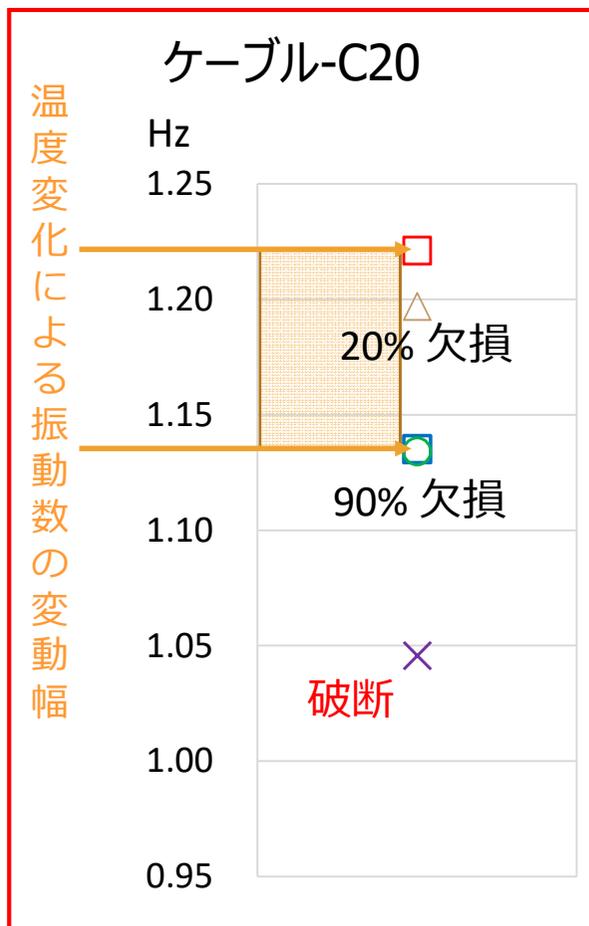
【ケーブル】

○ケーブルC1の断面積が、ケーブル全長にわたって80%(20%欠損)、0%(破断)に減少すると仮定し、各ケーブルの固有振動数を算出

→ ケーブル断面積が変化しても、他のケーブルの固有振動数はあまり変化しない。

