

2017/11/1 第16回構造物維持管理技術フォーラム

立入困難箇所にある鉄道橋を計測する (非接触振動測定システムの活用事例)

株式会社シーエス・インスペクター

目次

- はじめに
- 目的
- 計測機器
- 計測概要
- 計測結果
- その他活用事例
- まとめ
- おわりに

はじめに

シーエス・インスペクターでの主な業務

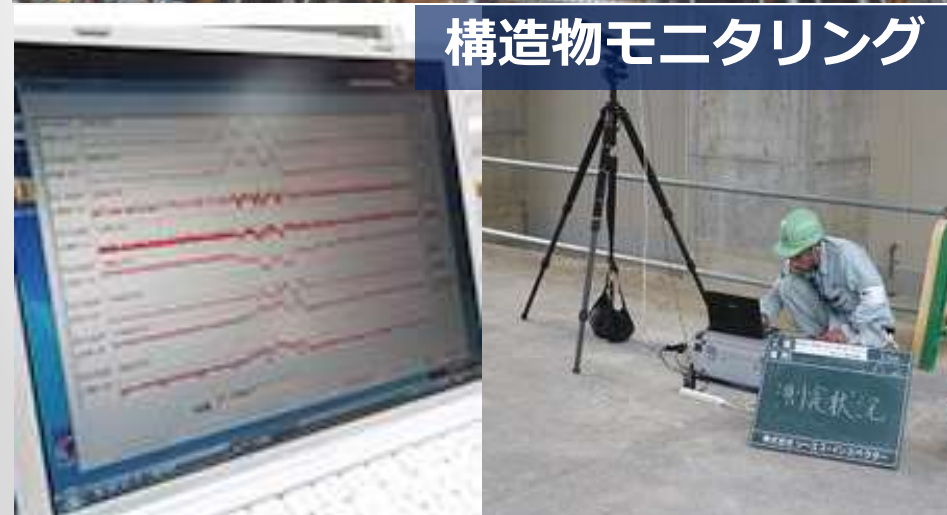
施工管理



構造物検査・診断



構造物モニタリング



検査用機器販売



はじめに

鉄道橋の検査診断における主な評価指標



上部工：桁たわみ量

- 桁や支承部の健全度
- 列車の乗り心地・走行性

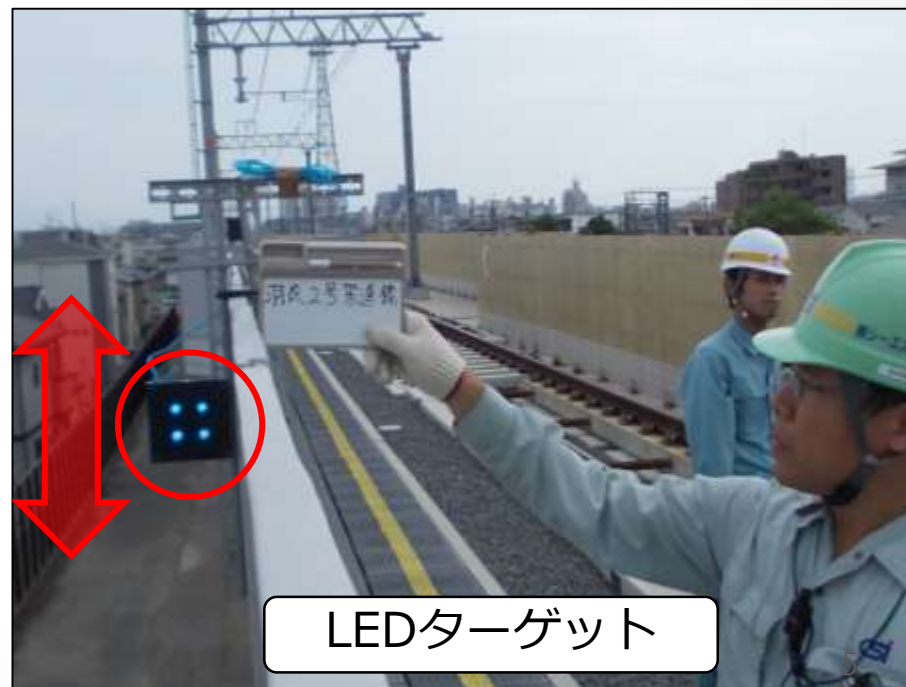
下部工：固有振動数

- 基礎・橋脚の健全度

はじめに

桁たわみ量測定方法：光学式変位測定システム

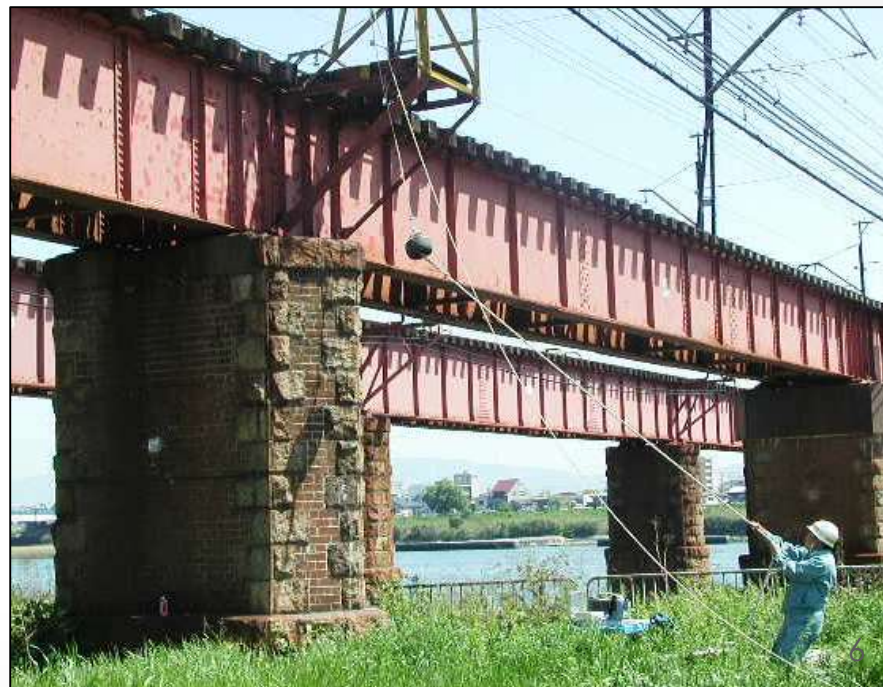
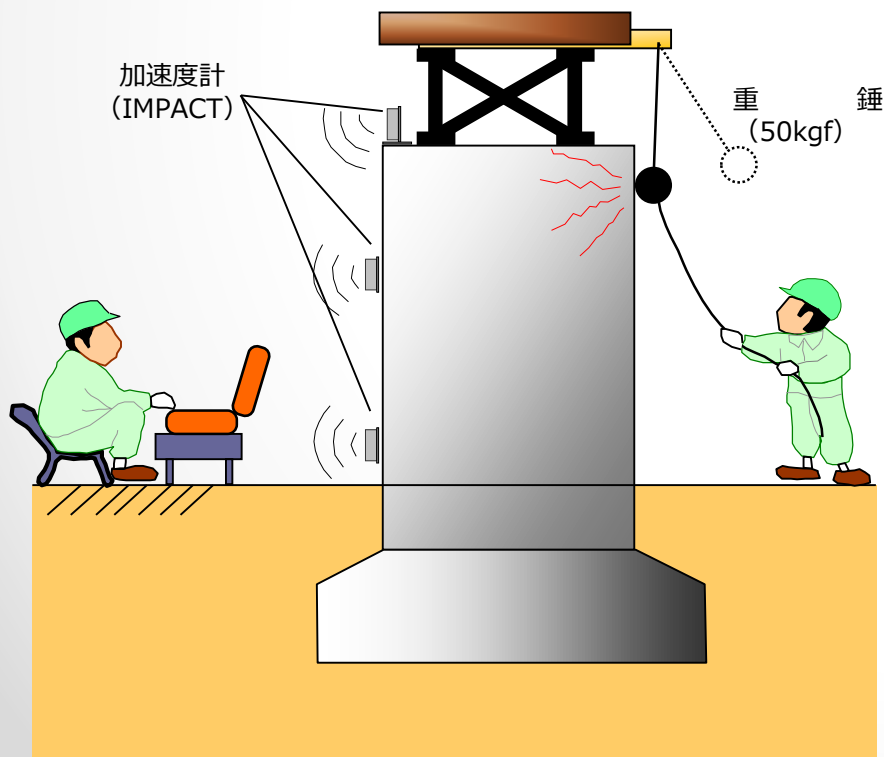
測定対象構造物へLEDターゲットを設置し、CCDカメラにより列車走行時のターゲットの挙動を捉え、桁たわみ量を計測



はじめに

固有振動数測定方法：衝撃振動試験

