

バリアフリーに配慮した外ケーブル併用吊床版橋の構造特性に関する検討

オリエンタル建設(株) 正会員 工修 ○吉川 卓
 オリエンタル建設(株) 正会員 工修 町 勉
 オリエンタル建設(株) 正会員 博(工) 角本 周

1. はじめに

直路式PC吊床版橋では、吊床版サグが大きいほど橋台に作用する水平力が低下するため経済的に有利となるが、橋面の最急勾配が大きくなり使用性は低下する。そこで、この経済性と使用性の点から、従来ではL/30~L/50(最急勾配*i*=13~8%)の範囲でサグが設定されている。一方、2000年の交通バリアフリー法の施行以降、遊歩道の歩道橋等でも最急勾配を5%以下とすることを要求される場合が増えてきている¹⁾。しかしながら、直路式PC吊床版橋で最急勾配を5%(吊床版サグL/80)以下に設定すると、吊床版2次ケーブルによるプレストレス導入効率が50%以下になるうえ、クリープ・乾燥収縮や活荷重、温度降下により吊床版に作用する軸引張力が過大となるため、使用限界状態での要求性能を満足することが困難となる。このサグの設計上の制約は、著者らが以前に実用化した下部構造に作用する水平力を直路式PC吊床版橋と比較して70%程度に低減できる外ケーブル併用PC吊床版橋でも、同じである²⁾。そこで、バリアフリーに配慮して最急勾配を5%以下にできるように改善した外ケーブル併用PC吊床版橋を提案し、構造特性に関する検討を行った。

2. 構造概要

図-1に、最急勾配を5%以下とするために改善した外ケーブル併用吊床版橋の構造概要を示す。本構造は、従来型の外ケーブル併用PC吊床版橋に対して、次の特徴を有する³⁾。1) 橋台に剛結されていた吊床版端部を橋台から分離して支承で支持する。2) 吊床版断面内にプレストレス導入用の内ケーブルを配置し、橋台から分離した吊床版端部に定着する。3) 吊床版架設のための1次ケーブルを外ケーブル化して吊床版下側に配置し、ケーブルサドルを介して吊床版を支持する。

本構造では、吊床版架設のための外ケーブルを第1外ケーブル、鉛直材を介して吊床版を支持する外ケーブルを第2外ケーブルと称する。

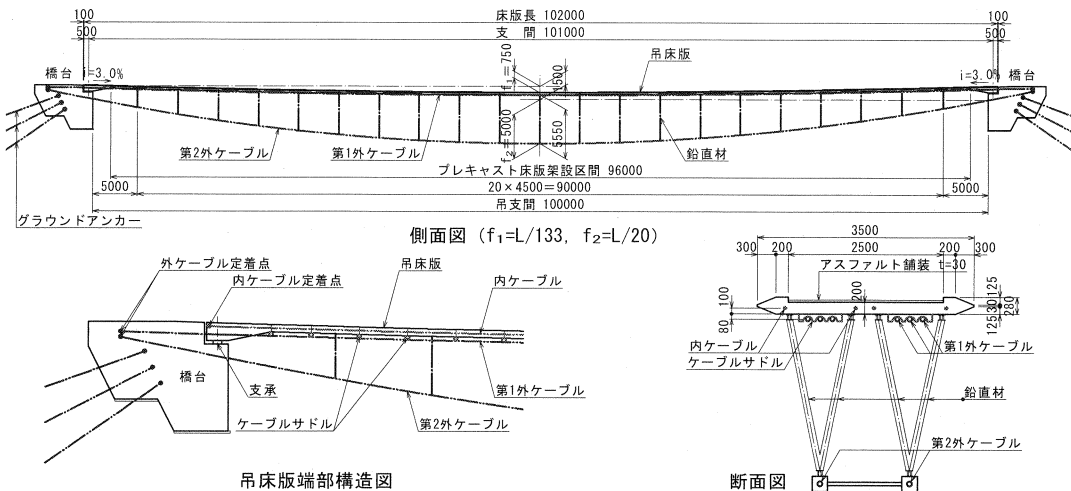


図-1 構造概要

3. 施工概要

提案した構造の施工概要を図-2に示す。施工は、次の手順にて行う。1) 従来の外ケーブル併用吊床版橋と同様に第1外ケーブルの架設・張力調整を行った後、プレキャスト製の吊床版、鉛直材および吊足場を架設する。2) 第2外ケーブルの架設・緊張を行い、吊床版サグ量を所定の値とする。3) 支承および端部吊床版を施工し、内ケーブルの緊張を行い吊床版にプレストレスを導入する。4) 吊足場を撤去し橋面の施工を行う。

