403－15　　PC中空床版曲線橋における緊張材の配置形状について

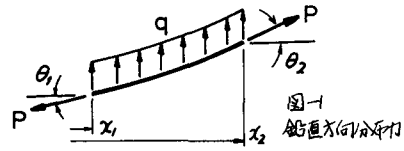
九州大学工学部　正員　○大塚　久哲
福岡北九州高速道路公社　正員　村山　陸之
オリエンタルコンクリート　正員　小深田信昭

1. まえがき

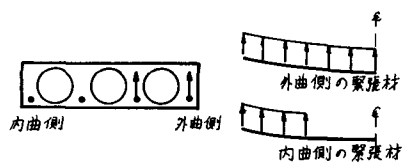
曲線橋においては，曲げとねじれが連成するため鉛直荷重によって大きなねじりモーメント（以下ねじりMと略記）が生じるが，現行道路橋示方書Ⅲでは，複合応力下のコンクリート部材の設計に際し，各応力間の相関関係を無視してそれぞれの応力に対して必要とされる鉄筋量を配置するため，ねじりMが存在する断面の必要鉄筋量は急激に増加する。ところでPC曲線橋においては，各主桁の緊張材配置形状の工夫により設計荷重作用時と逆向きのねじりMを生じさせることができれば，これにより設計荷重時のねじりMが相殺されて必要鉄筋量を減少させることが可能となろう。本文は以上の観点から，PC単純中空床版曲線橋を例にとり，必要鉄筋量の減少を図った一試算について報告する。

2. 緊張材配置形状選定に関する基本的考え方

緊張材の鉛直勾配θが橋軸方向に変化する場合，緊張力Pによって　$q=P(\theta_2-\theta_1)/(x_2-x_1)$　なる分布力が鉛直上向きに作用する（図－1）ので，緊張材を放物線状に配した場合のqは等分布力となる。この分布力によって設計荷重作用時と逆向きのねじりMが生じるように緊張材の配置を考える。すなわち，中空床版曲線橋のように複数の主桁（ウェブ）で構成されるPC橋梁では，外側の主桁の緊張材を放物線状に配し，内側の主桁の緊張ケーブルを鉛直分布力がなるべく生じないようにスパン中央付近で水平とすれば，設計荷重載荷時と逆向きのねじりMを断面に生じさせることができよう（図－2）。



図－1　鉛直方向分布力

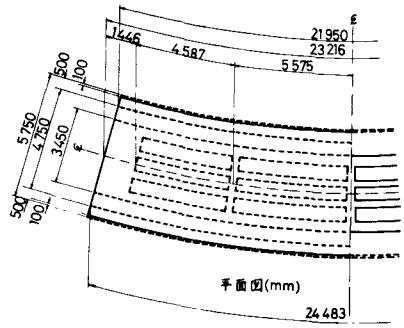


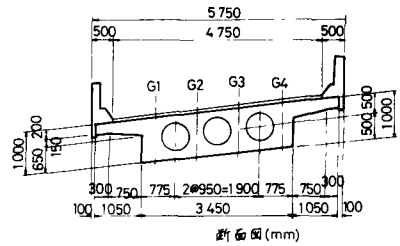
図－2　緊張材の配置形状

3. 実橋による一試算

3－1　モデル橋梁

図－3に示す幾何学形状と表－1に示す諸元を持つ単純PC中空床版曲線橋を例にとる。文献1)によれば，この橋梁の緊張材はスパン中央付近で水平，桁端で一定の勾きをもつ直線，その間を円弧としている。いま，G1，G2桁の緊張材配置は設計書通りとし，G3，G4桁の緊張材はスパン中央断面と桁端の緊張材位置を設計書と一致させて，その間を放物線配置とするモデル橋梁を新たに考える。





図－3　構造一般図

3－2　等価節点力とねじりM

文献1)によれば，このPC中空床版曲線橋の解析は，任意形平面格子桁解析理論（変形法）を用いて電算により行なわれており，橋軸方向約5m毎に節点が設けられている。したがって，設計計算に使われた影響係数を用いることができるように，本題の曲線橋も同様の節点を設け，緊張材プレストレッシング後

の鉛直方向分布力を、等価節点力に置換すると図－4(a)のようになる。これを基に影響係数を用いて各断面によるねじりMを求めると図－4(b)をうる。

3－3 ねじりMおよびせん断応力度の比較

このねじりMと緊張材の鉛直方向描線角の変化を考慮して、曲げにともなうせん断力による平均せん断応力度τ_mと、ねじりMによるねじりせん断応力度τ_tを求め、さらにその和τと斜引張応力度σ_tを求めて、設計書の値と比較すれば表－2をうる。これより全断面にわたるτの大幅減少と、端点より中央よりの断面におけるτの減少が知られる。

3－4 鉄筋量の比較

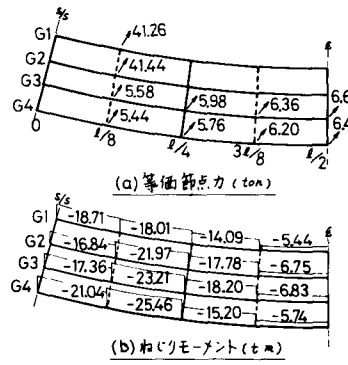
表－2をもとに、横方向および軸方向鉄筋量を算出すれば表－3，4をうる。これより、本橋のモデル橋梁では、軸方向鉄筋量と端点より中央よりの断面における横方向鉄筋量をそれぞれ減少させることができるようである。