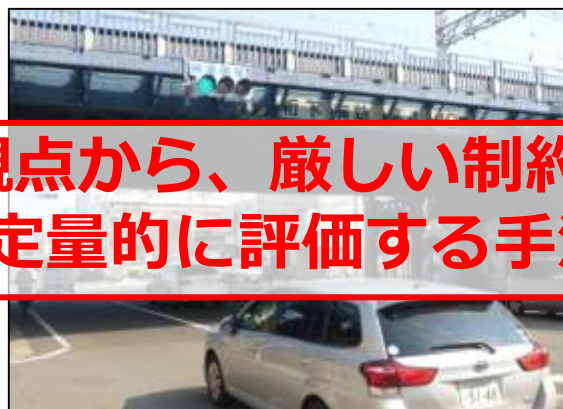
- 重錘等を用いて橋梁を打撃することにより自由振動を励起させ、加速度計により収録した応答波形から固有振動数を求める非破壊検査。
- 目に見えない地中基礎部の健全度も判定が可能。



従来の計測方法

計測器の設置や重量物の取り扱いといった作業が必要

- 機器類の設置等に時間と労力を要する
- 鉄道や交通量が多い道路上に位置する跨線橋や架道橋では計測が困難（安全面・時間的制約・諸手続き etc.）



**鉄道輸送の観点から、厳しい制約条件下においても
構造物を定量的に評価する手法が必要がある**

目的

立入困難箇所の橋梁を『**精度良く**』 『**安全に**』 『**簡易に**』
計測できる新たな技術の導入を図る。

非接触振動測定システム：UドップラーⅡ

離れた場所から非接触で簡易に構造物の振動数を測定できるシステム。

※（公財）鉄道総合技術研究所による開発



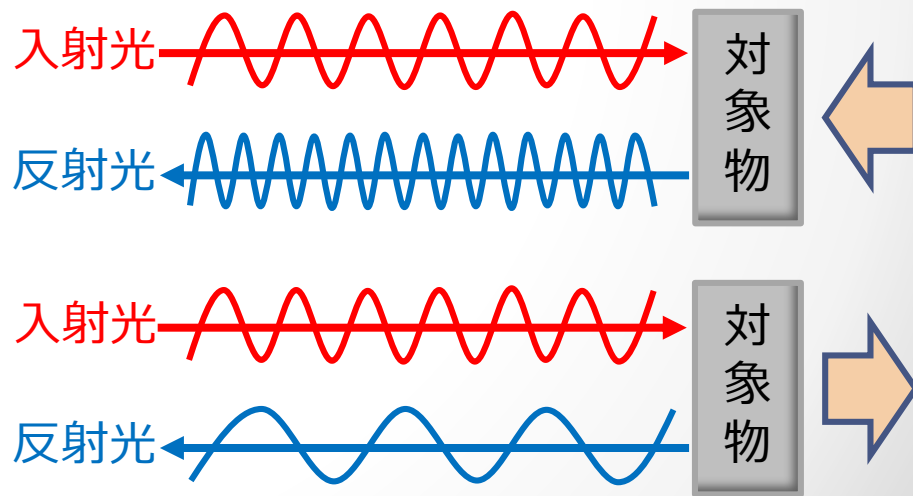
主な特徴

- 非接触・ターゲット不要※
※計測対象の色調により要
- 可搬性に優れる
(軽量・コンパクト)
- 長距離測定可能
(最大100m程度)
- 無線通信可能
- 現場でのデータ解析可能

