

（一財）港湾空港総合技術センター  
令和3年度（令和4年度）研究開発助成  
成果報告

フェールセーフ型のモニタリングによる  
老朽化インフラの安全性確保に関する研究

濱田 秀則

〈九州大学大学院 工学研究院 教授〉

## 研究の背景および社会的要請

- ・社会インフラ（鋼構造物、コンクリート構造物）の老朽化・劣化が徐々に進行している。
- ・老朽化した構造物を適切に維持管理し、継続して使用していくことが要請されている。
- ・これまでに、山陽新幹線福岡トンネル内におけるコンクリート片の剥落事故、中央高速道路篠子トンネル内における天井版の落下事故など、老朽化したインフラにおいて予期せず破壊が生じる事例が散見されるようになった。米国においては、鋼橋の全体が崩壊するという事故も発生している。

## 研究の背景および社会的要請

- ・この事象は一部の構造物のみで生じるものではなく、コンクリートや鋼材を主要構成材料としているインフラ構造物においては今後も生じ得るものである。
- ・このような、材料劣化に起因する破損・破壊事故は、事故の前段階で何らかの予兆、シグナルが出ていることが多い。老朽化した社会インフラの破損などが大きな事故につながる前にその前兆となる小さな破損を見つけ出し、大規模事故の発生を防止するシステムの構築が必要である。

## 本報告の要約

- ・長大構造物において大規模な破壊が生じる前に発生する小規模の変状を検知するモニタリングシステムの構築。
- ・光ファイバの破断（透過光の遮断）を構造物の変状と結びつけるセンサの開発およびモニタリングのシステムを構成する。
- ・本申請研究において、センサの試作を行い、その性能試験を経てさらなる性能向上を進める。



## インフラの破壊事例



# 米国での落橋事故

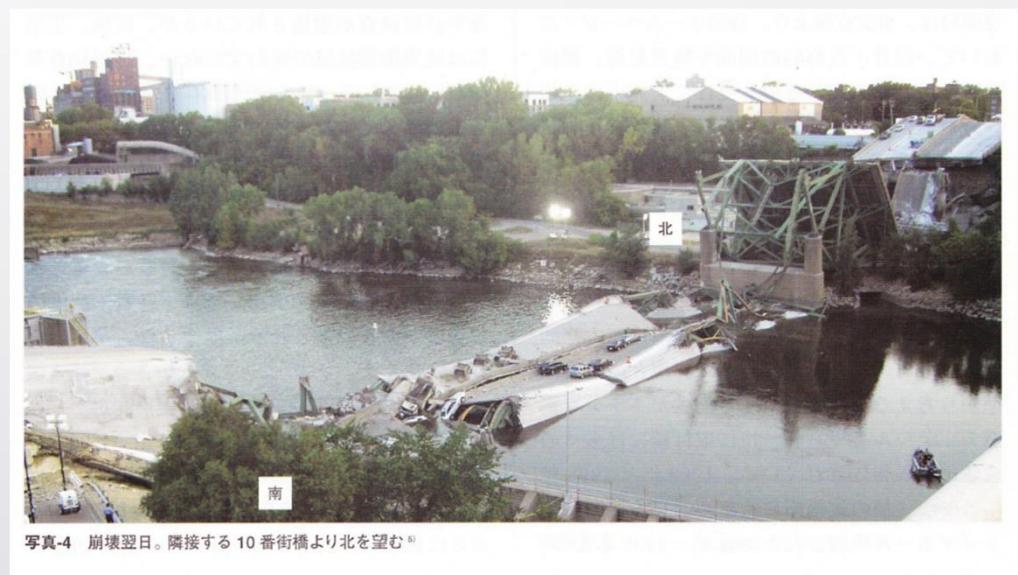
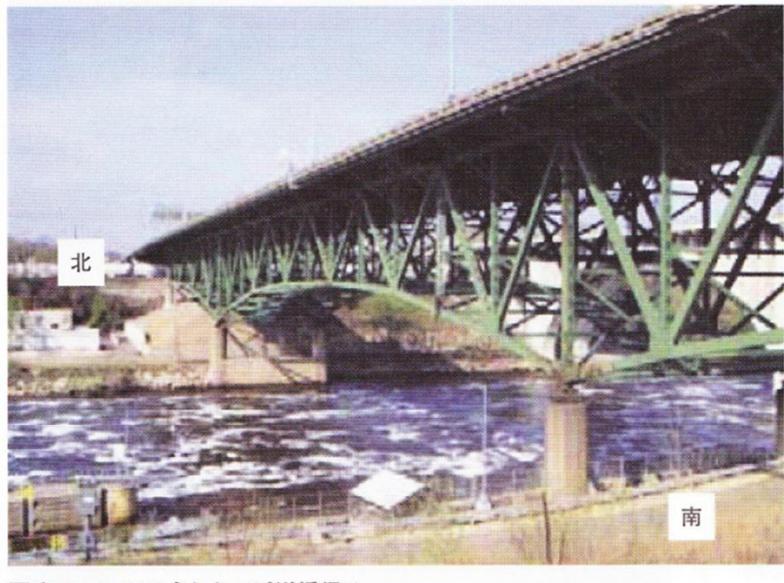
ミネソタ州 ミネアポリス市

