

5. RC 床版変位計測のガイドラインと 不動梁法の適用確認

本報告会の講演内容はモニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究であり、内閣府の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」の委託事業研究成果を含みます。

本書の一部または全部を許可なく複製・転載・引用することを禁じます。

RC床版変位計測のガイドラインと 不動梁法の適用確認

株式会社共和電業
立野 恵一

1

本日の報告内容：

* RC床版変位計測（ガイドライン）

1) 技術の概要

- ・目的
- ・システムの概要

2) モニタリングの方法

- ・モニタリングの手順
- ・計画
- ・機器の選定
- ・変位計の設置

* 不動梁法の適用確認

- ・確認実験対象橋梁
- ・実験目的
- ・不動梁の設置
- ・実験した3種類の変位計設置方法
- ・実験結果
- ・まとめ

変位計によるモニタリング：技術の概要

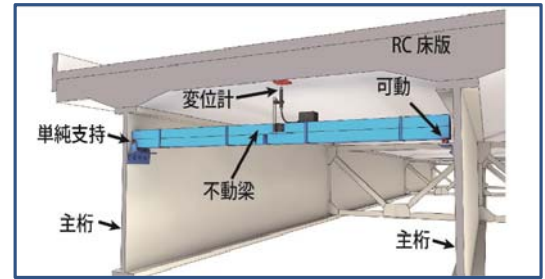
* 目的

・過度の損傷(健全度Ⅲ後期)を発見。

・工事費用の確保が出来ない。
・交通阻害の影響がある。

補修・補強・更新等の
維持管理工事が出来ない。

・代替路が無く供用せざるを得ない。
・RC床版の損傷状態を監視し、
事故を未然に防ぐことが出来る。



不動梁を用いた変位計測イメージ図

RC床版の
変位常時計測

変位計によるモニタリング：技術の概要

* システムの概要

【静的計測法】・【動的計測法】とは？

【静的計測法】：時間的に緩慢な変化をする現象を計測する。

例：車両重量計測、距離計測、温度計測

【動的計測法】：時間と共に急激に変化する現象を計測する。

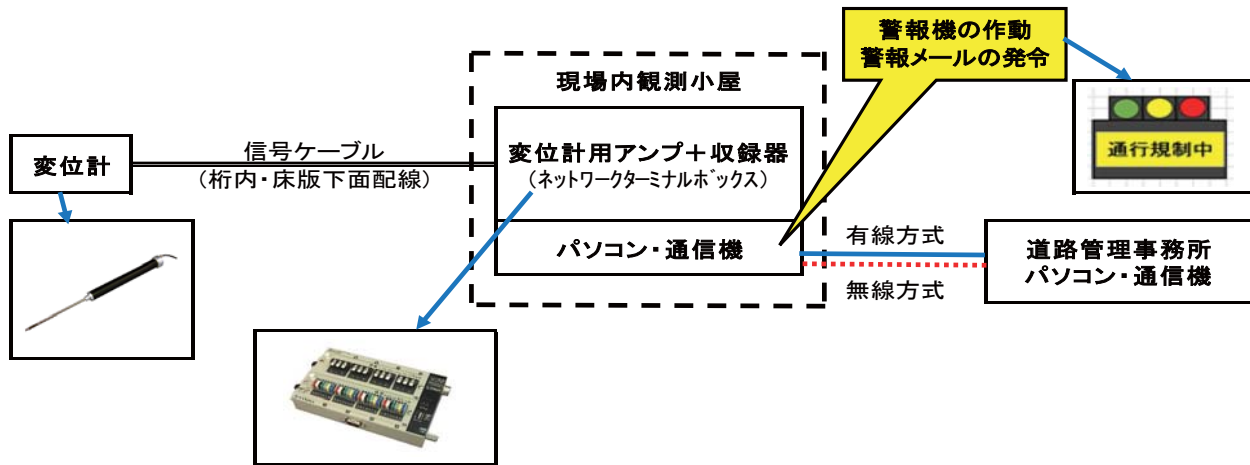
