技術番号	BR030008

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 ℃	風速	ー m/s
試験場所	某橋梁（富山県）						

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	試験区分	－

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）	技術番号	BR030008

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	合図と共に載荷車両を走行（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を各載荷車両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）

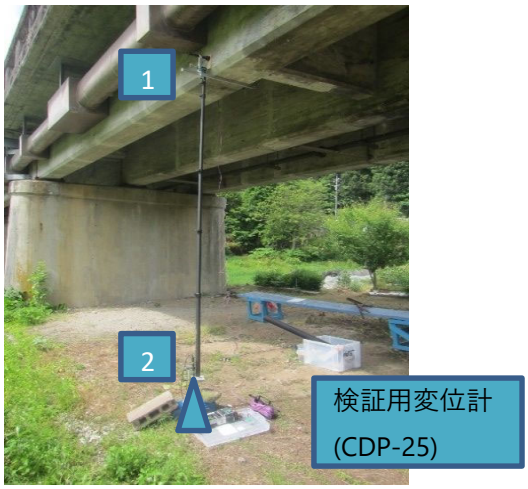

図-6　測定機器の設置（全体）

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。

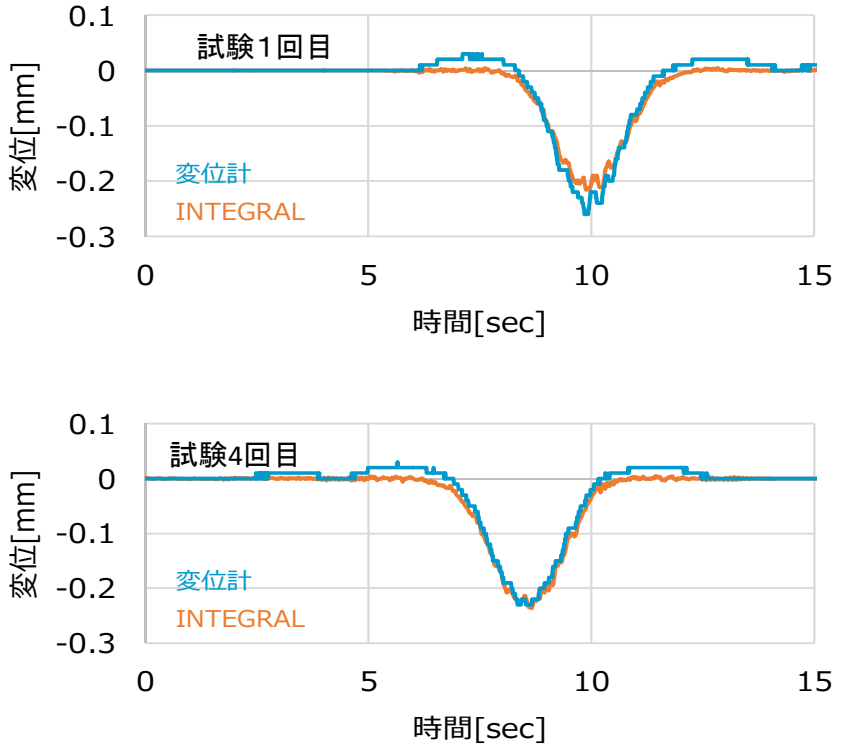

図-7 開発者によるたわみ測定結果と検証用変位計（リファレンス）の比較

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、3σ法による精度評価を行った結果を表-1に示す。精度3σが小さいほど、精度が高いことを示す。

・精度3σ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3σ [mm]	最大たわみ誤差 [mm]	最大たわみ誤差 [%]	精度3σ [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			

技術番号	BR030008

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　℃	風速	ー　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	試験区分	標準・現場試験

