

～塩害を受けた橋梁の経年変化調査～

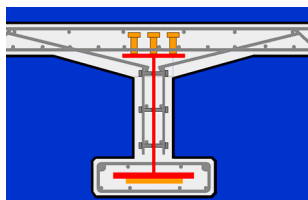
第1回 琉大構造研オープンゼミ

2011.06.04

川田工業（株）

プレビーム合成桁橋とは

鋼桁にプレストレスが導入された下フランジ
コンクリートと床版コンクリートが合成された
二重合成桁 ⇒ 桁の剛性が高い

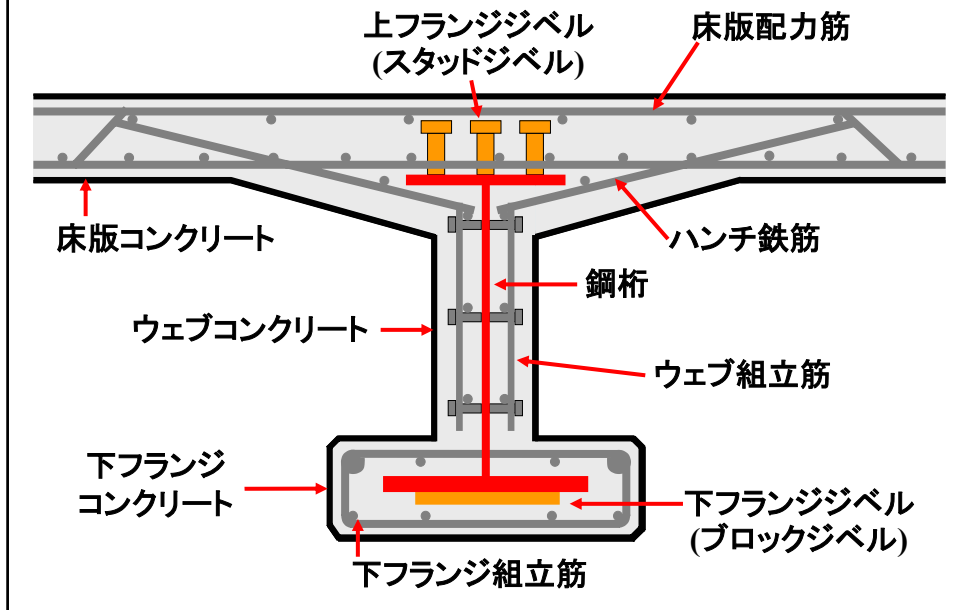


鋼桁の曲げ変形を利用して
下フランジコンクリートに
圧縮力を導入する



完成時の死荷重載荷状態でゼロ程度の圧縮域

断面図

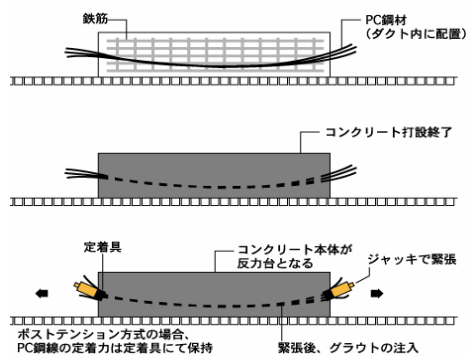


プレビーム桁の製作方法

・ 応力導入の方法の違い

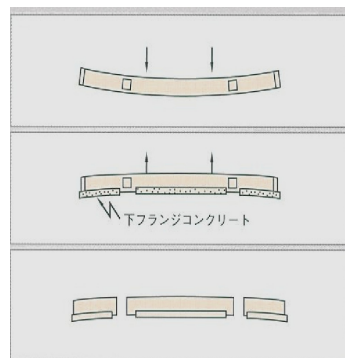
PCポステン桁

PC鋼材を用い、軸力でプレストレスを与える。



プレビーム桁

鋼桁を用い、曲げモーメントでプレストレスを与える。



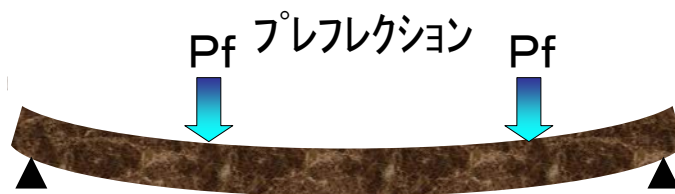
・プレベーム桁の製作方法

鋼桁製作



- 1 所定の製作そりをつけて
I 型断面の鋼桁を作成する.

