

(112) 大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁模型の設計・製作

日本大学	大学院	正会員	○井戸 功誠
同	上	正会員	大熊 康広
同	上	正会員	張 文耀
日本大学	理工学部	正会員	山崎 淳

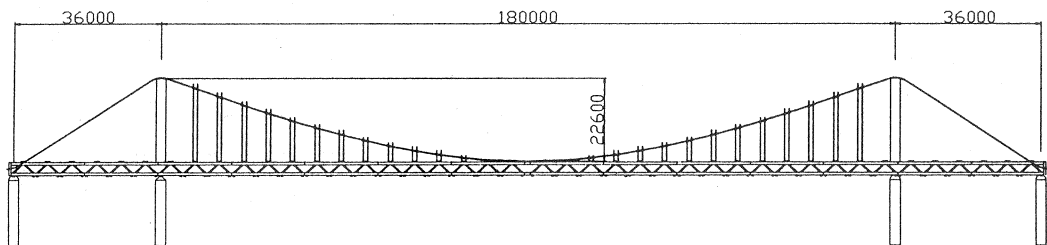
1. はじめに

大偏心外ケーブル PC 桁について、昨年までに、ケーブルサグ・桁高・断面係数などの諸元を最小とするように、構造形を決定する方法を検討し(既報[1])、さらに、その方法をもとに合理的なスパン長の検討(既報[3])も行ってきた。

さらに軽量化・効率化をはかるため、大偏心外ケーブル PC 桁に、複合構造を取り入れた構造について検討する。

大偏心外ケーブル PC 桁の一つの構造形式である、3スパン連続桁自碇式 PC 吊橋を取り上げ、これに複合トラス桁を取り入れた構造をモデル構造とした。このモデル構造のスパン長は、既報[3]の結果において合理的であり、また、現在エクストラドーズド橋で日本最大である衝原橋と同じスパン長となるため、180mとした。その他の諸元は、最小値となるように決定した。

今後、この構造形式の詳細設計を合理的なものとするために、このモデル構造を 1/36 に縮小した模型を制作し、載荷実験により耐荷機構の検討を行う予定である。ここでは、モデル構造の決定、1/36 縮小模型の決定、現段階までの製作状況など、現段階までの研究の報告をおこなう。



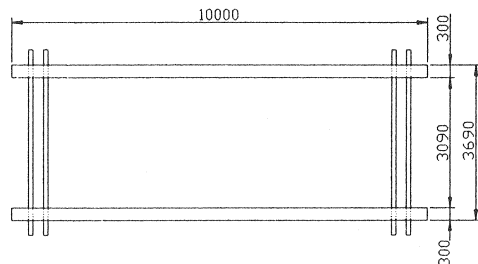
図一1 モデル構造側面図

2. モデル構造

2-1 全体構造

モデル構造について、図一1に側面図、図一2に桁断面図を示した。

この構造は、3スパン連続桁自碇式 PC 吊橋であり、ケーブルを桁両端部に定着させる事により、ケーブルに張力、桁にプレストレスを導入できる構造となっている。大きく屈曲させたケーブルによって発生させる上向き力は、桁とケーブルを引張材で結合させる事により、伝達させる。



図一2 モデル構造桁断面図

表-1 条件

幅員(m)	10
コンクリート圧縮許容応力度 σ_a (kgf/cm ²)	100
桁の弾性係数 E_0 (kgf/cm ²)	280000
桁の単位体積重量(tf/m ³)	2.5
たわみ制限(ロードバランスから)	2000
全モーメント M_0 に対する支承部の割合	0.588
全モーメント M_0 に対する中央部の割合	0.412
ケーブル弾性係数 E_p (kgf/cm ²)	2000000
設計基準強度 f_{pud} (kgf/cm ²)	19000
許容応力度 $0.6f_{pud}$ (kgf/cm ²)	11400
公称直径(mm)	15.2
1本あたりの公称断面(cm ²)	1.387

