

II-7 古い鋼ゲルバー桁橋(緑川橋)の 載荷試験について

熊本大学
同
九州地建
同

吉村虎蔵
平井一男
川崎迪一
米村信幸

建設省九州地方建設局は本年管内の老朽橋の調査の一つとして国道3号線の緑川橋を選んだ。本橋は8径間(25.800 + 6@ 34.400 + 23.500 = 255.900 m),有効中員7.200 m,の2主桁鋼ゲルバー橋で昭和8年に架設された(図-1, 2, 3参照)。ここでは本橋の静的載荷試験および走行荷重による動的試験における主構造部の挙動について述べる。

1. 試験の方法

鋼桁の応力とたわみの測定のために図-1の左岸より第2, 第3径間を実験桁として選り国のように断面に番号を与えた。応力測定には電気抵抗線歪ゲージを用いその貼付位置とゲージ記号を図-2と図-3に示す。主に応力測定点(断面番号0, 10, 20)の近くに主桁・床桁・縦桁の応力を測定するように選んだ。たわみの測定点として吊桁の中心(断面0)とアンカースパンの中心(断面20)を選び、それぞれの上流桁にはね変位計を取付けた。

荷重としては砂利を積載したトラックを用いた。静的試験における載荷要領図と載荷記号をそれぞれ図-4と図-5に示す。動的試験では上記トラック1台を右岸より走行せしめ、変位計によって動的たわみを記録した。

図-1 断面記号図

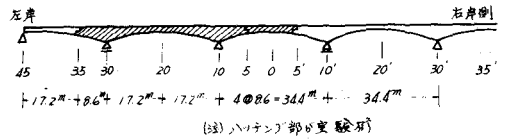


図-2 応力測定点記号図

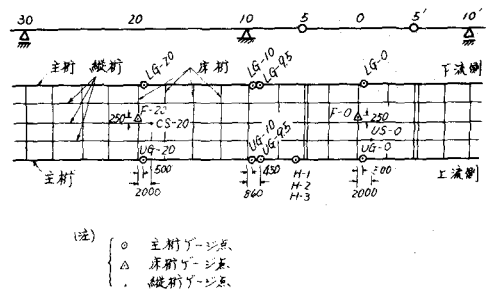


図-3 ゲージ位置および記号図

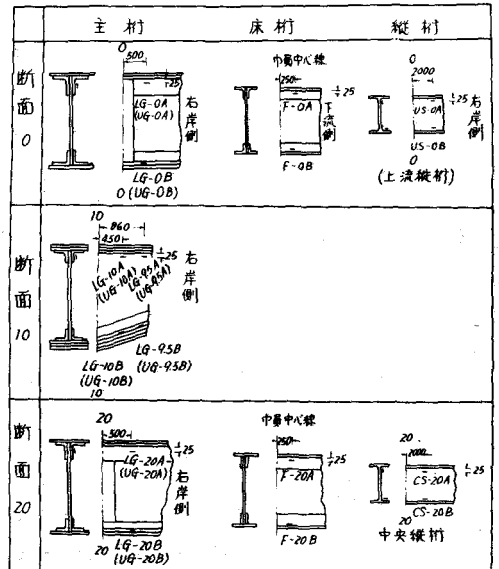


図-4 載荷要領図

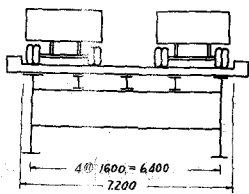
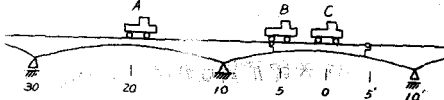


図-5 載荷重記号図



2. 静的試験の結果とその検討

(A) 応力について

A, B, C の載荷状態における応力の測定値をまとめるとそれぞれ表-1, 2, 3 の実験値欄が得られる。これらに対して慣用の計算法で非合成桁として算定した応力を理論値(1)の欄に記入した。またこのときの応力比を 実験値/理論値(1)の欄に記入した。さらに2つの鋼主桁と床版コニグリートおよび縦桁が完全に合成 ($E_s/E_c = 10$) していると仮定して(いわゆるドイツの2主桁橋のように考えて)主桁応力および応力比を求めるとそれぞれ表-1, 2, 3 の(2)欄のようになる。

表-3 静荷重Cのときの応力 (kg/cm²)