鋼桁応力導入



- 2 P_f なる荷重を載荷し、設計モーメントを包含する曲げモーメントを与える.

下フランジコンクリート施工

Pf荷重は載荷したまま



- 3 下フランジコンクリートを打設し、養生する.

下フランジコンクリートへプレストレス導入

リリース



- 4 硬化後、Pf荷重を除去すると下フランジコンクリートに圧縮力が導入される.

架設, 床版工



- 5 プレビーム桁を架設し、
床版コンクリートを打設する。
その後、橋面工を施工し完成。

近年の傾向

・長支間化

単純桁 歩道橋60m、道路橋52.8m

連続桁 道路橋62.3m

・多径間化

5径間連続桁

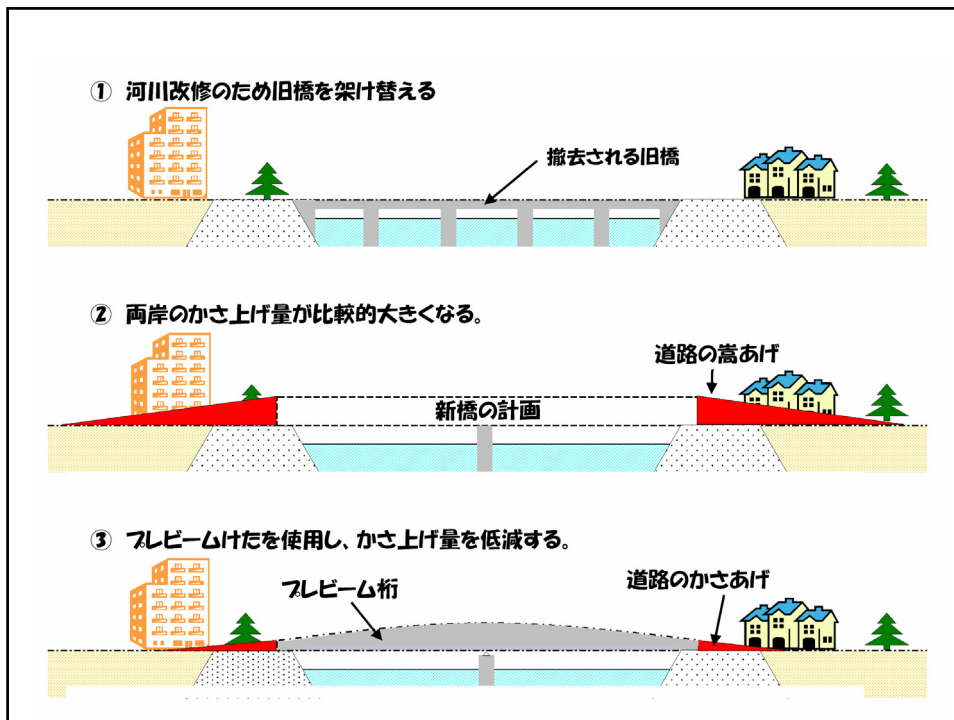
・河川改修に伴う架け替え



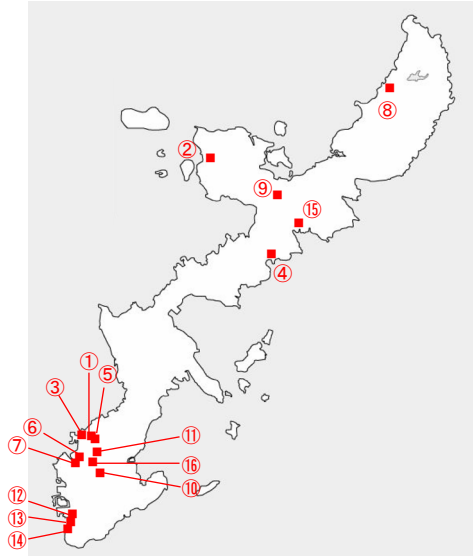
松任連絡橋（日本道路公団）
支間長60.0m 単純げた



元橋（四国地方整備局）
橋長221m 5径間連続げた



沖縄県下のプレビーム合成桁橋



- NO. 橋名
- ① 安謝橋 1 期
 - ② 川底橋
 - ③ てだこ橋
 - ④ 久志橋
 - ⑤ 安謝橋 2 期
 - ⑥ 久茂地橋上り線
 - ⑦ 久茂地橋下り線
 - ⑧ 与那橋
 - ⑨ 川上橋
 - ⑩ 長堂川 1 号橋
 - ⑪ 真嘉比高架橋
 - ⑫ 南浜 1 号橋
 - ⑬ 南浜 2 号橋
 - ⑭ 南浜 3 号橋
 - ⑮ ハイシ橋
 - ⑯ 蔡温橋

