

光ファイバを用いた現状把握技術

光ファイバセンサを用いた塩害PC橋の現状把握

～琉球大学 構造研オープンゼミ～

日時: 2011年6月4日

場所: 琉球大学

株式会社TTES
菅 沼 久 忠

本日の内容

- 現状把握技術の必要性
- 光ファイバ計測技術とその優位性
- 光ファイバ計測の実例
- PC橋梁の段差計測に向けて
- 段差計測の性能試験概要

橋梁の現状

鋼橋



コンクリート橋



- ・コンクリートの塩害劣化
PCケーブル破断・剥離・鉄筋の露出・腐食



- ・コンクリートの床版ひび割れ・遊離石灰

橋梁の老齡化と点検の状況

〈橋梁の老齡化〉

架橋から50年以上経過する
橋梁は全体の約10%

20年後 ↓

全体の約50%以上



点検すべき橋梁の増加



* 国土交通省HPより引用

〈定期点検とは〉

5年に1回の頻度で 主に目視により
行われる点検



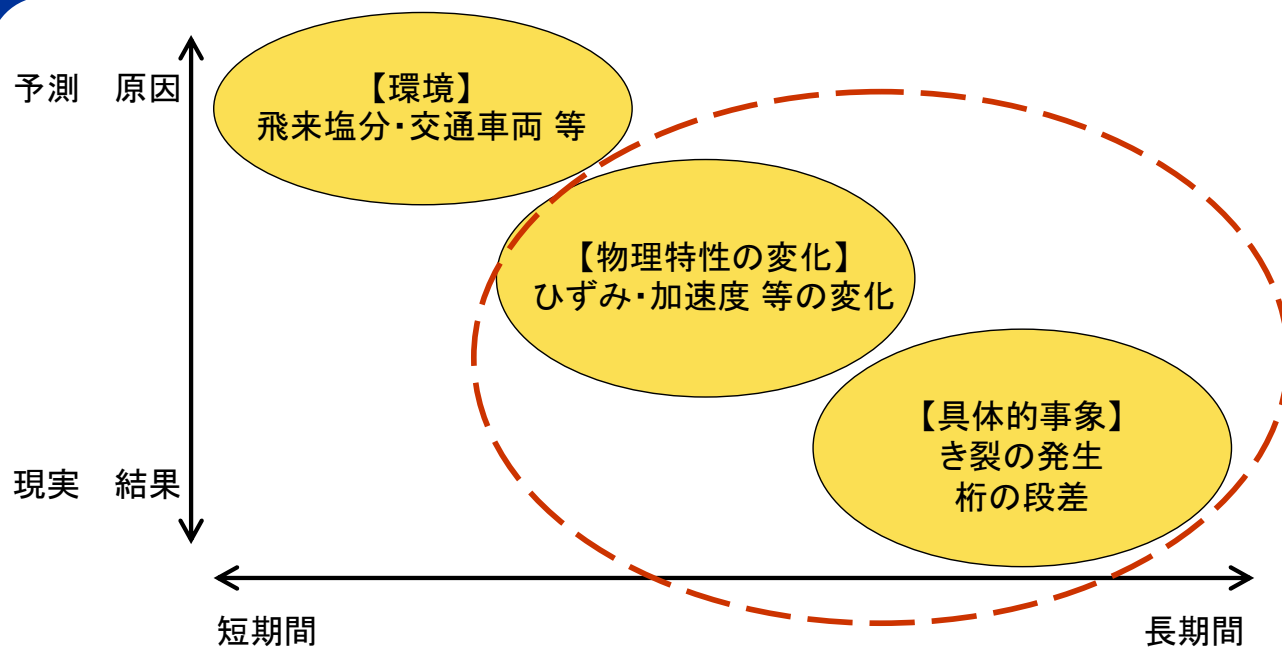
〈定期点検の問題点〉

- ・点検期間: 5年に1回でOK?
- ・予算 : 確保が困難な状況...
- ・技術不足: 適切に点検できる人材の不足
評価技術者の不足

非常に困った状況がやってくる

橋梁の状況を把握する技術が必要

現状把握技術の分類



必要条件：長期安定性、広範囲を対象

+ 電源の確保、管理容易

現状把握の技術

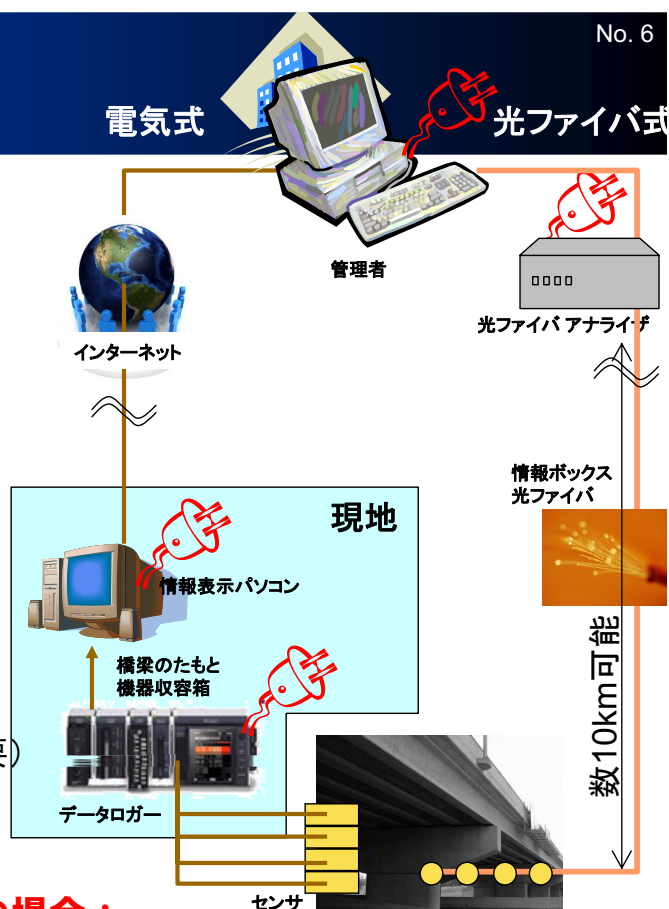
情報を取得する手段

センサ その他:カメラ

電気式

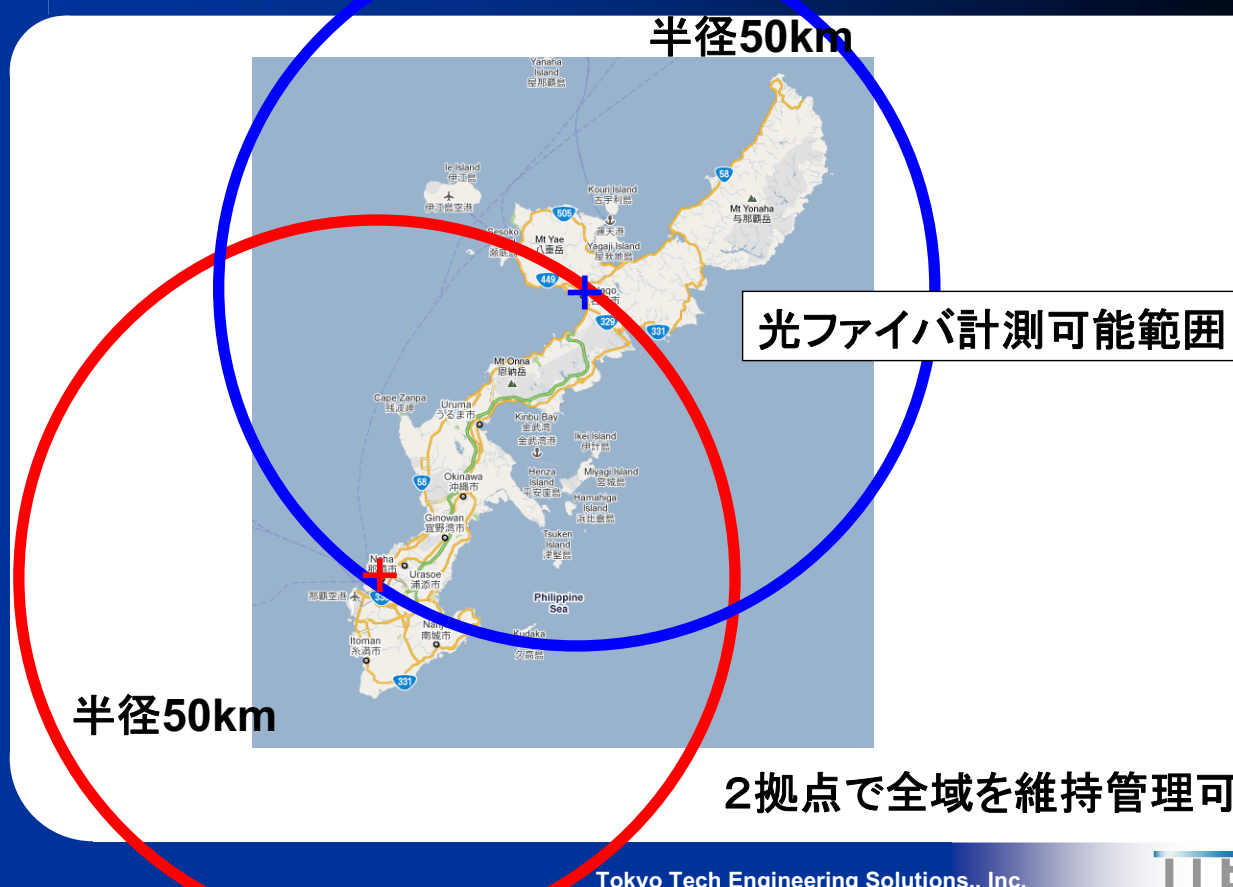
光ファイバ式

1. 多点計測を1本の光ファイバ実施可能
2. 現地に電源が不要
3. 耐久性(特に耐腐食性・耐湿性)が高い
4. 耐落雷性が高い
5. 数10kmにおよぶ測定距離(中継器不要)
6. 情報ボックスをそのまま利用可能

