

技術番号 BR030008-V0020

技術名 たわみ計測による耐荷性チェックシステム

開発者名 (株)TTES/日本工営(株)

試験日 令和2年 1 月 23 日 天候 曇 気温 8.0 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 たわみ 試験フェーズ 2,3

試験で確認する  
カタログ項目 計測精度, 動作確認

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

- ・構造形式: 鋼単純鈹桁橋
- ・橋 長: 30.800m
- ・支 間: 30.000m
- ・有効幅員: 8.500m
- ・桁 高: 1.600m
- ・主桁間隔: 2.600m(4主桁)

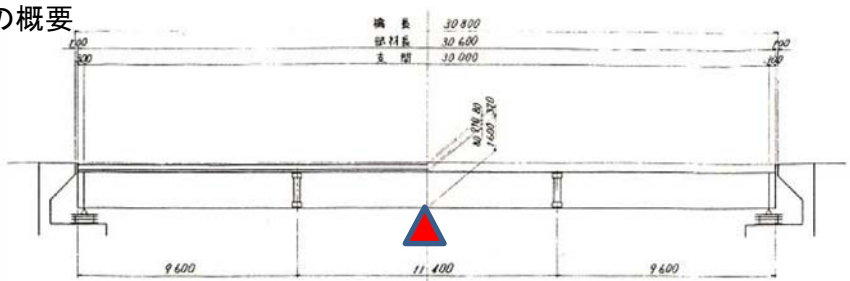


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要

- ① 車両走行試験
  - ・車両重量: 20ton, 速度: 20km/h(写真-1参照)
  - ・載荷位置: 床版支間中央(図-2参照)
- ② 計測対象箇所
  - ・たわみ量(図-2及び図-3の▲位置)

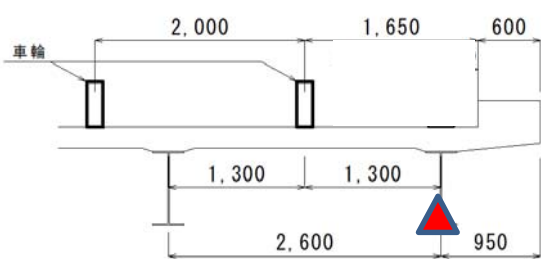


図-2 走行位置

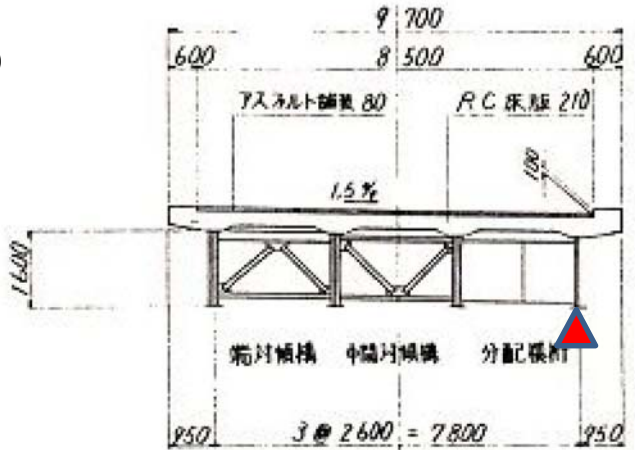


図-3 断面図



※車輪通過位置: 床版支間中央  
速度: 20km/h(一定)

写真-1 車両載荷(20t)



写真-2 測定対象桁及びたわみ測定位置

## 試験方法(手順)

- ① 開発者側のセンサ及びリファレンス用機器を所定の位置に設置(写真-2~写真-6)
- ② 合図と共に車両(20ton)を床版支間中央に車輪が通行するように走行(20km/h)させ、橋梁通過後合図する。
- ③ 計測者は、スタートの合図とともに計測を開始し、車両通過の合図から常時微動までの間(約5秒)計測する。
- ④ 計測者は、記録し計測が正しく行われたか確認する。
- ⑤ 上記②~④を5回行う。