非接触振動測定システム：UドップラーⅡ

測定原理

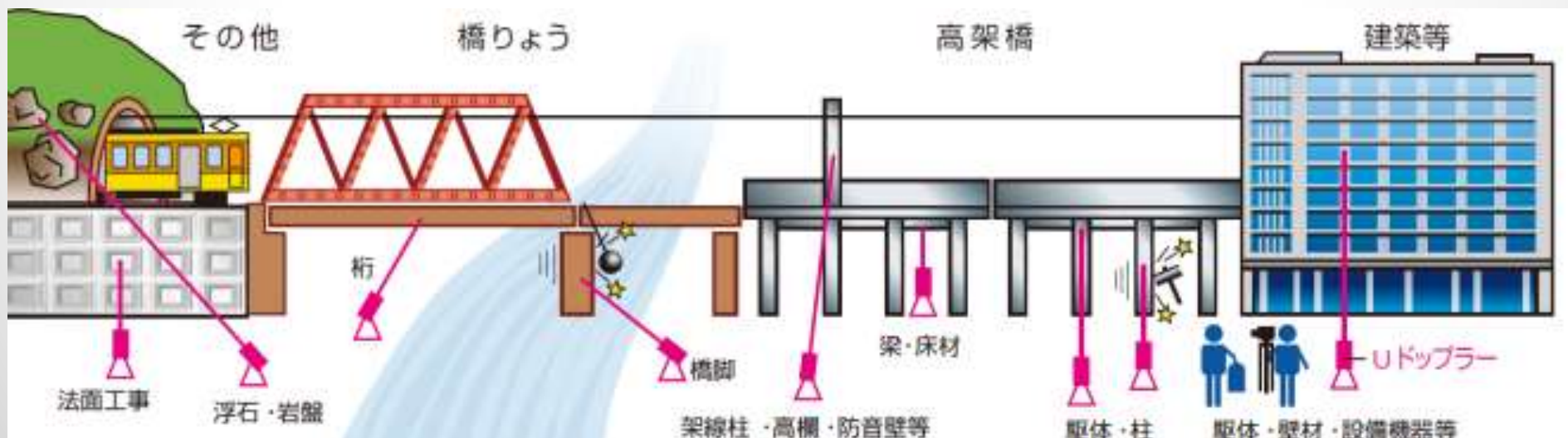
反射光の周波数の変化を捉えることにより速度と向きを求め、対象物の振動を測定する



非接触振動測定システム：UドップラーⅡ

主な用途

- 橋脚、高架橋、電車線柱、建築外壁、各種設備機器など大型構造物の固有振動数の推定
- 橋梁の橋桁等のたわみ測定
- 法面や岩盤斜面の落石危険度評価



出典：（株）ジェイアール総研エンジニアリング <http://www.jrseg.co.jp/work/pdf/kouzou2.pdf>

計測概要