桁は、鋼トラス複合桁であり、上・下床版と鋼トラスのウェブから構成されている。

ケーブルは、2面吊りとし、全長連続とした。また、中央スパンでの曲線は、2次放物線に近似できるものとした。

サドルは、水平方向は可動となる構造とした。

支承部は、固定支承1箇所と可動支承3箇所とした。

2-2 モデル構造の計算概念

この構造は道路橋を想定し計算した。

死荷重+1/2 活荷重に対しロードバランス(桁に曲げが働かない状態)するようにし、その時の桁の圧縮応力はコンクリートの許容応力度の1/2となるようにした。

活荷重の変動に対しては、ケーブルと桁が分担して抵抗し、それによるたわみの変動が、必ず限界値(スパン長の1/1000)に達するようにした。

桁を複合トラス桁としたため、軸力と曲げに対しては上・下床版が抵抗し、せん断に対しては鋼トラス部材が抵抗するものとした。

2-3 モデル構造の計算

この構造の具体的な計算手法は既報[3]に記述した方法を用いた。今回は、死荷重の計算において、斜材の重量は無視して計算した。

表-1を条件に、この計算手法を用いて計算した結果を表-2に示した。これは、既報[3]に対応した形で示してある。

表-2 結果

形状(桁)	
スパン長(m)	180
桁高h(m)	3.69
上床版厚さ(m)	0.3
形状(ケーブル)	
ケーブルサグB(m)	22.6
スパンサグ比	7.96
本数(本)	195
桁計算値	
断面積(m ²)	6.000
断面係数(m ³)	9.368
断面2次モーメント(m ⁴)	17.283
ロードバランス状態	
活荷重	
設計活荷重 w_L (tf/m)	3.5
上向き力 $w_D + w_L/2$ (tf-m)	16.75
導入応力 σ_0 (kgf/cm ²)	50
導入張力F(tf)	2974
ロードバランスからの変形後の値	
たわみ δ (mm)	90
桁	
支点断面曲げ応力度(tf/m ²)	27.515
張力増加による応力度(tf/m ²)	17.887
増加応力度(tf/m ²)	45.4
ケーブル	
張力変動率	3.61%
張力増加 ΔF (tf)	107.32
分担割合	
桁分担割合	61.85%
ケーブル分担割合	38.15%

3. 1/36 縮小模型

3-1 1/36 縮小化について

縮小模型は、モデル構造スパン長 180m を 1/36 に縮小した。可能な限り、忠実にスケール縮尺をおこなうが、施工性ほか、いろいろな理由から、補正をおこなった。モデル構造と縮小模型との諸元の対比を表-3に示す。表-3のスケールモデルとは、補正前後を比較するために、忠実に 1/36 縮尺をしたものである。

側面からの全体形状は、ほぼ 1/36 縮小としている。桁の幅員と桁高は、本研究室にて研究してきた、大偏心外ケーブル PC 桁模型と比較検討しやすするために、それぞれ 20cm, 10cm とした(既報[2], 文献[5]参照)。床版厚は、接合部の要求強度を満たすように厚さを決めた。詳細については、文献[4]にて検討している。ケーブルは PC 鋼線の取り扱いを考え、φ6mm とした。

表-3 縮小関係

	モデル構造	縮小率	スケールモデル	縮小模型
スパン	180m	1/n	5m	5m
幅員	10m	1/n	27.9cm	20cm
ケーブルサグ	22.6m	1/n	62.8cm	63cm
桁高	3.69m	1/n	10.25cm	10cm
床版厚	0.3m	1/n	0.88cm	2cm
桁断面積	60m ²	1/n ²	46.3cm ²	80cm ²
ケーブル断面積	270.5cm ²	1/n ²	20.87mm ²	56.5mm ²

3-2 縮小模型全体構造

図-3 縮小模型側面図に示した通り、中央スパン 5m、サイドスパン 1m、ケーブルサグ 0.63m となっている。これは、ほぼ忠実にスケール縮尺をおこなっている。ケーブルはφ6mm の PC 鋼線を用い、2面吊りとする。ハンガーケーブルには、M3mm の鋼棒を用いる事とした。桁は、長さ 530mm の桁セグメントを、14個連結するものとした。

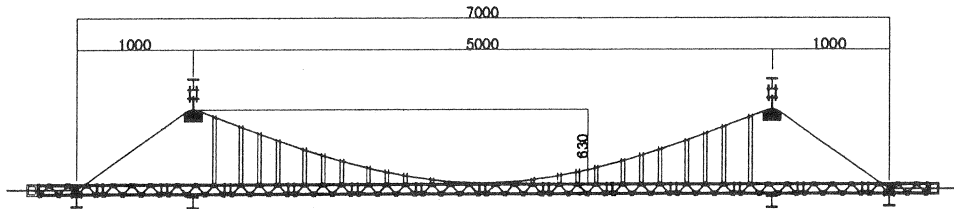


図-3 縮小模型側面図

3-3 桁セグメント

図-4には、桁セグメントの側面図及び断面図を示した。桁セグメントは、長さ 530mm、幅 200mm、高さ 100mm である。上下床版とも床版厚 20mm である。床版内には、M6mm 2本、M3mm 2本の鉄筋を配置した。鋼トラス部材として、M3mm の鋼棒を1個所につき、4本配置した。床版と鋼棒との結合部では、鋼棒を直接床版に埋め込ませることとした。(文献[4]参照)