## 開発者による計測機器の設置状況

### 1. 機器の構成と設置

写真-3, 写真-4, 写真-5を参照

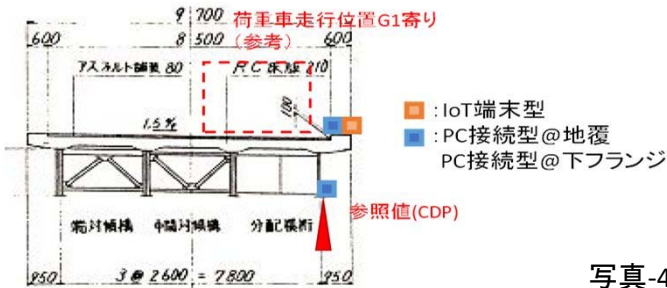


図-4 センサ配置図

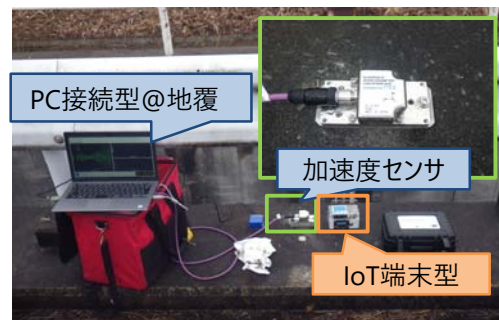


写真-4 地覆上(アンカー固定)に設置した計測機器

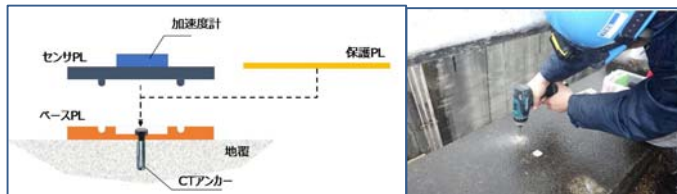


写真-3 地覆上(アンカー固定)の設置方法



写真-5 下フランジ上に設置した計測機器

## 比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

### 1. 機器の設置

① たわみ測定: CDPゲージ(接触式変位ゲージ)

取付け位置は、図-1~3、写真-4及び写真-6を参照。測定機器の構成は、写真-7を参照



写真-6 CDPゲージによる測定



写真-7 測定機器

## 計測結果の比較

### 1. 計測結果

・開発者によるたわみ測定結果 (INTEGRAL (IoT端末型@地覆, PC接続型@下フランジ)) とリファレンスデータとの比較結果を図-5に示す。(試験車走行1回目)

※INTEGRALでは地覆上のIoT端末型, PC接続型共に同値であった。

・表-1に、開発者の通常の測定 (INTEGRAL (IoT端末型@地覆)) とCDPゲージによるリファレンスデータとの最大値および誤差、計測精度の算出結果を示す。計測精度は変位の相対差とし以下の方法で算出した。

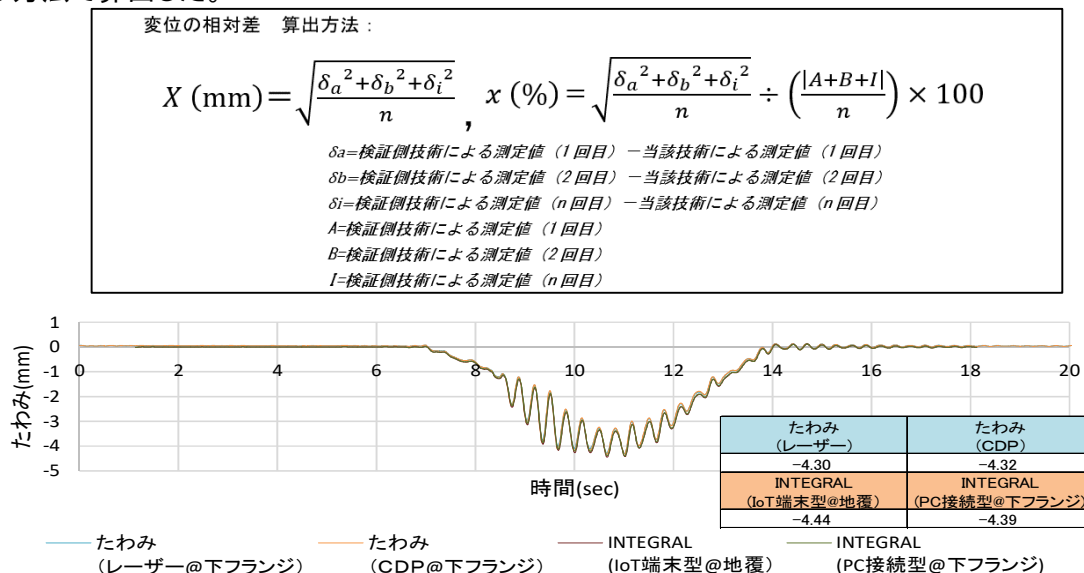


図-5 開発者によるたわみ測定結果とリファレンスデータとの比較 (例: 試験車1回目)

