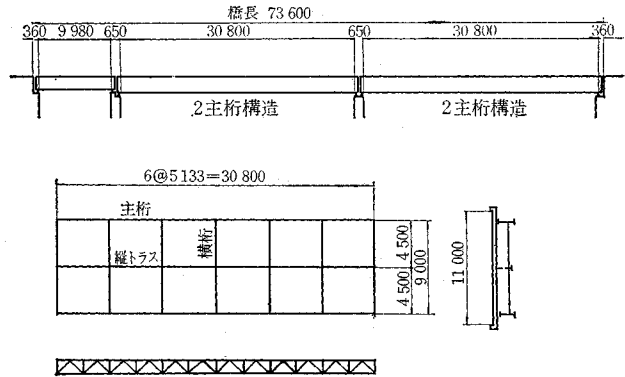


江口橋—2主桁構造のプレート ガーダー橋—

資 料

井上洋里*・山本知弘**・成岡昌夫***

図-1 一般図



1. まえがき

本橋は府道大阪高槻線上の神崎川に架設された、橋長 73.6 m (9.98 m + 2 @ 30.8 m) の橋梁で、昭和 38 年から始まった大阪高槻線の道路改良事業の一環として、工期 2 ヶ年強を経て、昭和 40 年 2 月に竣功したものである。交通量の激増した主要地方道大阪高槻京都線のバイパスとして、その役割りは大きいものがある。なお、本橋のスパン割は大阪府の河川条件により決定されたものである。

橋梁の形式はいろいろ考えられるが、合成桁で幅員 11 m、支間 30.8 m で並列多主桁構造とした場合、主桁数は 4~5 本程度とするのが一般的であるが、本橋では主桁を 2 本として、主桁間中央に縦トラス 1 本、横桁 5 本 (約 5 m 間隔) からなる床組構造とした。このように桁高の制限が少なければ、主桁数を減少させ、縦トラスおよび横桁を床版と合成した床組構造の軽量化を考慮ることにより、本橋では約 15% の鋼材重量の節減ができた。

この形式の橋梁は、最近ドイツに数多くみられるもので、本橋の計画および設計に当っては、特に Kauppen 橋¹⁾、Mainz-Weisenau 橋²⁾ を参考にした。

また、本形式の橋梁は、わが国ではいまだ実用化の例をみないため、1/15 縮尺の亚克力模型を製作し、床組の格子作用、縦トラスおよび横桁の応力等の計算方法の確認のため模型実験を行なった。

以下、本橋の概要、解析法、および、模型実験について述べる。

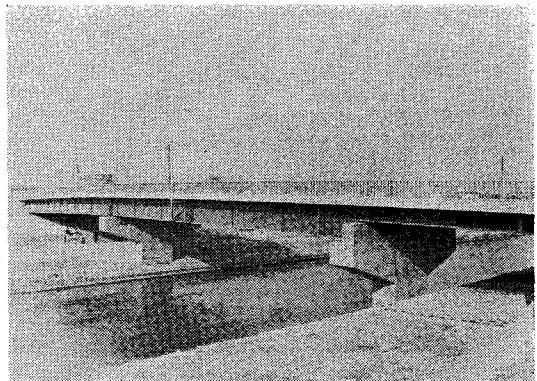
2. 本橋の概要

本橋の概要は、図-1、表-1 に示すとおりである。主

表-1 橋梁諸元

位 置	大阪市東淀川区北江口町			
路 線 名	府道大阪高槻線			
河 川 名	神 崎 川			
等 級	1 等 橋			
形 式	合成鋼板桁 (2 本主桁構造)			
上 部	橋 長	73 600	有 効 幅	11 000
	径 間 長	9 980 + 30 800 + 30 800	主 桁 間 隔	9 000
	鋼 重	109 kg/m ²	床 版	鉄筋コンクリート厚 190
	桁 高	2 000	鋪 装	トベカアスファルト舗装厚 40
下 部	橋台、橋脚	橋台：逆T型鉄筋コンクリート	橋脚：T型鉄筋コンクリート	
	基 礎	橋台：鋼管パイル	橋脚：円形ウエル	
工 事 費	81 000 千円			
製鋼桁製作架設	松尾橋梁KK	下部工	西田工業KK	

