

P C ケーブルトラス構造の道路橋への適用

ドーピー建設工業 正会員 松井 敏二・濱田 譲

三 井 建 設 正会員 渡辺 宗樹・篠崎 裕生

1. はじめに

外ケーブル方式のP C橋は、部材厚の低減に伴う軽量化および施工性の向上などの利点を有するため、我が国においても施工事例が増加しつつある。本検討では、さらにP C橋梁の軽量化を図り、また、P C単純桁の適用支間を拡大する一つの手法として、P Cケーブルを桁高以上に偏心させた『ケーブルトラス構造』の適用を提案し、その道路橋への適用性を試設計により検討したものである。

2. 試設計の概要

本検討では、支間50mのP C単純橋を対象として試設計を行った。これは、従来、箱桁形式が多く採用されている支間である。P Cケーブルトラス構造の一般構造図および解析モデル図を図-1に示す。

P Cケーブルトラス構造の力学的特性は、外ケーブルP C構造と同様に、P Cケーブル量、P Cケーブルの偏心量および偏心装置間隔、荷重の載荷状態などに影響されるものと考えられる。本検討においてはP Cケーブルの偏心量に着目し、偏心量を4.0m~8.0m、桁高を0.750m~1.500mとそれぞれ変化させた、合計20ケースの試設計を行った。解析モデルは、主桁を梁部材、P Cケーブルをトラス部材にモデル化した平面フレームとし、P Cケーブルの偏向部結合条件は水平変位を自由とする二重格点構造とした。設計荷重時の検討に用いる断面力の算出には弾性フレーム解析を使用し、曲げ破壊耐力の算出には材料および幾何学的非線形を考慮できる汎用非線形フレーム解析を使用した。施工手順は、主桁打設後、主桁上縁コンクリート応力度が -5.0 kgf/cm^2 となるまでP Cケーブルを緊張して平面フレームを構築し、その後、内鋼材の緊張を行うものと仮定した。P Cケーブルは、活荷重による応力変動が大きくなると予想されるので、設計荷重時の応力度の制限値を $0.4 \sigma_{pu}$ (σ_{pu} : 引張強度)とし、施工性を考慮して37T15.2を使用した。内鋼材は $0.6 \sigma_{pu}$ を制限値とし、12T12.7を使用した。なお、主桁コンクリートの設計基準強度は 400 kgf/cm^2 とした。

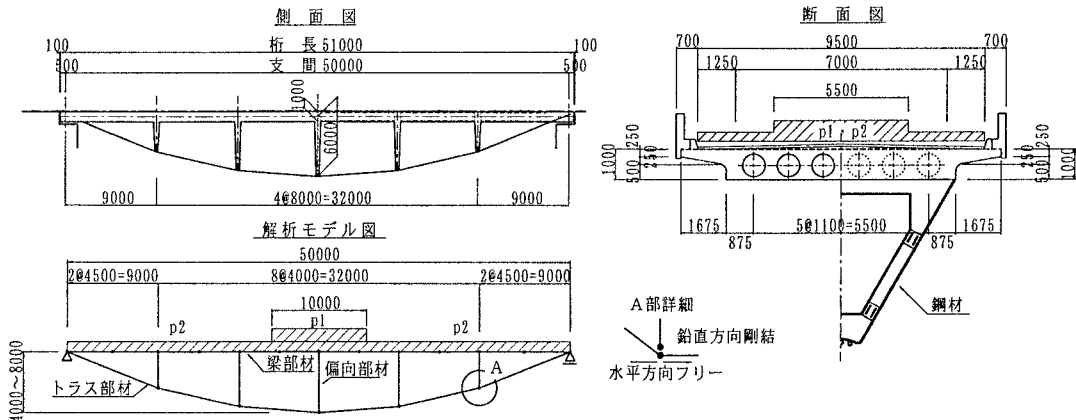


図-1 P Cケーブルトラス構造の一般構造図および解析モデル図

P Cケーブルトラス構造、曲げ破壊耐力、非線形フレーム解析

〒060 東京都豊島区北大塚1-16-6 TEL 03-3918-6172 FAX 03-3918-8573

〒270-01 千葉県流山市駒木518-1 TEL 0471-40-5202 FAX 0471-40-5216

3. 設計結果および考察

表-1 試設計結果

(1) 設計荷重時の検討

表-1に、各ケースの試設計結果を示す。合成応力度は、桁高 0.75m における偏心量 4.0m、5.0m が、許容値を満足していない。本構造は、活荷重によるたわみが大きくなると予想されるが、桁高 0.75m における偏心量 4.0m 以外は、たわみが慣例的な制限値 $L/600$ (80mm) 以下となるため、橋梁として十分な剛性を有していると思われる。PCケーブルの活荷重による応力変動量は、桁高の増加に伴い減少するが、斜張橋の斜材と同程度であるため、PCケーブルの許容値に対する斜材の許容値 $0.4 \sigma_{pu}$ [1] の適用が妥当であると思われる。最後に、反力を比較すると、従来のPC橋(単純箱桁橋、 $h=2.70$ m、試設計死荷重反力 659tf)に比べ、 $h=0.75$ m では25%程度の軽量化が図れる結果となった。本検討では、中空床版断面を用いたが、二主桁断面などを適用すると更に軽量化することも可能であると思われる。