I-35W 橋

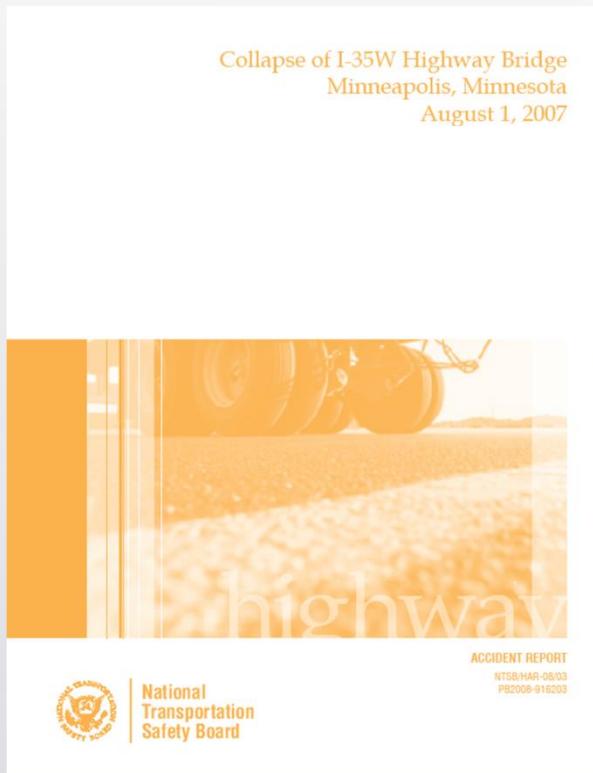
2007年8月 崩壊

## 落橋前後のI-35W

(2007年土木学会誌・藤野ほかより引用)



# 事故調査報告書 ミネソタ州交通局HPより



## Conclusions

## HIGHWAY Accident Report

### Probable Cause

The National Transportation Safety Board determines that the probable cause of the collapse of the I-35W bridge in Minneapolis, Minnesota, was the inadequate load capacity, due to a design error by Sverdrup & Parcel and Associates, Inc., of the gusset plates at the U10 nodes, which failed under a combination of (1) substantial increases in the weight of the bridge, which resulted from previous bridge modifications, and (2) the traffic and concentrated construction loads on the bridge on the day of the collapse. Contributing to the design error was the failure of Sverdrup & Parcel's quality control procedures to ensure that the appropriate main truss gusset plate calculations were performed for the I-35W bridge and the inadequate design review by Federal and State transportation officials. Contributing to the accident was the generally accepted practice among Federal and State transportation officials of giving inadequate attention to gusset plates during inspections for conditions of distortion, such as bowing, and of excluding gusset plates in load rating analyses.

