

九州大学工学部 正員 大塚久曾
 正員 吉村虎蔵
 学生員 ○福山俊弘

1. 序論

都市内高速道路あるいは都市外高速道路においてもインターチェンジなどでは、道路線形上の制約から曲率半径の小さな曲線橋が用いられる場合が多い。一、最近、床版のひび割れ等が問題となり、その対策に幾つかの研究がなされている¹⁾。

床版の設計については、道路橋示方書 6-1 (84年)において従来の示方書は大きく改訂されたが、その後さらに昭和64年4月の通達²⁾によって計画交通量と補修作業の難易および主桁の剛度差によって決まる2つの補正係数を用いて最小床版厚を定めるよう指示されている。曲線橋においては主桁の剛度が異なるうね曲げとねじりが連成することから大きな付加曲げモーメントが予想される。そこで本研究では活荷重合成曲線主桁橋を例にとり、曲線橋における床版の曲げモーメントに関し床版厚および開角の影響を考察し、さらに横桁・横構の効果などを検討した。

2. 解析理論

本研究では曲線橋を扇形床版、曲線主桁、横桁および横構の4構成要素からなる板・桁複合構造物とみて、これら構成要素の偏心結合を考慮した解析法³⁾を用いた。扇形床版の剛性方程式を有限帯板法により、曲線主桁のそれをフーリエ級数展開により、横構・横桁のそれを有限要素法によりそれぞれ求めた。扇形床版と曲線主桁からなる構造(以下基本構と称す)は、通常の有限帯板法により解析できる。横桁・横構を有する構造では、基本構の節点下向き性行列と横桁・横構の剛性行列を用いて基本構に作用する結合力を求め、外荷重とこの結合力を同時に基本構に働かせて解析した。

3. 解析モデル

本研究では図-1に示す活荷重合成主桁橋を解析した。

荷重は丁荷重を橋軸方向(θ方向)に1台、橋軸直角方向(φ方向)に3台を部分分布荷重として載荷したが、前輪の影響は後輪に比して小さいと考えこれを無視した。

4. 解の収束状況

解析に先だって有限帯板法の精度を検討するために、分割数と調和項数を変化させてその収束状況を調べた。図-2, 3は主桁直線橋において床版を6, 12, 24分割した場合のスパン中央断面の曲げモーメントを示したものである。これによるとθ方向では収束がよく6分割でも十分と思われるが、φ方向では24分割は必要であることがわかる。また調和項数は11項から19項までの計算を行った結果、19項に対し51項で99%以上の収束をみたので、51項を用いて計算した。

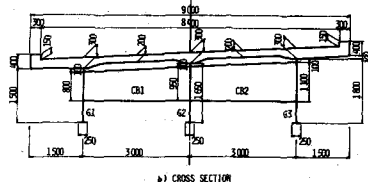
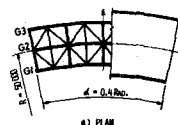


図-1 活荷重合成曲線主桁橋

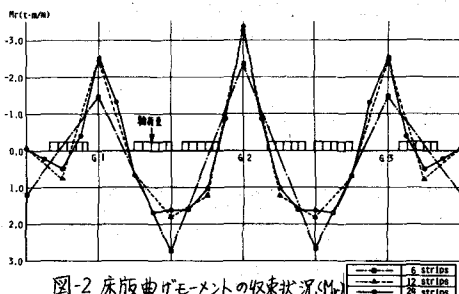


図-2 床版曲げモーメントの収束状況(φ)

5. 解析結果と考察

図4および表-1は床版厚が20, 22, 24cmの場合のスパン中央断面における床版曲げ応力 σ_r , σ_g を示したものである。開角は0.4ラジアン、横桁・横構を有する構造である。これらの図表から、 $h=24$ cmのときの σ_r を、 $h=20$ cmのときの σ_r と比較すると、桁上および交間中央で共に約80%の減少を示していることがわかる。

次に表-2は開角が0.2, 0.4, 0.8ラジアンの場合のスパン中央断面における床版曲げモーメントを示したものである。床版厚は20cm、横桁・横構を有する構造である。この表から中桁上の値の変化はほとんどないが、開角が増加するにつれて内桁の値は減少し、外桁では増加することがわかる。たとえば、外桁上の M_r は開角が0.2から0.8へ変化すると約8%増し、内桁上の M_r は約10%減少している。これは曲率が大きくなるにつれ、なじれ変形が大きくなり内桁のたわみは小さく、外桁のたわみは大きくなることに起因するものと思われる。