例：振動加速度計測、衝撃実験計測

変化のスピードに合わせた計測方法が必要です。

・健全度Ⅲの初期段階：緩やかな変化⇒静的計測法

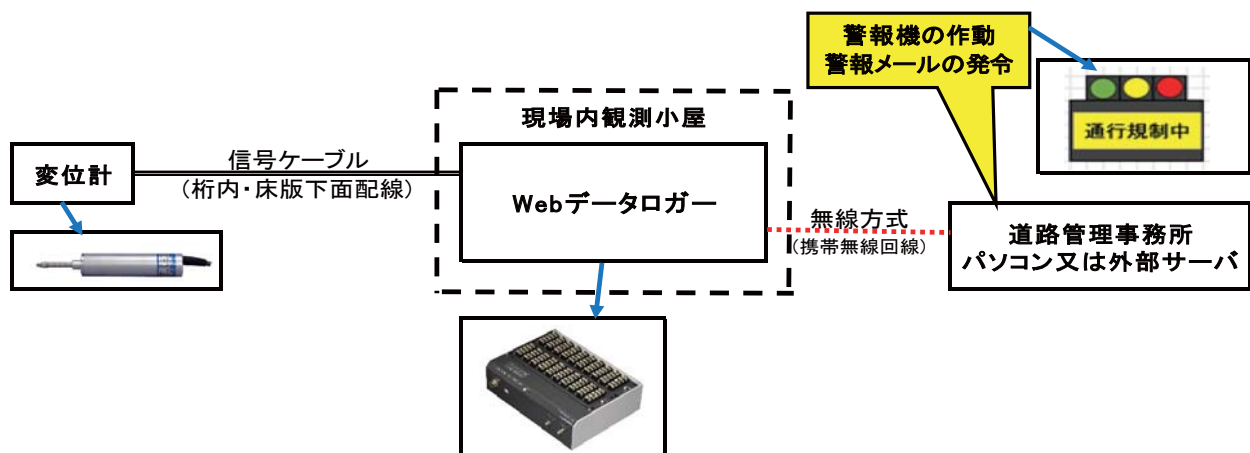
・健全度Ⅲの後期段階：急激な変化 ⇒動的計測法

【標準的システム（動的計測）】



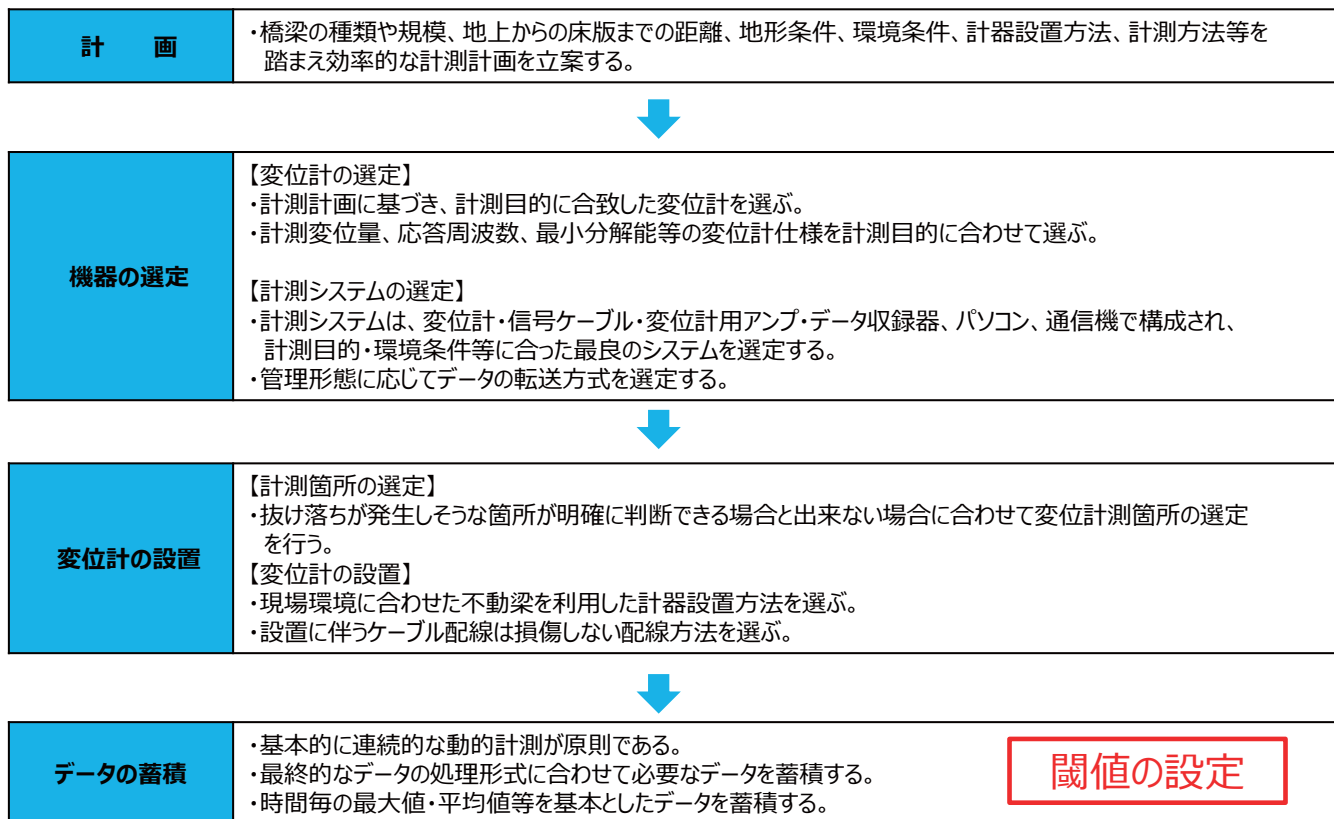
- ①変位計と変位計用アンプ：応答性の高いセンサ、感度方向の確認、接続の少ないケーブル、コネクタの形状確認。
- ②データ収録器：電圧又は電入入力仕様が多数（計器仕様の確認）、サンプリング周波数の確認。
- ③パソコン：計測の制御、データの蓄積、閾値の判定、警報発令。
- ④その他システム機器：一体型が増加（アンプ・収録器・データ処理機能）目的の仕様に合致しているか？確認が必要。
- ⑤耐久性：計測期間に十分余裕、故障時の対応（データの継続性）、定期点検整備。
- ⑥電源：商用電源が理想、各種発電機器・蓄電池・充電器等には余裕を持たせる。長期の場合は無停電電源装置は必須。

【静的計測システム】



- ①変位計と変位計用アンプ：応答性の低いセンサでも可能、感度方向の確認、接続の少ないケーブル、コネクタの形状確認。
- ②データ収録器：センサ原理専用の測定器（ロガー）が多い（計器仕様の確認）、インターバル計測が可能。
USB等による半手動回収、路車間無線通信による回収等のデータ回収あり。
（閾値の比較はデータ回収後の場合もある。）
- ③パソコン：計測の制御、データの蓄積、閾値の判定、警報の発令。
- ④その他システム機器：一体型が増加（ロガー・収録器・データ転送機能）、Webロガー（現場）+送受信機・PC、仕様の確認。
- ⑤耐久性：計測期間に十分余裕、故障時の対応（データの継続性）、定期点検整備。
- ⑥電源：商用電源が理想、各種発電機器・蓄電池・充電器等には余裕を持たせる。長期計測の場合には、耐雷対策も必要。