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．土木研究所所管　試験橋梁の概要

・構造形式：鋼単純鈑桁橋
・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）

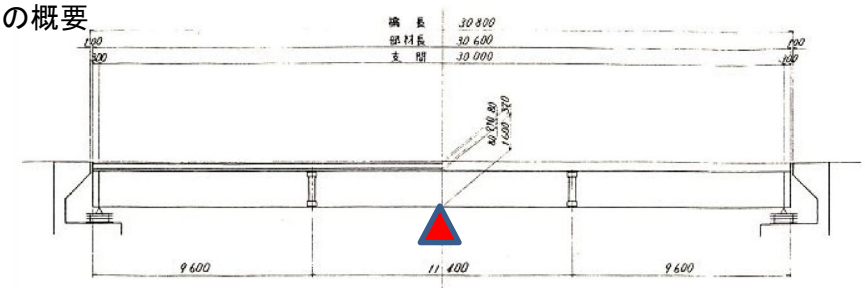

図-1　側面図

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）

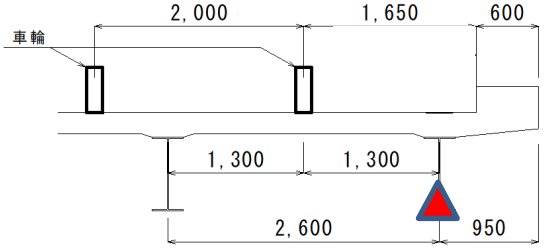

図-2　走行位置

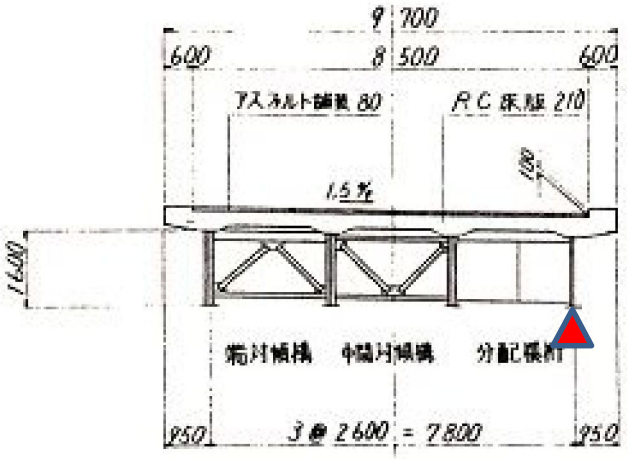

図-3　断面図

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）	技術番号	BR030008

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

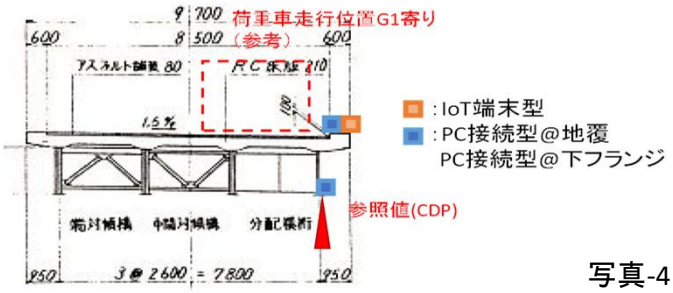

図-4　センサ配置図

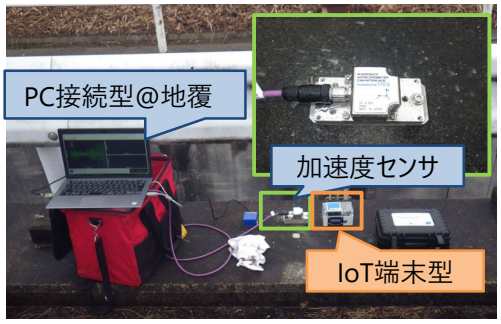

写真-4　地覆上（アンカー固定）に設置した計測機器

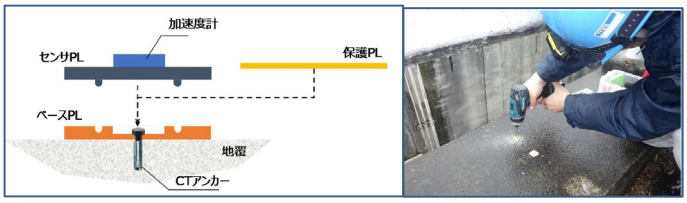

写真-3　地覆上（アンカー固定）の設置方法

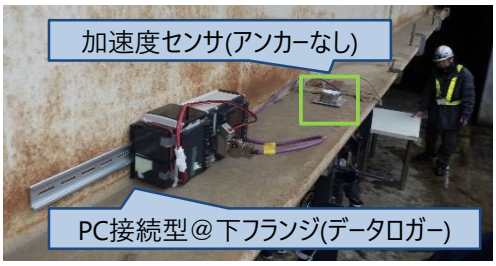

写真-5　下フランジ上に設置した計測機器

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

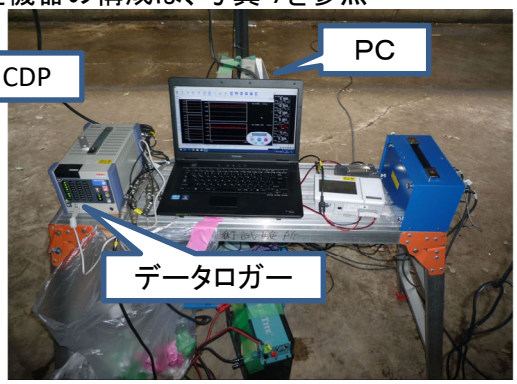

写真-7　測定機器

計測結果の比較	技術番号	BR030008