## 新幹線・福岡トンネルのコンクリートはく落事故





## 2つの事例の（見えにくい）共通点

ミネソタの橋梁事故 : 設計ミスが原因

福岡トンネルの事故 : 施工不良が原因

いずれも、完成後数十年が経過した後に事故が発生している。顕在化する。

# 個人的に忘れられない記憶

2007年5月 大阪府内の遊園地  
ジェットコースターの毀損事故

原因： 車軸の疲労破壊 → 材料破壊に起因する  
→ 事故を予知できていたはず

別の乗客の発言・・・

「 何となく、おかしな音が出ていた・・・ 」



## 比較的新しい記憶



# 材料劣化による事故を予知するためには 1

- **現状の問題点**

- 情報があまりにも公開されていない

- **航空機を利用して強く感じる**

- 搭乗する航空機の製造年月日

- 事故の経験、修繕の有無と履歴

- パイロットの経歴、など

- **情報の公開が不可欠**

- ユーザー個々がリスクマネージメントを行う必要があるのではないか

## 材料劣化による事故を予知するためには 2

- 成熟した社会で必要なこと

- 安全モニタリングの情報を公開する

- 異常はユーザー全員で検知する

- ユーザーとして理解しておくこと → ユーザーに説明しておくこと

- 材料は損傷・破壊することがある・・・

- 破壊の前に、何らかの異常が生じること



## 構造物のモニタリングについて

構造物の損傷、破壊の事前検知を可能とするための、ハード技術およびシステム（ソフト技術）はどのようなものか？

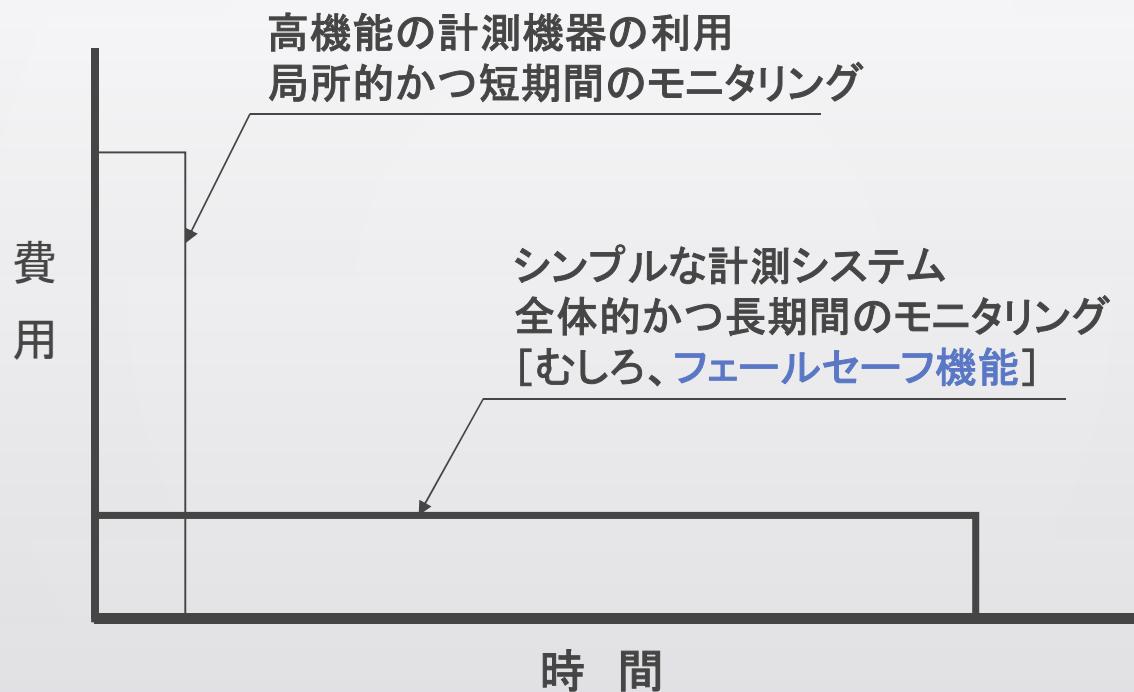


## 既往の研究

知能化材料を用いたHQMSの開発による港湾構造物の信頼性向上に関する研究

[HQMS：ハイクオリティモニタリングシステム]