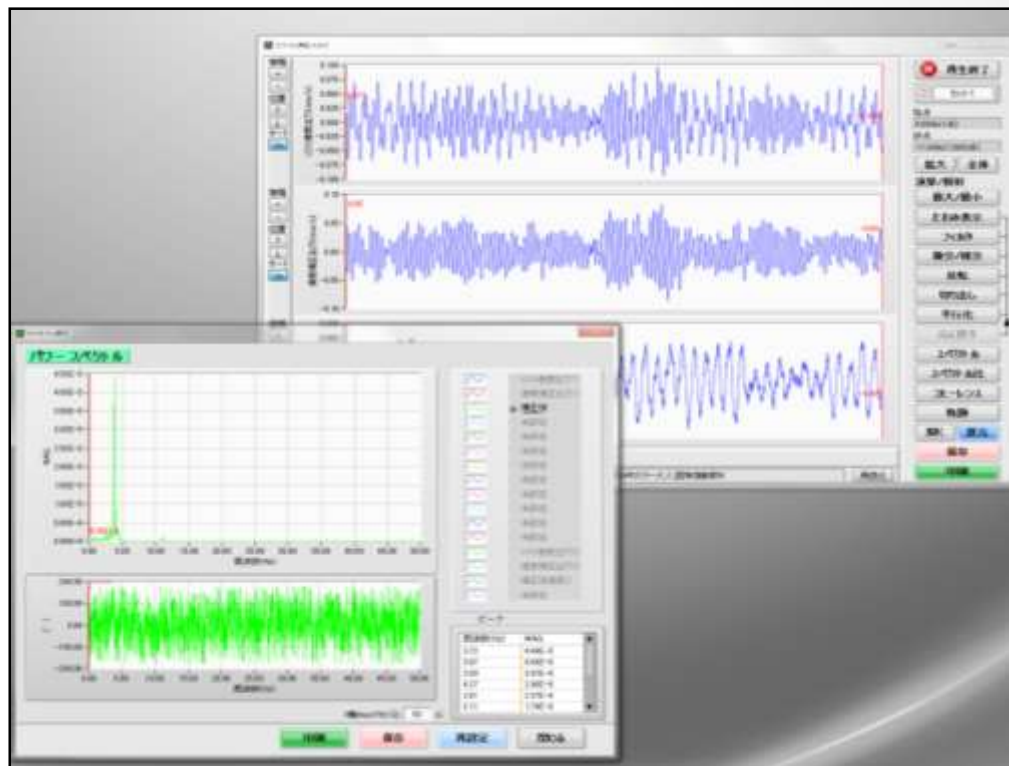
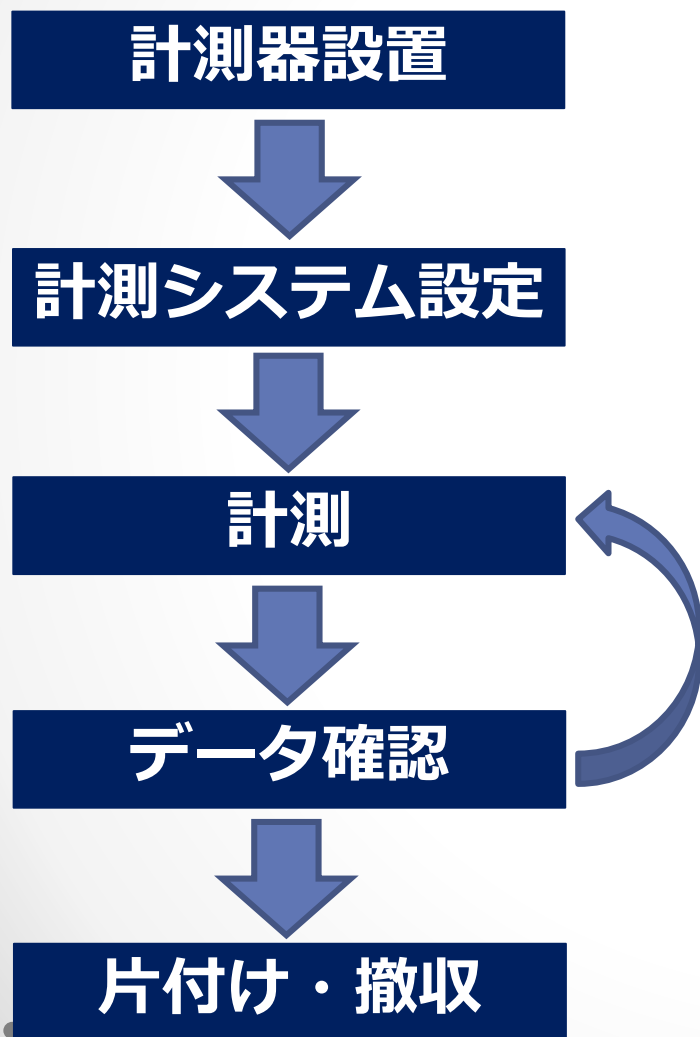
試験対象構造物

対象構造物	構造形式	測定項目	備考
高石連立高架橋 (下り線)	PC桁	桁たわみ	精度検証
	ラーメン柱	固有振動数	
南海本線跨線橋	鋼製桁	桁たわみ	南海本線上空
今宮交叉架道橋	鋼製柱	固有振動数	国道25号線上空



計測概要

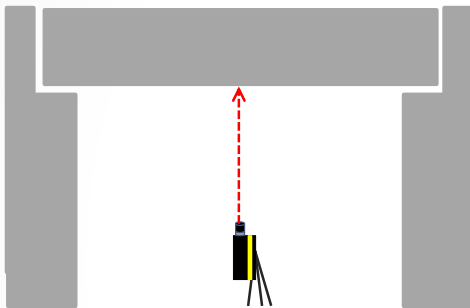
計測フロー【固有振動数測定】



所要時間：約15min
(10sec/1計測)