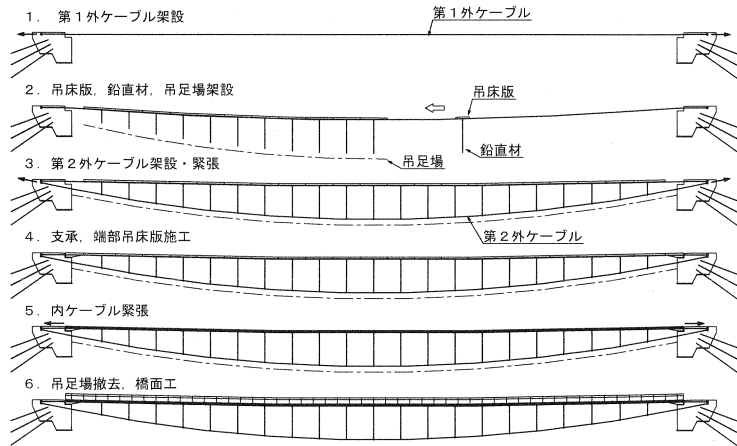


図-2 施工概要

4. 構造計算

提案した構造の構造特性を把握するため、表-1に示す条件で構造解析を行った。解析は、幾何学的非線形を考慮した2次元骨組モデルを用いて行った。本検討では、クリープ終了時における第1外ケーブルと第2外ケーブルの死荷重分担率を3:7に設定した。また、第1外ケーブルおよび第2外ケーブルの鋼材量は、施工時および使用時における鋼材応力度が $0.6P_u$ 以下となるよう設定した。

活荷重の載荷位置は、図-3に示すように、吊支間全長および、 $L/4$ 単位で作用位置を変化させた全4ケースを考慮した。

解析結果の一例として、表-2に $f_1=L/133$, $f_2=L/20$ のケースを示す。提案した構造では、吊床版端部を橋台と分離していることから、吊床版のクリープ等が橋台に作用する水平力の変化に与える影響は極めて小さい。また、第1外ケーブルの張力は、吊床版架設時に最大となり、第2外ケーブルの張力および橋台への作用水平力は、活荷重(A)+温度降下時に最大となる。

表-1 検討条件および使用材料

設計吊支間	100.0m		
吊床版サグ	$f_1=1.250m$ ($L/80$)	$f_2=0.750m$ ($L/133$)	$f_3=0.500m$ ($L/200$)
最急勾配	$i=5.0\%$	$i=3.0\%$	$i=2.0\%$
第2外ケーブルサグ	$f_2=5.000m(L/20)$, $f_2=4.00m(L/25)$		
活荷重	群集荷重: 2.0kN/m ²		
温度変化	吊床版: $\pm 15^\circ\text{C}$, 外ケーブル, 鉛直材: $\pm 25^\circ\text{C}$		
吊足場荷重	2.0kN/m		
コンクリート	$\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$		
PC鋼材	第1外ケーブル 19S15.2B×6本	第2外ケーブル 19S15.2B×2本	内ケーブル 1S28.6×4本
鉛直材	$\phi 101.6$ t=5.0		