表-1 開発者によるたわみ測定結果とCDPによるリファレンスデータとの比較

	たわみ (mm) (CDP@下フランジ)	INTEGRAL (mm) (IoT端末型@地覆)	相対差 $\delta$ (mm)
試験車1回目	-4.32	-4.44	-0.12
試験車2回目	-4.46	-4.44	0.01
試験車3回目	-4.59	-4.52	0.07
試験車4回目	-4.26	-4.29	-0.02
試験車5回目	-4.02	-4.05	-0.04
		相対差 X (mm)	0.06
		相対差 x (%)	1.48

※末尾の四捨五入により相対差の値がずれる場合がある。

### 2. 開発者による測定精度の検証

・5回の計測結果について、開発者による測定結果とリファレンスデータの測定誤差について3 $\sigma$ 法による精度評価を行った結果を表-2に示す。3 $\sigma$ が小さいほど、精度が高いことを示す。(図-6) 今回の5回の測定の平均は、3 $\sigma$ =0.08mmであった。(たわみMax=-4.59mm)

表-2 測定精度の検証

	精度 3 $\sigma$ (mm)
試験車 1 回目	0.10
試験車 2 回目	0.06
試験車 3 回目	0.05
試験車 4 回目	0.10
試験車 5 回目	0.11
平均	0.08
標準偏差	0.03

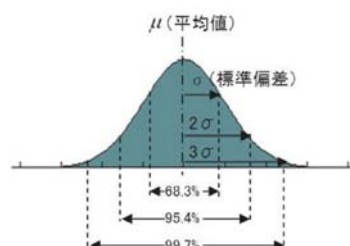


図-6 精度3 $\sigma$

技術番号	BR030008-V0020						
技術名	たわみ計測による耐荷性チェックシステム				開発者名	(株)TTES/日本工営(株)	
試験日	平成28年 6 月 14 日	天候	晴れ	気温	20.0 °C	風速	— m/s
試験場所	富山県 橋梁						
カタログ分類	計測・モニタリング技術	カタログ	検出項目	たわみ	試験フェーズ	社内試験	

試験で確認する カタログ項目	計測精度, 動作確認
-------------------	------------

対象構造物の概要

1. 橋梁の概要
- ・構造形式: T桁RC橋
  - ・橋 長: 72.9m
  - ・支 間: 12m
  - ・有効幅員: 6.9m

2. 載荷試験の概要

①車両走行試験

荷重車:

トラック (7.94t)

走行速度: 20km/h

(図-3参照)

②計測対象箇所

支間中央

1) 加速度 (図-2の ■ 位置)

2) たわみ量 (図-2の ▲ 位置)



図-1 対象橋梁(T橋)



図-2 対象橋梁側面



図-3 載荷車両と載荷試験の様子

## 試験方法(手順)

- ① 開発者側のセンサ及びリファレンス用機器を所定の位置に設置(図-2)
- ② 合図と共に载荷車両を走行(20km/h)させ、橋梁通過後合図する。
- ③ 計測者は、スタートの合図とともに計測を開始し、車両通過の合図から常時微動までの間(約5秒)計測する。
- ④ 計測者は、記録し計測が正しく行われたか確認する。
- ⑤ 上記②~④を各载荷車両6回行う。

## 開発者による計測機器の設置状況

### 1. 機器の構成と設置

図-4にセンサ配置状況を示す。精度検証のため、加速度計と変位計は同じPCに有線と無線接続を行い、時刻を同期して取得した。



図-4 センサ配置状況

## 比較対象を得るため、 検証用変位計の設置状況

### 1. 機器の設置

たわみ測定: CDPゲージ(接触式変位計)