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。

変位の相対差　算出方法：

$$X\ (\mathrm{mm}) = \sqrt{\frac{\delta_a{}^2+\delta_b{}^2+\delta_i{}^2}{n}}\ ,\quad x\ (\%) = \sqrt{\frac{\delta_a{}^2+\delta_b{}^2+\delta_i{}^2}{n}} \div \left(\frac{|A+B+I|}{n}\right) \times 100$$

δa=検証側技術による測定値（1回目）－当該技術による測定値（1回目）
δb=検証側技術による測定値（2回目）－当該技術による測定値（2回目）
δi=検証側技術による測定値（n回目）－当該技術による測定値（n回目）
A=検証側技術による測定値（1回目）
B=検証側技術による測定値（2回目）
I=検証側技術による測定値（n回目）

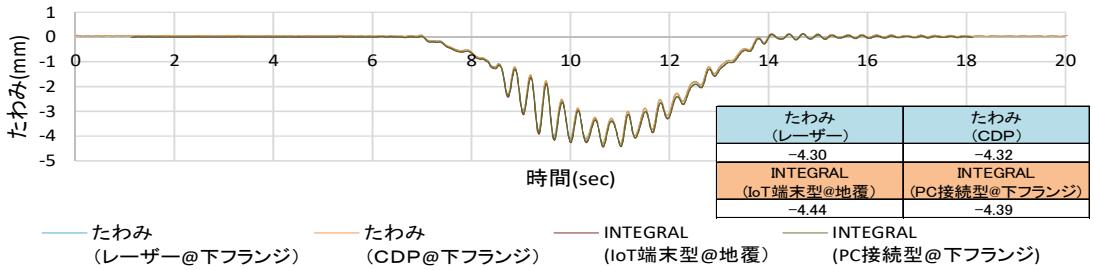

図-5　開発者によるたわみ測定結果とリファレンスデータとの比較（例：試験車1回目）

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δ(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3σ法による精度評価を行った結果を表-2に示す。3σ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、3σ=0.08mmであった。（たわみMax=−4.59mm）

表-2　測定精度の検証

	精度 3σ(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

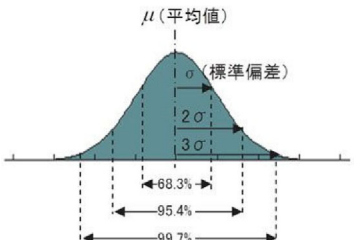

図-6　精度3σ