

技術番号 BR030030

技術名 重力加速度を用いた傾斜角による橋桁変形計測技術

開発者名 株式会社TTES

試験日 令和3年 4 月 6 日 天候 晴れ 気温 16.5 °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

試験区分 標準試験
現場試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

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)

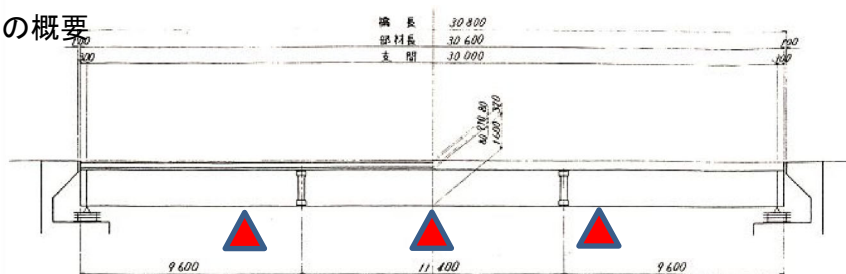


図-1 側面図

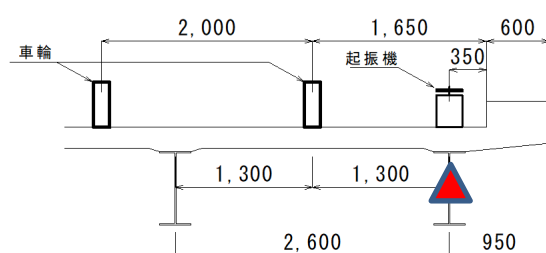


図-3 荷重載荷位置

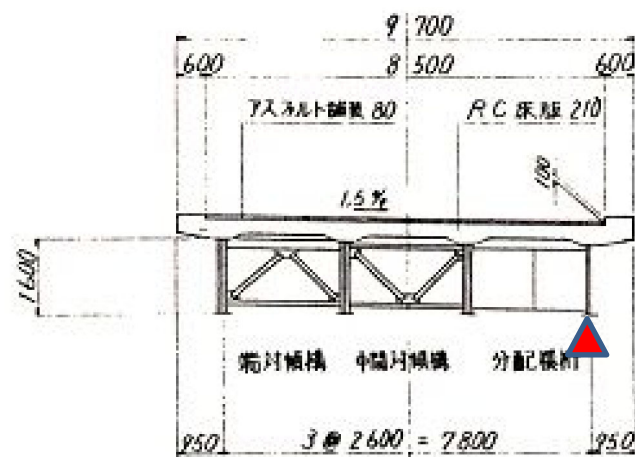


図-2 断面図



※車輪通過位置: 床版支間中央

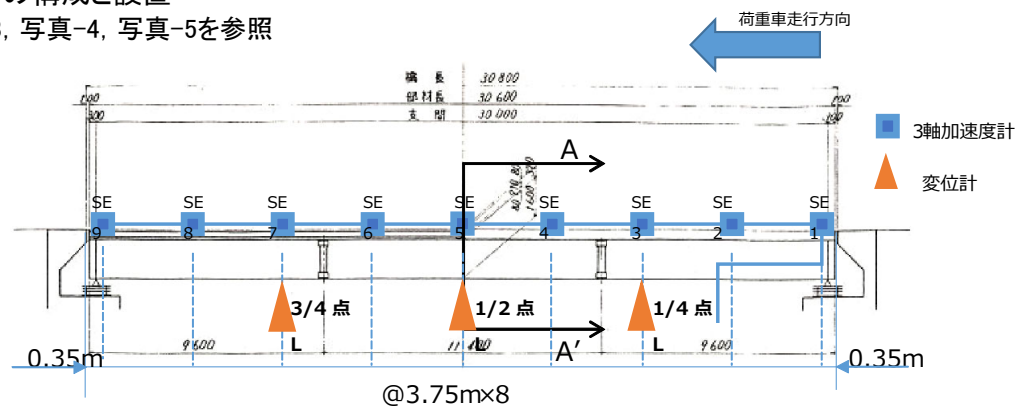
写真-1 車両載荷(20t)

- 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、動的および、静的载荷(車両通過の合図から常時微動までの間(約5秒))を計測する。
- ④ 計測者は、記録し計測が正しく行われたか確認する。
- ⑤ 後日、取得したデータよりたわみを算出する。