* モニタリングの手順



* 計画（目的に則した効率的な計測計画の立案）

- ① 橋梁の種類や規模：
大型車の混入率、車線の偏り、コンクリート劣化原因の把握
- ② 床版下部の構造や床版高さ（不動梁法を基準として）
足場の確保（点検用通路の確認）、河川の場合（専用作業車？）
- ③ 周囲の地形条件や環境条件
機材運搬ルート、電源設備、無線通信状態
塩害・凍害対策、高温対策（直射日光）、落雷対策
- ④ 機器の選定
計測期間、設置方法、計測条件（静的・動的、測定間隔、伝送方式等）
メーカー混在（仕様、接続方式、感度方向等）：事前確認が必要
- ⑤ 計測方法
最終的な計測データ処理方法？に応じた対応

* 機器の選定（変位計の選定）

① 計測範囲と分解能

計測範囲：予想される測定範囲の1.5倍以上が望ましい。

分解能：計測範囲の1/100以下が望ましい。

【分解能：計測器において、出力に識別可能な変化を生じさせることのできる入力の最小値。識別可能な指示値間の最小の差異】

② 応答周波数

非測定対象物の振動変位に応答できる応答周波数を有する。

③ 耐久性

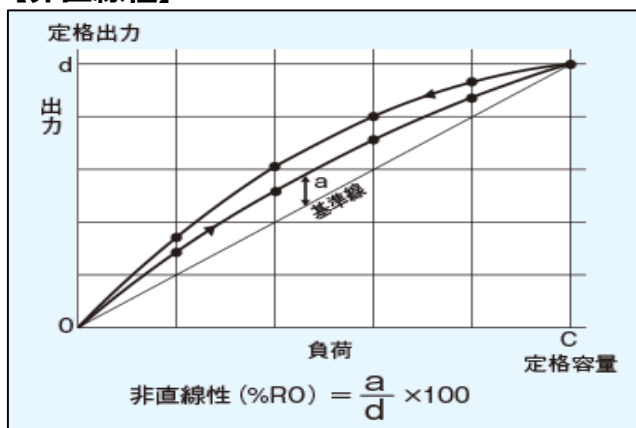
計測期間において十分な耐久性。（安定して計測できる。）

中古品：定期的なメンテナンス（メーカー）、事前確認。

計器の交換（故障、損傷等）：データの継続性の確認。

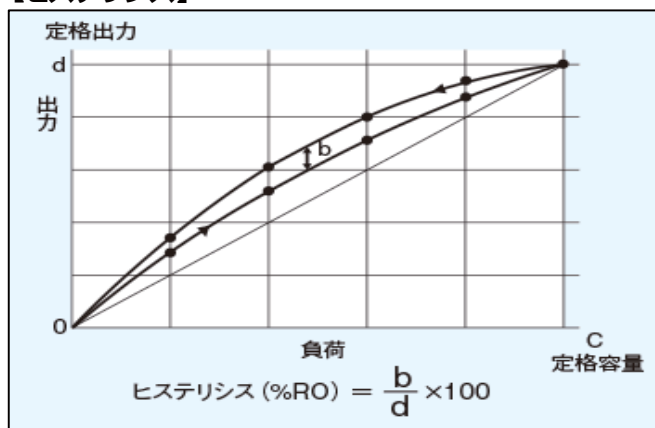
【計測メモ：検査成績書の内容】

【非直線性】



・校正曲線の無負荷時出力と定格負荷時出力とを結ぶ直線との最大偏差を、定格出力に対する百分率で表す。但し、負荷の増加サイクルにおける最大偏差とする。

【ヒステリシス】



・校正曲線の負荷増加時と負荷減少時の出力の差をいう。通常、無負荷と定格負荷の間を往復させたときの同一負荷に対する出力の最大差を定格出力に対する百分率で表す。

【温度補償範囲】・出力および零点の温度影響が仕様を超えないように補償されている温度範囲をいう。

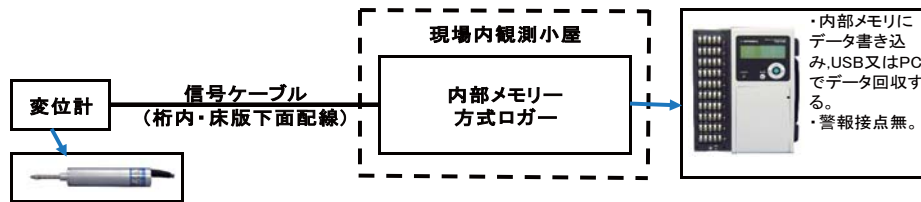
【許容温度範囲】・仕様は満足しないが、永久的な特性変化を生じることなく使用できる温度範囲をいう。