## モニタリングの費用と時間の関係について





## 研究開発の概要

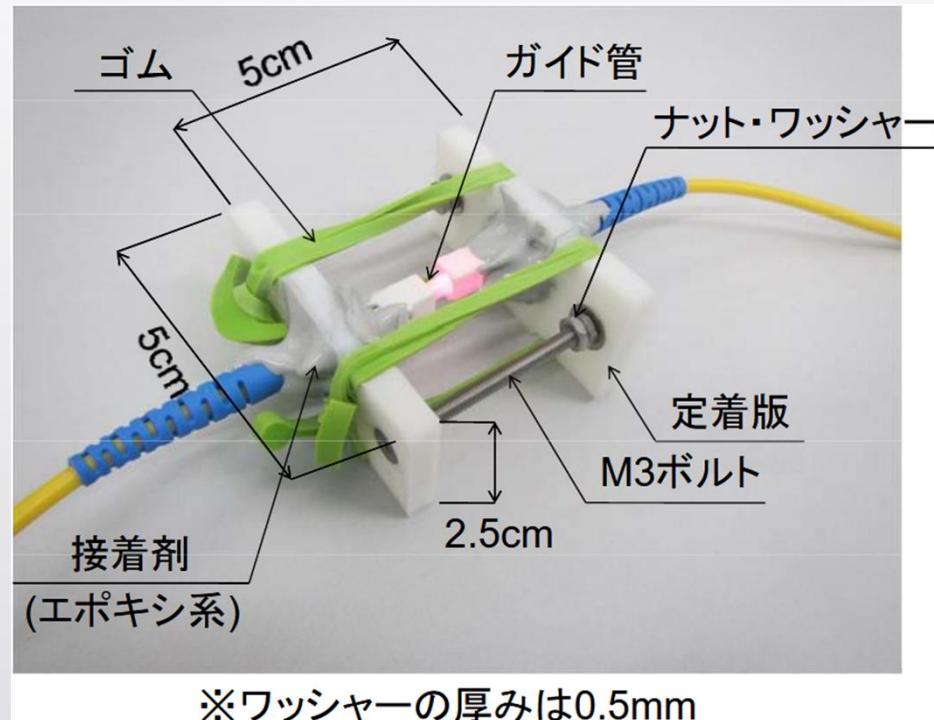
- ・光ファイバ自身の破断による光遮断を構造物の変状と関連付けることで、構造物の損傷を検知する方法。
- ・OTDRを応用する構造物の変状発生位置を特定できるシステムの構築。
- ・光ファイバセンサの構成にマグネットを活用する方法。



# 研究成果の報告 1

ジャケット式桟橋上部工における光ファイバモニタリングの実施  
(博多港での実測)