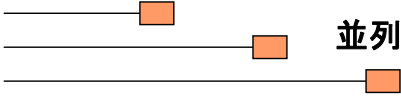
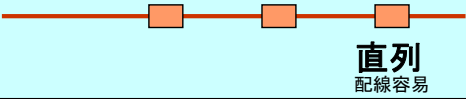
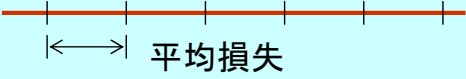
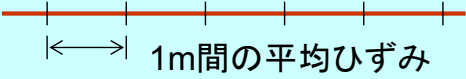


**計測規模が大きく、長期間計測の場合：
従来方式に比較して、光ファイバはシステム構築費及びメンテ費が安い**

光ファイバ計測可能範囲と沖縄



光ファイバの計測技術

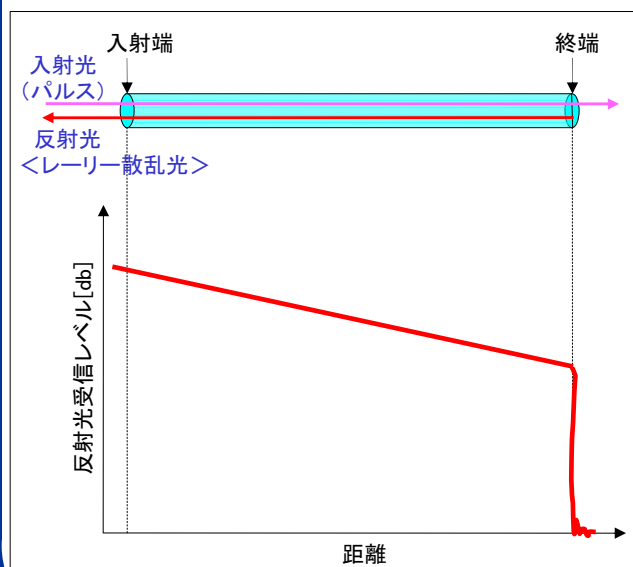
	計測方法	計測イメージ	特徴
従来	ひずみゲージ	 並列	変位計 加速度計 傾斜計などに応用
光ファイバ計測技術	光ひずみ計 (専門用語:FBG)	 直列 配線容易	
	光損失計 (曲がり・断線) (専門用語:OTDR)	 平均損失	安価 ケーブル確認方法
	光ひずみ分布計 (専門用語:B-OTDR)	 1m間の平均ひずみ	精度 $\pm 30 \sim 100 \mu$