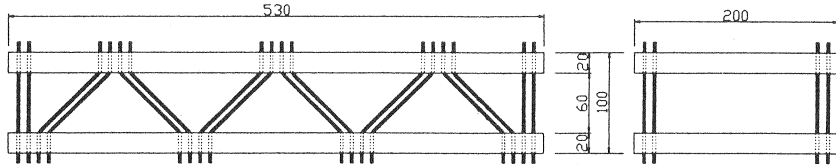


図-4 縮小模型桁セグメント

3-4 桁セグメントの連結

図-5に桁セグメントの接合部を示した。

接合部は、20mmの幅とした。セグメントの制作時に、床版内の鉄筋を、あらかじめ適当な長さ(9~10mm)だけ伸ばしておく。接合部で、長ナットにて鉄筋同士を連結し、コンクリートを場所打ちで打設することにより、桁セグメント間を結合する。

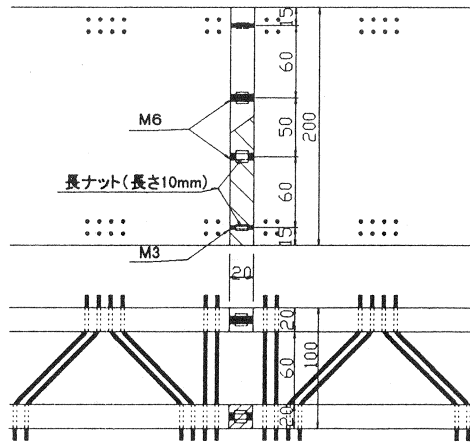


図-5 桁セグメント結合部

3-5 桁セグメントとハンガーケーブルの結合

図-6には、ハンガーケーブルとセグメントの結合部を示してある。

ハンガーケーブルを桁セグメントの斜材と同様に、M3mmの鋼棒とした。桁セグメントでは、斜材鋼棒を、直接床版に結合させているため、この鋼棒を適当な長さだけ床版より伸ばしておく。長ナットによりハンガーケーブルの鋼材と桁セグメントの鋼材を結合する。

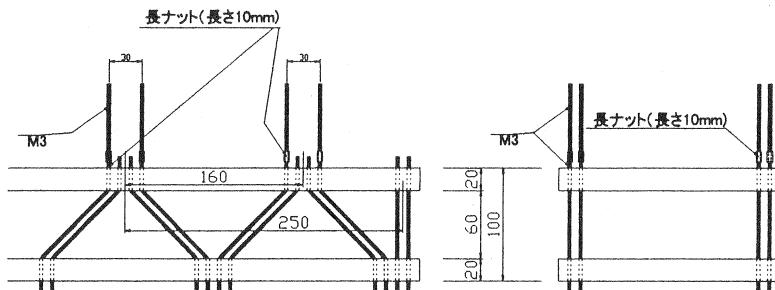


図-6 桁セグメント-ハンガーケーブル結合部

3-6 サドル

図-7にサドル部について示した。今回の模型では、位置決定の精度、容易さのためと、載荷時の安全性向上のため、桁の変形による予測外の挙動などをさせないようにするために、主塔を製作せず、サドルの機能だけを外的支持させる構造とする。

ケーブルとの接触面を滑らかな曲面とする事により、ケーブルを無理なく配置する構造とする。張力変動による不均衡を起こさないための対策として、ケーブルとの接触部は回転できるようにする。

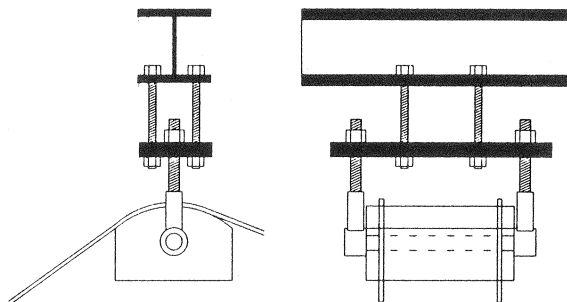


図-7 サドル部

3-7 支承部

図-8には、支承部に取り付ける偏向部について示した。

4つの支承部では、モデル構造の計算時の条件をみたくように、回転に対して拘束しない構造とする。さらに可動支承部では、桁が水平方向に変位できるように、支承と桁の摩擦力をなくす構造とする。

ここでの特徴は、桁の両端の支承部に、桁に負担にならないように、ケーブルの偏向部を設けたことである。今回、桁に複合トラス桁を用いる事により、より合理的な構造を目指している。直接ケーブルを桁に定着させることは、桁に鉛直成分の力が作用する事になり、多くの負担をかける事になる。よって複合トラス桁を使用するには、補強が必要になってくる。支承部に偏向部をもうけ、偏向部に作用する力を直接支承部に伝える構造にする事で、桁にかかる負担を取り除く構造とする。

