

ランガー桁の応力調整について

正員 北海道開発局 石狩川治水事務所 石 井 収
 ○正員 同 土木試験所 西 堀 忠 信

概 要

この報文は深川橋の主径間ランガー桁の応力調整に関するものである。深川橋は2級国道旭川、留萌線の石狩川に架設された橋梁で、橋長481.600 m、幅員7.000 m、主径間は支間89.960 mのランガー桁2連、側径間は2径間連続合成桁2 @ 37.000 = 74.000 m 4連よりなる。その一般図は図-1に示すとおりである。またランガー桁の主要寸法は表-1に示す。

本橋ランガー桁は拱頂においてプレストレスを加え、応力調整を行なっている。これは一般にランガー桁の補剛桁の上下突縁に仿く断面力がはなはだしく異なり、極端な非対称断面になるのを是正するためである。本実験は応力調整が十分に行なわれたかどうかを確かめるために行なったものである。

実 験 方 法

プレストレスの導入は拱頂に装着した100 t ジャッキ4台によって行なった。ランガー桁はケーブルエレクションによったが、プレストレス直前にケーブルから開放し、鋼

表-1 深川橋の主要寸法

橋 種	ランガー桁	拱 矢	14.000 m
橋 格	1 等 橋	格 間 数	13 (13.917 m)
有効幅員	7.000 m	補剛桁間隔	8.400 m
支 間 長	89.960 m	補 剛 桁 高	2.000 m

自重による水平力は拱材により負担させた。

本橋における応力調整に必要なプレストレス量は

$$P = \frac{1}{2n} \sum_{m=1}^n \frac{M_{0m} + M_{um}}{y_m} \quad (1)$$

ここに M_{0m} , M_{um} : m 点のプレストレス導入前における死活荷重による補剛桁の上下核モーメント

y_m : m 点の拱軸線までの距離

により計算され、11.8 t となった。また鋼自重による水平力は107.1 t であり、したがって118.9 t をジャッキングする必要がある。

本実験の主たる目的は適正なプレストレス量の確認にある。このため次の4つの測定を行なった。

- (1) ジャッキのプレッシャーゲージによる水平力の測定
- (2) 拱頂の変形量の測定
- (3) 補剛桁の撓みの測定
- (4) 部材応力の測定

1. プレッシャーゲージはフルスケール100 t 最小目盛5 t のものでそれ以下は目測による。ジャッキは山本扛重製の分離式で手動のものである。

2. 拱頂の開き量とプレストレスの関係は

$$\delta a = \alpha P \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{8f^2 l}{15EI} + \frac{l}{EA_g} + \frac{16\pi f^2}{3IGA_g} + \frac{l}{EA_r} \left(1 + 8 \frac{f^2}{l^2}\right) + \frac{128\lambda}{3EI} \left(\frac{f}{l}\right)^2 = \text{constant}$$

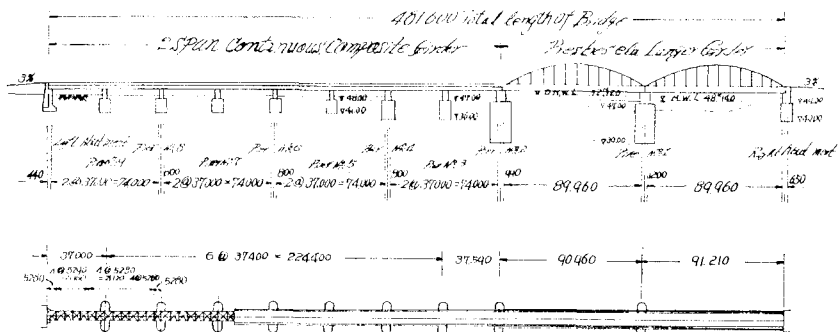


図-1

で示され、 $P=11.8\text{ t}$ で 128 mm となる。開き量はノギス(最大 200 mm , 最小目盛 0.05 mm)を用い、断面隅角部 4カ所について測定し平均値をもって開き量とした。

3. 補剛桁の撓みとプレストレスの関係は

$$\delta_m = \beta P \tag{3}$$

$$\beta = \frac{fP^2}{3EI}(k-2k^3+4k^4) = \text{constant}$$

で示され、 $P=11.8\text{ t}$ で $\delta_m=-156\text{ mm}$ である。撓みの測定は合成桁床版上に固定したレベルによった。これに用いたスケールは 5 mm 目の箱尺で 1 mm まで目測によった。箱尺は横桁上に立てて測定した。

4. 拱肋、吊材および補剛桁のプレストレスによる応力の測定には、抵抗線歪計を用いた。ゲージは共和電業製 KP-22、指示計には同社の静的歪測定器指示計 SM-4J、SS-24J および多点歪自動記録計 SRY-1、ASBを用いた。

測定点は第一連が拱肋 12カ所、補剛桁 12カ所、吊材 24カ所で、拱肋および補剛桁は一断面 4枚、吊材は 2枚、経測点数 144点であり、第二連が拱肋 4カ所、補剛桁 4カ所、吊材 12カ所、で各 4枚、経測点数 80点である。測点位置は図-2に示すとおりである。