断面	部材名	実験値	理論値		実験値/理論値			
			(1)	(2)	(1)	(2)		
断面0	上流主桁	UG-0A UG-0B	-10 +156	-240 +251	-20 +177	0.04 0.62	0.50 0.88	
	下流主桁	LG-0A LG-0B	-25 +133	-240 -251	-20 +177	0.10 0.53	1.25 0.75	
	床桁	F-0A F-0B	-125 +111	-329 +329	*	0.37 0.33	*	
	縦桁	CS-0A CS-0B	+4 +6	0 0	*	—	*	
断面9.5	上流主桁	UG-95A UG-95B	+15 -60	+79 -79	+15 -62	0.19 0.77	1.00 0.97	
	下流主桁	LG-95A LG-95B	+15 -59	+79 -78	+15 -62	0.19 0.76	1.00 0.97	
断面10	上流主桁	UG-10A UG-10B	+7 -56	+77 -66	+15 -54	0.09 0.85	0.47 1.00	
	下流主桁	LG-10A LG-10B	0 -61	+77 -66	+15 -54	0.42 0.77	1.13 —	
断面20	上流主桁	UG-20A UG-20B	+4 -24	+86 -90	+11 -71	0.05 0.27	0.36 0.34	
	下流主桁	LG-20A LG-20B	+9 -25	+86 -90	+11 -71	0.10 0.28	(1.0) 0.35	
	床桁	F-20A F-20B	— —	0 0	— —	— —	— —	
	縦桁	CS-20A CS-20B	+13 -1	0 0	+10 -2	— —	(1.0) (1.0)	
						平均	0.39	0.82
						総平均	0.35	0.77

表-1 静荷重Aのときの応力 (kg/cm²)

断面	部材名	実験値	理論値		実験値/理論値		
			(1)	(2)	(1)	(2)	
断面20	上流主桁	UG-20A UG-20B	-36 +132	-376 +392	-44 +281	0.10 0.36	0.82 0.47
	下流主桁	LG-20A LG-20B	-38 +113	-376 -392	-44 +281	0.10 0.29	0.86 0.40
床桁	F-20A F-20B	-105 +101	-317 +329	*	0.33 0.30	*	
	縦桁	CS-20A CS-20B	-25 +10	0 0	*	—	*
					平均	0.25	0.64

(注) *印は合成桁としての応力と局部応力の影響とを加算する必要があるが、後者を未計算のため記入しなかった。

表-2 静荷重Bのときの応力 (kg/cm²)

断面	部材名	実験値	理論値		実験値/理論値		
			(1)	(2)	(1)	(2)	
断面0	上流主桁	UG-0A UG-0B	— —	-46 +47	-4 +33	— 0.79	— 1.12
	下流主桁	LG-0A LG-0B	— +50	-46 +47	-4 +33	— 1.06	— 1.53
断面9.5	上流主桁	UG-95A UG-95B	+34 -107	+175 -174	+33 -137	0.20 0.62	1.03 0.78
	下流主桁	LG-95A LG-95B	+36 -122	+175 -174	+33 -137	0.21 0.70	1.09 0.89
断面10	上流主桁	UG-10A UG-10B	+23 -109	+167 -142	+33 -119	0.14 0.77	0.70 0.92
	下流主桁	LG-10A LG-10B	+29 -101	+167 -142	+33 -119	0.17 0.71	0.88 0.85
断面20	上流主桁	UG-20A UG-20B	+13 -58	+187 -195	+24 -154	0.07 0.30	0.54 0.38
	下流主桁	LG-20A LG-20B	+15 -46	+187 -195	+24 -154	0.08 0.24	0.62 0.30
	床桁	F-20A F-20B	— —	0 0	— —	— —	— —
	縦桁	CS-20A CS-20B	+27 +8	0 0	+22 -5	— —	1.22 —
					平均	0.41	0.86

(i) 主桁応力の実験値をみると、いずれも上縁側の応力が下縁側の応力よりもきわめて小さく中立軸は慣用計算の理論値より上方にあることが知られ、床版と縦桁等の主桁への協力作用がうかがわれる。このために表-3の末尾の応力比総平均欄をみると、慣用計算によるものは3%で、合成桁として計算したときは77%と回っている。

(ii) 縦桁では慣用計算によると応力が零であるべき荷重状態に対しても実際には応力が生じている。表-2, 3の荷重B, Cのときの断面20における縦桁の実応力には興味がある。合成桁理論ではこの現象をいくらか説明しているようである。

(iii) 表-1, 2, 3のうち床桁・縦桁の理論値(2)の欄に*印があるのは、これらの欄には合成桁として

の応力の外に橋面上の荷重による局部応力を算定してこれを加算する必要があるが、後者の計算をまだ行ってはいないので数値をかかげることができなかったからである。

(b) たわみについて

表-4, 5に静的たわみの実験値と慣用計算による合成桁としてのたわみ(理論値(1))および床版・縦桁が主桁に合成していると仮定して求めたたわみ(理論値(2))を掲げた。たわみ比の総平均を表-5の末尾の欄で見ると、慣用計算によるたわみ比は32%, 合成桁のときのそれは66%となっている。

表-4 吊桁中央(0)点のたわみ

荷重記号	ゲージ名	実験値	理論値		実験値/理論値	
			1	2	1	2
A	D-U0	-1.86	-7.19	-3.36	0.26	0.55
B	D-U0	+4.21	+10.01	+4.73	0.42	0.89
C	D-U0	+5.49	+12.72	+6.19	0.43	0.87
平均					0.37	0.77