鉄道橋・建築梁でも使用されており、全国では1000物件超

1. 調査目的

○1981年に竣工された、外洋に面するプレビーム合成桁である。

○塩害による劣化があり、現在は交通規制(4 t 規制)が行なわれている。



建設当時

今後の維持管理の判断資料とするために、
経年変化による橋梁の劣化程度を調査。

桁剛性の調査

○振動測定

○桁のたわみ測定

2. 橋梁概要

橋梁形式：プレベーム単純合成桁橋（2連）

橋長：58.0m

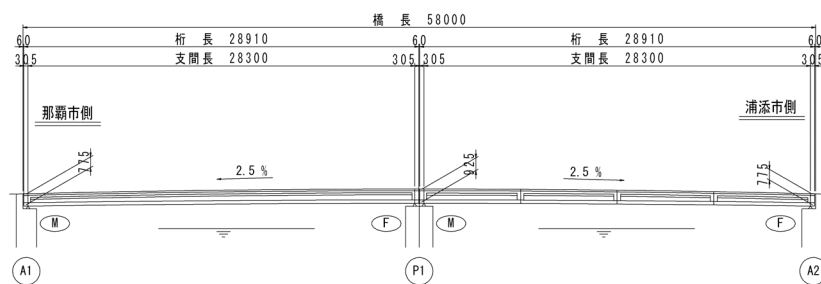
支間長 L：28.3m + 28.3m

桁高 H：775mm ~ 925mm

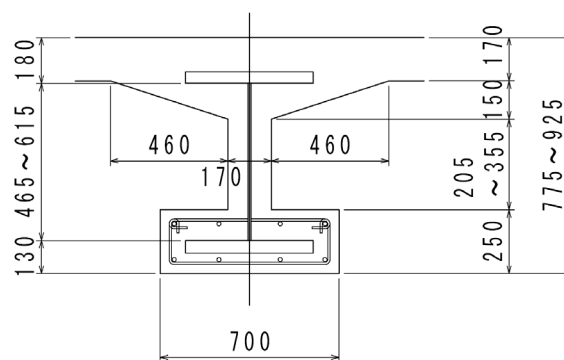
H/L：1/36.5 ~ 1/30.6

設計年次：1979年

竣工年次：1981年



対象橋梁の主桁断面



1984年(昭和59年)に塩害に対する暫定指針として始めて示された
“道路橋の塩害対策指針(案)・同解説 日本道路協会”の発刊前


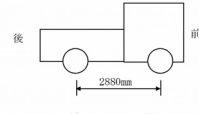

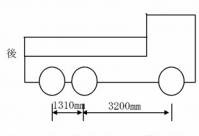
⇒ 塩害対策はされていない

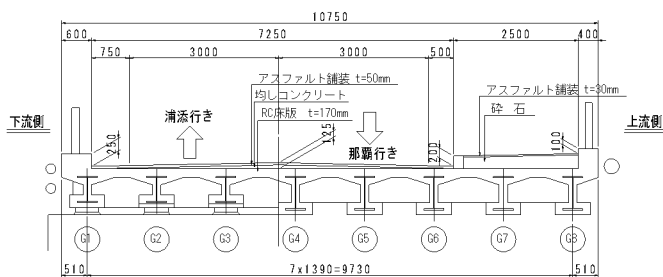
(かぶり厚は40mm, 塗装鉄筋の使用なし)

3. 振動測定

3-1. 概要

橋面に加速度計を設置し、各車線毎に荷重車(4t, 10t)通過による振動の加速度を計測する。(走行速度は30km/h)

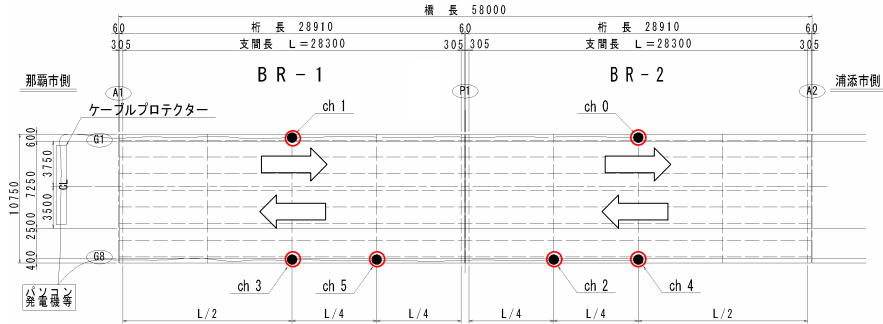
車両種別	総重量	
4t 車 	4205kg 運転手含む 軸重 前 2265kg 後 1940kg	 トレッド 前 1795mm, 後 1660mm
10t 車 	10504kg 運転手含む 軸重 前 4464kg 後前 3080kg 後後 2906kg	 トレッド 前 2060mm, 後 1855mm



