

(7) 大偏心外ケーブルPC鋼トラス複合桁の1/36縮小模型実験

日本大学	大学院	正会員	○萩原 直樹
日本大学	大学院	正会員	本田 智昭
日本大学	理工学部	正会員	井戸 功誠
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桁のケーブルサグ・桁高等の諸元を最小とするように構造を決定する方法として、EL 設計理論を考えた¹⁾。力学的により効率的な構造を目指し、複合桁を取り入れた構造について検討している。昨年までに箱桁のウェブを鋼トラスとした大偏心外ケーブルPC鋼トラス複合桁（自碇式吊橋形状）についてスパン 180mのモデル構造を考え、その1/36縮小模型の設計、桁セグメント単体での载荷実験、縮小模型に対しFEM解析等を行い、構造について検討してきた^{2)~5)}。今回、写真-1に示すような縮小模型が完成した。

本報告は模型製作についての報告と、第一段階の実験として行ったプレストレス導入実験についての報告を行う。今回のプレストレス導入実験は、模型レベルでの桁自重に対し、ロードバランス（桁に曲げが働かない状態）させる範囲のものである。この時のロードバランス状態を自立ロードバランスと呼ぶこととする。今回の実験での荷重状態は、導入軸応力 0.13 N/mm^2 、導入プレストレス力 1.07 kN である。

今後の予定では、縮小化に伴う自重に対する補正量 (22.15 kN) を考慮した状態でのロードバランス（設計ロードバランス）でプレストレスを導入し、その状態から载荷実験を終局まで行っていく。その時の荷重状態は、導入軸応力 2.89 N/mm^2 、導入プレストレス力 23.12 kN （今回の値の21.6倍）である。