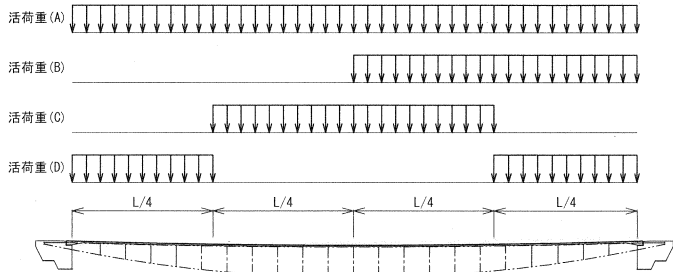


図-3 活荷重載荷ケース

表-2 各施工段階の解析値 ($f_1=L/133$, $f_2=L/20$)

荷重状態	サグ (m)	作用水平力 (MN)	外ケーブル張力 (MN)	
			第1外ケーブル	第2外ケーブル
第1外ケーブル架設	0.150	10.24	10.24 (0.35)	—
吊床版・吊足場架設	1.993	13.59	13.63 (0.47)	—
第2外ケーブル緊張	0.721	14.53	10.70 (0.37)	3.69 (0.38)
内ケーブル緊張	0.720	14.52	10.70 (0.37)	3.69 (0.38)
橋面施工・吊足場撤去	0.750	14.64	10.73 (0.37)	3.76 (0.39)
永久荷重(クリープ終了時)	0.750	14.64	10.73 (0.37)	3.76 (0.39)
活荷重(A)作用時	0.952	15.49	11.03 (0.38)	4.31 (0.44)
活荷重(A)+温度上昇時	1.032	14.61	10.21 (0.35)	4.24 (0.43)
活荷重(A)+温度降下時	0.876	16.42	11.87 (0.41)	4.40 (0.45)

()内は外ケーブルの引張荷重に対する比率

5. 構造比較

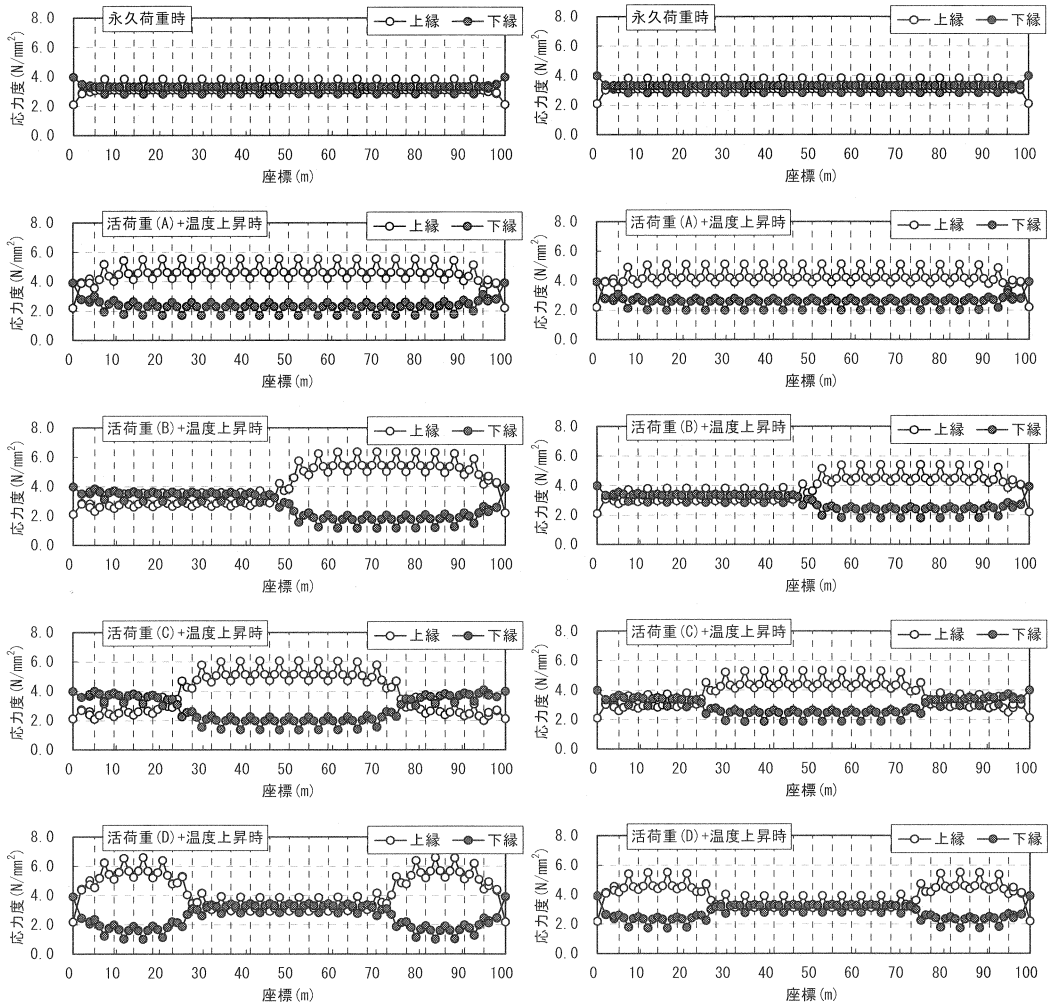
表-3に、各解析ケースにおける橋台への作用水平力を示す。また、表中には、直路式PC吊床版橋の同一条件での解析結果(※ひび割れ発生限界は満足しない)を付記する。提案した構造は、直路式PC吊床版橋と比較して、橋台への作用水平力を50%程度に低減できる。