写真-1 江口橋近景



桁、縦トラス、および、横桁は合成し、ジベルは主桁には剛ジベル、縦トラス、および、横桁にはスタットジベ

* 正会員 大阪市土木局橋梁課長
 ** 正会員 工修 松尾橋梁KK橋梁設計課係長
 *** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学科

ルを使用した。

3. 解析法

(1) 床版

床版は、主桁、縦トラス、および、横桁によって支持されているので、橋軸および幅員方向に連続等方性板となるが、本橋では鋼道路橋設計示方書の2方向版の計算を行なった。また、検算のため周辺単純支持の等方性版としても計算した。その結果のみを示すと、表-2のとおりである。

表-2 床版曲げモーメント (単位: tm/m)

	示方書	周辺単純支持
死荷重モーメント	$M_x=0.898$ $M_y=0.550$	$M_x=0.537$ $M_y=0.429$
活荷重モーメント	$M_x=2.427$ $M_y=3.606$	$M_x=2.582$ $M_y=3.667$

M_x : 橋軸方向のスパン曲げモーメント

M_y : 幅員方向のスパン曲げモーメント

表-2 からわかるように、示方書による値と周辺単純支持とした値は、活荷重の場合良く一致している。

つぎに、本橋の設計で特に留意した主桁、および、床組の解析とは別に、慎重な配慮がなされた点は、縦トラスおよび横桁が合成してあるため、床版コンクリートの応力は横軸方向に合成桁としての圧縮応力と、2方向床版としての圧縮応力が加算されると考えられる。主桁作用に対して、 $E_s/E_c=7$ 、床版作用に対して $E_s/E_c=15$ であり、床版は主桁作用としての働きと床版作用としての働きが、根本的に異なっているので、単純に加算できない。参考までは、スパン中央断面の主桁作用と床版作用との双方による床版コンクリート上縁応力を示せば、表-3 のようになる。 $n=15$ として主桁作用と床版作用の応力を加算すると 99 kg/cm^2 となる。本橋はコンクリートの許容応力 $\tau_{ca}=100 \text{ kg/cm}^2$ であり、単純に加算しても安全であると考えた。

表-3 床版コンクリート上縁応力 (単位: kg/cm^2)

	合成桁		床版	合計
	$n=7$	$n=15$	$n=15$	$n=15$
上縁応力	39	33	66	99

(2) 主桁、縦トラス、および、横桁

主桁、縦トラス、および、横桁は、主桁3本、横桁5本よりなる格子構造と考え、Hombergの方法により荷重分配を行なった。縦トラスは、上下弦材のみの断面構成から断面2次モーメントを計算し、等価なI形断面と考えた。

縦トラスの解法は、トラスで補強されたはりと考え、変形法³⁾によった。その概要を図-2に示す。

図-2

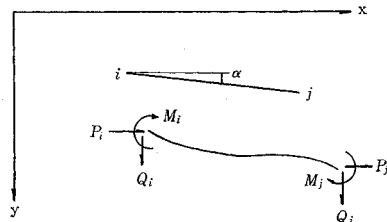


図-2 のような任意の直交座標系 $x-y$ を定め、この面内にある平面剛節棒構造物の任意の部材 ij の長さを l_{ij} 、断面積 A_{ij} 、断面2次モーメント I_{ij} とする。部材端 i, j の座標を (x_i, y_i) 、 (x_j, y_j) 、点 i, j の x, y 方向の変位を (u_i, v_i) 、 (u_j, v_j) 、節点回転角を θ_i, θ_j とした場合、これら変形量と部材 ij の材端 i における材端力の x, y 方向の分力 P_{ij}, Q_{ij} 、および、材端モーメント M_{ij} との関係はつぎのように示される。