ケーブルとの接触面は、滑らかな曲線とし、ケーブルが無理なく配置される構造とする。

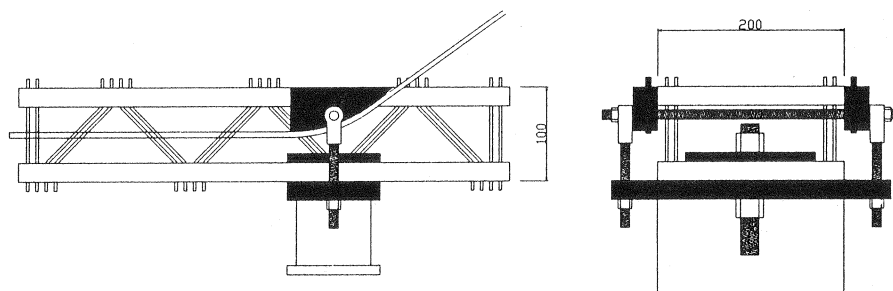


図-8 支承部に取り付けた偏向部

6-8 定着部

図-9は定着部について示してある。定着部は、ケーブルを固定するとともに桁に軸力を伝える場所でもある。そのため、桁以外の接触面はないようにする。

また、2面のケーブルを1本ずつ導入するのは困難なため、1本のケーブルを引っ張る事により、両面の2本に力が導入できるような構造とする。

この定着部を、桁両端部にを設ける事により、ケーブルを両引きとすることが出来る。これにより、片引きによる伝達ロスが引き起こす、縮小模型の両端部での力の不均衡を、防ぐ事が出来る。

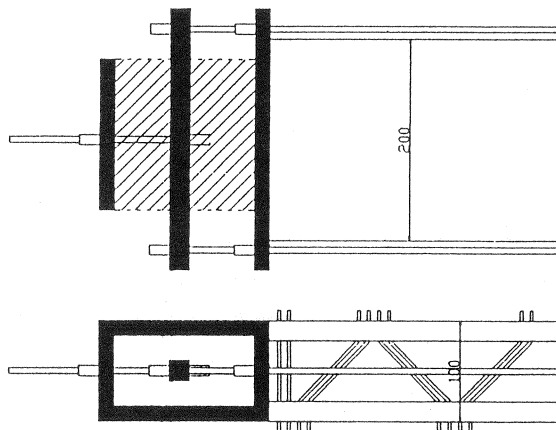


図-9 定着部

4. 製作について

製作方法は、現段階では製作可能な一つの方法があるという段階である。概略は次のとおりである。

桁セグメントの結合部毎にステージングをし、場所打ちで桁を結合する。すべての桁セグメントを結合し、桁が一体化した後、ケーブルを配置し、ハンガーケーブルを結合、張力を導入して完成となる。

現在の縮小模型製作状況は、桁セグメントの製作中心に進めている。14個の桁セグメント製作するのと同進行で、桁セグメント単体での実験をするための桁セグメントを製作し、載荷実験により検討をおこなっている状況である。

桁セグメントの内容については、文献[4]で詳しく検討をしている。

5. まとめ

- ・大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁模型の1つのモデル構造を示した。
- ・モデル構造を検討することにより、中央スパン 180m にも、この構造形式が理論上適応可能であることがわかった。
- ・構造形式を検討するための、1/36 縮小模型の概要について示した。
- ・この縮小模型の1つの製作方法案を示した。

現在は、この研究の初期段階である。模型製作後の載荷実験をおこない、この構造形式の耐荷機構、破壊性状などの検討をしていく予定である。

参考文献

- [1]: 高原・山縣・藤田・山崎: 大偏心外ケーブル PC 桁の設計の合理性
PC 技術協会第6回シンポジウム論文集、1996年10月、pp,427-432
- [2]: 佐々木・高原・山崎・山崎: 大偏心外ケーブル PC モデル桁の載荷実験
PC 技術協会第6回シンポジウム論文集、1996年10月、pp,439-444
- [3]: 井戸・河野・藤田・山崎: 大偏心外ケーブル PC 桁の構造諸元に及ぼすスパンの影響
PC 技術協会第7回シンポジウム論文集、1997年10月、pp,575-580
- [4]: 張・永島・井戸・山崎: 鋼トラスセグメント模型
PC 技術協会第8回シンポジウム論文集、1998年10月(申請中)
- [5]: 大熊・井戸・藤田・山崎: 大偏心外ケーブル PC モデル桁の終局実験
PC 技術協会第8回シンポジウム論文集、1998年10月(申請中)
- [6]: K. Gharbi・J.P. Viallo・X.T. Pham: The Boulonnais viaducts on the A16 motorway in France
Proceedings of the 13th FIP Congress、May-1998、pp,249-252