表-3は基本構とそれに横桁・横構を加えたときの床版曲げモーメントの値を比較したものである。開角は0.4ラジアン、床版厚は20cmである。この表より、直線橋の場合は横桁・横構の効果はほとんどなく、曲線橋の場合は特に外桁付近でたわみを拘束しようとする横桁・横構の効果が顕著であることがわかる。 M_0 については省略するが、外桁張出部においてかなりの効果をもつ以外はほとんど影響ないようである。

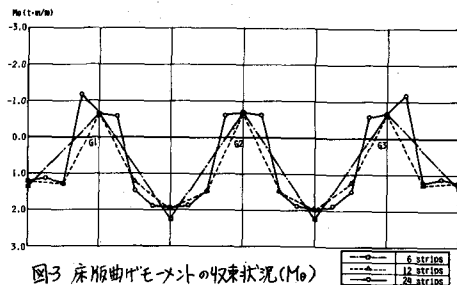


図3 床版曲げモーメントの収束状況(M_0)

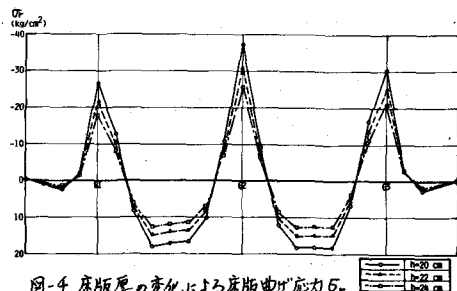


図4 床版厚の変化による床版曲げ応力 σ_r

表-1 床版厚の変化による床版曲げ応力 σ_r, σ_g

unit(kg/cm ²)							
測点位置	σ _r			σ _g			平均差*
	20	22	24	20	22	24	
橋上中央	2.57	2.04	1.63	6.50	5.95	5.57	0.09
内桁	-26.53	-21.69	-18.00	-6.10	-5.59	-5.15	0.08
交間中央	17.22	14.26	12.01	20.80	17.83	15.59	0.22
中桁	-37.44	-30.73	-25.63	-7.69	-7.01	-6.53	0.10
交間中央	18.31	15.14	12.74	21.45	18.34	16.02	0.24
外桁	-30.45	-25.27	-21.30	-8.20	-7.51	-6.91	0.12
橋上中央	2.75	2.21	1.81	6.87	6.27	5.75	0.15

* $h=20$ cmと $h=24$ cmのときのたわみ差(M/m)

表-2 開角の変化による床版曲げモーメント

unit(t-m/m)							
曲げモーメント	Mr			Mo			たわみ差*
開角 α	0.2	0.4	0.8	0.2	0.4	0.8	
橋上桁中央	0.52	0.48	0.38	1.28	1.22	1.10	-0.60
内 桁	-2.52	-2.44	-2.27	-0.61	-0.56	-0.47	-0.24
交間中央	1.61	1.58	1.52	1.93	1.91	1.89	0.24
中 桁	-3.45	-3.44	-3.44	-0.70	-0.71	-0.74	1.03
交間中央	1.66	1.68	1.72	1.95	1.97	2.03	1.67
外 桁	-2.73	-2.80	-2.95	-0.70	-0.75	-0.88	2.31
橋上桁中央	0.50	0.52	0.52	-1.20	-1.29	-1.51	2.67

* $\alpha=0.2$ と $\alpha=0.8$ のときのたわみ差(M/m)

表-3 床版曲げモーメント $M_{r,g}$ に対する横桁・横構の効果

	Straight Girder			Curved Girder		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
橋上桁中央	0.55	0.51	0.008	0.40	0.48	0.038
内桁	-2.63	-2.63	0.002	-1.86	-2.44	0.020
交間中央	1.71	1.63	-0.009	1.56	1.58	0.005
中桁	-3.31	-3.44	-0.012	-3.56	-3.44	-0.013
交間中央	1.71	1.63	-0.008	1.06	1.68	-0.045
外桁	-2.63	-2.63	0.002	-4.11	-2.80	-0.124
橋上桁中央	0.55	0.51	0.009	0.81	0.52	-0.191

(1) 基本構
(2) 基本構+横桁・横構
(3) (1), (2)のたわみ差(M/m)

- 佐藤・成岡：支桁橋のたわみを考慮した鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の曲げモーメントについて
土木学会論文報告集, 第175号, pp1~13, 1970年3月。
- 建設省道路第18号, 建設省建設第18号: 道路橋設計第227号: 床版の設計・施工について
昭和53年4月13日発行。
- 大塚・早田・吉村: 床版と桁の偏心結合を考慮した曲線橋の解析
土木学会論文報告集, 第281号, pp1~23, 1977年3月。