$$\begin{aligned}
 P_{ij} &= -\frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} [\sin^2 \alpha \cdot (u_i - u_j) - \sin \alpha \cos \alpha \cdot (v_i - v_j)] \\
 &\quad + \frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} \sin \alpha \cdot (\theta_i + \theta_j) - \frac{EA_{ij}}{l_{ij}} [\cos^2 \alpha \cdot (u_i - u_j) + \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot (v_i - v_j)] \\
 Q_{ij} &= -\frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} [-\sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot (u_i - u_j) + \cos^2 \alpha \cdot (v_i - v_j)] \\
 &\quad - \frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} \cos \alpha \cdot (\theta_i + \theta_j) - \frac{EA_{ij}}{l_{ij}} [\cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot (u_i - u_j) + \sin^2 \alpha \cdot (v_i - v_j)] \\
 M_{ij} &= -\frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} [-\sin \alpha \cdot (u_i - u_j) + \cos \alpha \cdot (v_i - v_j)] - \frac{2EI_{ij}}{l_{ij}} (2\theta_i + \theta_j)
 \end{aligned} \tag{1}$$

いま、任意の節点でつりあい条件式 $\sum X=0, \sum Y=0, \sum M=0$ を考えると、次式のようなになる。右辺は荷重項である。

$$\begin{aligned}
 a(u_i - u_j) - b(v_i - v_j) - c(\theta_i + \theta_j) &= P \\
 -b(u_i - u_j) + \bar{a}(v_i - v_j) + \bar{c}(\theta_i + \theta_j) &= Q \\
 -c(u_i - u_j) + \bar{c}(v_i - v_j) + d(2\theta_i + \theta_j) &= M
 \end{aligned} \tag{2}$$

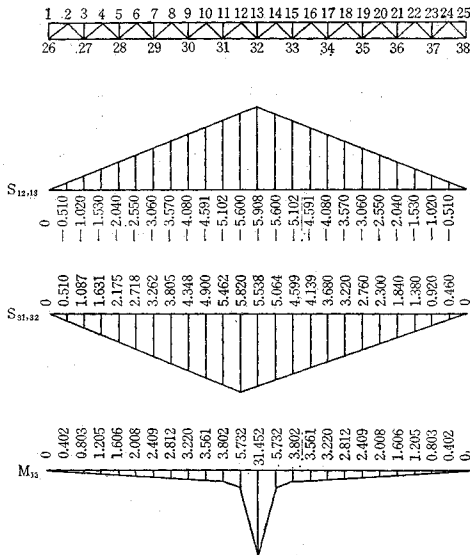
ただし、

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \sin^2 \alpha + \frac{EA_{ij}}{l_{ij}} \cos^2 \alpha \\
 \bar{a} &= \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \cos^2 \alpha + \frac{EA_{ij}}{l_{ij}} \sin^2 \alpha \\
 b &= \left(\frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} - \frac{EA_{ij}}{l_{ij}} \right) \sin \alpha \cdot \cos \alpha \\
 c &= \frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} \sin \alpha, \quad \bar{c} = \frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} \cos \alpha, \quad d = \frac{2EI_{ij}}{l_{ij}}
 \end{aligned} \tag{3}$$

式(2)を構造物の各節点で立てれば、各節点の変形量 u, v, θ を未知数とする連立方程式を得る。

本橋では、stiffness matrix の作成、逆行列の計算、および、鉛直格点荷重による各部材の影響線の計算までの一連の演算を、IBM 7090 を使用して行なった。stiffness matrix は 98 元となり、これを倍長計算をした。このようにして求めた、縦トラスの弦材の影響線の例を二、三示すと、図-3 のようになる。