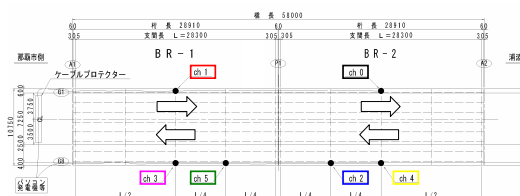
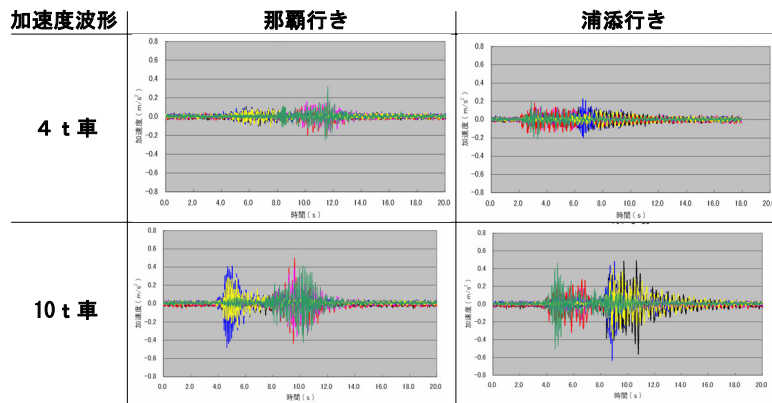
3-2. 計測システム



3-3. 加速度計設置状況



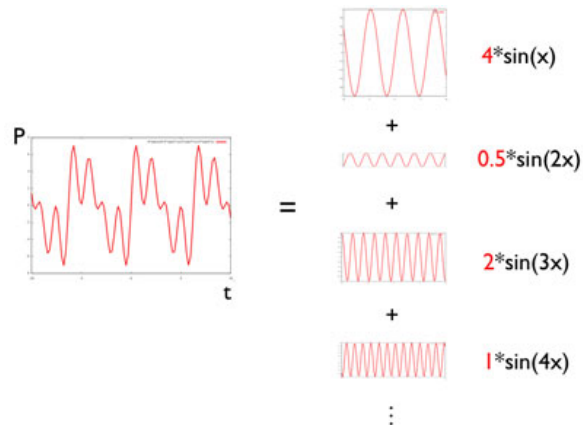
3-4. 測定結果 (1)



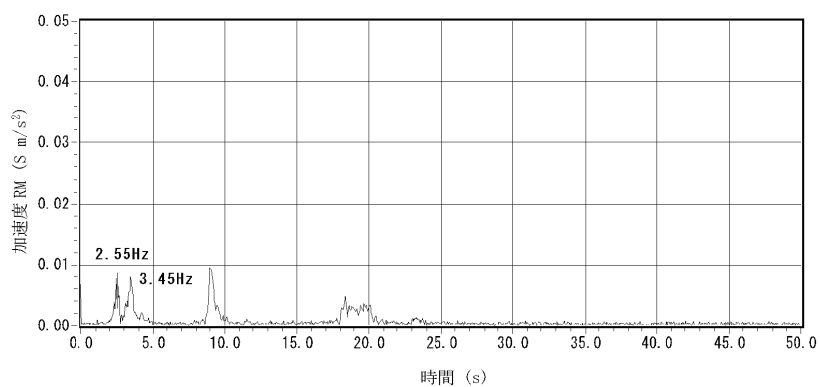
設置位置	BR-1 (那覇側橋梁)	BR-2 (浦添側橋梁)
車道側地層 L/2	— ch 1	— ch 0
歩道側地層 L/2	— ch 3	— ch 4
歩道側地層 L/4	— ch 5	— ch 2