変位計によるモニタリング：モニタリングの方法

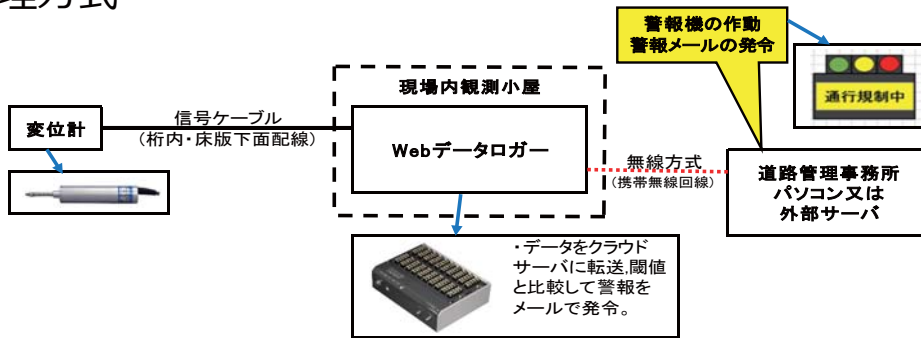
* 機器の選定（計測システムの選定）

【静的計測システム】

①内部メモリ回収方式



②外部処理方式

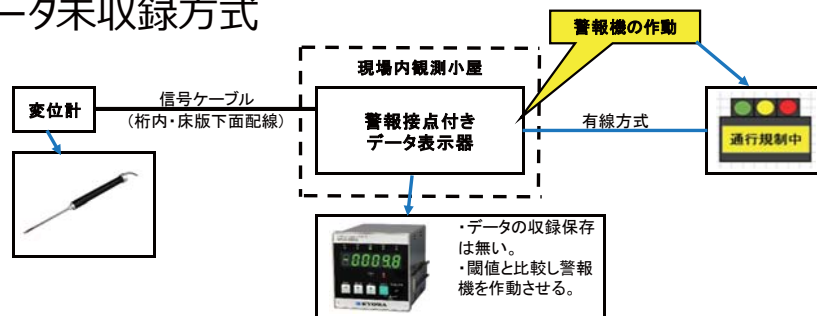


変位計によるモニタリング：モニタリングの方法

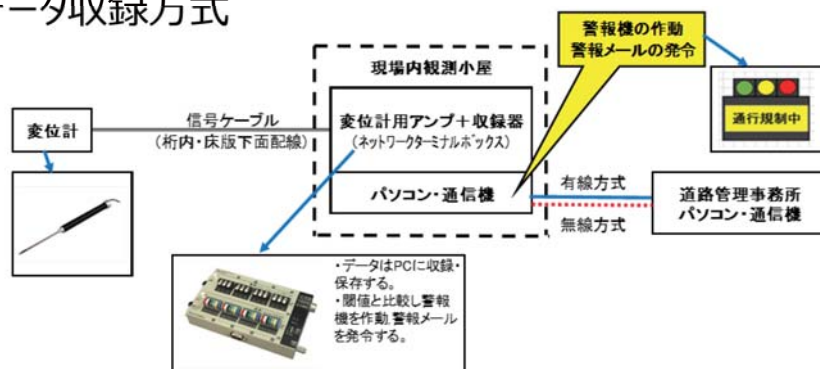
* 機器の選定（計測システムの選定）

【動的計測システム】

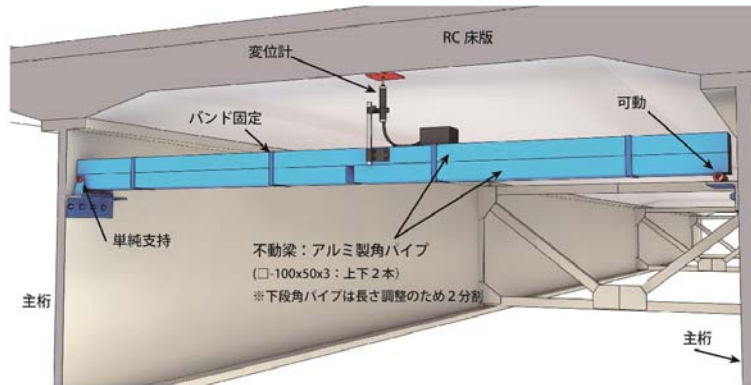
①閾値判定・データ未収録方式



②閾値判定・データ収録方式



* 変位計の設置（不動梁の設置）



不動梁設置イメージ図

【不動梁設置の注意点】

- ①測定箇所の直下に設ける。
- ②床版下面の近傍に設置する。
(主桁の変形影響を受けない位置)
- ③軽量で剛性が高く、作業性が良い材料を使用する。
- ④対傾構を利用することも可能である。



不動梁設置写真



不動梁端部写真

* 変位計の設置（変位計の設置）

【変位計設置の注意点】

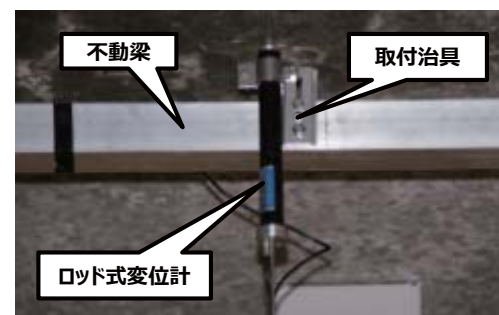
- ①不動梁への取り付けは、長期計測の場合には専用治具を利用する。
マグネットスタンドでの取り付けは、短期計測とする。
- ②RC床版に対して垂直に設置する。
- ③変位計の計測範囲は、計測容量の50%程度で調整する。
(床版は車両通行時には上下変動をする。)
- ④変位計は防水型が理想である。
- ⑤変位計ケーブルが余裕を持って固定する。但し、ケーブルが車両走行や風等の影響で、変位計に影響を与えないように注意が必要である。
- ⑥メーカーにより電気出力の方向性が異なるので、事前確認が必要である。また、設置する全ての変位計の感度方向は統一する。

