

(100) 片持架設工法における全外ケーブル橋のプレストレス分布に関する一考察

住友建設(株)	P C 設計部	正会員	○飯島 基裕
住友建設(株)	P C 設計部	正会員	片 健一
住友建設(株)	P C 設計部	正会員	松本 和也
住友建設(株)	P C 設計部	正会員	室田 敬

1. はじめに

近年、P C 橋において外ケーブル構造が多く用いられている。外ケーブル構造は、部材の外にP C 鋼材を配置することにより部材断面を縮小することができ、上部工重量の軽減を図ることができる合理的な構造形式とされている。また、P C 鋼材の点検や補修および取り替えが可能であるという維持管理の面でも利点を有する。この外ケーブル構造を採用した橋梁はこれまでに数多く施工されているが、P C 鋼材を全て外ケーブルとした橋梁（以下：全外ケーブル橋）の国内施工実績は希である。また、これらの橋梁は全て固定式支保工で施工されており、P C 橋の代表的な施工方法である片持架設工法の架設鋼材として外ケーブルを採用した施工例は皆無である。

片持架設工法によるP C 箱桁橋において架設鋼材を外ケーブルとした場合、偏心量の確保や定着部の補強の面から外ケーブルの定着位置は限定され、プレストレス力により床版に生じる応力度の分布（以下：プレストレス分布）は、従来の内ケーブルP C 橋とは異なった分布を示すものと考えられる。このため、片持架設工法に外ケーブル構造を適用する際には、プレストレスの分布性状を十分把握した上で設計を行う必要がある。本報告は、標準的な幅員構成の実橋をモデル化してF E M解析を行い、架設鋼材として内ケーブルを用いた場合と、外ケーブルを用いた場合の架設時におけるプレストレス分布について比較検討を行ったものである。また、床版支間が10.0m 程度の幅員1室箱桁においても、外ケーブルがプレストレス分布に及ぼす影響について同様な検討を行った。

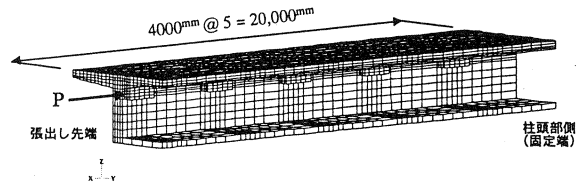
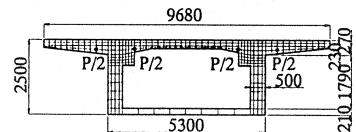


図-1 解析モデル

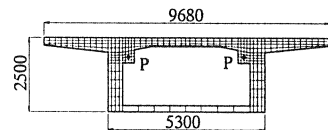
2. 解析モデル

図-1 に解析モデルを示す。解析モデルは、橋軸方向長さを 20.0m (1 ブロック長 4.0m × 5 BL) とした等断面片持梁の半断面三次元モデルである。拘束条件は、支点側の切断面を全拘束とし、対称軸切断面は橋軸直角方向の変位のみを拘束した。図-2 に各モデルの断面形状を示す。標準幅員モデルの断面は、床版支間が 6.0m 以下のP C 箱桁橋を想定した寸法を用いている。また、広幅員モデルは部材厚と桁高を標準幅員モデルと同一とし、張出長さおよび

・内ケーブル標準幅員モデル (基本モデル)



・外ケーブル標準幅員モデル



・外ケーブル広幅員モデル

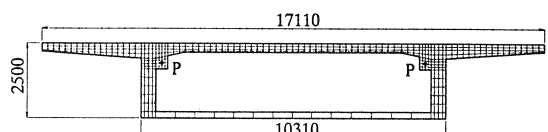


図-2 断面形状

び床版支間のみを長くした断面寸法とした。

架設鋼材の定着方法は、従来のPC箱桁橋をモデル化した内ケーブル方式と桁内に定着突起を設けた外ケーブル方式の2種類とした。外ケーブルには19S15.2を想定し、プレストレス力は引張強度の60%に相当する $P=300tf$ とした。内ケーブル方式に関しては外ケーブル方式と同等のプレストレス力を2分割(12S12.7相当： $P=150tf \times 2$ 本)し、床版内に分散して載荷している。また、各モデルのプレストレス力は小口にのみ載荷し、自重等は考慮していない。コンクリートは圧縮強度 $400kgf/cm^2$ を用いて解析している。各モデルの諸元一覧を表-1に示す。

表-1 モデル諸元一覧

解析モデル	標準幅員モデル		広幅員モデル
	内ケーブル	外ケーブル	外ケーブル
定着方法	床版内定着	突起定着	突起定着
幅員	9,680 m		17,110 m
床版支間	5,300 m		10,310 m
張出長さ	2,190 m		3,400 m
桁高	2,500 m		2,500 m
断面積	6,579 m^2		10,474 m^2
プレストレス	150tf \times 2本	300tf	300tf
偏心量	0.58 m	0.24 m	0.22 m
定着突起長	-	1.250 m	1.250 m