図-4に、吊床版の上下縁応力度を示す。従来型の直路式PC吊床版橋では、活荷重+温度降下時に軸引張力が最大となり、吊床版サグが小さいほど軸引張力は大きくなる。一方、提案した構造では、活荷重+温度上昇時に曲げモーメントが最大となり、吊床版サグが大きいほど曲げモーメントが大きくなる。また、吊床版端部が支線で支持されているため、支点部では、永久荷重時と活荷重+温度上昇時の上下縁応力度は同一となる。なお、両支点からL/4点の範囲に活荷重を載荷する活荷重(D)で最も大きな曲げモーメント

表-3 橋台に作用する水平力

サグ		水平力(MN)		
f_2	f_1	永久荷重時	活荷重(A)作用時	活荷重(A)+温度降下時
L/20	L/80(i=5%)	10.66(0.53)	11.79(0.53)	12.54(0.52)
	L/133(i=3%)	14.64(0.44)	15.49(0.45)	16.42(0.44)
	L/200(i=2%)	19.69(0.39)	20.37(0.40)	21.39(0.40)
L/25	L/80(i=5%)	11.36(0.57)	12.51(0.56)	13.29(0.55)
	L/133(i=3%)	15.58(0.47)	16.45(0.47)	17.41(0.46)
	L/200(i=2%)	20.64(0.41)	21.31(0.42)	22.36(0.41)
直路式	L/80(i=5%)	19.97(1.00)	22.36(1.00)	24.14(1.00)
	L/133(i=3%)	33.28(1.00)	34.80(1.00)	37.56(1.00)
	L/200(i=2%)	49.93(1.00)	50.75(1.00)	53.91(1.00)

()内は同一サグの直路式PC吊床版橋に対する比率



(a) $f_1=L/80, f_2=L/20$

(b) $f_1=L/200, f_2=L/20$

図-4 吊床版の応力度

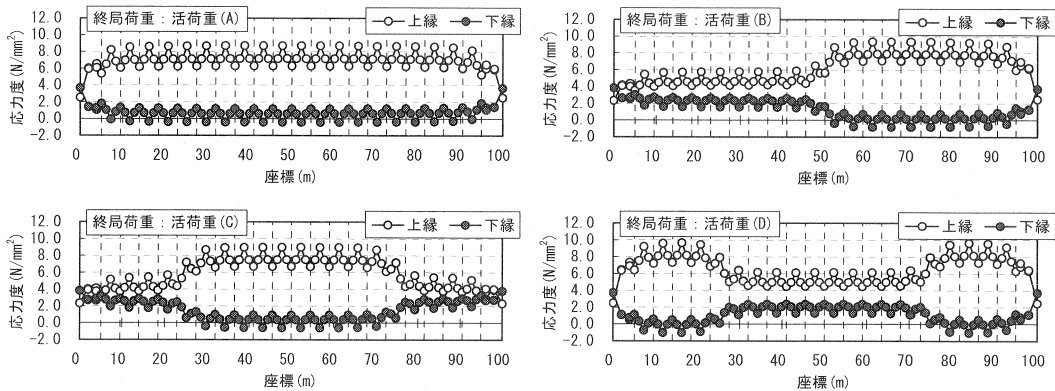


図-5 終局荷重作用時の吊床版応力度 ($f_1=L/80$, $f_2=L/20$)