従来のひずみゲージは、光ひずみ計で代用可能

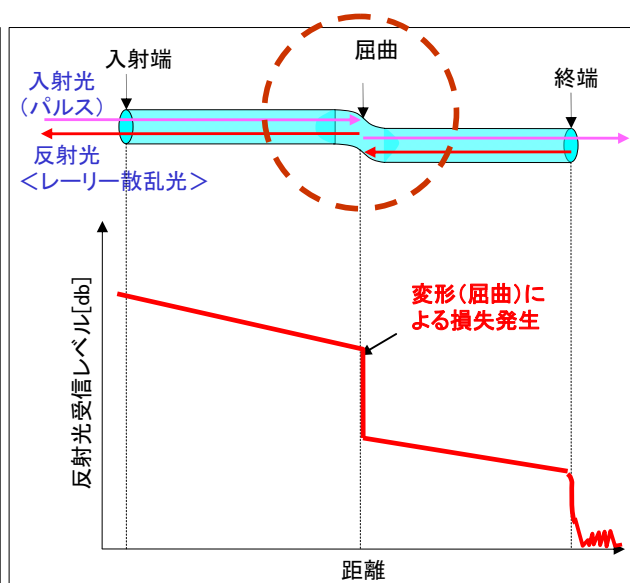
従来ない広範囲をカバーできる光損失計・光ひずみ分布計の技術

光損失計の測定原理

光ファイバに入射した光の中で、途中で戻ってくる光を測定。
この光強度により、屈曲等の変化を検出。
入射した光と戻ってくる光の時間から、変化地点を検出。



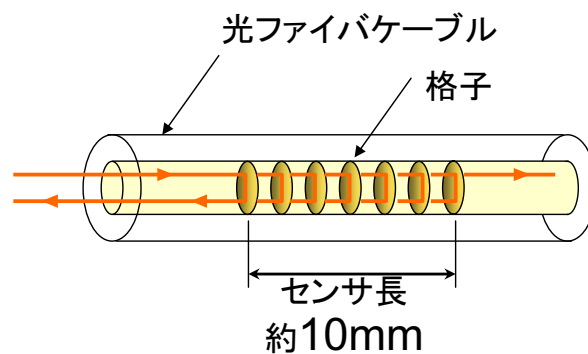
変形なし



変形発生

光ひずみ計の測定原理

光ファイバの途中に格子を設置
光ファイバ線が伸び縮みすることで、格子間隔が変化
格子からの反射光の波長変化からひずみを測定



入力する波長を変えることで、同一光ケーブルで5箇所程度測定可能

具体的な活用事例

光ひずみ計

東京ゲートブリッジ
横浜ベイブリッジ
T橋
羽田空港D滑走路
他 現地適用多数

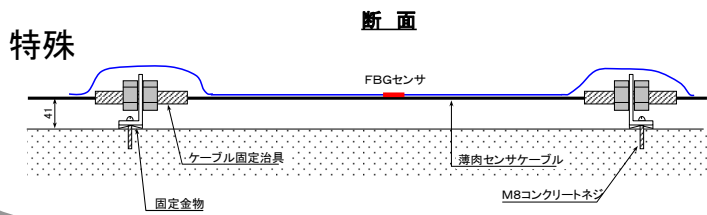
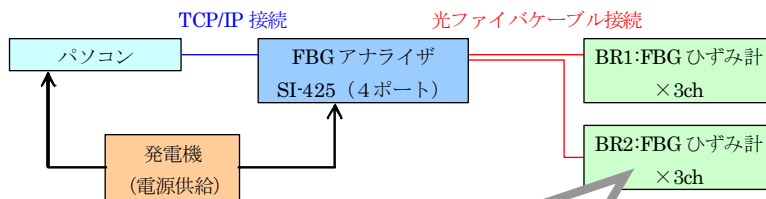


光損失計

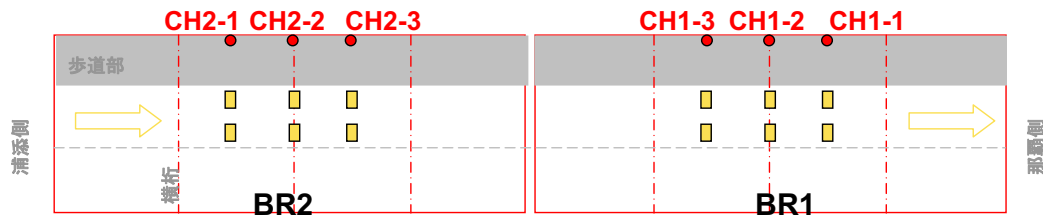
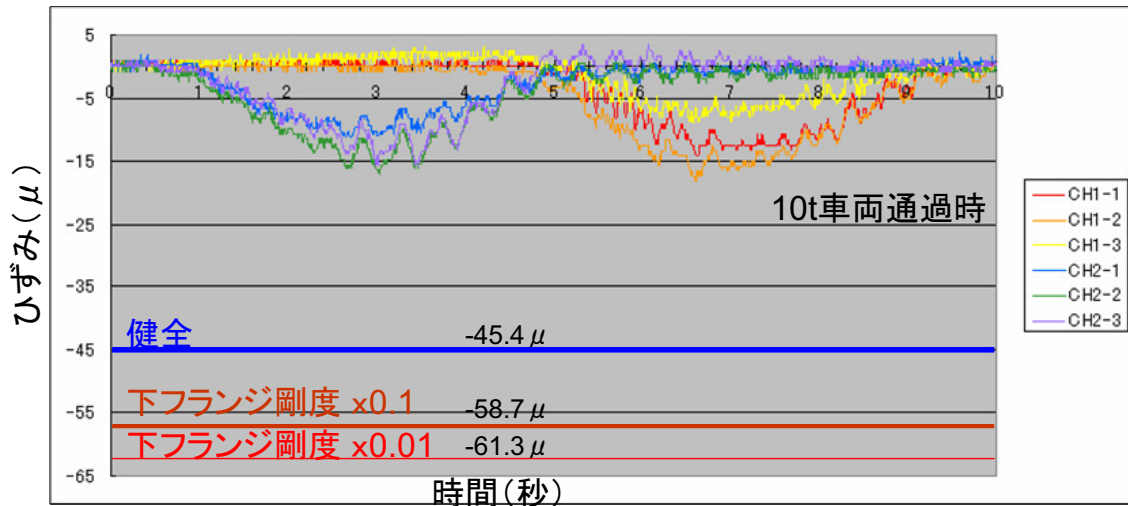
落石検知
地滑り検知
ケーブルの破断検知は一般的