(2) 曲げ破壊耐力

曲げ破壊耐力は、死荷重強度の1.3倍の荷重と、図-1に示すB活荷重強度(p_1 , p_2)を、橋梁が破壊に至る α 倍まで随時増加して算出した。表-2に、活荷重増加率(α)、曲げ破壊耐力、引張鋼材比、軸力が作用する部材の終局つり合い鋼材比および破壊モードの算出結果をそれぞれ示す。活荷重増加率は、桁高およびPCケーブルの偏心量の増加に伴い大きくなる傾向となった。曲げ破壊耐力は、全てのケースにおいて、終局荷重作用時の曲げモーメント(1.3Md+2.5ML)以上となったため、曲げ破壊に対しては安全であると思われる。破壊モードは、 $h=1.25$ m における $e=4.0$ mを除く全てのケースが、PCケーブル降伏後コンクリートが圧壊する破壊形式となった。しかし、比較的桁高が低いために多くの内鋼材が配置され、また軸力がより支配的となる $h=0.75$ mの3ケースは、終局つり合い鋼材比より引張鋼材比が大きくなるため、PCケーブルは降伏するが内鋼材は降伏しない破壊モードとなった。

4. まとめ

主として曲げに関する試設計を行った結果、本検討の範囲では、PCケーブルトラス構造の道路橋への適用は可能であると思われる。現在、PCケーブルトラス単純桁の曲げ載荷実験を実施し、汎用非線形フレーム解析の精度および試験桁の曲げ破壊モード等の確認を行っている。今後は、本構造を連続構造に適用するための検討を実施して行く予定である。

参考文献：[1]日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ 共通編Ⅲ コンクリート橋編 平成8年12月

桁高 (m)	単位	偏心量 (m)					死荷重反力 tf
		e=4.0	e=5.0	e=6.0	e=7.0	e=8.0	
h=0.75	配置鋼材						483 (0.733)
	外鋼材	本	5	4	4	3	
	内鋼材	"	16	20	22	24	
	コンクリート 応力度	kgf/cm ²	142.3	141.7	136.0	129.2	
	上縁	"	-27.3	-21.8	-14.0	-12.0	
	下縁	"	14.5	15.3	14.0	12.3	
h=1.00	配置鋼材						526 (0.798)
	外鋼材	本	5	4	4	3	
	内鋼材	"	15	16	14	12	
	コンクリート 応力度	kgf/cm ²	112.2	105.3	92.2	81.8	
	上縁	"	-13.2	-12.8	-13.2	-14.1	
	下縁	"	12.1	13.0	12.1	11.2	
h=1.25	配置鋼材						596 (0.904)
	外鋼材	本	6	5	4	4	
	内鋼材	"	7	9	9	14	
	コンクリート 応力度	kgf/cm ²	83.5	76.9	73.0	62.4	
	上縁	"	-12.5	-9.9	-13.4	-13.9	
	下縁	"	8.2	8.9	10.0	9.5	
h=1.50	配置鋼材						642 (0.974)
	外鋼材	本	6	5	4	4	
	内鋼材	"	4	6	4	6	
	コンクリート 応力度	kgf/cm ²	71.2	65.9	63.3	57.1	
	上縁	"	-12.1	-11.7	-13.4	-14.0	
	下縁	"	6.4	7.2	8.1	8.0	

() 内数値は、PC単純箱桁に対する比を示す。

表-2 活荷重増加率および曲げ破壊耐力などの算出結果

桁高 (m)		偏心量 (m)				
		e=4.0	e=5.0	e=6.0	e=7.0	e=8.0
h=0.75	活荷重増加率 α	—	—	7.5	9.0	7.0
	曲げ破壊耐力 (tfm)	—	—	2668	2627	2623
	1.3Md+2.5ML (tfm)	—	—	1948	1855	1993
	軸圧縮力 Nd (tf)	—	—	3117	3030	2235
	引張鋼材比 (%)	—	—	0.384	0.384	0.419
	終局つり合い鋼材比 (%)	—	—	0.230	0.238	0.311
h=1.00	活荷重増加率 α	6.5	8.5	8.0	10.0	8.0
	曲げ破壊耐力 (tfm)	3668	3669	3236	2972	3409
	1.3Md+2.5ML (tfm)	2647	2588	2174	1851	2187
	軸圧縮力 Nd (tf)	3962	3188	3066	3198	2393
	引張鋼材比 (%)	0.188	0.201	0.178	0.151	0.201
	終局つり合い鋼材比 (%)	0.255	0.306	0.314	0.308	0.359
h=1.25	活荷重増加率 α	8.0	8.5	8.0	10.0	11.5
	曲げ破壊耐力 (tfm)	3683	3952	3597	4499	3780
	1.3Md+2.5ML (tfm)	2676	2807	2546	3033	2472
	軸圧縮力 Nd (tf)	4676	3941	3257	3262	3237
	引張鋼材比 (%)	0.089	0.088	0.088	0.137	0.108
	終局つり合い鋼材比 (%)	0.276	0.314	0.349	0.349	0.350
h=1.50	活荷重増加率 α	8.5	8.5	7.5	9.5	11.0
	曲げ破壊耐力 (tfm)	3916	4167	3250	3520	3483
	1.3Md+2.5ML (tfm)	2984	2857	2991	2637	2409
	軸圧縮力 Nd (tf)	4937	3940	3143	3202	3121
	引張鋼材比 (%)	0.032	0.048	0.032	0.048	0.048
	終局つり合い鋼材比 (%)	0.308	0.350	0.384	0.382	0.385

破壊モード

A : PCケーブル降伏後コンクリートの圧壊
B : PCケーブルおよび内鋼材降伏後コンクリートの圧壊
C : 内鋼材降伏後コンクリート圧壊