【ケーブル配線の注意点】

- ①信号ケーブルは1測点毎に独立したシールド付ケーブルを使用する。
- ②長期計測の場合、小動物による損傷を避けるために保護管で防護する。
- ③電源ケーブルとの並列配線は原則しない。
- ④ケーブルは接続の少ないケーブルを使用する。長期計測では、防水性を考慮した接続材料を利用する。
- ⑤誘導雷による被災を考慮し、長期計測では耐雷装置を利用する。



不動梁に取り付けた変位計



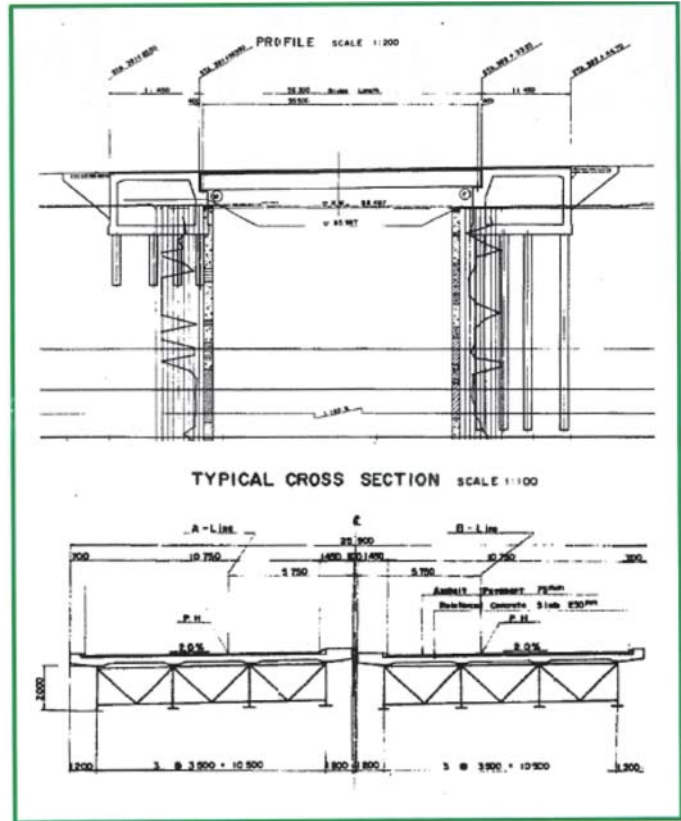
不動梁に専用治具で取り付け変位計

* 確認実験対象橋梁 (橋梁の諸元)

橋梁形式：鋼単純鉸桁橋
 橋 長：36.3m
 幅 員：10.75m
 床版形式：RC床版 (t=230mm)
 供用年：1975年4月
 断面交通量：45,167台/日 (H26)
 大型混入率：30.1% (H26)



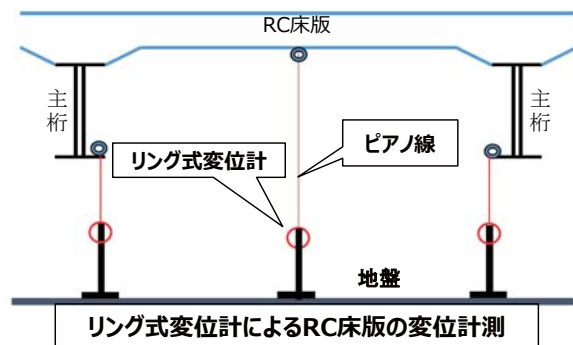
大森川橋



* 実験目的

【既設変位測定法の問題点】

- ① RC床版の変位計測は、3点の変位計が必要である。(RC床版中央変位、左右主桁変位)
- ② リング式変位計は、長期の連続計測には向かない。
- ③ リング式変位計は、風の影響を受ける。影響を無くすには、防護カバーが必要となる。
- ④ 床版下面が河川や水面であれば変位計の設置ができない。

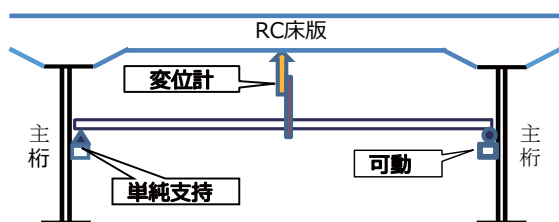


* RC床版の変位計算 (既設変位測定法)