光ひずみ計の利用例:T橋

利用した技術: 光ひずみ計
 利用の方法: 長期的なひずみの変化に伴う劣化検出
 ひずみ値による劣化分析
 測定期間: 初回測定 (継続的に測定できるような機器を設置)



T橋計測結果



FBGの計測精度 ±5 μ

4t 載荷: 5 μ 程度と誤差内であるが、車両通行は検知

10t 載荷: -15 μ 程度 < 解析算出値(-45.4 μ) 経年変化追跡

光損失計の利用例：落石検知

斜面からの落石をリアルタイムに検知



光損失計の利用例：落石検知 仕組み

落石時に検知板が反応し、検知ワイヤを引張ることにより、センサBOX内の光ファイバにロスが発生させます。

—: 光ファイバセンサ

落石ネット支柱

センサBOX

検知板の動き

検知ワイヤ

エアシリンダー

検知板

バランスウエイト

落石通過時に検知板に連動した検知ワイヤがセンサを引張る。

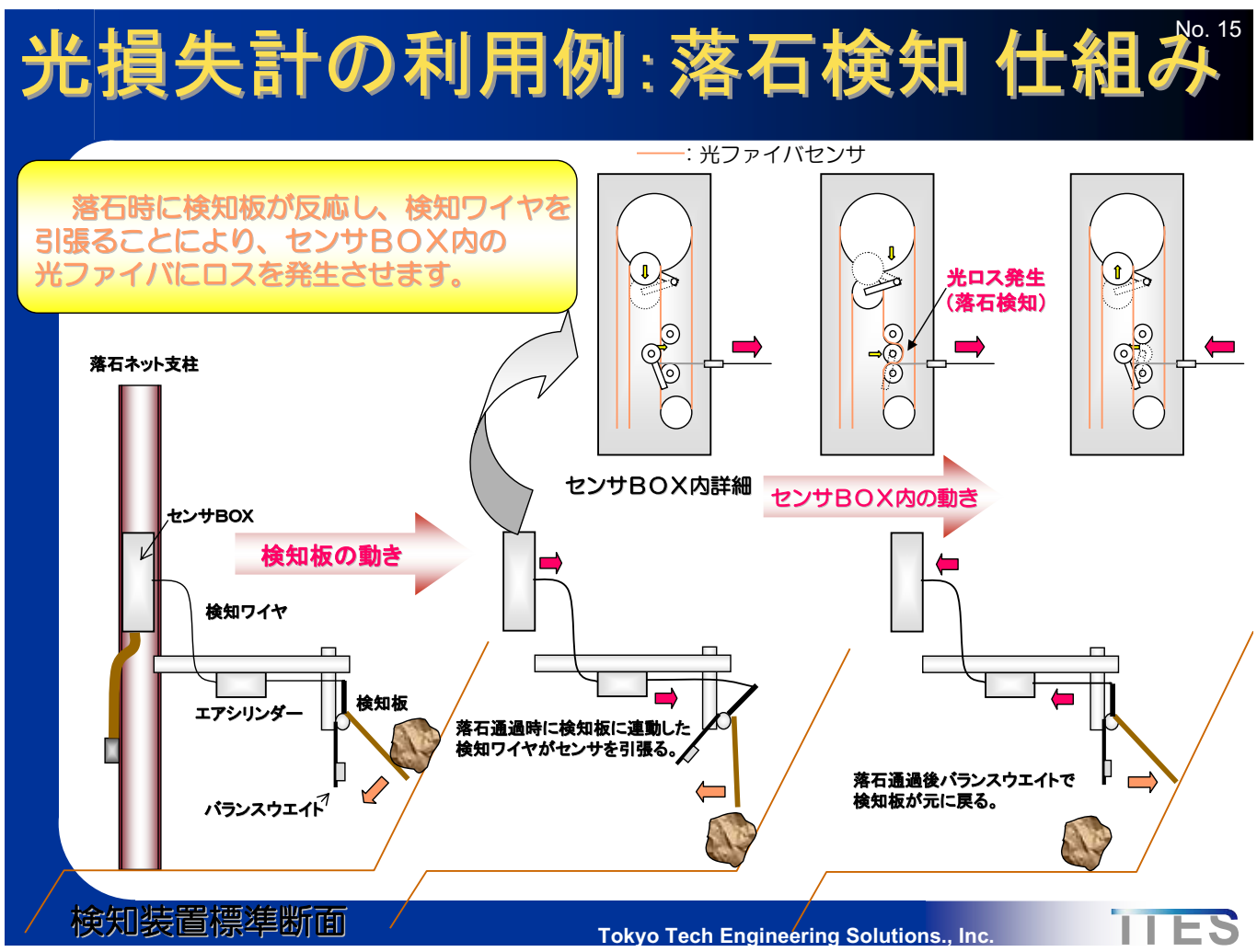
落石通過後バランスウエイトで検知板が元に戻る。

センサBOX内詳細

センサBOX内の動き

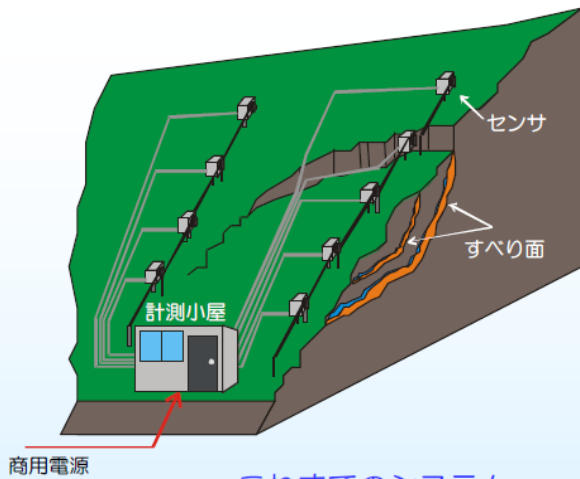
光ロス発生
(落石検知)

検知装置標準断面

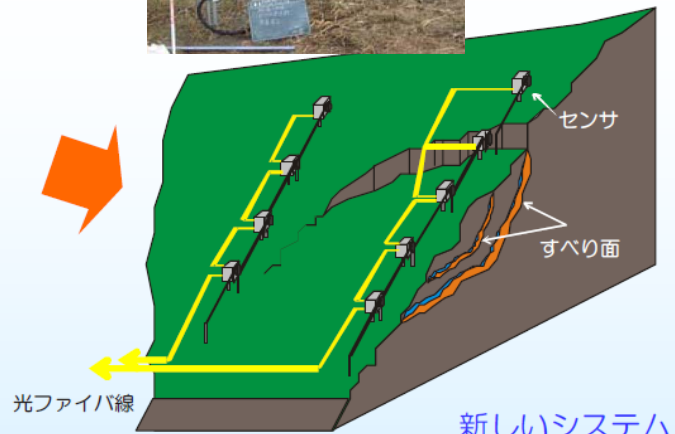


光損失計の利用例：地すべり検知

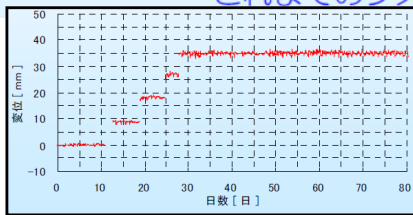
〈道路・トンネル(地すべり)の場合〉



これまでのシステム

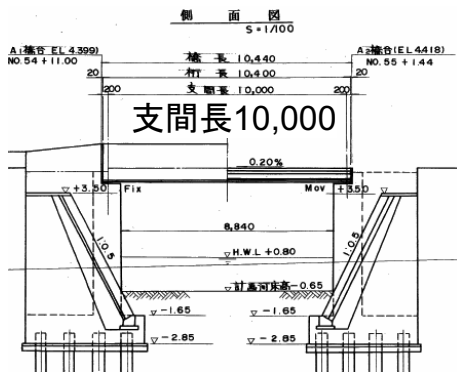
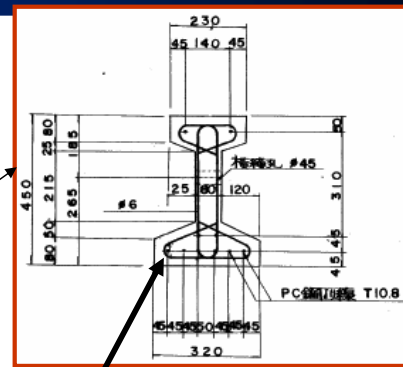
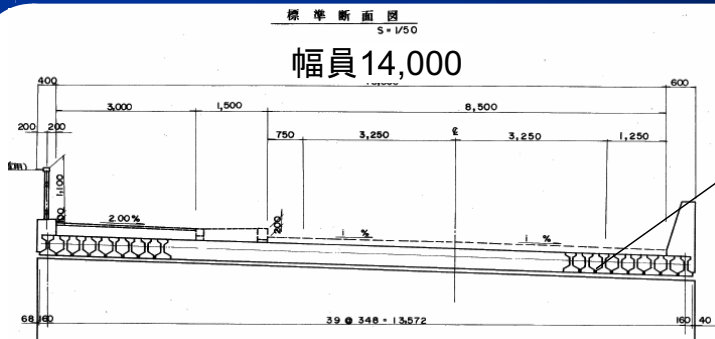