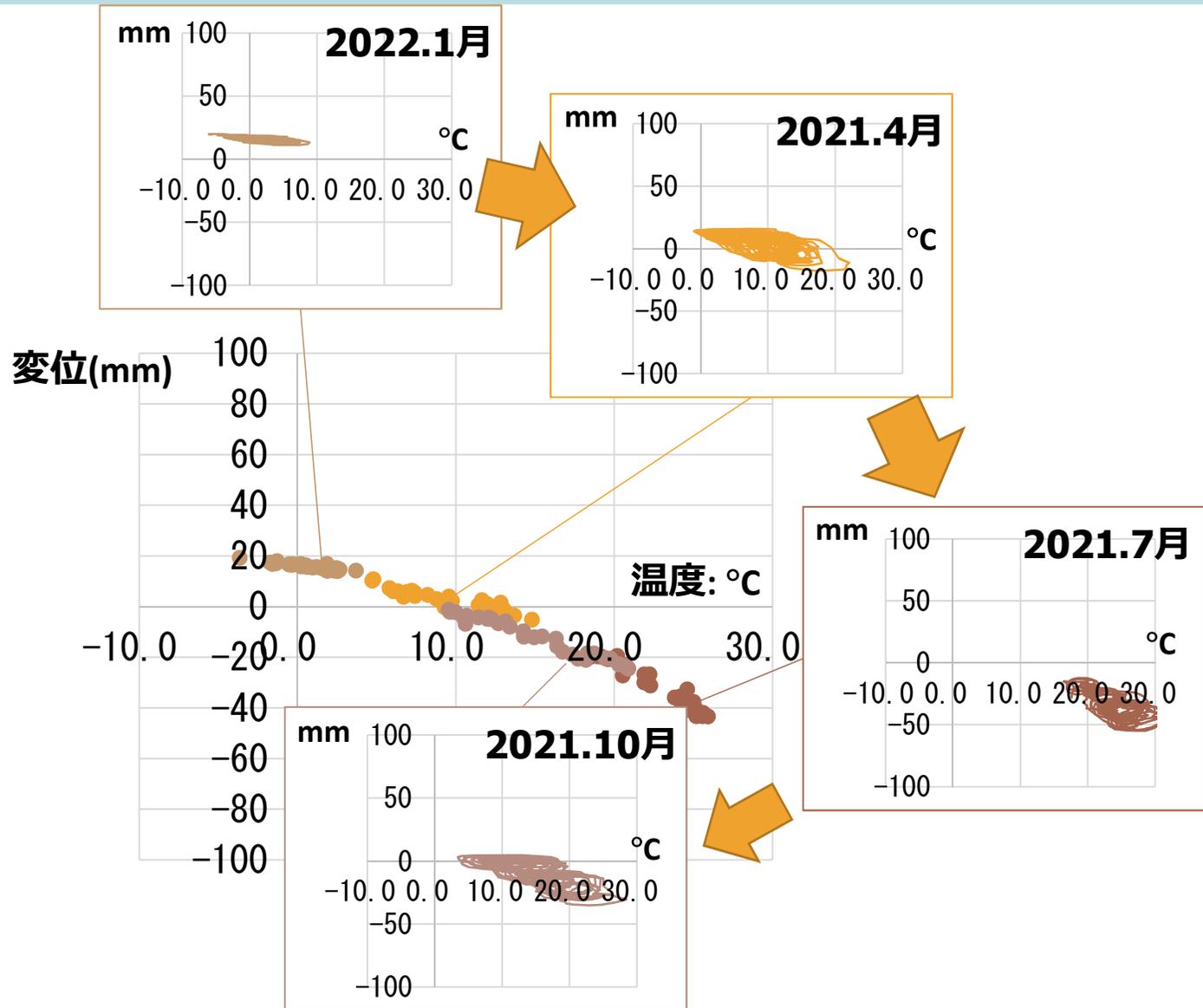
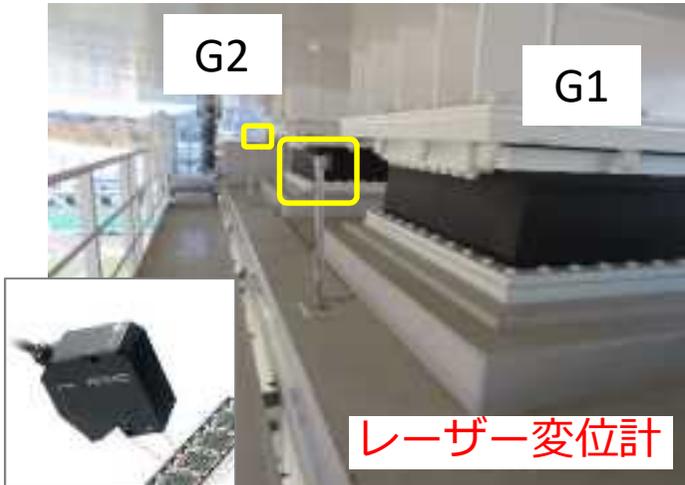
ケーブルが破断すれば、他のケーブルの固有振動数は大きく変化。

⇒ケーブルの常時微動計測は、異常時点検でこそ活用できる可能性がないか検討中。



5. 異常時点検に向けた取組(モニタリング)