$$\text{RC床版の変位} = \text{RC床版中央の変位} - (\text{主桁変位(右)} + \text{主桁変位(左)}) / 2$$

【不動梁方式変位測定法の利点】

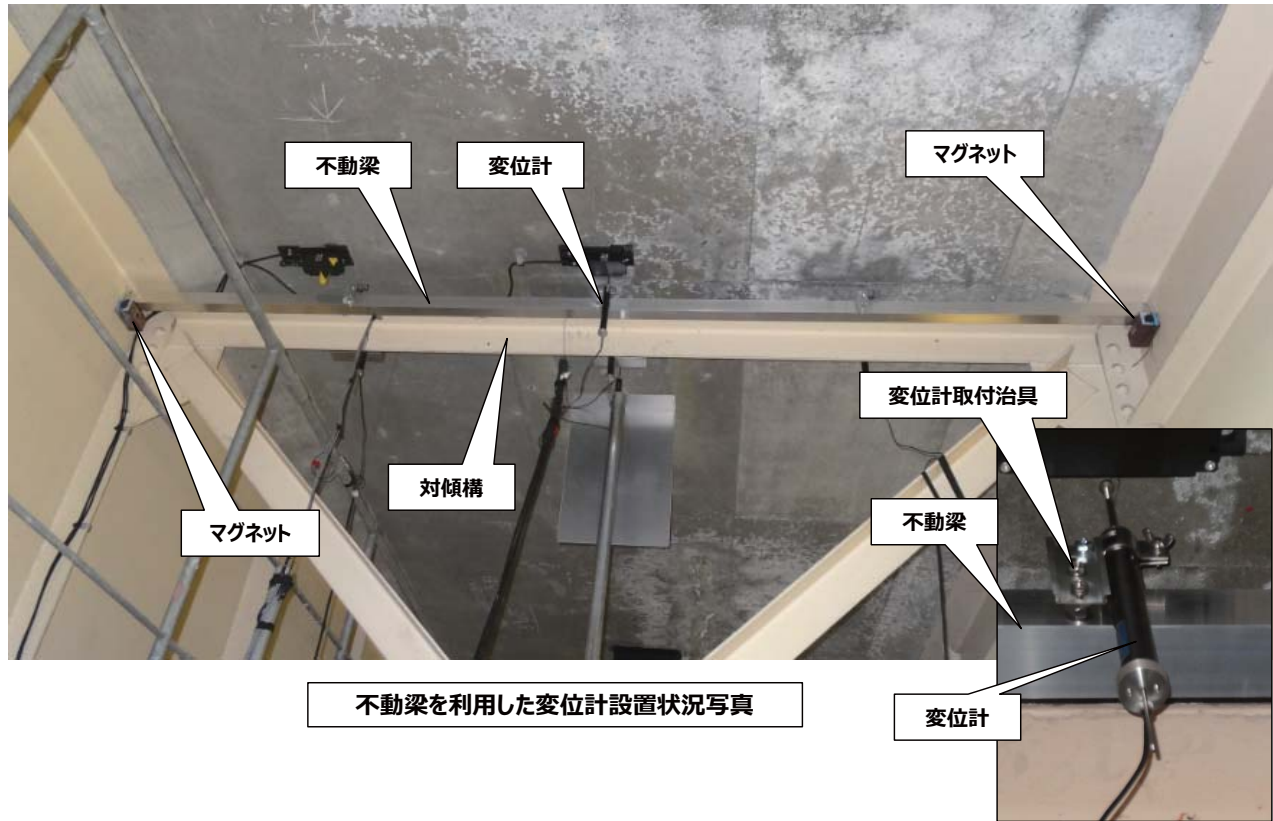
- ① 変位計 1点でRC床版の変位が測定できる。(不動梁で主桁変位を吸収、RC床版の変位のみを計測できる。)
- ② 変位計が風の影響を受けることが少ない。
- ③ 長期計測が可能である。
- ④ 設置が比較的簡易にできる。



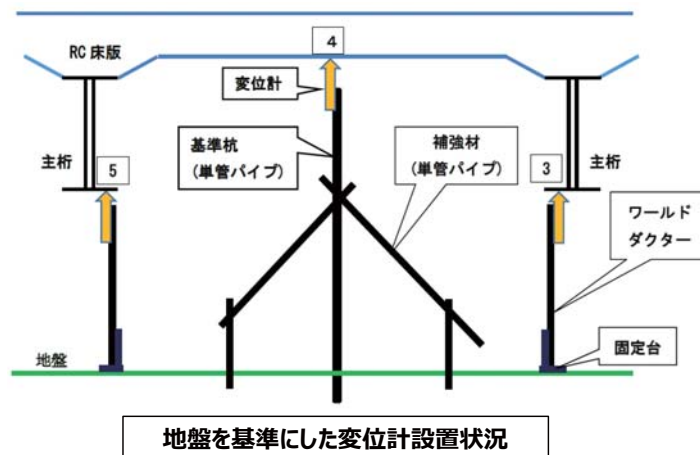
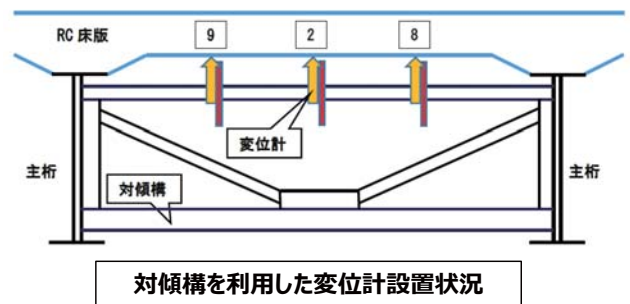
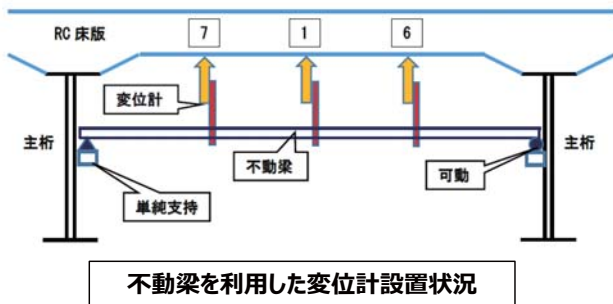
【実験による確認事項：目的】