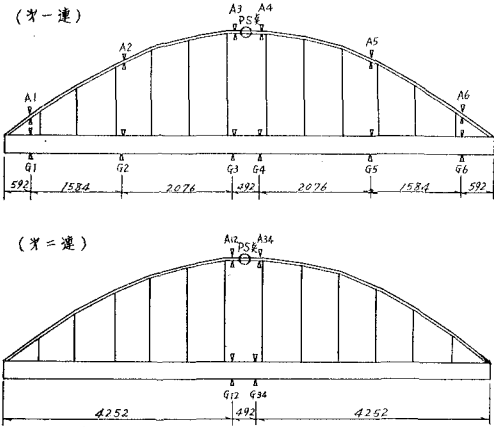


図-2 ゲージ貼付位置図

応力測定の基準点は前述のケーブルから開放した状態とし、全プレストレス量と中間 2カ所について測定した。応力調整の作業は温度差の影響を除くため第一連では午

後 11 時より午前 3 時まで、第二連では曇天日の日中に行なった。プレストレスは 50 t から上は $2\sim 5\text{ t}$ 間隔で数回中間測定を行ない、第一連では 3 回、第二連では 2 回繰返えた後最終状態にプレストレスを上げセットした。

測定結果

測定結果は表-2~表-5および図-3~図-6に示す。

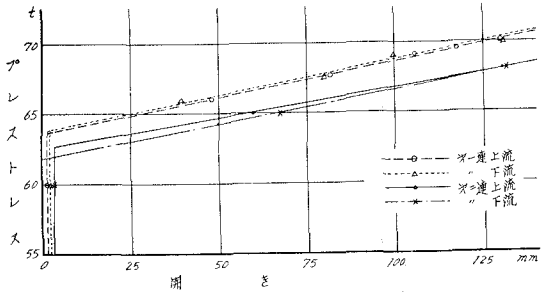


図-3 プレストレスと開き量の関係

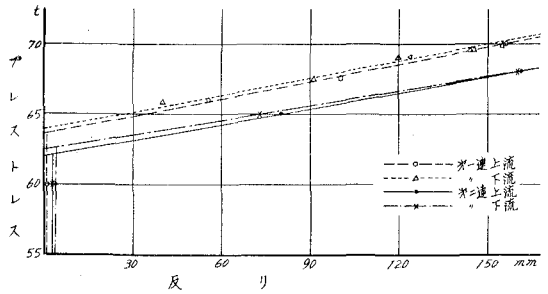


図-4 プレストレスと反りの関係(第 6 格点)

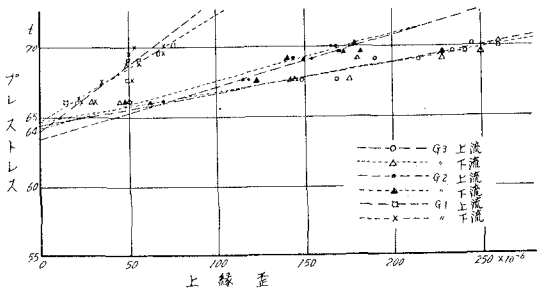


図-5 プレストレスと補剛桁上縁歪の関係(第一連)

表-2 プレストレスと開き量および撓みの関係 (単位 mm)

第 一 連								第 二 連		
プレストレス		60	66	67.5	69	69.5	70	60	65	68
開き	上 流	1.85	47.87	81.81	105.21	117.72	130.60	3.41	67.33	131.79
	下 流	3.11	37.05	82.20	100.03	118.38	130.13	3.25	59.29	130.89
撓み	上 流	10	56.0	101.0	124.5	144.5	157.0	3.7	80.5	162.0
	下 流	1.0	40.0	91.5	119.5	146.0	157.0	3.0	73.2	161.5

表-3 プレストレスと補剛桁歪 (× 10⁻⁶)

			G ₁		G ₂		G ₃		G ₄		G ₅		G ₆	
		荷重	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
第一連	上流	66	22	-12	69	-52	50	-60	69	-68	73	-73	30	-8
		67 ^s	35	-23	115	-86	168	-120	148	-143	118	-102	52	-32
		69	46	-31	154	-128	190	-180	215	-220	143	-158	64	-30
		69 ^s	50	-36	171	-139	234	-210	241	-213	170	-150	69	-44
		70	53	-37	166	-129	260	-210	245	-240	168	-150	70	-40
	下流	66	21	-13	47	-49	45	-10	29	—	62	-19	14	-13
		67 ^s	50	-24	123	-99	176	-117	144	—	143	-83	49	-14
		69	55	-33	140	-119	180	-114	228	—	150	-43	49	-22
		69 ^s	67	-36	172	-152	250	-143	228	—	182	-114	67	-26
		70	75	-32	178	-150	335	-158	260	—	228	-110	75	-35
第二連	上流	68	—	—	—	—	273	-231	277	-272	—	—	—	—
	下流	68	—	—	—	—	240	-192	—	-219	—	—	—	—