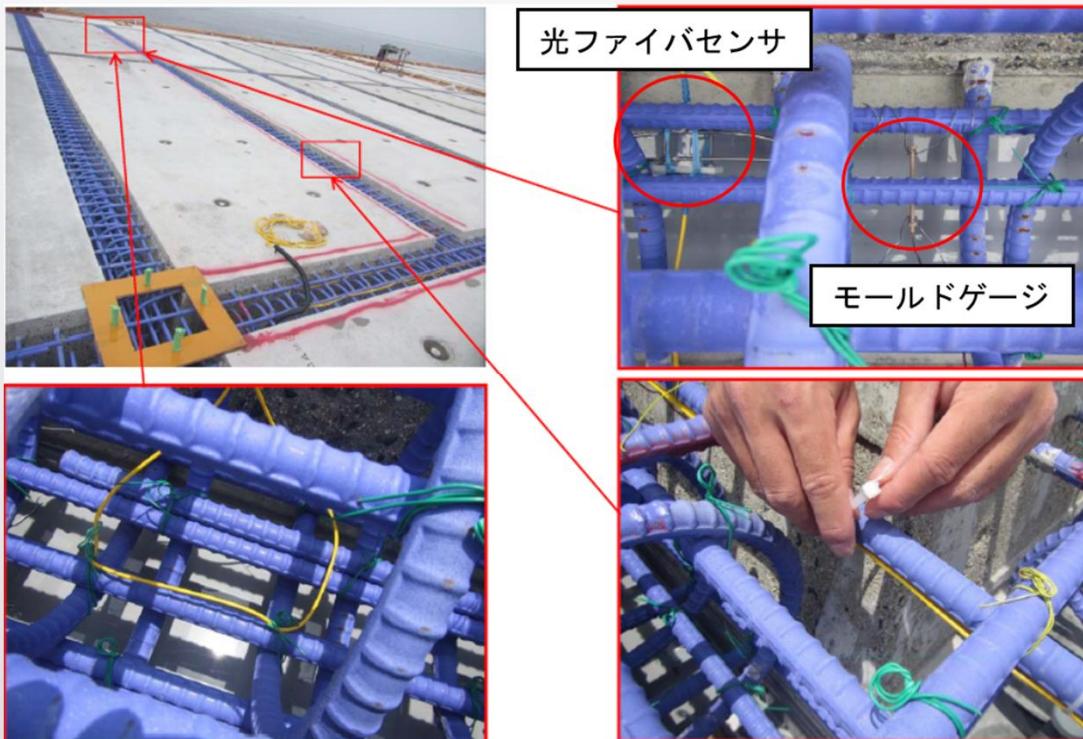
## 光ファイバセンサの試作



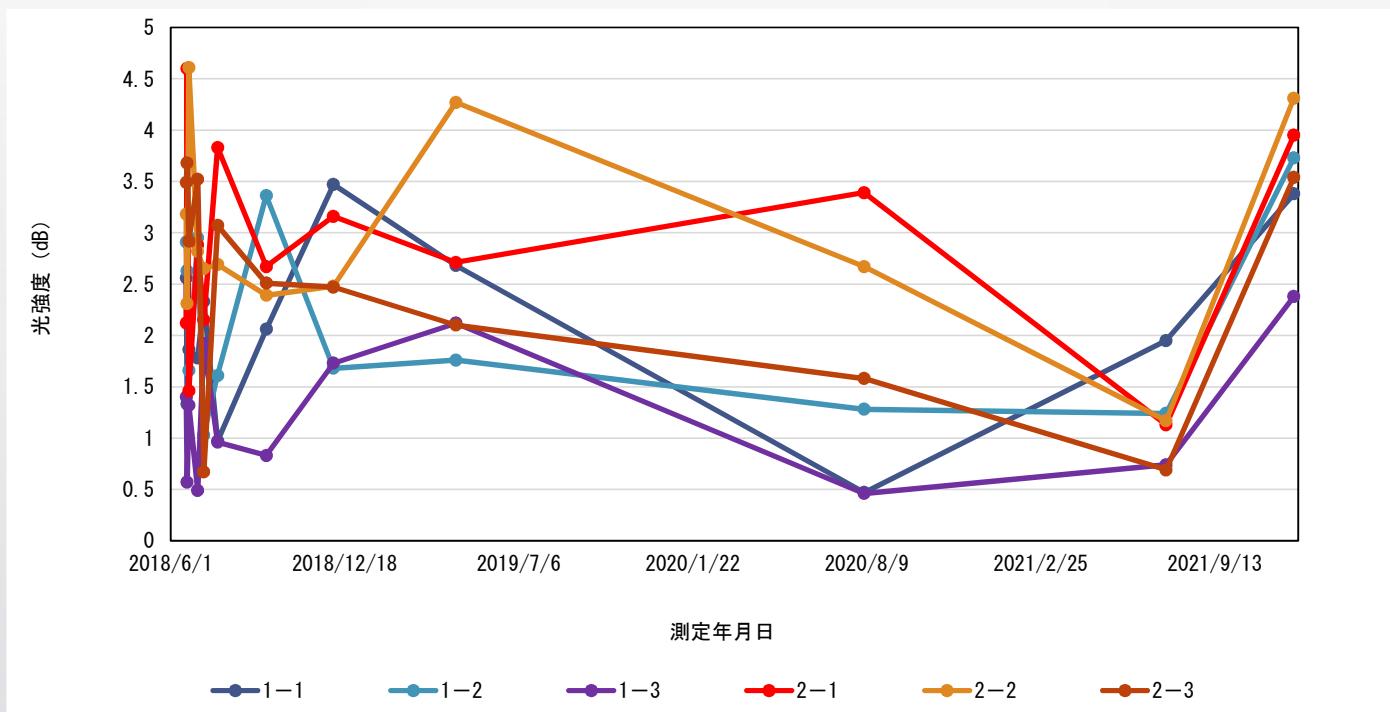
センサの試作は(株)ヤマウとの共同研究にて実施