開発者による計測機器の設置状況

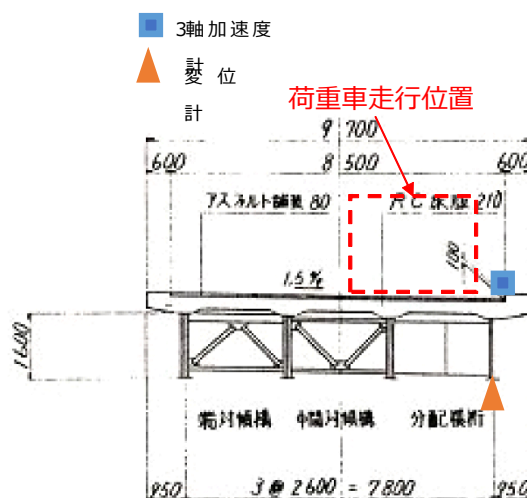
1.機器の構成と設置

写真-3, 写真-4, 写真-5を参照

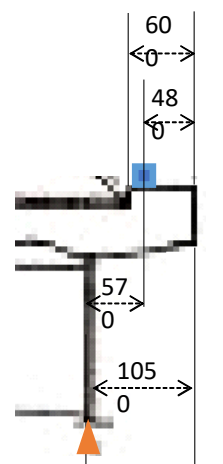


側面図

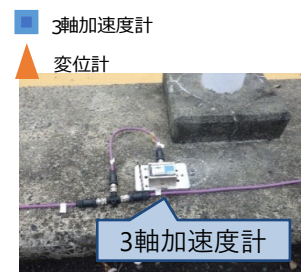
senso	SE9	SE8	SE7	SE6	SE5	SE4	SE3	SE2	SE1
Distance(m)	30.00	26.25	22.50	18.75	15.00	11.25	7.50	3.75	0.00



断面図 A-A'



断面図 A-A'(拡大図)



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を参照。測定機器の構成は、写真-3を参照

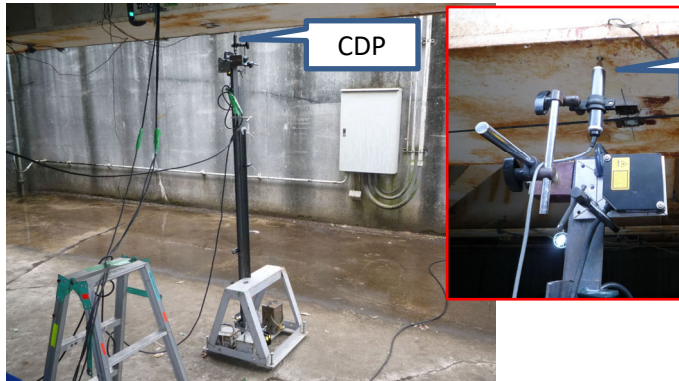


写真-2 CDPゲージによる測定

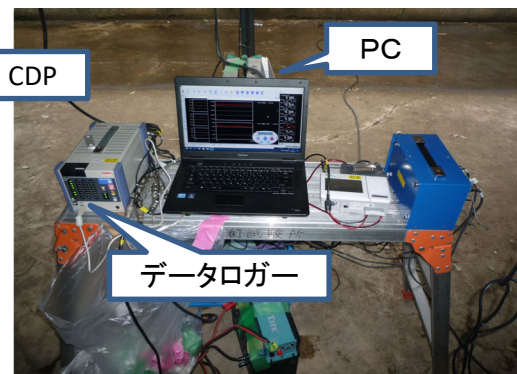


写真-3 測定機器

1.1 計測結果(動的載荷)

- ・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結果を図-4に示す。(試験車走行1回目)
- ・表-1～3に、開発者の通常の測定と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：

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

 δ_a =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) δ_b =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) δ_i =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)