【支承】



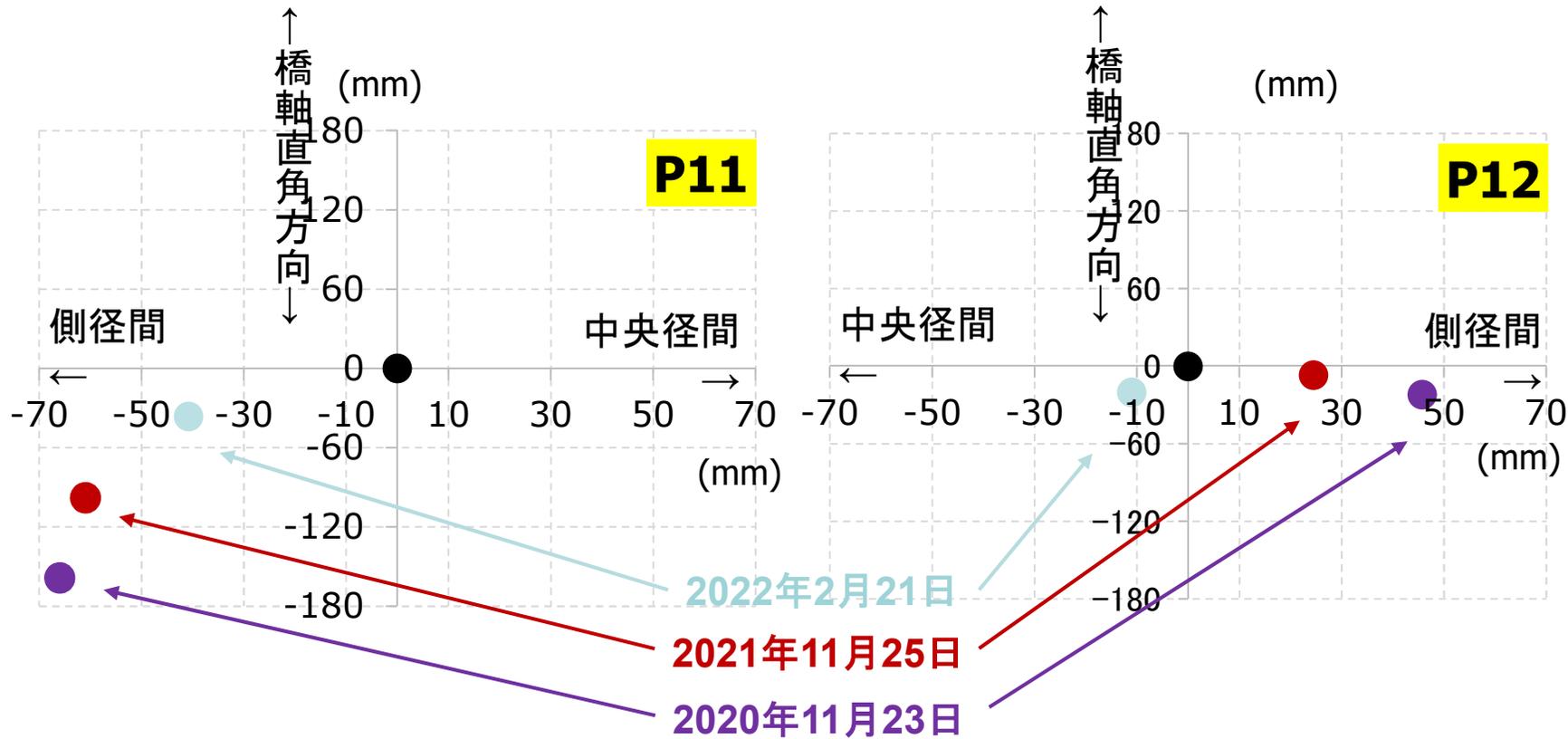
24時間履歴ループの中心点のトレンドと毎日の履歴ループの月変化

→ 他の部材に異常が出ている可能性を把握するために、他の部材と組合せて異常時点検で判断できる材料にしていく

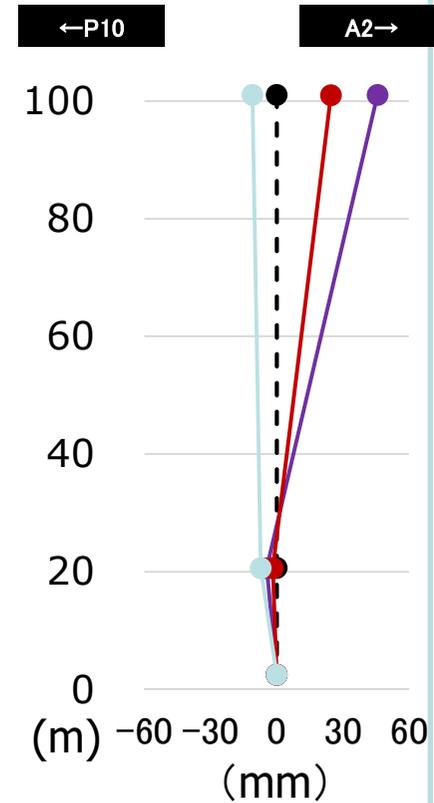
5. 異常時点検に向けた取組(モニタリング)