3-4. 測定結果 (2) 固有周期

計測した加速度波形を高速フーリエ変換(FFT)により、各周波数のスペクトルを求め、固有周期を推定する



3-4. 測定結果 (2) 固有周期

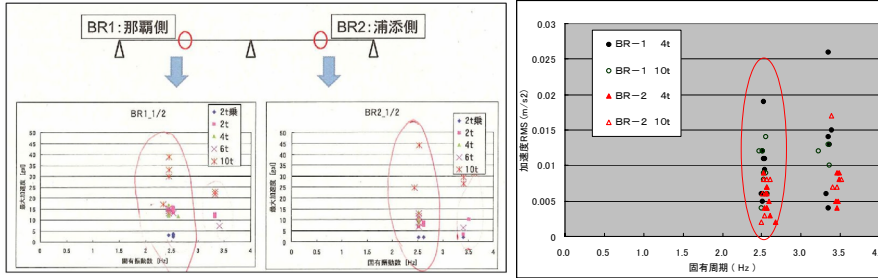


固有周期

2009年計測結果との比較

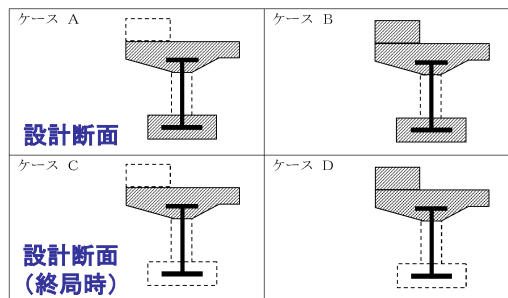
2009年12月計測

2011年4月計測



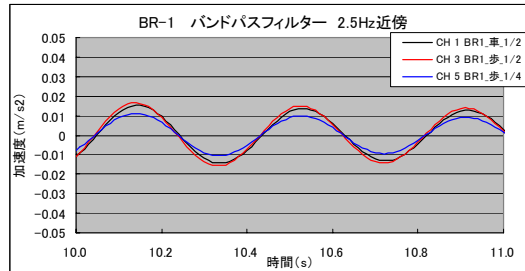
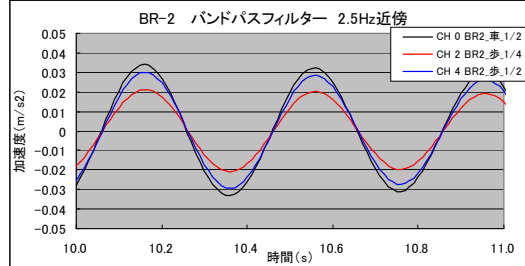
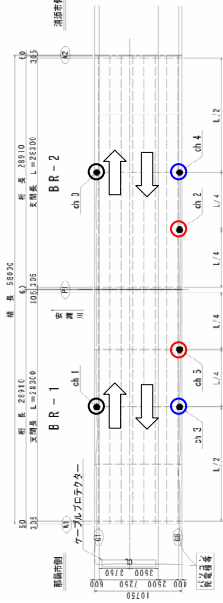
BR-1(那覇側) 及び BR-2(浦添側) 共に 固有周期は2.5Hz付近
 ⇒ 2009年計測結果とほぼ同じであり、前回からの剛性低下はない

参考. 1 設計上の固有周期



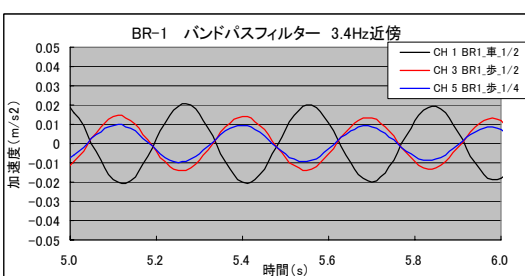
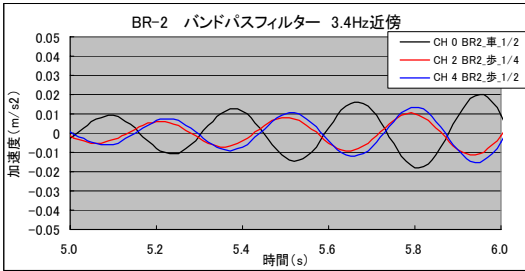
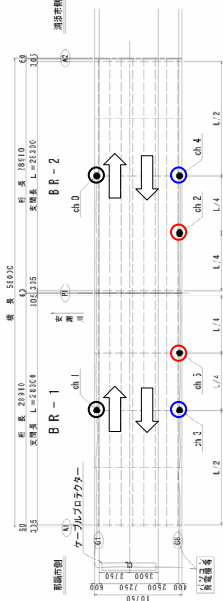
	剛性評価				断面二次 モーメント (m ⁴)	固有振動数 (Hz)
	地覆	床版	鋼桁	L Flg Con		
ケース A	×	○	○	○	0.0981	2.00
ケース B	○	○	○	○	0.1057	2.08
ケース C	×	○	○	×	0.0625	1.60
ケース D	○	○	○	×	0.0635	1.61