# 光ファイバセンサの設置の状況

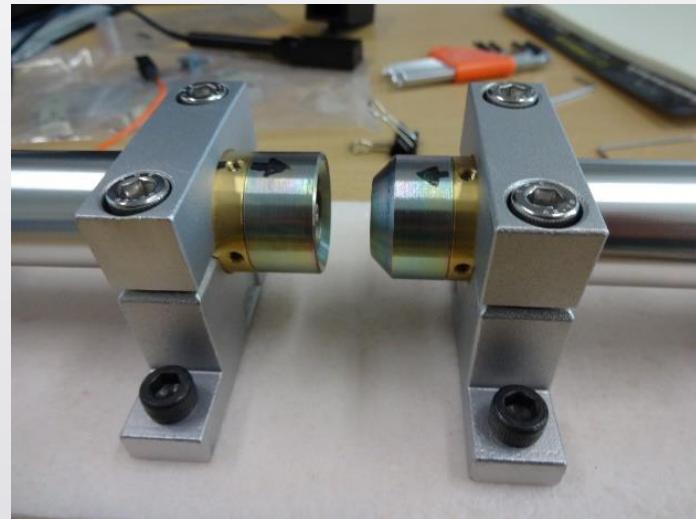
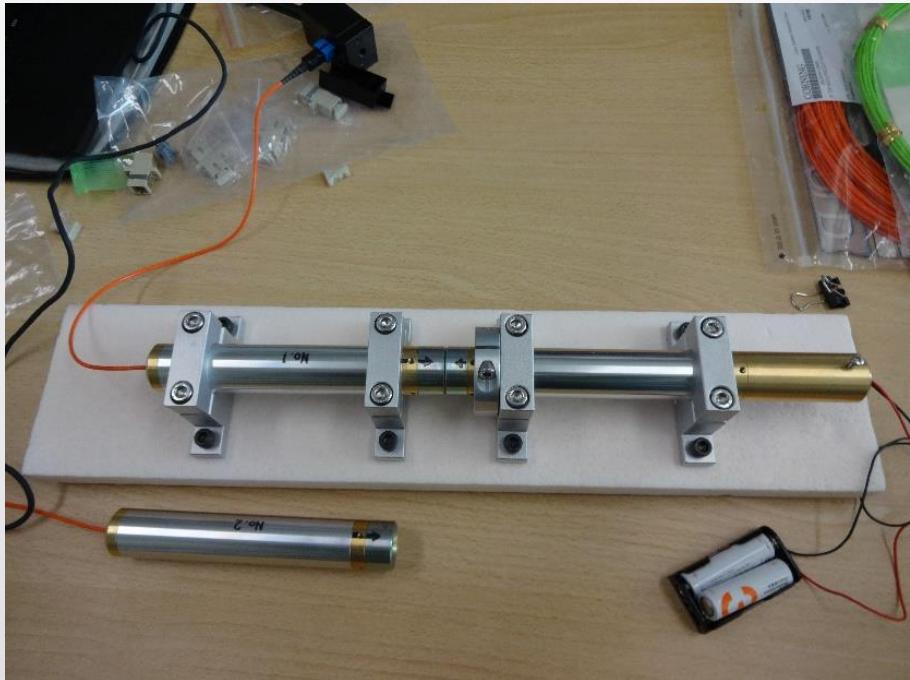
(博多港ジャケット式桟橋)