取付け位置を図-5、6に示す。

CDPゲージはT桁に設置したカーボンロッドを橋面下まで設置した。

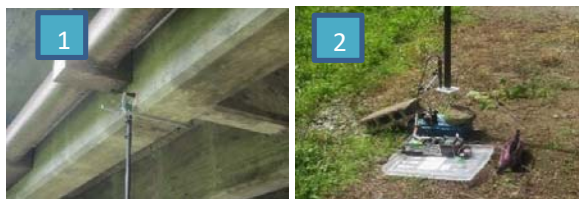


図-5 測定機器の設置(詳細)



図-6 測定機器の設置(全体)

## 1. 計測結果

- ・開発者によるたわみ測定結果 (INTEGRAL (PC接続型) と検証用変位計の比較結果を図-7に示す。
- ・INTEGRALと変位計について測定結果は良く一致していた。

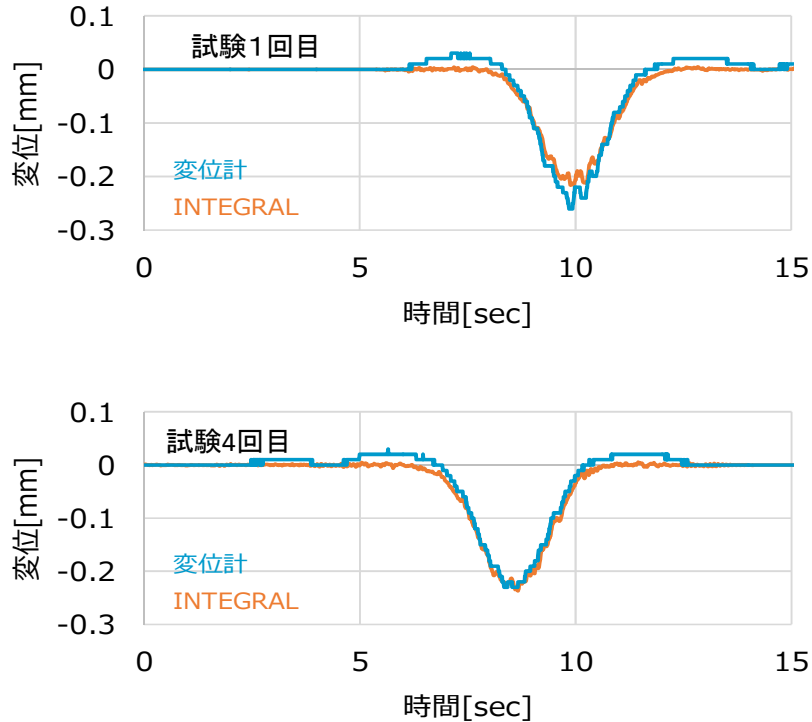


図-7 開発者によるたわみ測定結果と検証用変位計(リファレンス)の比較

## 2. 測定精度の検証

- ・走行試験計6回の計測結果において、INTEGRALによる測定結果と検証用変位計の測定誤差について、 $3\sigma$ 法による精度評価を行った結果を表-1に示す。精度 $3\sigma$ が小さいほど、精度が高いことを示す。
- ・精度 $3\sigma$ の平均は0.02mmであった。(たわみMax=-0.26mm)

表-1 測定精度の比較

載荷車両	重さ [t]	試験	INTEGRAL [mm]	変位計 [mm]	精度評価			精度評価(平均)		
					最大たわみ誤差 [mm]	最大たわみ誤差 [%]	精度 $3\sigma$ [mm]	最大たわみ誤差 [mm]	最大たわみ誤差 [%]	精度 $3\sigma$ [mm]
トラック	7.94	1回目	-0.24	-0.23	-0.01	-3.98	0.024	0.01	3.18	0.02
		2回目	-0.22	-0.26	0.04	17.03	0.021			
		3回目	-0.24	-0.22	-0.02	-10.04	0.024			
		4回目	-0.24	-0.25	0.01	4.37	0.022			
		5回目	-0.21	-0.24	0.03	14.48	0.029			
		6回目	-0.24	-0.23	-0.01	-2.79	0.017			