図-3 影響線



4. 模型実験

本橋の床組の力学的性状が、前項で考えたような格子作用をしているかどうかを確認し、計算の一助とするために、相似律 1/15 として、合成後の状態で、アクリライト模型を製作した。アクリライト材料は、温度の影響が大きくクリープするので実験材料としては、適当でないが、傾向的に計算値を確認するという点と、加工の安易さなどの理由でこれを決めた。また、縮尺はアクリライト板厚が市場寸法の関係で正確に縮小できなかった。おもな寸法を、表-4 に示す。

実験に先立って行なったアクリライトの曲げ試験の結果、 $E=30\,000\text{ kg/cm}^2$ (30°C) であった。また、模型実験に使用した荷重は、相似律から $P=0.508\text{ kg}$ となる。

実験結果と計算値との比較例を示すと、図-4 のようになる。

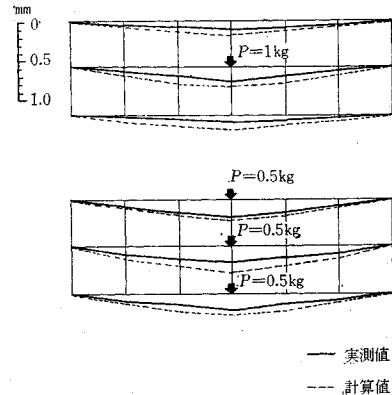
本橋の模型実験について、気付いた点を列挙するとつぎのようなことになる。

(1) 本橋の模型は、縦トラスの製作が困難であり、他の材料では製作がむずかしい。したがって、製作加工

表-4 模型諸元 (単位: cm)

		実 橋	実橋縮尺値	模 型
ス	バ	3 080	205.3	205
	ン	900	60	60
主	ウ	180	12	11
	エ	1	0.066	0.15
	ブ	76	0.338	0.315
	厚	228	1.013	0.99
	上フランジ断面積	8 801 428	173.85	168.0
桁	$l/2$ の断面 2 次モーメント	7 194 026	142.10	129.59
	$l/4$ の断面 2 次モーメント			
縦トラス	上弦材断面積	53.28	0.237	0.24
	下弦材断面積	122.1	0.543	0.54
	斜材断面積	38.4	0.171	0.165
	換算断面 2 次モーメント	2 645 512	52.257	33.22
横	ウ	0.8	0.053	0.15
	エ	16	0.071	0.09
	ブ	20	0.089	0.105
	厚	843 382	16.66	13.86

図-4 たわみの実測値と計算値



によるひずみがあることが実験値から推定される。

(2) 前項と関連して、縦トラスの節点のガセットが模型では大きくなり、滑節構造より剛節構造に近い構造となった。

(3) たわみの実測値は、ひずみのそれと比較して比較的よい結果をえたが、ひずみの実測値は、主桁については実測値と計算値はよい傾向を示すが、縦トラスによっては、かなりの乱れがある。その理由は、製作加工上のひずみ、および、節点の構造にあると考えられる。

5. 設計についての二、三の感想

本橋全般については、つぎのことがいえる。

(1) 2 主桁構造は多主桁構造に比較して、鋼重が 10~15% 程度軽減できるが、橋梁の剛性、振動性ともあわせ考える必要があろう。

(2) 本橋では横桁を 5 本としたが、荷重分配横桁としては、3 本程度が適当であろう。また、鋼重の軽減にも有効である。

(3) 本橋では横桁は合成としたが、床版コンクリー

トに引張りを生じないという条件から断面がきまり、不経済となった。また、床版の計算も2方向版となり、応力状態も簡明でなく、あわせて床版コンクリートの主桁作用としての応力との加算、製作上の問題等から、横桁はこの程度の幅員、スパンでは非合成とした方がすぐれていると考えられる。ドイツの実例のうのみは避けなければならないと思う。

6. む す び

江口橋の設計では、わが国最初の試みであったため、不十分な点が多いと思うが、ありのままを記して参考に供する次第である。

Mainz-Weisenau 橋のアプローチ(ライン河上は3スパン連続の1箱桁)は、スパン $51.305+6@51.630+51.305=412.230$ m、幅員 25.0 m であるにかかわらず、2主桁、主桁間隔 19.00 m、横桁は充腹桁(合成)、間隔 2 m、縦桁は荷重分配用トラス(合成)で、その間隔