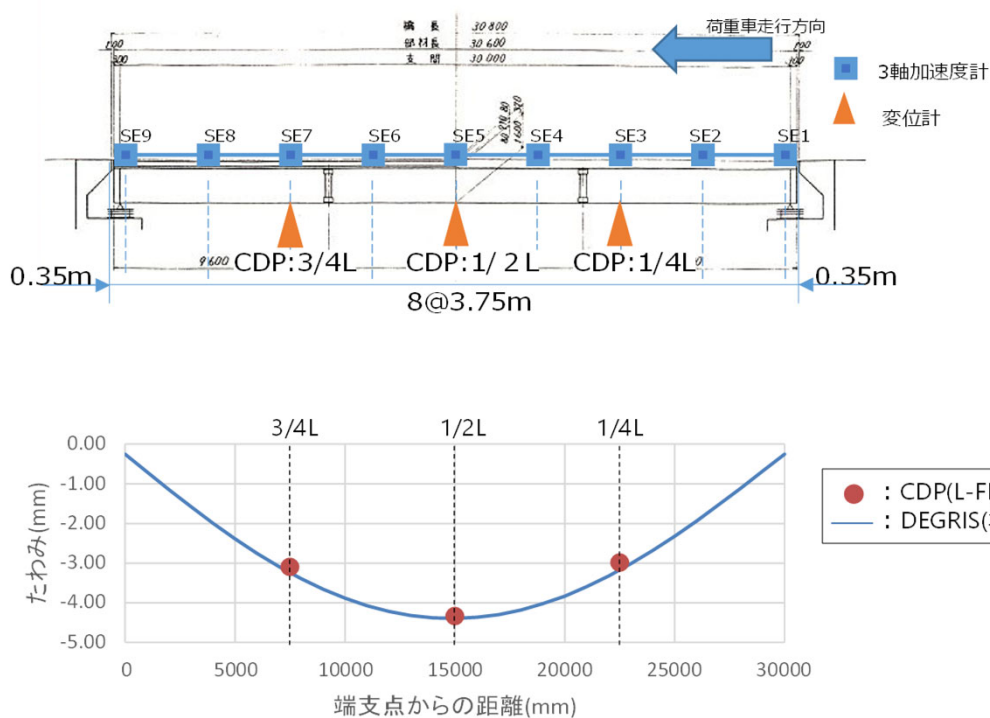


図-4 動的載荷1回目たわみ比較グラフ

表-1 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(1/4L点)

	CDP (L-Flg, 1/4L)	DEGRIS (地覆, 1/4L)	誤差 (mm)	相対誤差 (%)
動的載荷1回目	-2.99	-3.12	-0.13	-4.27
動的載荷2回目	-3.04	-3.10	-0.07	-2.23
動的載荷3回目	-3.02	-3.03	-0.01	-0.45
動的載荷4回目	-3.16	-3.20	-0.05	-1.46
動的載荷5回目	-3.09	-3.26	-0.17	-5.39
平均	-3.06	-3.14	-0.08	-2.76
標準偏差	0.06	0.08	0.06	1.82

表-2 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(1/2L点)

	CDP (L-Flg, 1/2L)	DEGRIS (地覆, 1/2L)	誤差 (mm)	相対誤差 (%)
動的載荷1回目	-4.34	-4.52	-0.19	-4.29
動的載荷2回目	-4.30	-4.42	-0.12	-2.89
動的載荷3回目	-4.28	-4.27	0.01	0.16
動的載荷4回目	-4.45	-4.52	-0.07	-1.53
動的載荷5回目	-4.47	-4.61	-0.14	-3.07
平均	-4.37	-4.47	-0.10	-2.32
標準偏差	0.08	0.12	0.07	1.52

表-3 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(3/4L点)

	CDP (L-Flg, 3/4L)	DEGRIS (地覆, 3/4L)	誤差 (mm)	相対誤差 (%)
動的載荷1回目	-3.09	-3.25	-0.16	-5.11
動的載荷2回目	-3.13	-3.19	-0.06	-1.84
動的載荷3回目	-3.04	-3.07	-0.03	-1.04
動的載荷4回目	-3.19	-3.26	-0.06	-1.98
動的載荷5回目	-3.13	-3.24	-0.12	-3.71
平均	-3.12	-3.20	-0.09	-2.74
標準偏差	0.05	0.07	0.05	1.47

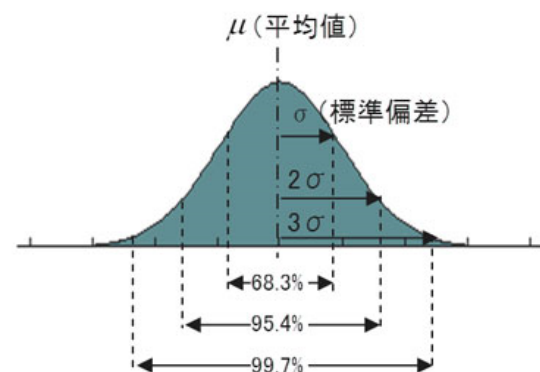
1.2 開発者による測定精度の検証(動的載荷)

・最大値以外の値の精度を評価するために、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 σ 法による精度評価を行った結果を表-2に示す。3 σ が小さいほど、精度が高いことを示す。(図-5)

今回の測定の平均は、計測精度は1/4L点で3 σ =0.16mm(平均), 1/2L, 3/4点で3 σ =0.17mm(平均)となった。

表-4 測定精度の検証

	精度3 σ		
	1/4L	1/2L	3/4L
動的載荷1回目	0.16	0.19	0.18
動的載荷2回目	0.15	0.14	0.16
動的載荷3回目	0.17	0.25	0.21
動的載荷4回目	0.14	0.13	0.16
動的載荷5回目	0.19	0.17	0.14
平均	0.16	0.17	0.17
標準偏差	0.02	0.04	0.02

図-5 精度3 σ

2.計測結果(静的载荷)

- ・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結果を図-6に示す。(試験車走行1回目)
- ・表-5～7に、開発者の通常の測定と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：