- ① 変位計 1点でRC床版の変位計測が可能か？
- ② 不動梁の振動が変位計測定値に影響を与えないか？
- ③ 変位計の設置が比較的簡易にできるか？

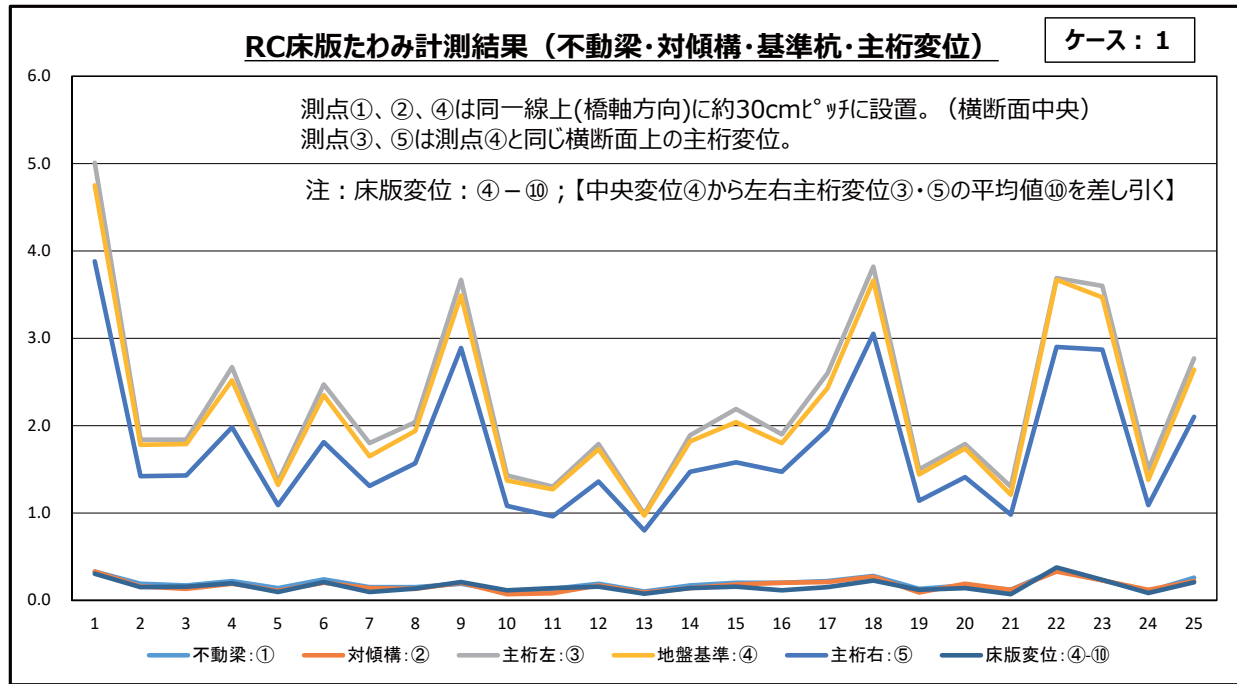
* 不動梁の設置



* 実験した3種類の変位計設置方法

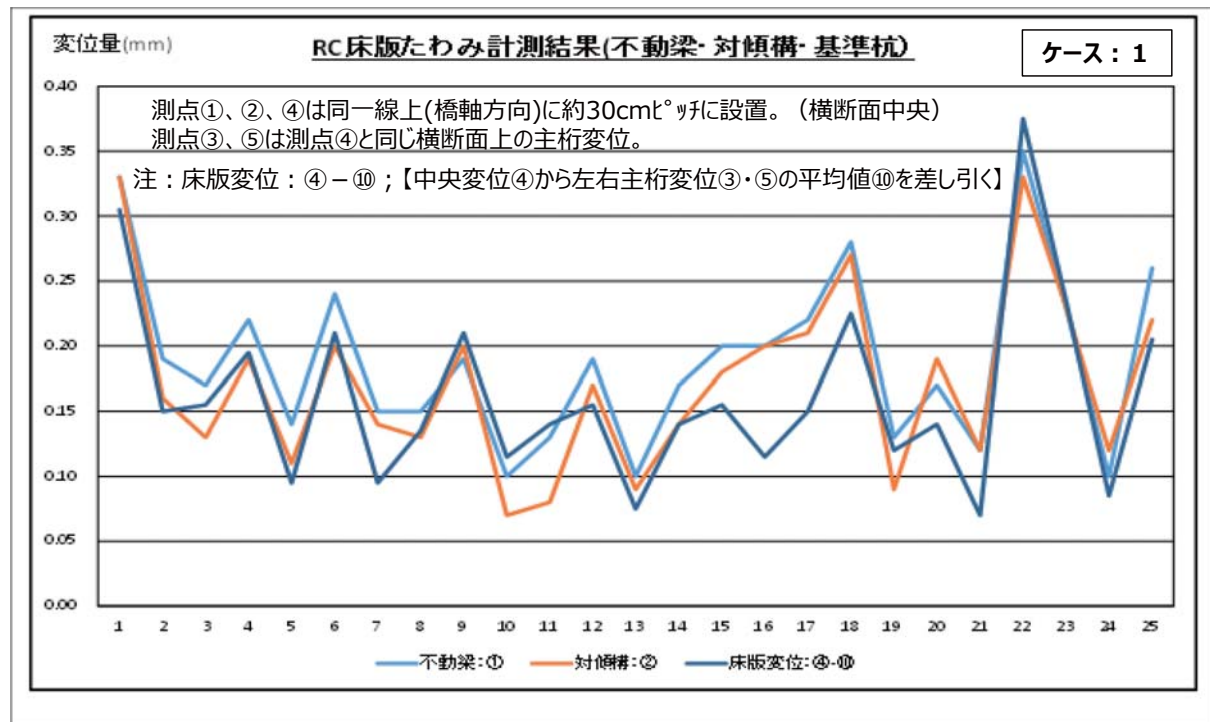


* 実験結果 (不動梁・対傾構・基準杭・主桁変位)