高石連立高架橋（下り線）【たわみ】

計測方法

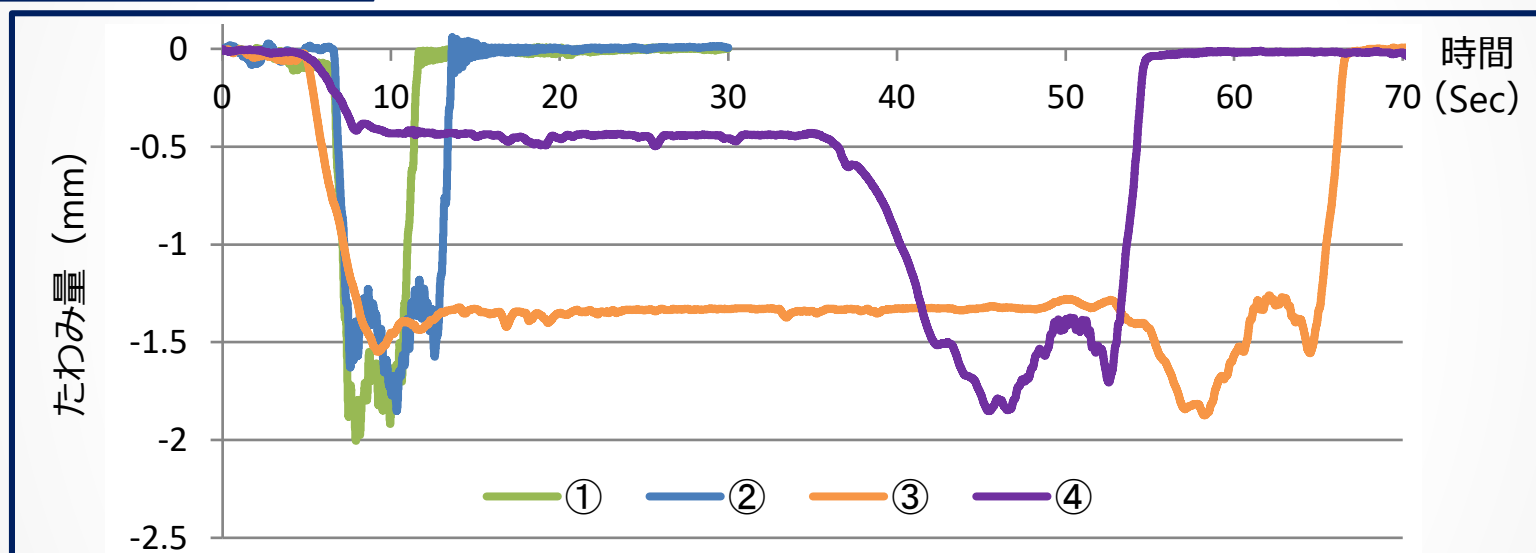


- 計測箇所：PC2（駅部）
- 計測位置：PC桁下面中央
- ターゲット：無し
- 列車通過時のたわみ量を測定



高石連立高架橋（下り線）【たわみ】

計測結果

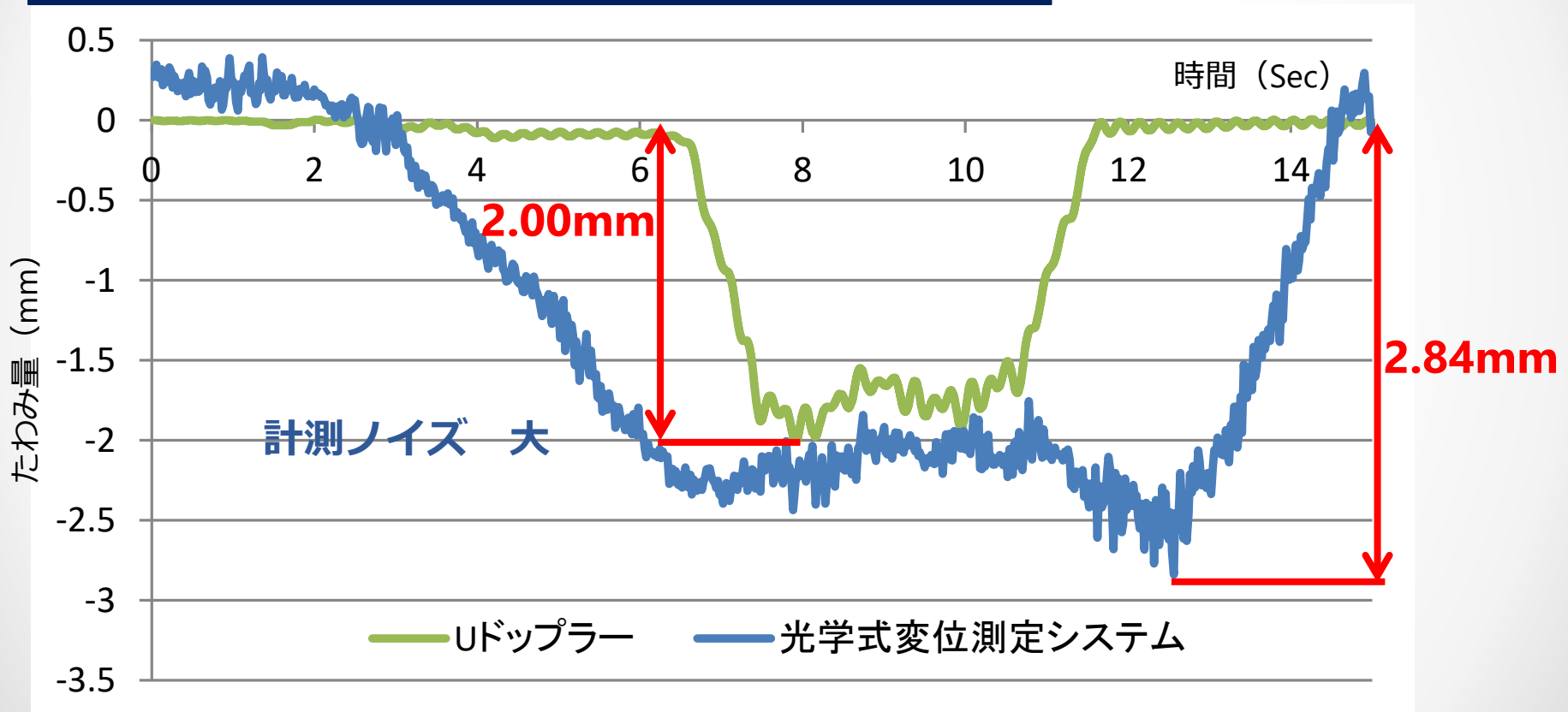


No.	列車種別	たわみ量 (mm)		桁長 (m)	備考
		測定値	Ave.		
①	特急ラピート_50000系_6両	-2.00	-1.95	31.96	通過
②	特急サザン_8000系_8両	-1.85			通過
③	空港急行_8000系_8両	-1.87			停車
④	普通_7000系_6両	-1.85			停車