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

 δ_a =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) δ_b =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) δ_i =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)

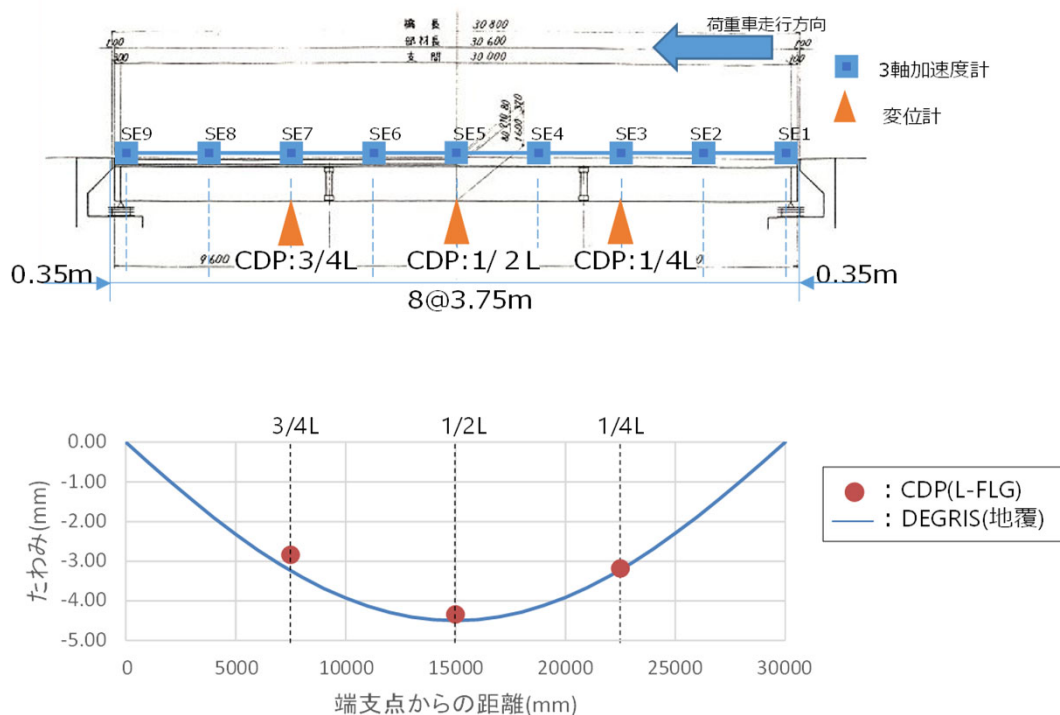


図-6 静的载荷1回目たわみ比較グラフ

表-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(1/4L点)

	CDP (L-Flg, 1/4L)	DEGRIS (地覆, 1/4L)	誤差 (mm)	相対誤差 (%)
静的载荷1回目	-3.18	-3.13	0.05	1.54
静的载荷2回目	-3.03	-2.50	0.53	17.64
静的载荷3回目	-3.07	-2.48	0.59	19.15
静的载荷4回目	-3.12	-2.77	0.35	11.08
静的载荷5回目	-3.08	-2.74	0.34	11.01
静的载荷6回目	-2.41	-2.47	-0.06	-2.54
平均	-3.10	-2.72	0.37	12.08
標準偏差	0.05	0.24	0.19	6.23

表-6 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(1/2L点)

	CDP (L-Flg, 1/2L)	DEGRIS (地覆, 1/2L)	誤差 (mm)	相対誤差 (%)
静的載荷1回目	-4.34	-4.49	-0.15	-3.51
静的載荷2回目	-4.18	-3.79	0.39	9.30
静的載荷3回目	-4.20	-3.62	0.57	13.69
静的載荷4回目	-4.23	-4.04	0.19	4.46
静的載荷5回目	-4.21	-4.08	0.13	2.98
静的載荷6回目	-3.73	-3.52	0.21	5.70
平均	-4.23	-4.01	0.23	5.39
標準偏差	0.06	0.29	0.25	5.83

表-7 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(3/4L点)

	CDP (L-Flg, 3/4L)	DEGRIS (地覆, 3/4L)	誤差 (mm)	相対誤差 (%)
静的載荷1回目	-2.84	-3.25	-0.41	-14.56
静的載荷2回目	-2.77	-2.92	-0.14	-5.23
静的載荷3回目	-2.78	-2.69	0.09	3.18
静的載荷4回目	-2.79	-2.92	-0.13	-4.73
静的載荷5回目	-2.77	-3.03	-0.26	-9.27
静的載荷6回目	-2.84	-2.54	0.30	10.66
平均	-2.79	-2.96	-0.17	-6.12
標準偏差	0.03	0.18	0.16	5.84