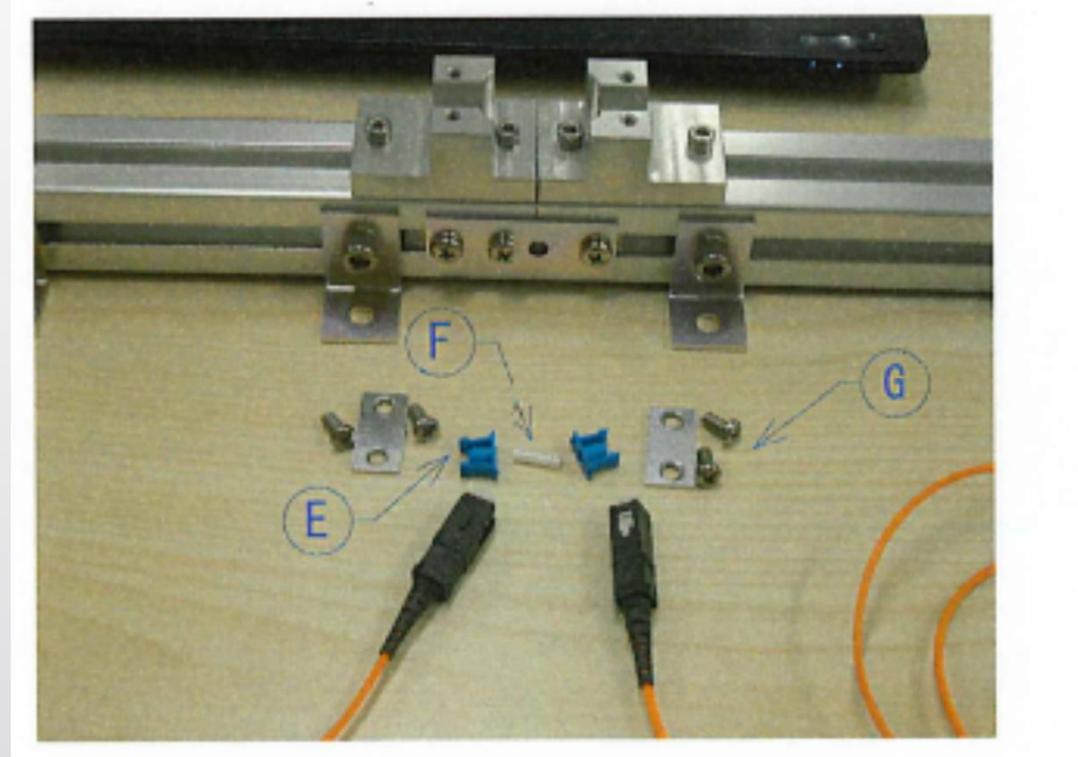
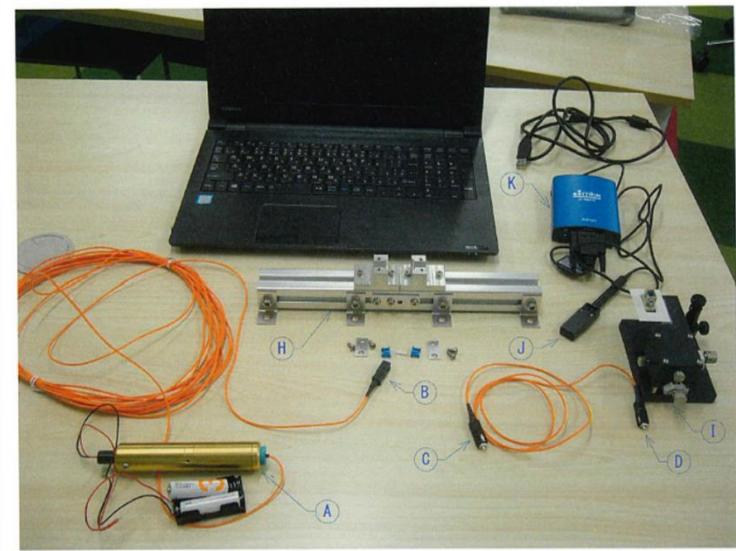
## これまでのモニタリングの結果