計測結果

高石連立高架橋（下り線）【たわみ】

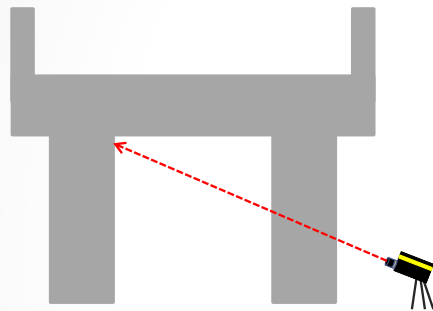
過年度計測結果との比較（特急ラピート-6両）



ノイズ・計測誤差等を考慮すると
Uドップラーの測定結果は概ね妥当である

高石連立高架橋（下り線）【固有振動数】

計測方法



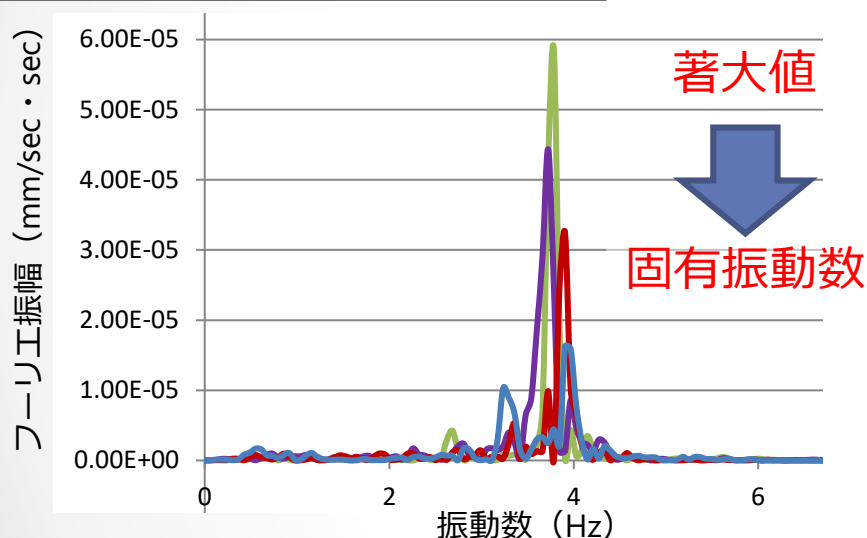
- 計測箇所：R2,R3（一般部）
- 計測位置：ラーメン柱上部
- ターゲット：無し
- 構造物の常時微動を測定



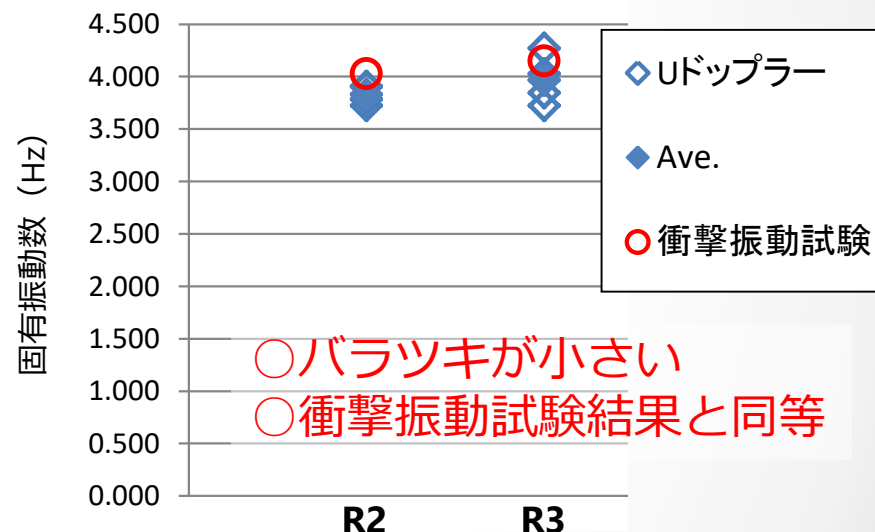
高石連立高架橋（下り線）【固有振動数】

計測結果

計測データ例（R2）4回計測



測定結果【比較】

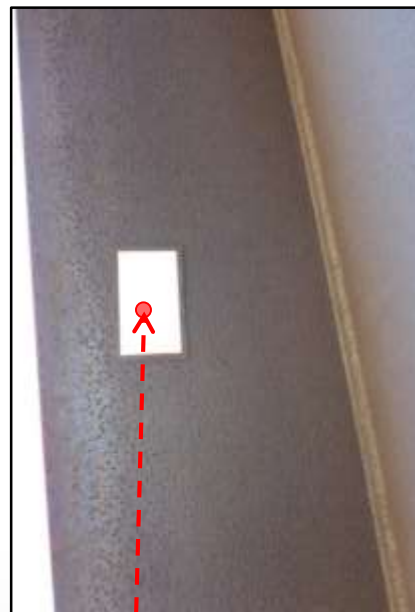
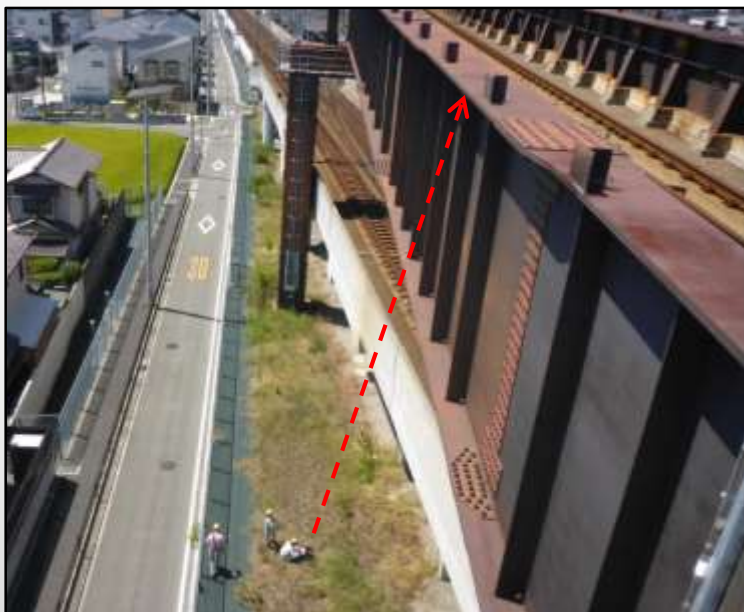