表-4 H と $\partial m / \partial a$ の関係

格点			1	2	3	4	5	6	6'	5'	4'	3'	2'	1'	T
H の計算値			0.297	0.574	0.816	1.013	1.154	1.228	1.228	1.154	1.013	0.816	0.574	0.297	10.163
実測値	第一連	上流	0.299	0.568	0.825	1.008	1.142	1.211	1.209	1.155	1.022	0.832	0.581	0.288	10.140
		下流	0.288	0.563	0.804	1.001	1.147	1.201	1.216	1.146	1.022	0.792	0.559	0.308	10.047
	第二連	上流	0.293	0.582	0.825	1.020	1.171	1.229	1.247	1.168	1.020	0.814	0.574	0.299	10.242
		下流	0.298	0.578	0.833	1.016	1.169	1.240	1.228	1.162	1.003	0.808	0.601	0.301	10.237

表-5 H_a と P

		撓 み	開 き	G_1	G_2	G_3	G'_1	G'_2	G'_3	$\overline{G}$	$\overline{H}_a$	P
第一連	上 流	63.6	63.6	63.3	64.3	63.7	64.4	64.3	64.2	64.0	63.8	6.2
	下 流	64.0	63.7	64.6	64.6	64.0	64.7	64.0	63.7	64.2	64.0	6.0
第二連	上 流	62.5	62.5	—	—	—	—	—	—	—	62.5	5.5
	下 流	62.0	61.8	—	—	—	—	—	—	—	61.9	6.1

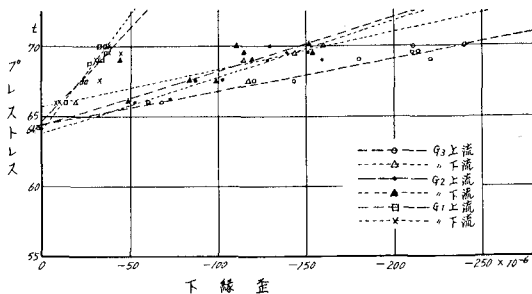


図-6 プレストレスと補剛桁下縁歪の関係 (第一連)

考 察

ランガー桁の不静定力 H は

$$H = (1) \cdot \frac{\partial m a}{\partial a a}$$

にて示される。この値とプレストレス導入時の拱頂の開き量 ∂a , および撓み ∂m より $\partial m / \partial a$ を計算し比較すると表-4 図-7 のようになり、この結果第一連上流では -0.2%, 下流で -1.1%, 第二連ではそれぞれ +0.8%, +0.7% でほぼ一致することがわかった。これより本橋の形状は設計によ

く一致するものと思われる。

以上の結果よりプレストレスについて考察する。まずプ

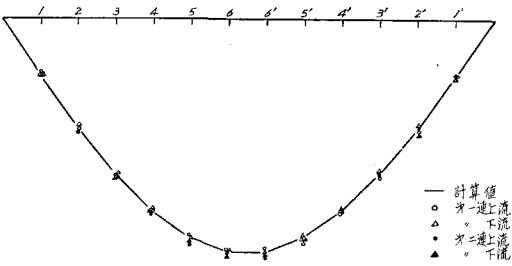


図-7 δ_m/δ_a と H の関係

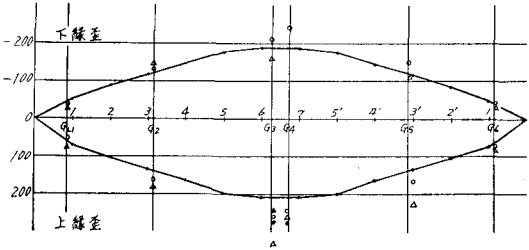


図-8 補剛桁のプレストレスによる歪

レストレス量と拱頂の開き量、撓み、補剛桁の応力の相関関係をみると表-2~3 および 図-3~6 に示ようになる。それをまとめると表-5 に示すようになり、死荷重(プレストレス導入時)による水平力 H_a は第一連上流で 127.6 t, 下流で 128.0 t, 第二連上流で 125.0 t, 下流で 123.8 t となっている。これはいずれも設計値よりも 4%~7% 大きかった。これの主たる原因は架設用資材(ベント、足場など)による死荷重の増加によるものと考えられる。プレストレスについては表-5、図-3~6 より第一連 12.4~12.0 t, 第二連 12.2~11.0 t と推定され、計算値 11.8 t に較べて第一連で 2~5%, 第二連で 2.5~-1.5% の差がある。また開きは 128 mm に対して第一連で 1.5%, 第二連で 2.5% 大きく、撓みもまた 157 mm に対して第一連では 0% 第二連では 2% 大きい、以上の結果より第一連、第二連ともにわずかであるがオーバープレストレスのようであるが、いずれも許容応力内におさまる安全であることが確かめられた。

以上実験を通して、わずかなプレストレス量であるためより高精度の荷重計が必要であること、従来のランガー桁にくらべて安全性が高められたこと、在来ランガー桁の計算方法で十分一致することがわかった。