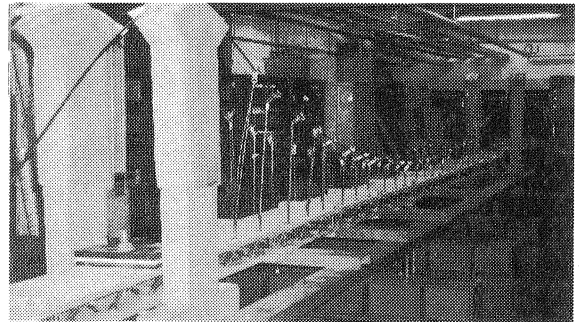


写真-1 実験装置全体図

2. 1/36縮小模型について

2.1 全体構造

この実験で用いた実験装置、1/36縮小模型について写真-1、図-1、2に示した。また、その構造諸元について表-1に示した。

縮小模型の主な諸元は中央支間 5000 mm 、側径間 1000 mm 、桁高 100 mm 、幅員 200 mm 、ケーブルサグ 630 mm である。

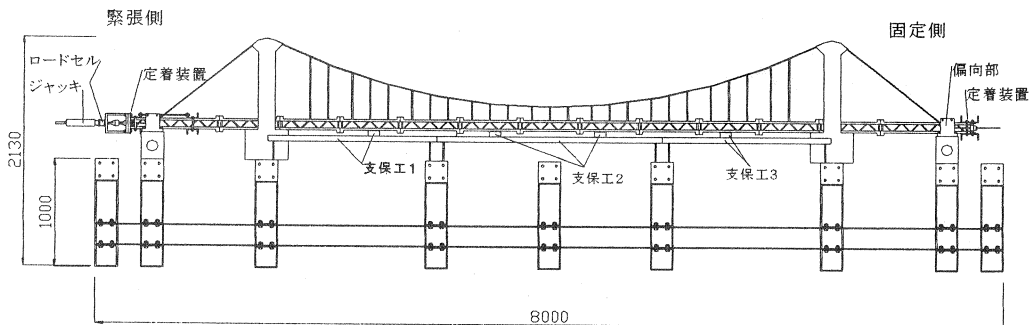


図-1 実験装置全体図

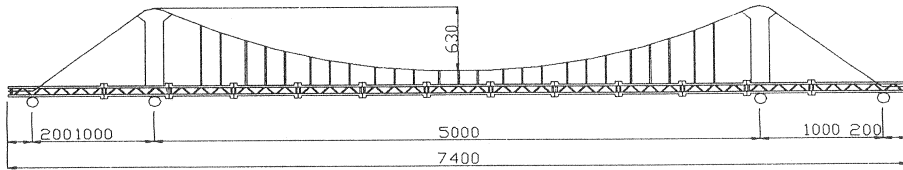


図-2 1/36縮小模型側面図

表-1 構造諸元

中央支間(mm)	5000	使用材料	モルタル	主ケーブル(PC鋼線)	SWPD3
幅員(mm)	200	圧縮強度(N/mm ²)	50	PC鋼線断面積(mm ²)	19.82
桁高(mm)	100	桁断面積(接合部)(mm ²)	18000	使用ハンガーケーブル	M3ネジ棒
ケーブルサグ(mm)	630	桁断面積(通常部)(mm ²)	8000	ハンガーケーブル断面積(mm ²)	7.07

2. 2 桁セグメントとセグメント間の結合

桁セグメントの側面図、平面図、断面図について図-3に示した。また、接合部内のらせん鉄筋について図-4に示した。

桁セグメントは長さ 530mm、幅 200mm、高さ 100mm、床版厚 20mm である。床版内には、M6mm2本、M3mm2本のネジ棒を橋軸方向に配置し、橋軸直角方向には M3mm のネジ棒を 4箇所 に 2本ずつ配置した。鋼トラス部材は M3mm の鋼棒を 1箇所につき 4本配置した。

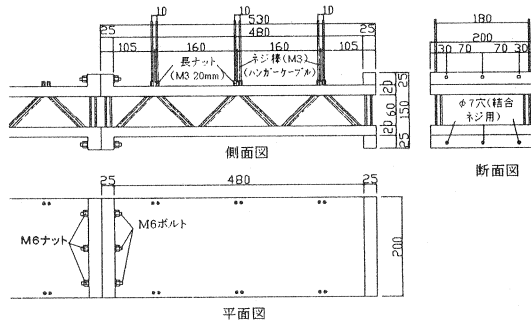


図-3 桁セグメント

セグメント間の接合部は長さ 25mm、幅 200mm、高さ 25mm とし、結合ネジを通す穴を設け、M6 ボルト 3本により結合した。接合部の補強のため橋軸直角方向に M3mm のネジ棒を 4本設け、その4本をらせん鉄筋(φ2.2mm)で巻きつけたものを接合部内に配置した。

2. 3 桁セグメントとハンガーケーブルの結合

図-3に、桁セグメントとハンガーケーブルの結合部について示した。

ハンガーケーブルは斜材と同様に M3mm のネジ棒とした。鋼トラス部材とハンガーケーブルを長ナットを介して直接結合した。

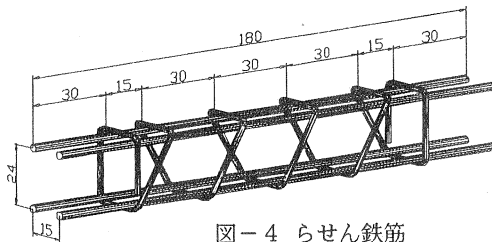


図-4 らせん鉄筋

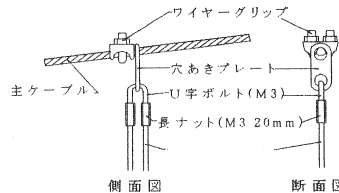


図-5 ハンガーケーブルと主ケーブルの接合

2. 4 ハンガーケーブルと主ケーブルの結合

図-5には、ハンガーケーブルと主ケーブルの結合部について示した。

主ケーブルに発生する緊張力の鉛直成分のみを桁に伝えられるように、穴空きプレート、U字ボルト、長ナットを用いて主ケーブルとハンガーケーブルを繋げた。また、支間中央方向へのズレを防止するためにワイヤーグリップを取り付けた。