新しいシステム



http://www.pwri.go.jp/team/landslide/kanrisya/fiber/fiber_pamphlet.pdf

塩害を受けたPC橋梁 その1



PC桁に橋軸方向クラック発生(塩害の可能性)

塩害を受けたPC橋梁 その2

対象橋梁： 架替まで5年未満 ⇒ 架替までの間 現状監視

現状監視項目：

①39本のPC桁に着目した**段差計測**

着目桁

1. 損傷が激しい桁とその左右の桁との段差
2. 車両輪直下の桁とその左右の桁との段差

着目断面

1. 支間中央部
2. 桁端部

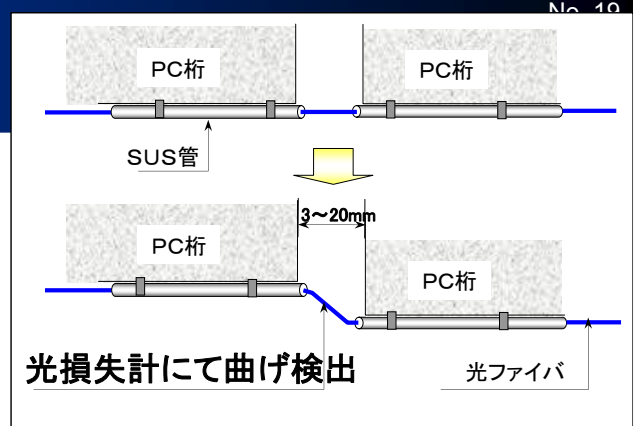
②橋軸方向のひび割れの動態観測

プロジェクトの進め方

1. 実験室レベルでの性能検証 ← **本日の話題**
2. 対象橋梁に隣接する旧橋での載荷試験による検証
3. 対象橋梁での実施

段差検知の手法

光ひずみ計を用いたパイゲージも利用可能
⇒箇所が多く対応しきれない
光損失計で広範囲に見たい！しかも安価



既に明らかな事項:

一般部の光ファイバに生じた断線・曲げの有無を検出することができる。

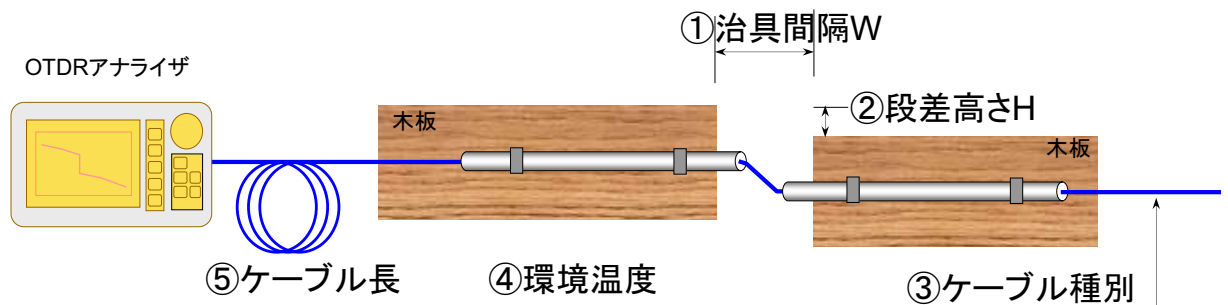
不確かな事項、性能の確認が必要な事項:

1. **制御された状況下**で、曲げの大きさ(段差の大きさ)の取得性能
2. アナライザとセンサの間の距離と性能の関係
3. センサの温度と性能の関係 (**変位など数値計測の場合、温度が影響**)

性能試験の方法

試験パラメータ

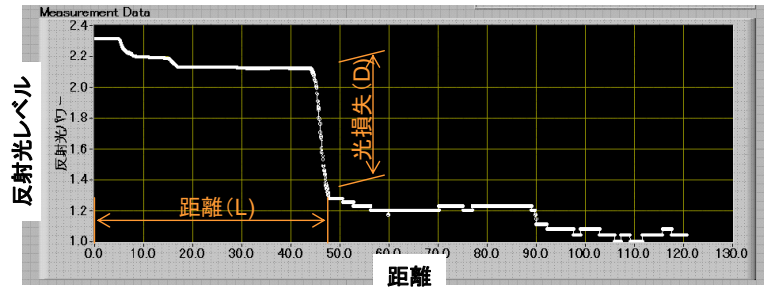
項目	数	具体値	備考
① 治具間隔 W	4	5mm, 10mm, 20mm, 30mm	PC桁間28mm
② 段差高さ H	6	0mm, 0.5mm, 1mm, 2mm, 3mm, 5mm	
③ ケーブル種別	2	心線, ドロップケーブル	
④ 環境温度	2	昼間, 夜間	
⑤ ケーブル長	2	追加なし, 追加20km	好適ケースについて実施
⑥ その他	2つの検出位置の距離の関係(分解能力)		