は $20.000/3=6.333$ m であって、鋼重は 136 kg/m^2 (St 52, St 39) である。まさにわが国のスパン 40 m 級の1等橋の鋼重である。Kauppen 橋を設計した Grassel 氏によっても、この形式はすぐれていることが唱えられている。荷重体系がちがうので、横桁間隔の 2 m には問題があると思うが、研究に値する形式であると思う。

なお本橋と同形式でスパンの長い新十三大橋が大阪市で施工中であり、実験研究を含めた新十三大橋についての詳細な内容は、あらためて発表の予定である。

参 考 文 献

- 1) Grassel, H.: Die Kauppenbrücke, Stahlbau, 31. (1962), S. 238~254.
- 2) Roik, K.: Die Flutbettbrücke der Rheinbrücke bei Mainz-Weisenau, Stahlbau, 31 (1962), S. 289~298.
- 3) 成岡・山本・児島: 変形法によるリブアーチ構造の解法, 土木学会誌, 46. 10 (昭 36. 10), p. 19~24.
- 4) 成岡: ドイツの鋼橋の 2, 3 について, 道路, 昭 38. 11. p. 949~953.

(1966.5.2・受付)

水に関する技術的問題の総合的な解決への鍵!

好評発売中

水工学便覧

監修

編集幹事

東北大学名誉教授・工学博士

中央大学教授・工博

沼知福三郎

春日屋伸昌

東京大学教授・工学博士

本間 仁

1. 理学・工学にまたがるいろいろな「水に関する技術的問題」の総合書の決定版!
2. 土木・機械・農業工学・地質学の最高権威者 60 数氏の協力執筆による水工百科!
3. 水工に関する理論, 設計・施工の技術を総合的かつ具体的に解明した指導書!
4. 現場技術者に最も必要な実際例, 未発表のデータ, 数値表等を収めた実用書!
5. 見てすぐ理解できるように鮮明な3000個以上の図版を挿入した明解な便覧!

B5判 総クロース装 画入豪華本
本文1250頁 8ポイント函組・図版
写真版3000個以上 特上質紙使用
定価10,000円 ●内容見本呈●

【主要項目および執筆】 1. 流体の物理的性質(工博・井田富夫) 2. 静水力学(井田富夫) 3. 流体運動の基礎方程式(工博・笠原英司) 4. 管水路の定常流れ(工博・豊倉富太郎) 5. 管水路の非定常流れ(日立・小田保光) 6. ~7. 開水路の流れ(I, II)(工博・岩崎敏夫) 8. 噴流(工博・石原智男) 9. 一般の非回転運動(笠原英司) 10. 渦運動(工博・川口光年) 11. 粘性流体の運動(川口光年) 12. 流体中を進行する物体の抵抗(工博・伊藤英寛) 13. 圧縮流体の運動(川口光年) 14. キャピテーション(工博・村井等) 15. 混相流(石原智男他) 16. 地下水(内藤利貞) 17. 流量測定(鈴木晴之) 18. 水理実験(工博・尾崎晃) 19. 水文学(丸井信雄) 20. 河川水理学(丸井信雄) 21. 海岸水理学(工博・井島武士) 22. 砂防工学(工博・谷口敏雄他) 23. 河川工学(横戸実他) 24. ダム水理工学(工博・村幸雄) 25. 発電水力(工博・林泰造他) 26. 海岸・港湾工学(工博・久宝稚史) 27. 埋立工学(乗杉恂他) 28. 上下水道(工博・岩塚良三他) 29. かんがい・排水(農博・野口正三他) 30. 水力機械(工博・草間秀俊他) 31. 工業用水(理博・蔵田延男) 32. 数値表(春日屋伸昌)

東京・神田・小川町3の10 振替東京34757 電(292)2601(代)

森北出版株式会社