2. 5 主塔

図-6には、主塔の側面図、正面図について示した。

主塔塔頂部は、主ケーブルの配置を考えR150mmの扇形とした。今回、主ケーブルの横滑り防止のために主塔塔頂部に溝を設け、摩擦軽減のために溝と主ケーブルの間にテフロンシートを挟んだ。

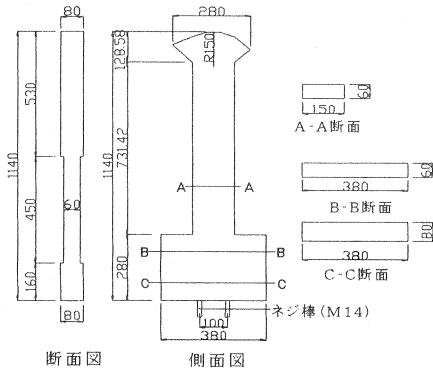


図-6 主塔

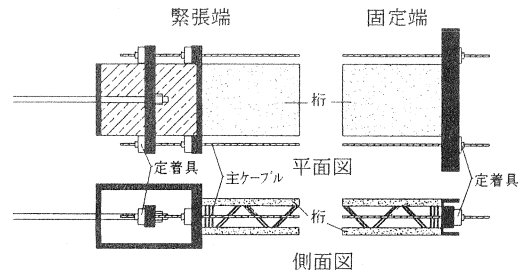


図-7 主ケーブル定着部

2. 6 主ケーブル定着部

図-7には、主ケーブル定着部について示した。

定着部は、主ケーブルを固定すると共に桁に軸力を与える場所でもある。そのため、桁のみに軸力を伝達できるような構造にした。

また、1本の鋼棒を引張ることで2本の主ケーブルに力が導入できるように緊張端側は箱型構造とした。固定端側は定着することのみを考慮した。

2. 7 偏向部

図-8には、偏向部について示した。

桁端部に作用するケーブル張力による力を軸方向成分のみにするために偏向部を設けた。定着位置は図心高さとした。主ケーブルと偏向部の接触面は、滑らかな曲線 (R215mm) とし、その間にテフロンシートを挟んだ。

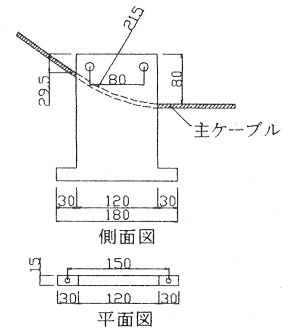


図-8 偏向部側面図、平面図

3. プレストレス導入実験

3. 1 目的

この実験の目的を以下に挙げる。

- ・ 模型の自立ロードバランス状態を確認する。
- ・ 主ケーブル張力が固定端まで及んでいるかを確認する。
- ・ プレストレス力を導入したときの模型の確認をする。
- ・ 定着具によるセットロスを確認する。

3. 2 実験方法

【実験準備】主ケーブルを固定端、緊張端に定着し、変位をロードバランス状態で0mmとするために支保工の高さを調節した。

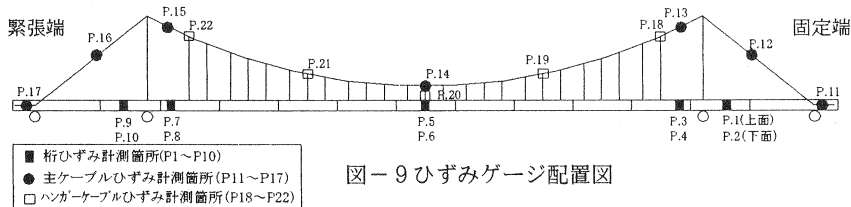
【実験1】 自立ロードバランス状態の確認のための実験である。主ケーブルへの導入量を予測値計算により算出された値(1.17 kN)よりも多く導入する(1.50 kN)。この時点で支保工を下げる。支間中央の鉛直方向の変位が0 mm(ひずみが0)となるまでプレストレスを抜く。今回、支間中央の鉛直方向の変位が0 mm(ひずみが0)となった状態を自立ロードバランスとした。