3. 解析結果および考察

図-3~5に各モデルの橋軸方向応力度のコンター図と、小口から2.0m毎における上床版上縁(断面図の斜線部分)の応力度を示す。なお、コンター図におけるレンジの単位は tf/m^2 であり、正值が引張側、負値が圧縮側を示している。

(1) 標準幅員内ケーブルモデル

従来のPC箱桁橋をモデル化した標準幅員内ケーブルモデルでは、小口から2.0mの断面においてプレストレス分布に差が生じている。つまり、棒解析によって得られる断面上縁の応力度(以下:設計圧縮応力度)に対し、張出床版先端部で40%程度、床版支間中央部で80%程度の応力度しか伝達されておらず、断面上縁に設計圧縮応力が一様に分布しないことが確認できる。また、小口から4.0mの断面において設計圧縮応力度は、張出先端部で90%程度であったが床版上縁にはほぼ全体にわたり導入されており、設計圧縮応力度が一様に分布する断面は小口から6.0m程度であった。

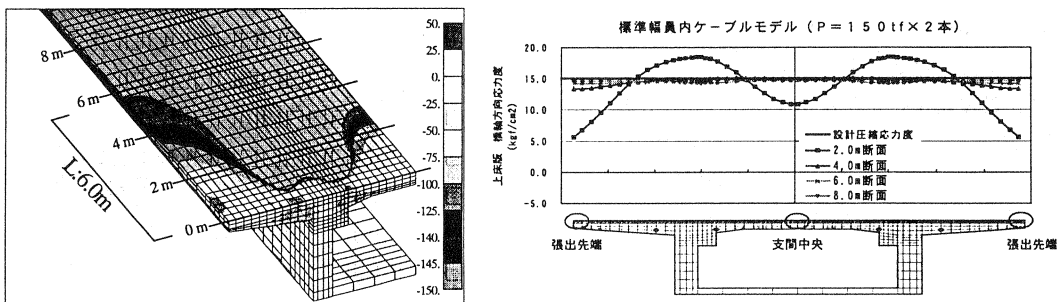


図-3 標準幅員内ケーブルモデル

(2) 標準幅員外ケーブルモデル

標準幅員外ケーブルモデルのプレストレス分布は、内ケーブルモデルと同様な傾向となり、設計圧縮応力度が一様に分布する断面は小口から6.5m程度であった。2.0m毎の上縁の応力度を見ると、小口から2.0m断面の張出床版先端部ではプレストレス力がほとんど伝達せず、 $-3kgf/cm^2$ 程度の引張応力度が生じていた。また、4.0m断面においても、張出床版先端には設計圧縮応力度の50%程度しか伝達されていなかった。床版支間中央に関してはケーブルが箱桁内に配置されているため、設計圧縮応力度と差は小さかった。また、張出床版部の応力度は、張出床版の付け根から設計圧縮応力度を下回る値となった。

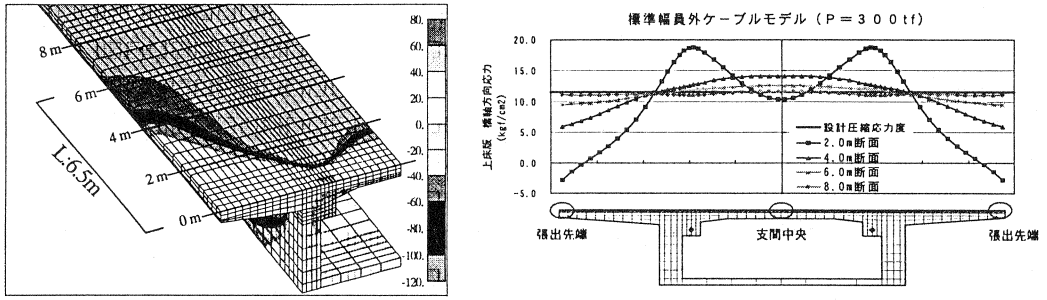


図-4 標準幅員外ケーブルモデル

(3) 広幅員外ケーブルモデル

広幅員外ケーブルモデルでは、設計圧縮応力度が一様に分布する断面は小口から 8.5m 程度となった。小口から 2.0m 断面の張出床版先端部では、標準幅員外ケーブルモデルと同様に引張応力が生じており、床版支間中央においては設計圧縮強度の 20%程度しかプレストレス力が伝達されない結果となった。また、小口から 4.0m 断面においてもこの傾向が見られ、張出床版先端部で設計圧縮応力度の 20%程度であった。