参考. 2 振動モード 2.5Hz



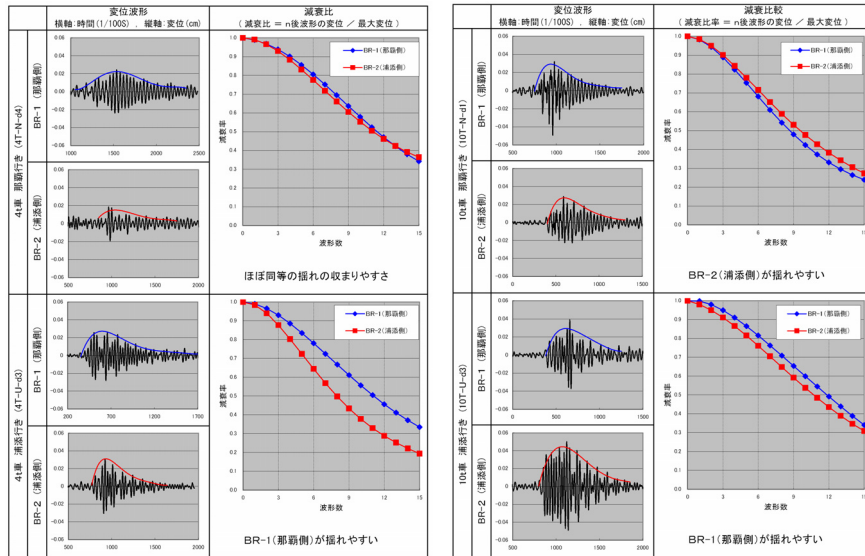
車道と歩道側は同位相 ⇒ 対称振動

振動モード 3.4Hz



車道と歩道側は逆位相 ⇒ ねじり振動
(浦添行き車線で卓越)

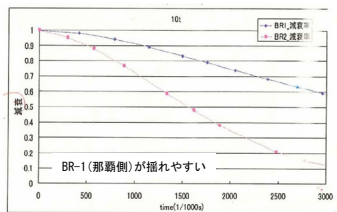
3-4. 測定結果 (3) 減衰



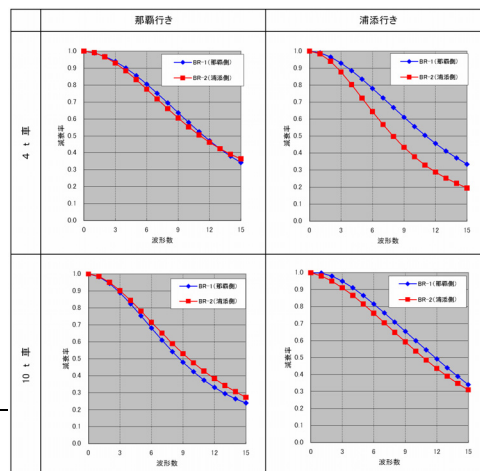
減衰 (揺れの収まりやすさ)

2009年計測結果との比較

2009年12月計測



2011年4月計測



- ・ 那覇行き車線通過時は明確な差は見られなかったが、浦添行き車線通過時は2009年計測結果と同様にBR-1(那覇側)が、揺れやすい傾向。

3-5. 測定結果まとめ

- 2009年計測結果と今回計測結果との有意な差は見られない.
 - ・固有振動数は、2009年計測時と同じで 2.5Hz 付近.
 - ・減衰は、2009年計測時と同じでBR-1(那覇側)が、揺れやすい傾向.

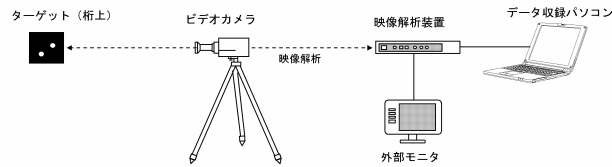
- 2009年計測以降での、大きな桁剛性の低下はない.
 - ・塩害による桁の劣化は進行中であると考えますが、前回計測からの測定間隔が16ヶ月程度と短かったため、桁の剛性には大きな影響を与えていないと思われる.