【実験2】 セットロス計測のための実験である。再びプレストレスを1.30kNまで導入し、定着具をセットする。ジャッキによるプレストレスを開放することでセットロスを計測する。

3.3 計測について

この実験での計測箇所を以下に示す。

導入張力	緊張端側でロードセルを用いて計測	
鉛直変位	支間中央の変位を変位計を用いて計測	
水平変位	固定端、緊張端で桁の収縮量を変位計を用いて計測	
桁ひずみ	桁の上下床版の上表面、下表面にひずみゲージを貼り計測	計測位置については図-9参照
ケーブルひずみ	3本より線のうち1本にひずみゲージを貼り計測	
ハンガーケーブルひずみ	ハンガーケーブルとU字ボルトを繋ぐナットにひずみゲージを貼り計測	



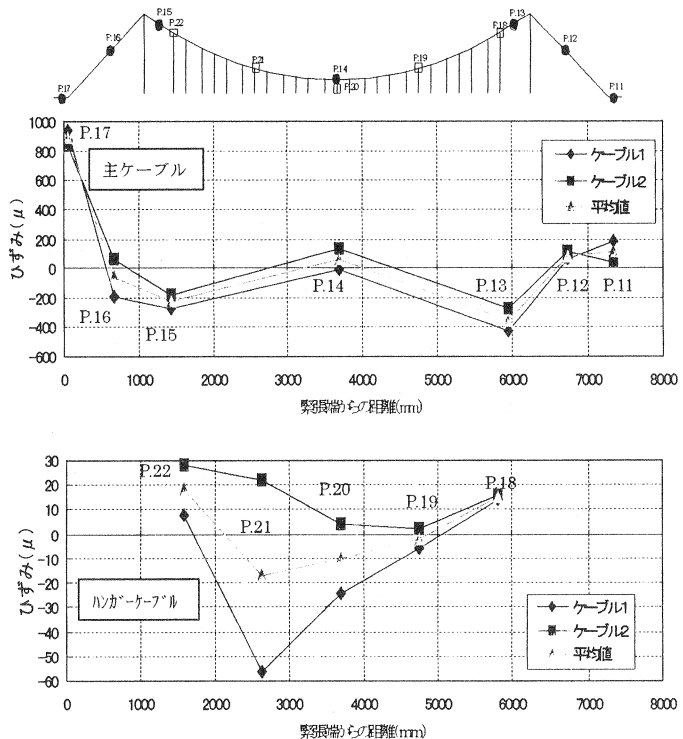
3.4 実験結果と考察

実験により図-10~15までの結果が得られた。写真-2に自立ロードバランス時の桁の状態について示した。

ケーブルとひずみの関係について

図-10に自立ロードバランス時の主ケーブルとハンガーケーブルのひずみ関係について示した。図-11に最大導入量までの導入量と主ケーブルひずみ関係について示した。図-12に一定時間経過ごとの主ケーブルひずみと経過時間関係について示した。

- 図-10ではP.13、P.15、P.16で圧縮力を示す負のひずみ量が生じている。一方、P.11、P.12、P.14ではほぼ同じような正のひずみ量を示している。また、ハンガーケーブルのあそびを確認した箇所とP.20、P.21は、同じ位置であることを確認した。