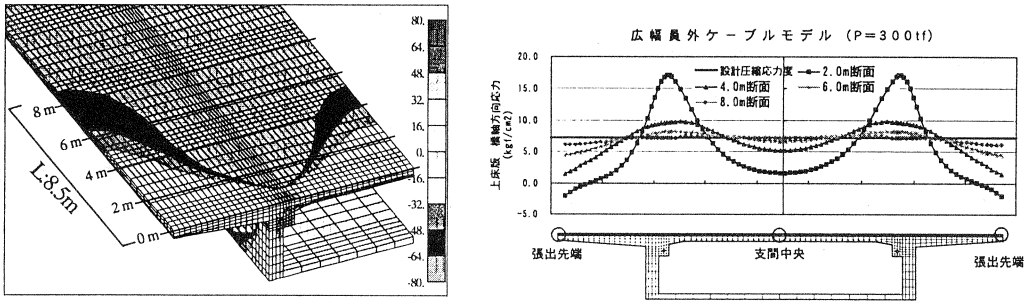


図-5 広幅員外ケーブルモデル

以上の結果を、表-2から表-5に示す。表-2および表-3は張出床版先端の応力度を 4.0m 断面と 2.0m 断面で比較したものである。小口から 4.0m の断面の応力度は、標準幅員内ケーブルモデルでは設計圧縮応力度の 89%が張出床版先端に伝達されるのに対し、標準幅員外ケーブルモデルでは 52%、広幅員外ケーブルモデルでは 21%となり、プレストレス力が伝達しにくいことが分かる。また、小口から 2.0m の断面ではさらにその傾向が強く、プレストレス力の伝達の度合は、順に 37%、-25%、-30% となり、外ケーブルモデルでは引張応力が生じる結果となった。この差の主要因は、偏心量の相違とウェブの存在によるものである。すなわち、外ケーブルを桁内に設けた突起により定着する場合は定着位置が限定されることから、外ケーブルモデルは内ケー

表-2 張出床版先端応力度 (4.0m 断面)

解析モデル	(単位: kgf/cm ²)		
	標準幅員内ケーブル	標準幅員外ケーブル	広幅員外ケーブル
FEM解析結果	13.3	6.0	1.5
設計圧縮応力度	15.0	11.5	7.2
差	1.7	5.5	5.7
FEM/設計	89 %	52 %	21 %

表-3 張出床版先端応力度 (2.0m 断面)

解析モデル	(単位: kgf/cm ²)		
	標準幅員内ケーブル	標準幅員外ケーブル	広幅員外ケーブル
FEM解析結果	5.6	-2.9	-2.1
設計圧縮応力度	15.0	11.5	7.2
差	9.4	14.4	9.3
FEM/設計	37 %	-25 %	-30 %

ブルモデルよりも偏心量が小さくなる。さらに、プレストレス力は定着突起からウェブを介して張出床版に伝達されるため、内ケーブルモデルに比べ張出床版部にプレストレス力が効率良く伝達されなかったものと考えられる。

表-4および表-5に小口から4.0m断面および2.0m断面における床版支間中央部の上縁応力度を示す。標準幅員モデルの小口から4.0mの断面では、ケーブルの定着方法に関わらず床版支間中央まで設計圧縮強度が伝達していたが、広幅員外ケーブルモデルでは72%と小さな値となっていた。一方、小口から2.0mの断面においては、広幅員外ケーブルモデルで設計圧縮強度の22%とさらに小さくなり、床版支間が10.0m程度の広幅員の場合はプレストレス力が床版支間中央にも伝達しにくい結果となった。

施工時において断面上縁に圧縮力を与えるのはプレストレス力のみである。従って、このような設計圧縮応力度と導入応力度の差は、順次ブロックを架設しても常に存在する。実際の片持架設を考慮すると、前ブロックの打継目には1ブロック分の重量と移動架設車の重量により断面上縁に引張力が生じる。従って、片持架設工法において架設鋼材を外ケーブルとした場合や床版支間が10.0m程度の広幅員とした場合には、ブロック打継目に過度の引張応力が生じる可能性もあり、何らかの補強が必要な場合もあると考えられる。以上のことから、片持架設の全外ケーブル橋を設計する際には、床版におけるプレストレス力の伝達差およびブロック長等に留意して設計を行う必要があると思われる。

4. まとめ

片持架設における全外ケーブル橋のプレストレス分布性状をFEM解析により検討した。本検討で得られた知見を以下に示す。

- 1) 従来のPC橋をモデル化した標準断面内ケーブルモデルを基準とした場合、片持架設鋼材を外ケーブルとした全外ケーブル橋は張出床版先端にプレストレス力が伝達しにくく、引張応力が生じる可能性があることが確認できた。
- 2) 広幅員で外ケーブルとした場合にはさらにこの傾向が強く、床版支間中央部においてもプレストレス力が伝達しにくいことが確認できた。
- 3) 片持架設工法において全外ケーブル橋を適用する際には、上床版のプレストレス分布性状を十分に把握した上で設計を行う必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編、平成8年12月
- 2) (社)プレストレストコンクリート技術協会：外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工基準(案)、平成8年3月

表-4 床版支間中央部応力度(4.0m断面)

(単位: kgf/cm²)

解析モデル	標準幅員 内ケーブル	標準幅員 外ケーブル	広幅員 外ケーブル
FEM解析結果	14.9	14.2	5.2
設計圧縮応力度	15.0	11.5	7.2
差	0.1	-2.7	2.0
FEM/設計	99%	110%	72%

表-5 床版支間中央部応力度(2.0m断面)

(単位: kgf/cm²)

解析モデル	標準幅員 内ケーブル	標準幅員 外ケーブル	広幅員 外ケーブル
FEM解析結果	10.9	10.4	1.6
設計圧縮応力度	15.0	11.5	7.2
差	4.1	1.1	5.6
FEM/設計	73%	90%	22%