4. あとがき

本文では各ウェブの緊張材の鉛直方向配置形状に差をつけることにより、設計荷重時と逆向きのねじりMを生じさせ、その結果必要鉄筋量を減少させることが可能となることを一実橋を例にとり示した。ところでPC曲線橋における緊張材は、鉛直・水平両方向に湾曲した立体曲線となるためプレストレッシング後の桁の挙動は、本文で考えたものよりも、と複雑であると考えられる。そこで著者らは現在、ここでとり上げたPC単純中空床版曲線橋の1/5縮尺模型（表－1参照）を製作し、プレストレッシング後の橋梁の挙動を測定し、緊張材の配置形状の影響について検討している。

表－1 モデル橋梁の諸元

	実橋	模型橋	縮尺
半径 (m)	43.625	8.725	1/5
桁長 (m)	23.216	4.643	1/5
スパン (m)	22.297	4.460	1/5
桁高 (m)	1.000	0.200	1/5
断面積 A (cm^2)	29870	1194.8	$1/5^2$
中立軸位置 y_1 (cm)	43.4	8.69	1/5
中立軸位置 y_2 (cm)	56.6	11.31	1/5
断面2次モーメント I (cm^4)	32 410 700	51858	$1/5^4$
断面係数 W' (cm^3)	746 200	5968	$1/5^3$
断面係数 W (cm^3)	573 000	4585	$1/5^3$
ねじり定数 J (cm^4)	68510000	109618	$1/5^4$



図－4 等価節点力とねじりM

表－2 せん断応力と斜引張応力

応力 / 断面	設計荷重時 τ_m	設計荷重時 τ_t	設計荷重時 τ	設計荷重時 σ_t	終局荷重時 τ_m'	終局荷重時 τ_t'	終局荷重時 τ'
0	8.8 (2.0)	7.2 (13.7)	16.0 (15.7)	4.8 (4.5)	20.2 (13.4)	16.7 (23.3)	36.9 (36.7)
ℓ/8	7.6 (－)	5.8 (13.7)	13.4 (13.7)	3.2 (3.3)	17.5 (8.8)	15.4 (23.3)	32.9 (32.1)
ℓ/4	6.4 (10.5)	3.9 (11.8)	10.3 (22.3)	1.8 (7.6)	14.8 (18.9)	12.2 (20.1)	27.0 (39.0)
3ℓ/8	4.6 (6.8)	3.1 (7.8)	7.7 (14.6)	1.0 (3.3)	11.0 (13.2)	8.6 (13.3)	19.6 (26.5)
ℓ/2	4.7 (4.7)	1.6 (3.4)	6.3 (8.1)	0.6 (1.0)	10.3 (10.3)	4.4 (6.2)	14.7 (16.0)
許容値	5.5	5.5	5.5	13	53	53	61

(unit kg/cm²)

表－3 横方向鉄筋量

		0	ℓ/8	ℓ/4	3ℓ/8	ℓ/2
1ウェブ当りの斜引張鉄筋必要量	a	30	30	30	30	30
	A_w	3.16 (－)	2.24 (－)	1.47 (2.87)	0.40 (1.15)	0.21 (0.21)
ねじりMに対する横方向鉄筋必要量（全断面）	a	30	30	40	40	40
	A_{wt}	4.52 (6.39)	4.13 (6.39)	4.70 (7.69)	3.20 (5.47)	1.85 (2.68)
1ウェブ，1m当りの必要鉄筋量	A_1	18.07 (10.65)	14.35 (10.65)	10.78 (19.17)	5.33 (10.67)	3.01 (4.05)
設計配置間隔	a	10 (10)	25 (25)	25 (12.5)	37.5 (25)	37.5 (25)
最小鉄筋量	A_2	0.9 (0.9)	2.25 (2.25)	2.25 (1.13)	3.38 (2.25)	3.38 (2.25)
合計鉄筋量	径	D16	D16	D16	D16	D16
	A_1	39.72 (39.72)	15.89 (15.89)	15.89 (31.78)	10.59 (15.89)	10.59 (15.89)

(unit: a=cm, A=cm²)

表－4 軸方向鉄筋量

		0	ℓ/8	ℓ/4	3ℓ/8	ℓ/2
せん断力に対する軸方向鉄筋必要量	A_s	17.4 (－)	12.4 (－)	8.1 (15.8)	2.2 (6.3)	1.2 (1.2)
ねじりMに対する軸方向鉄筋必要量	A_{st}	115.3 (162.9)	105.3 (162.9)	89.9 (147.0)	61.2 (104.5)	35.3 (51.2)
必要鉄筋量	ΣA	132.7 (162.9)	117.7 (162.9)	98.0 (162.8)	63.4 (110.8)	36.5 (52.4)
合計鉄筋量	径	D19	D19	D19	D19	D19
	本数	47 (57)	42 (57)	35 (57)	23 (39)	13 (19)

(unit: A=cm²)

参考文献：1)福岡北九州高速道路公社・オリエンタルコンサルタント：東海ランプ上部工設計計算書（PC単純中空床版橋）昭和54年3月