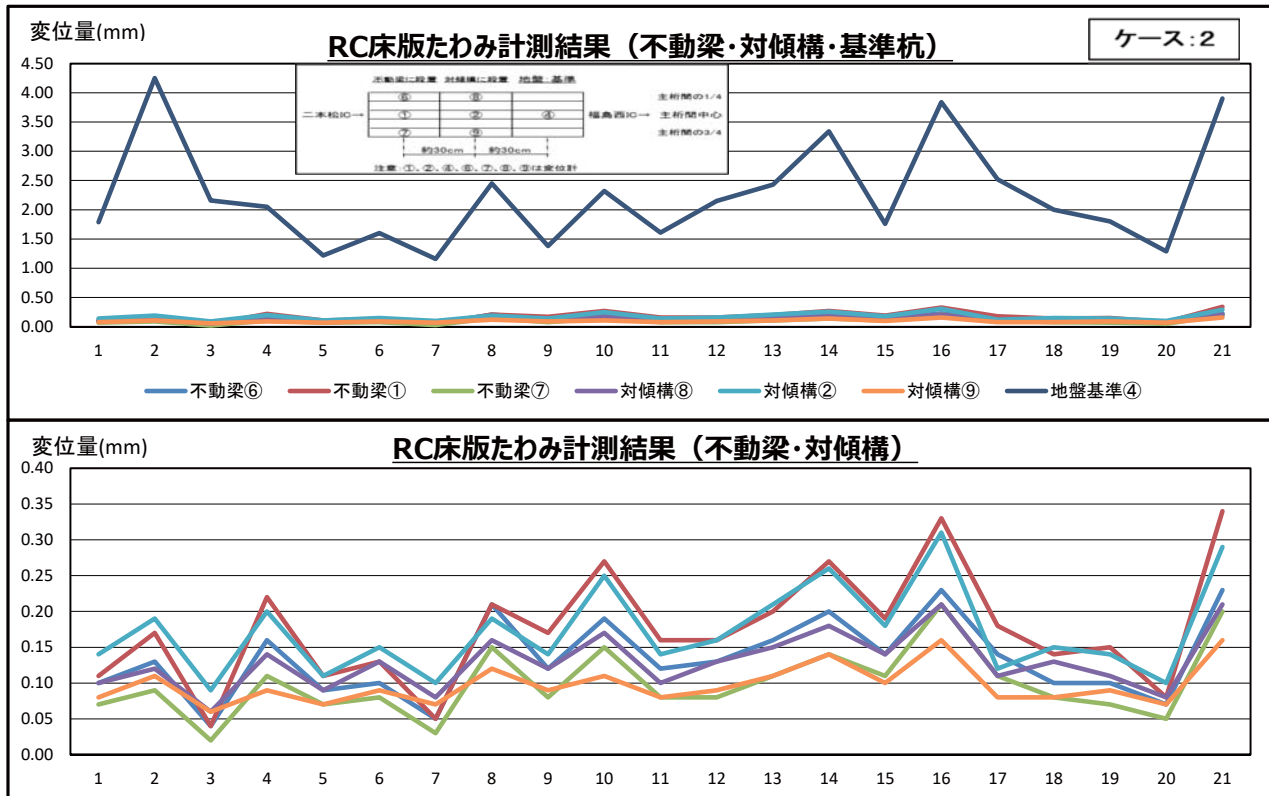
- 【コメント】・過去の実験時測定たわみ量から判断すると、走行車両は10 t ~ 50 t の車両と想定される。
 ・25回の平均たわみ量は2.2mmであり、平均20ton強の車両に相当する。
 ・基準杭(RC床版変位)と主桁たわみを差し引くと0.15mmと微小である。(たわみ量の0.7%)
 ・RC床版の平均変位量0.15mmと比較して、不動梁では0.18mm、対傾構では0.16mmであった。

* 実験結果 (不動梁・対傾構・基準杭計測)



- 【コメント】・隣接している不動梁法の変位計と対傾構法の変位計の測定値は相関が強い。
 ・基準杭変位計は左右主桁のたわみ変位量に左右され、車両走行位置の偏り誤差となっている。

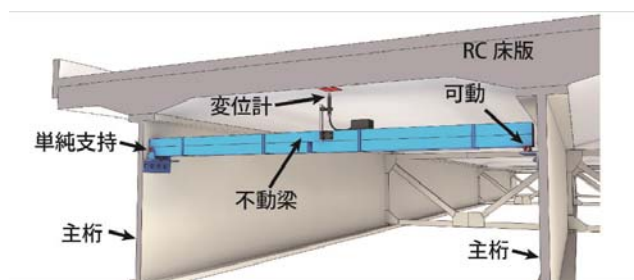
* 実験結果 (対傾構を利用した計測)



不動梁法の適用確認

【まとめ】

1. 不動梁法によるRC床版変位計測法の実用性は確認できた。
対傾構を不動梁と見なした計測法の実用性も確認できた。
2. 不動梁はRC床版に近く設置できれば、不動梁の支点は固定端でも計測可能である。車両走行による振動の影響は微少であり、変位データには影響を与えない。
3. 不動梁の剛性は高い鋼材等が良いが、施工性を考慮して軽量形鋼等を利用すれば簡易に設置可能である。ただし、変位計の反力等の検討を考慮する必要がある。



御清聴有難うございました。

RAIMS