構造物	固有振動数 (Hz)						衝撃振動試験 (H28年度実施)
	Uドップラー					Ave.	
	1回目	2回目	3回目	4回目			
R2	3.723	3.784	3.906	3.906	3.830	4.028	
R3	4.272	3.845	4.028	3.723	3.967	4.150	

南海本線跨線橋【たわみ】

計測方法

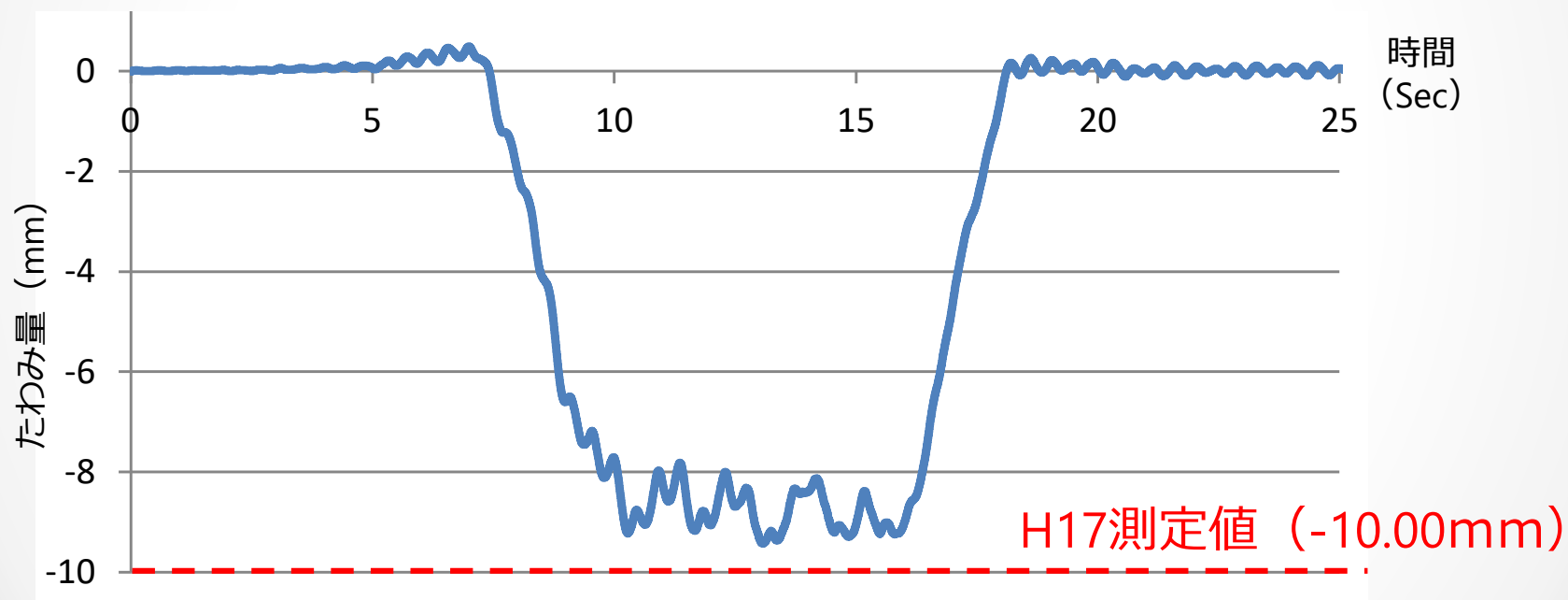
- 計測箇所：3,4連目
- 計測位置：主桁上フランジ下面
- ターゲット：有り
- 列車通過時のたわみ量を測定



南海本線跨線橋【たわみ】

計測結果

計測データ例 (3連目 空港急行 1000系 6両)



- 列車通過時における桁の挙動も比較的精度よく捉えることが可能
- H17実施結果と比較しても同程度のたわみ量

南海本線跨線橋【たわみ】

計測結果

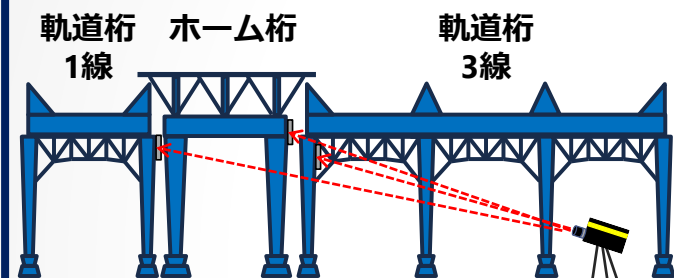
No.	列車種別	たわみ量 (mm)			桁長 (m)
		測定値	Ave.	H17測定値	
3 連目	特急ラピート_50000系_6両	-10.79	-10.10	-10.00	42.05
	特急ラピート_50000系_6両	-10.20			
	空港急行_8000系_8両	-9.98			
	空港急行_1000系_6両	-9.43			
4 連目	特急ラピート_50000系_6両	-6.43	-6.88	-7.00	34.01
	空港急行_7000系_8両	-7.16			
	空港急行_7000系_8両	-7.58			
	普通_8000系_6両	-6.35			