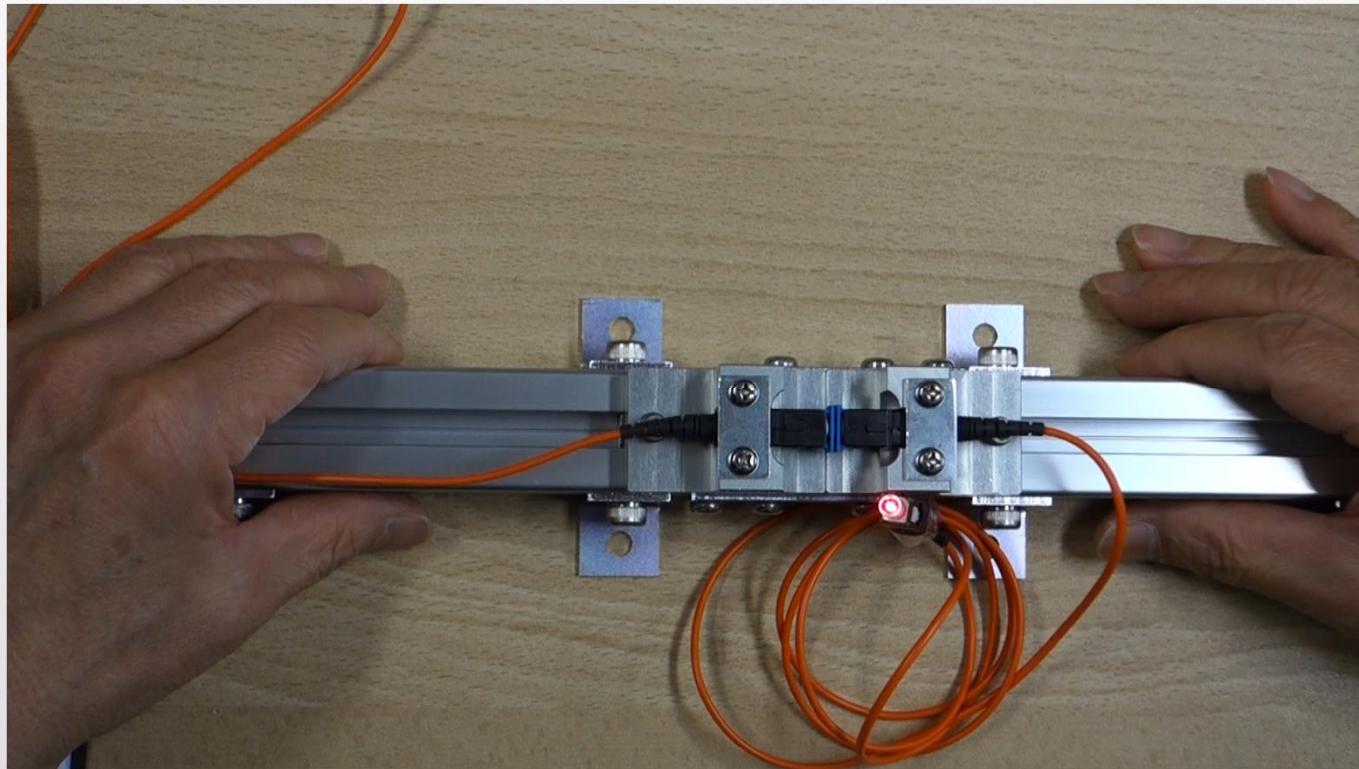
光ファイバ破断型の新たなセンサの開発 1



## 光ファイバセンサ 改良型



センサ部の挙動確認





## これまでの成果の概要

- （1）光ファイバ利用構造物のモニタリングシステムの全体の概念の構築。
- （2）光ファイバ利用モニタリングセンサの試作。
- （3）試作センサを実構造物（博多港の床板接合部）への適用。
- （4）光ファイバ利用センサの改良。



## 今後の展開

### 既存センサの接合部の光伝達能の向上

1) ファイバの接続部分における光強度の減衰率99%以上の達成。

### 復元性の確保（磁石の応用）

2) センサの接続部に磁石の適用。部品の一部を磁石で製造する。

（一財）港湾空港総合技術センター  
令和3年度 研究開発助成  
成果報告

フェールセーフ型のモニタリングによる老朽化インフラの  
安全性確保に関する研究

ご清聴ありがとうございました

濱田 秀則

〈九州大学大学院 工学研究院 教授〉