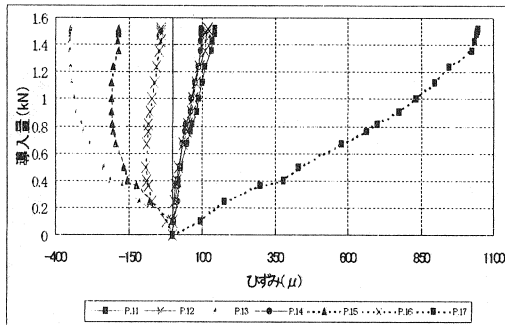


図-11 導入量と主ケーブルひずみの関係

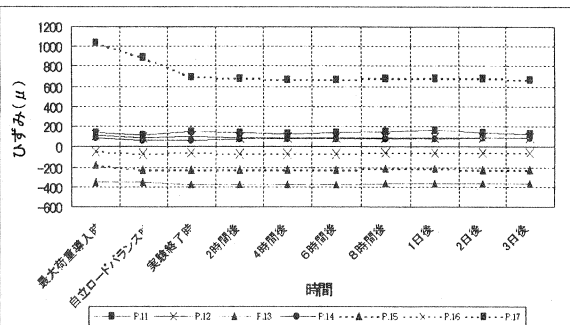


図-12 主ケーブルひずみと経過時間の関係

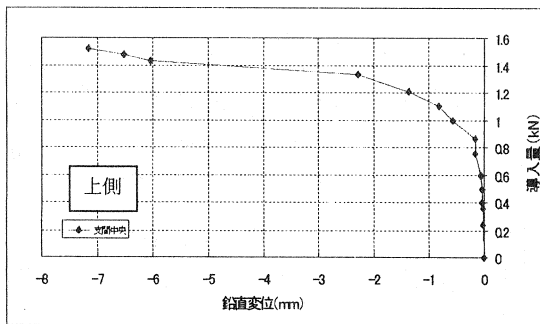


図-13 導入量と鉛直変位の関係

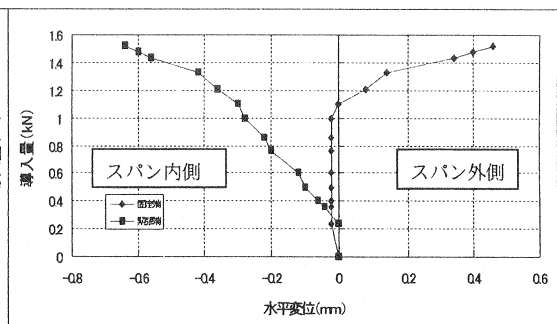


図-14 導入量と水平変位の関係

- ・ 図-11 では P.13、P.15、P.16 で終始圧縮力を示す負のひずみ量が生じている。一方、P.11、P.12、P.14 では終始、ほぼ同じ正のひずみ量を示している。P.17 では非常に大きい値を示した。
- ・ 図-12 から主ケーブルは常に一定のひずみを保っていることが判った。

以上より、主塔塔頂部と偏向部の摩擦がP C鋼線に及ぼす影響は少ないと考えられるが、P.17 のひずみ量については検討が必要である。また、圧縮力を示す負のひずみ量が生じた理由として、プレストレス導入前に上側に撓んでいたものがプレストレス導入により伸ばされたことが考えられる。

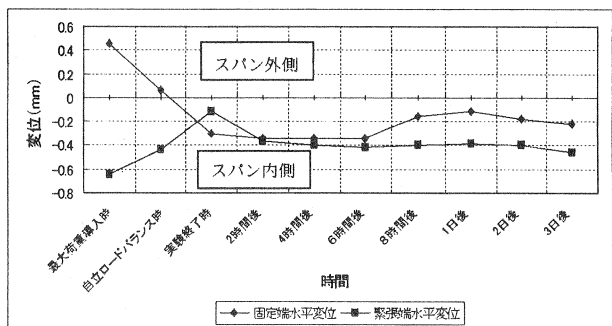


図-15 水平変位と経過時間の関係

変位について

図-13 に最大導入量までの導入量と支間中央の鉛直変位関係について示した。図-14 に導入量と緊張端、固定端での水平変位関係について示した。図-15 に一定時間経過ごとの水平変位と経過時間関係について示した。