4. たわみ測定

4-1. 測定ケース

- 動的たわみ — 荷重車通過時のたわみ
 - 静的たわみ — 支間中央に10 t 車の後輪を静止した時のたわみ（那覇行き車線のみ）
- 測定方法は、ビデオカメラを用いた画像処理にてたわみ量を測定する.

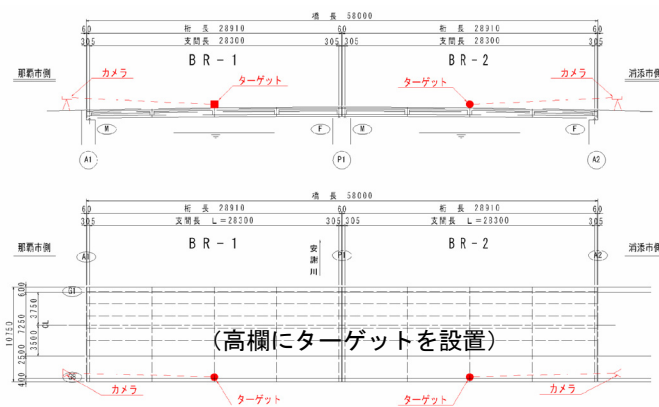
4-2. 測定システム



使用機器一覧表

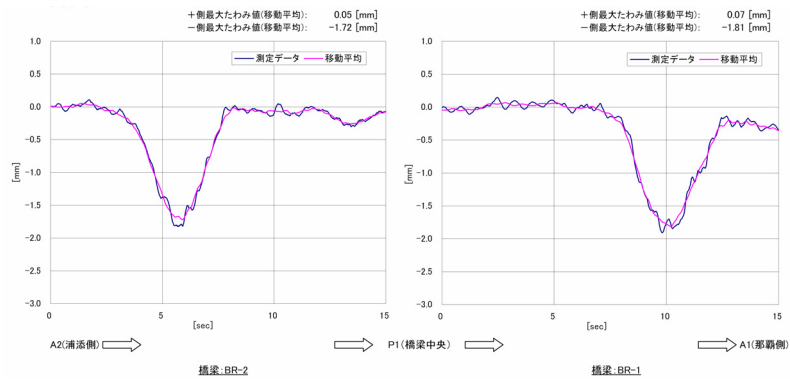
品名	型式	メーカー	台数	仕様
ビデオカメラ	SDR-H80	パナソニック	2	撮像素子: CCD固体素子、約80万画素 光学ズーム: 70倍 テレコンバータ(3.0x)を使用 記録メディア: 内臓HDD
映像解析装置	G280	応用計測研究所	1	計測分解能: 640.0 × 416.0 計測周期: 30Hz 入出力F: RS-232C(最大115kbps) 外部モニター: TFT8inch(コンソール接続)
パソコン	LATITUDE D520	デル	1	Windows XP搭載

4-3. ターゲット設置状況



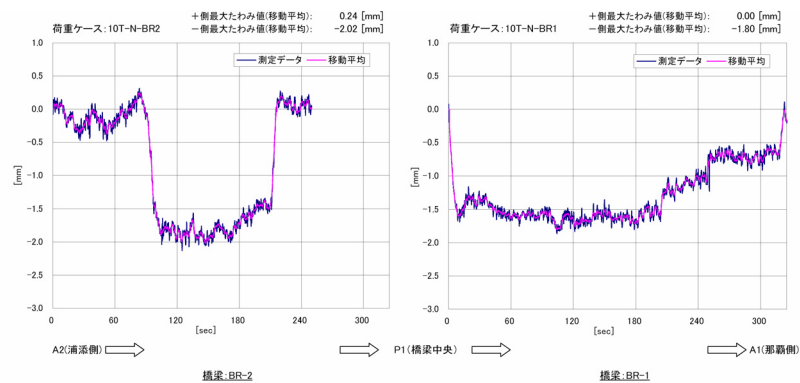
4-3. 測定結果 (1) 動的たわみ

動的たわみ (10T-N-d3)



4-3. 測定結果 (2) 静的たわみ

静的たわみ (10T-N-BR2/BR1)



4-3. 測定結果 (3) まとめ

たわみ結果 (各ケース平均値) 単位: (mm)