【主塔】

塔頂の平面変位の軌跡

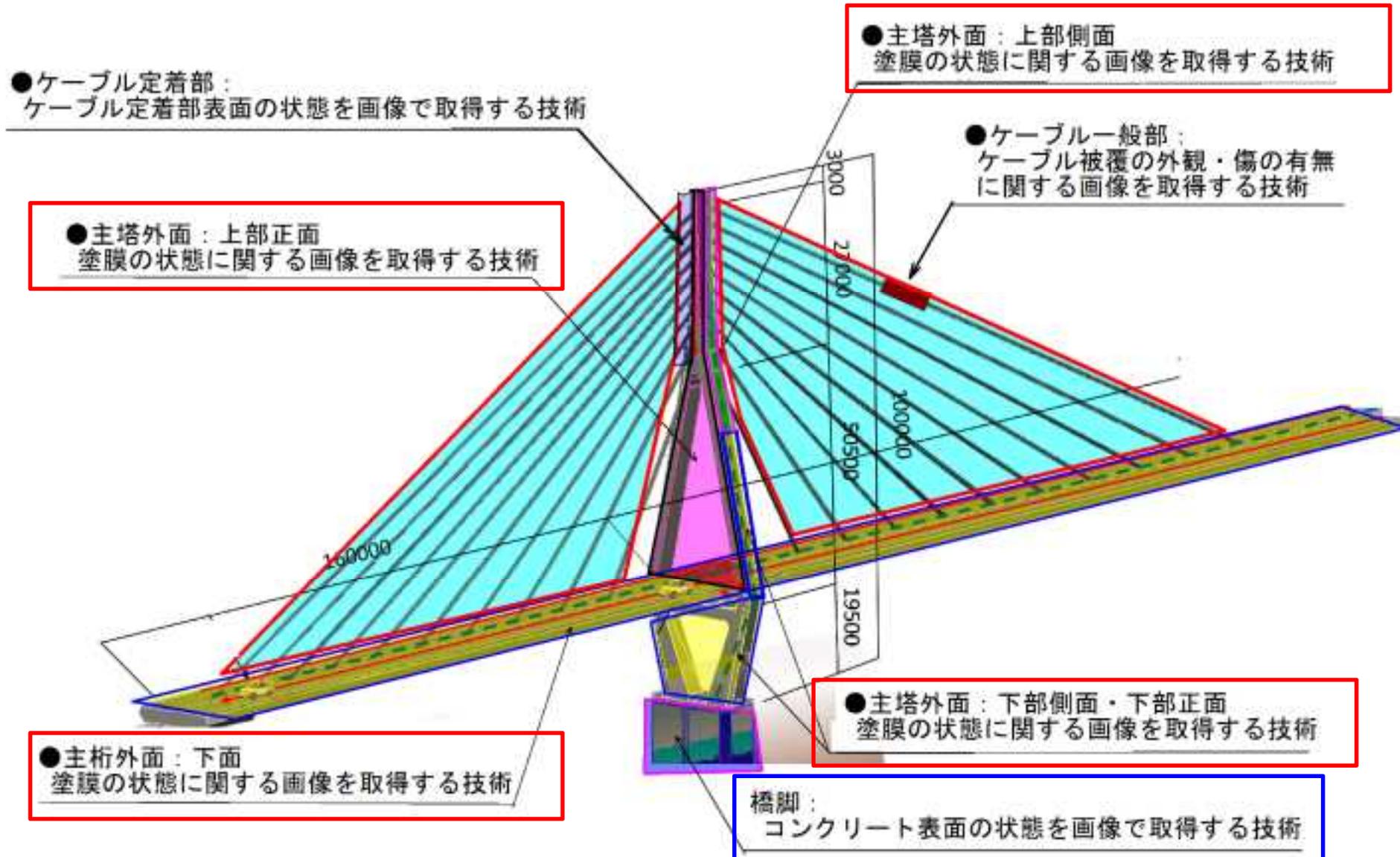


主塔P12の鉛直度



- 日々の風や気温による主塔の挙動範囲の把握に向けてデータを追加予定
- ⇒ 他の部材に異常が出ている可能性を把握するために、他の部材と組合せて異常時点検で判断できる材料にしていく

6. 記録作業の省力化(記録項目・方法の見直し)



: オルソ画像取得による記録要領を試行【本日の試行】

: 機械によるひびわれ図作成の記録要領を試行

- ・点検支援技術の試行結果も踏まえて、気仙沼湾横断橋の定期点検・異常時点検マニュアルを来年度末にとりまとめ。

⇒試行結果の分析を行い、点検支援技術の活用にあたっての前提条件や留意事項を整理

(得られた知見は、点検支援技術性能カタログの性能評価項目等にもフィードバック)

⇒点検方法の検討にあたっては、RC部材等の一般的な部材についても今後検討

(得られた知見は、定期点検要領の改定に反映)

⇒モニタリングデータについては引き続き計測を実施し、初期値の応答範囲を把握、定期点検での活用方法についても検討