- ・ 図-13 から導入量 1.00kN を超えたあたりから桁が浮き上がったことが判る。
- ・ 図-14 から緊張端では導入量と変位が比例している。固定端では、導入量 1.00kN 近くまでほとんど変化が見られない。

- ・ 図-15から時間の経過と共に桁の両端の水平変位は近づいていることが判る。

以上より、固定端での変位が外側への値を示したことについて今後検討が必要である。桁の水平変位より、時間の経過と共に桁には一定の軸力が働いていると考えられる。

実験のまとめ

- ・ 自立ロードバランス状態として支間中央の変位 -0.02mm 、導入量 1.07kN を確認した。この値は予測値 1.17kN に対して 91.4% である。
- ・ ひずみ量データより固定端までプレストレス力が及んでいることを確認した。
- ・ ハンガーケーブルのあそびが生じている箇所など、調整箇所を確認した。
- ・ セットロスについて実験後計算を行い、セットロス量 0.30kN を得た。今後、各状態での値については検討をしていく。

最後に今回の実験は荷重状態が非常に低かったため、力学理論的に正確と思えないデータも得られた。次の段階の実験でも検討が必要である。

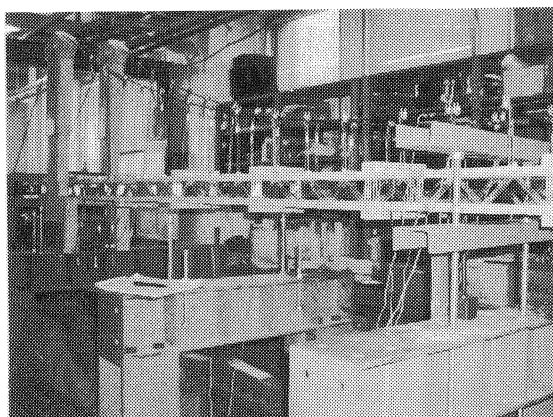
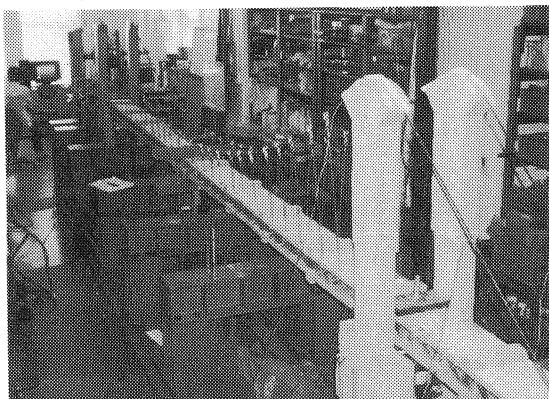


写真-2 自立ロードバランス時の桁の状況

4. まとめ

本報告は模型製作についての報告と、第一段階の実験として行ったプレストレス導入実験についての報告を行った。この縮小模型は1つの案に過ぎず、今後、調整を行いながら実験を進める予定である。今回の実験により自立ロードバランスと次の段階の実験を行う迄に調整すべき箇所が確認できた。

今後、この模型を用いて供用状態から終局までの破壊挙動を確認していく。また、供用状態や終局限界状態での予測値計算及びFEM解析を行い、載荷装置について検討や製作をして次の段階の実験に移る予定である。

参考文献

- [1]: 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
P C技術協会第7回シンポジウム論文集、1997年10月、pp575-580
- [2]: 井戸・大熊・張・山崎: 大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁模型の設計・製作
P C技術協会第8回シンポジウム論文集、1998年10月、pp579-584
- [3]: 河野・井戸・張・山崎: 大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁解析
P C技術協会第8回シンポジウム論文集、1998年10月、pp589-592
- [4]: 井戸・本田・大熊・山崎: 大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁解析
P C技術協会第9回シンポジウム論文集、1998年10月、pp7-12
- [5]: 張・永島・井戸・山崎: 鋼トラスセグメント模型の製作と載荷実験
P C技術協会第8回シンポジウム論文集、1998年10月、pp585-588