表-4 外ケーブル張力

サグ		外ケーブル張力(MN)					
f_2	f_1	永久荷重時		活荷重(A)+温度降下時		終局荷重:活荷重(A)	
		第1外ケーブル	第2外ケーブル	第1外ケーブル	第2外ケーブル	第1外ケーブル	第2外ケーブル
L/20	L/80 (i=5%)	6.53 (0.22)	3.98 (0.41)	7.78 (0.27)	4.61 (0.47)	9.13 (0.31)	6.47 (0.66)
	L/133 (i=3%)	10.73 (0.37)	3.76 (0.39)	11.87 (0.41)	4.40 (0.45)	12.43 (0.42)	6.17 (0.63)
	L/200 (i=2%)	15.77 (0.54)	3.79 (0.39)	16.84 (0.58)	4.40 (0.45)	16.96 (0.58)	5.96 (0.61)
L/25	L/80 (i=5%)	6.54 (0.22)	4.68 (0.48)	7.83 (0.27)	5.31 (0.54)	9.40 (0.32)	7.05 (0.72)
	L/133 (i=3%)	10.74 (0.37)	4.70 (0.48)	11.91 (0.41)	5.34 (0.55)	12.71 (0.43)	6.97 (0.72)
	L/200 (i=2%)	15.78 (0.54)	4.74 (0.49)	16.88 (0.58)	5.34 (0.55)	17.16 (0.59)	6.76 (0.69)

()内は外ケーブルの引張荷重に対する比率

トが生じる結果となっている。

図-5に、終局荷重として $1.7 \times$ (死荷重+活荷重) を作用させた場合の吊床版の上下縁応力度を示す(活荷重の載荷位置は図-3の通り)。終局荷重作用時における吊床版応力度は、最大+10.0N/mm²、最小-1.0N/mm²程度であることから、断面の曲げ破壊に対して十分に余裕がある状態であるといえる。

表-4に、外ケーブルの張力を示す。終局荷重作用時の第1外ケーブル張力は、最大で $0.6P_0$ 程度、第2外ケーブル張力は、 $0.7P_0$ 程度であり、いずれも降伏には至っていない。

表-5に活荷重による支間中央のたわみと外ケーブル変動応力度を示す。活荷重によるたわみは約180~250mm程度であり、吊床版サグが小さいほど、第2外ケーブルサグが大きいくほど小さくなる傾向にある。なお、たわみが最大となるケースにおいても、小規模吊橋指針・同解説のたわみの制限値であるL/350を満足する。外ケーブル変動応力度は、第1、第2外ケーブルともに吊床版サグが小さいほど減少する傾向がある。なお、第2外ケーブルの変動応力度は100N/mm²前後と比較的大きいことから、外ケーブルの疲労設計が必要となる場合には注意を要する。なお、第2外ケーブルの死荷重分担率を低減することで、第2外ケーブルの活荷重による変動応力度を低下させることが可能となる。

以上のように、提案する外ケーブル併用吊床版橋は、吊床版の最急勾配を5%以下とすることができ、バリアフリーに配慮した設計が可能である。なお、今後は、本構造の耐風安定性や振動使用性についての検討を行う予定である。

参考文献

- 丸山他：青雲橋の設計と施工，橋梁と基礎，Vol.40-9，pp.5-10，2006.9.
- 角本他：外ケーブルを併用した吊床版橋の構造特性，第7回PCシンポジウム論文集，pp.627-632，1997.10.
- 吉川他：端部分離型上路式吊床版橋の構造特性，土木学会第58回年次学術講演会公演概要集，pp.1399-1400，2003.9.