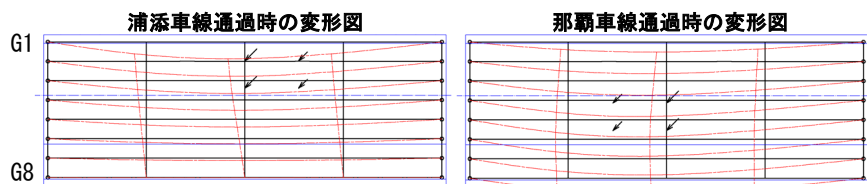
	BR-1 (那覇側)	BR-2 (浦添側)
動的- 4t 車-那覇行き	0.68	0.54
" - 4t 車-浦添行き	0.39	0.35
" -10t 車-那覇行き	1.62	1.54
" -10t 車-浦添行き	0.53	0.39
静的-10t 車-那覇行き	1.80	2.02

- 動的たわみではBR-1(那覇側)が、静的たわみはBR-2(浦添側)がたわみ量大きい。
- 衝撃を含む動的たわみが、静的たわみより大きいと想定したが、実測値は静的たわみが大きい。
荷重車の走行速度が遅いほうが、たわみ追随性が良いと考える。
- たわみ計測は今回が初めてであるため、今回の値を初期値として今後の計測結果より、劣化程度を判断する。

参考. 1 設計上のたわみ量

(mm)

	浦添行き車線				那覇行き車線			
	4 t		10 t		4 t		10 t	
	L-Con あり	L-Con なし	L-Con あり	L-Con なし	L-Con あり	L-Con なし	L-Con あり	L-Con なし
G1	1.9	3.1	4.6	7.6	0.7	1.1	1.7	2.8
G2	1.7	2.7	4.1	6.7	0.8	1.3	2.0	3.2
G3	1.4	2.3	3.5	5.6	1.0	1.5	2.4	3.7
G4	1.2	1.8	2.8	4.5	1.1	1.7	2.6	4.1
G5	0.9	1.4	2.1	3.3	1.1	1.8	2.8	4.3
G6	0.6	0.9	1.4	2.1	1.1	1.8	2.8	4.4
G7	0.3	0.4	0.7	1.0	1.1	1.8	2.7	4.3
G8	0.0	-0.1	0.0	-0.1	1.0	1.7	2.5	4.2



5. 今後の課題

今回の計測結果では、固有振動数 及び たわみ量 については、ともに設計値を満足する結果となっているが、目視点検結果によると、塩害による劣化(コンクリートのひび割れ・剥離・剥落、鉄筋の腐食)は明確であり、維持管理を行なう上では今後も経年劣化程度を調査する必要がある。

A1部 下フランジコンクリートの縦ひび割れ



A2部 下フランジコンクリートの剥落



床版コンクリート(張出部)の剥離

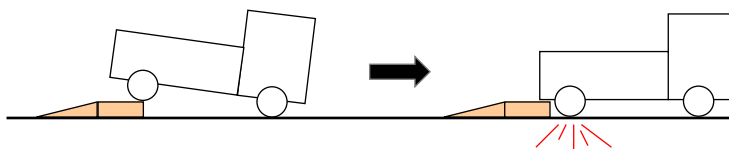


① 荷重車通過による振動測定 及び 動的・静的たわみ計測

橋全体の剛性変化を確認する上で、今回と同様の計測を行なう。
たわみ測定については今回計測値を初期値として比較する。

② 車輪落下方式による振動計測

本橋の路面及び伸縮装置部には凹凸があり、今回の計測では、きれいな減衰波形を得ることが出来ていない。揺れの収まりやすさを計測する為に、路面の凹凸の影響を受けない、車輪落下方式による振動測定を行い減衰を評価する。



橋面上にスロープを設置して、そこから降りる衝撃で振動計測を行なう

③ 全面足場設置による詳細調査

足場を設置して近接目視調査を行なう。ひび割れや鉄筋腐食・コンクリートハンマーを用いてのコンクリート剥離等の劣化程度を調査するとともに、減衰に影響があると思われる支点部・桁遊間の目視確認を行なう。今後の劣化程度を把握するために、損傷マップを作成する。

また、可能であれば部分的にハツリ確認を行ない、鉄筋・鋼桁部の腐食程度を確認すると共に、中性化や含有塩分量などの計測を行なう。また、下フランジコンクリート下面にコンクリートひずみゲージを貼付して、ひずみ測定するのも良い。

④ 舗装の撤去及び復旧

路面の凹凸による衝撃は、コンクリートのひび割れや鋼桁への疲労など、橋梁の劣化要因を誘発するものであるため、早期に平坦化するのが望ましい。また、舗装撤去時に床版上面のひび割れ・雨水の浸入の有無を確認すると共に、可能であれば床版コンクリートの圧縮強度の確認や、防水層の設置を行なうのが望ましい。

終わり