表-5 定着桁中央(20)点のたわみ

荷重記号	ゲージ名	実験値	理論値		実験値/理論値	
			1	2	1	2
A	D-U20	+5.77	+19.43	+9.07	0.30	0.64
B	D-U20	-3.08	-13.07	-6.10	0.24	0.50
C	D-U20	-1.47	-5.99	-2.84	0.24	0.52
平均					0.26	0.55
総平均					0.32	0.66

3. 動的試験の結果とその検討

動的試験ではトラツ71台を右岸より橋の中心線上を予定速度20, 30, 40 Km/hで走行せしめ、断面0と20における上流側主桁の動的たわみを記録した。記録を整理して表-6を得た。

本橋の固有周期と固有振動モードの理論値を得るためには、断面0に対して左右対称の変断面合成桁(45-30-10-10'-30'-45')をとり、側径向往2質量、中面径向往3質量の集中質量系におきかえて解析した。その結果のうち低次の振動について図-6と図-7をかかげる。実験で得られた固有周期0.44secに対応するものは $T_1 = 0.51$ または $T_2 = 0.49$ であり

表-6 動的試験

速度(Km/h)	20.6	25.8	35.1	20.3
衡垂率 吊桁中点(0)	0.21	0.14	0.36	—
下カーブ中心点(20)	0.13	0.24	0.31	—
対数減衰率	—	—	—	0.11
減衰自由振動 固有周期(sec)	—	—	—	0.44

図-6 対称振動モード

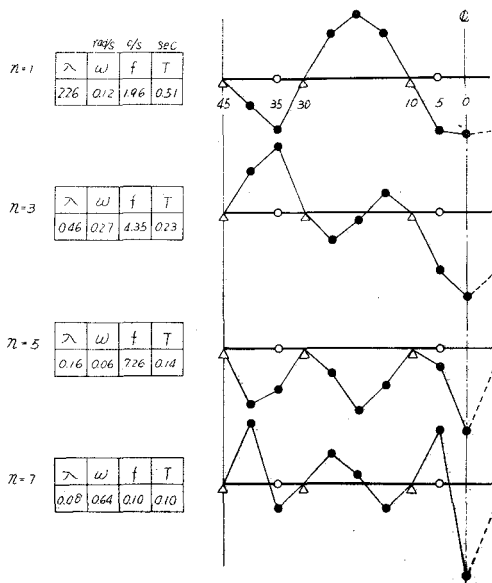
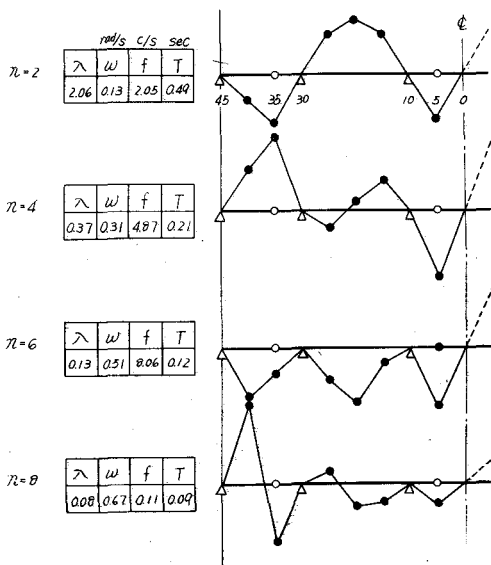


図-7 逆対称振動モード



うから、いま T_1 に対して周期比を求めると $0.44/0.51 = 0.864$ となる。はりのたわみは周期の 2 乗に比例するから、上の周期比の 2 乗をとると $0.864^2 = 0.75$ を得る。これは応力比およびたわみ比の (2) の欄に対応する値であり、3 者はかなりよく一致していることが知られる。

4. 結論

古い 2 主桁の非合成鋼ゲルバー桁橋について静的・動的実験を行なったところ、慣用の計算法においては、主桁の上突縁での応力比は約 10%、下突縁での応力比は約 60% で、総平均応力比は 35% であった。これに対して主桁に床版および縦桁が協力すると仮定すると中立軸は実験値に近づき応力比の総平均は 77% と行った。また後者の理論は縦桁の挙動を説明する。

たわみ比は慣用計算法では 32%、合成桁としては 66% となる。

周期比は合成桁のとき 86%、たわみは周期の 2 乗に比例するからその 2 乗をとると 75%、これは上記の応力比、たわみ比の 77%、66% と対応するものであり、かなり一致しているといえる。図 -6, 7 に見るようにこのゲルバー桁では $n=1$ と 2, 3 と 4, 5 と 6 次の固有周期が非常に近いことが知られる。衝撃率については、速度の増加につれて増加の傾向がみられ、とくに 36 km/h で衝撃率 0.36 が測定された。

ここでは床版や縦桁の詳細部分の調査についてはふれずに、主構造部分の応力・たわみ・固有周期についてのみ記したが、本橋の主構造部分の剛性は慣用計算法に対しては非常に大きいことが知られ、この種の構造の設計法に対して一つの問題を与えるものと考えらる。