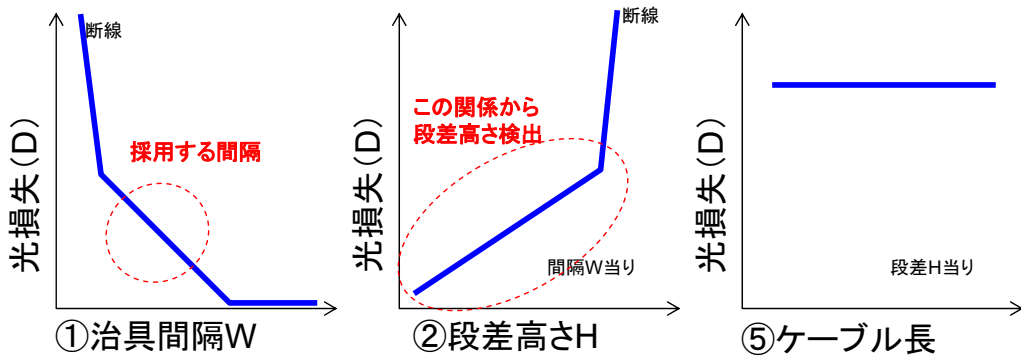
各パラメータにおいて、評価点での光損失の大きさおよび発生位置を計測する。

光損失計の取得データ

光損失計からの取得データ



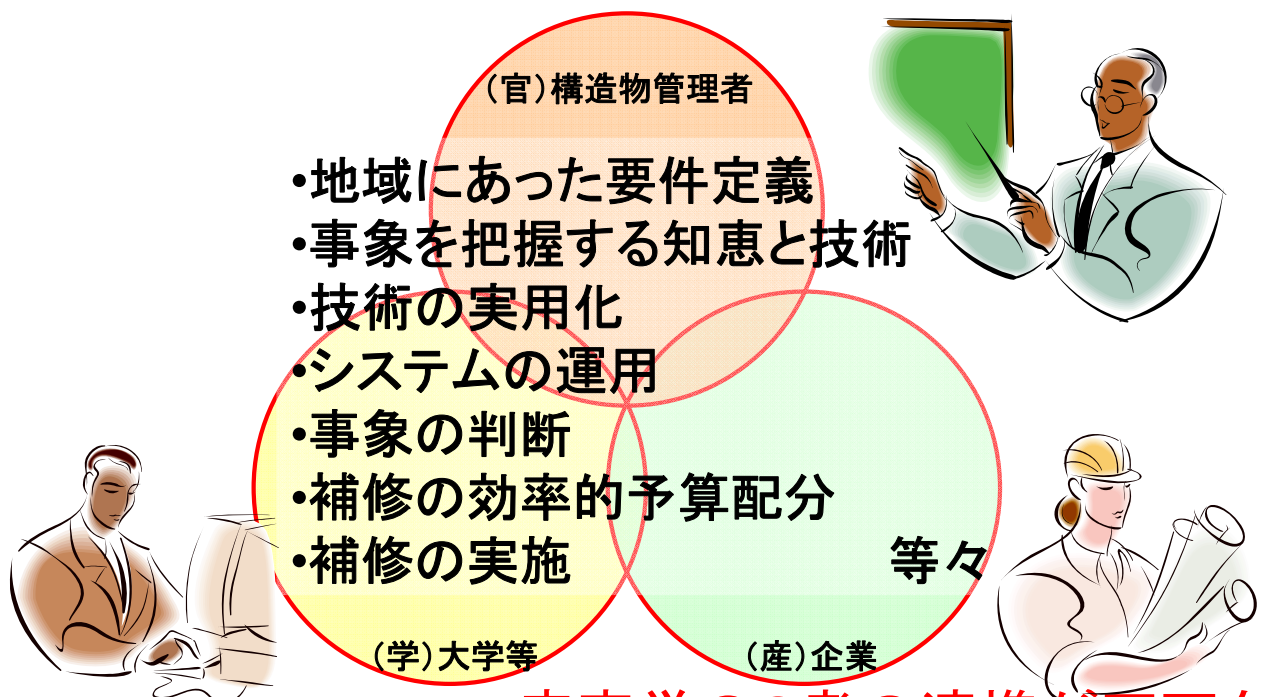
整理： 以下期待する結果



全ての ③ケーブル種別 ④環境温度

維持管理体制の確立

地域に即した維持管理技術の開発から運用には、



産官学の3者の連携が不可欠

ご清聴ありがとうございました.

発表者
株式会社TTES
菅沼 久忠