- 同じ列車種別で比較してもバラツキが小さい (0.4~0.6mm程度)
- H17実施結果と比較しても同程度のたわみ量

今宮交叉架道橋【固有振動数】

《新規》

計測方法



- 計測箇所：左・中央・右
- 計測位置：各柱上部
- ターゲット：有り
- 構造物の常時微動を測定

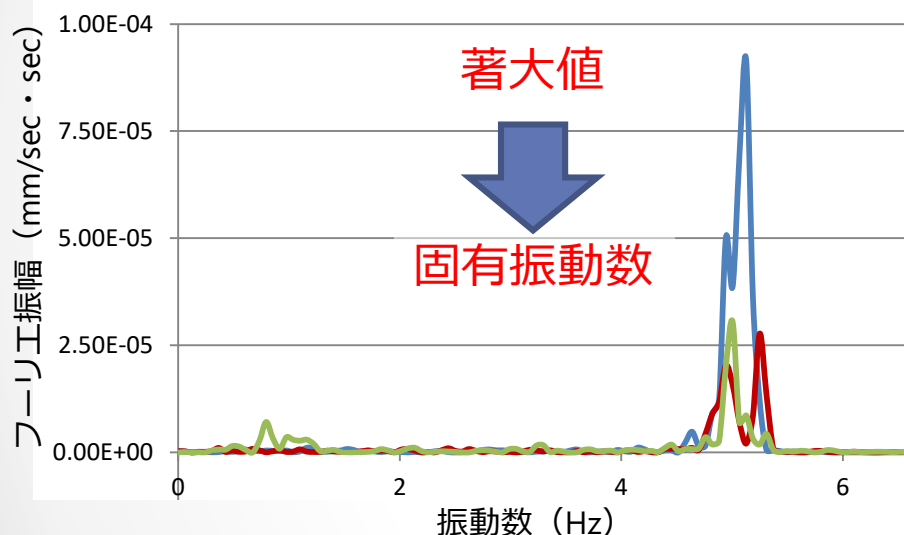


今宮交叉架道橋【固有振動数】

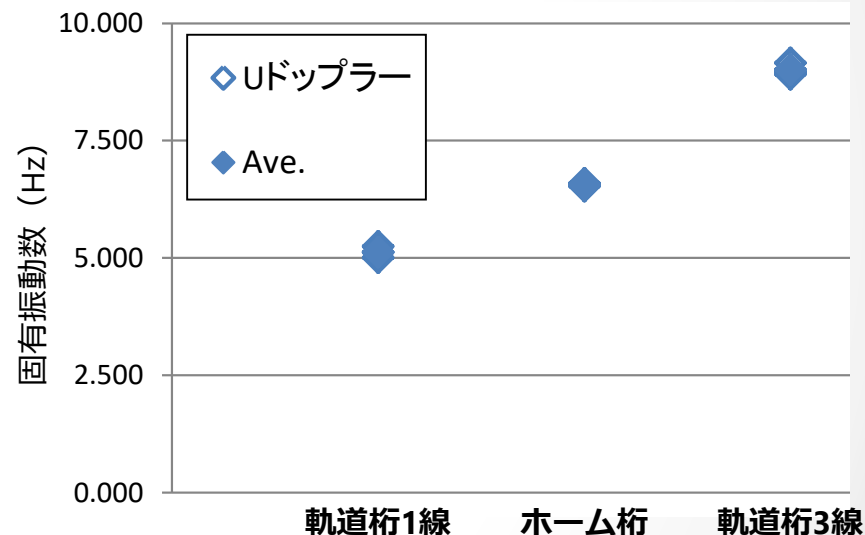
《新規》

計測結果

計測データ例（左：軌道桁1線） 3回計測



測定結果【比較】



- 波形について、フーリエ振幅に差異がみられるものの固有振動数については概ね同等
- バラツキが小さい (0.061~0.244Hz程度)

精度よく

桁たわみ、固有振動数とも過年度測定結果と同等の値を示し、Uドップラーが既存の手法と同程度の精度を有していることが実証された。

安全に

軌道内や交通量の多い道路といった危険を伴う箇所での作業を最小限に軽減することができ、安全に測定できることが実証された。

簡易に

可搬性・操作性に優れ、かつ構造物によってはターゲットの設置を省略できる等、効率よく簡易に計測できることが実証できた。

おわりに

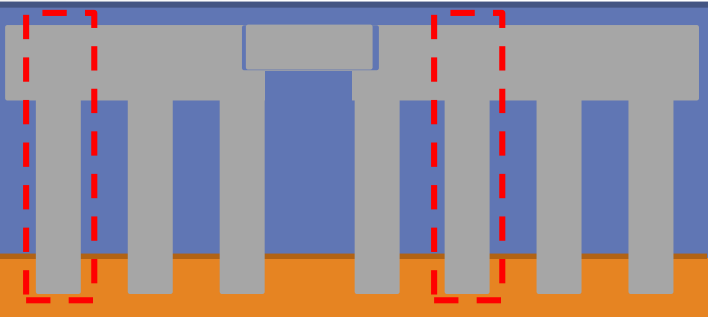
固有振動数測定における新技術の適用イメージ

【衝撃振動試験】

変形モード・位相差スペクトル ⇒ より正確な固有振動数の推定が可能

【Uドップラー】

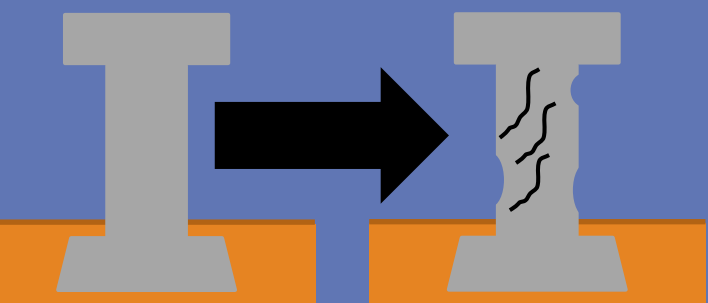
安全・簡易に固有振動数の推定が可能 ⇒ 有用性が高い



【同種構造形式が連続した構造物】

代表断面：衝撃振動試験+Uドップラー
⇒ 精度検証と基礎データの取得

Uドップラーによる全箇所測定【全数把握】



【構造物の経時変化把握】

初期値：衝撃振動試験+Uドップラー
⇒ 精度検証と基礎データの取得

Uドップラーによる事後測定【作業効率化】

それぞれの特性や目的に応じて手法を選択することが重要 ²⁴

ご清聴ありがとうございました