

(34) 4径間連続上路式PC吊床版橋の施工

住友建設(株) 静岡支店 正会員 ○亀山 誠人
 静岡県 袋井土木事務所 正会員 玉木 睦
 住友建設(株) 土木設計部 正会員 近藤 真一
 同 上 正会員 齋藤 謙一

1. まえがき

潮騒橋(事業名:菊川橋)は、上路式PC吊床版橋を4径間連続構造とした世界的にも類例をみないPC橋である(写真-1)。

吊床版が直接路面となる一般的な吊床版橋(以下、直路式吊床版橋という)は、懸垂架設工法などにより比較的容易に施工することができるが、本橋は上路式であるため、鉛直材と上床版を精度よく安全に架設しなければならないことに加えて、連続形式としての特性から、各径間のバランスを取りながら架設することが要求された。したがって、その施工には綿密な施工計画と施工管理が必要となった。

本報告では、潮騒橋の上部工の施工について、概要を述べることにする。

2. 潮騒橋の概要

架橋位置: 静岡県小笠郡大東町国安地内
 道路規格: 自転車・歩行者専用道路(B種)
 構造形式: 4径間連続上路式PC吊床版橋
 橋長: 232.0m
 支間: 55.0m+61.0m+61.0m+55.0m
 有効幅員: 3.0m(全幅: 4.4m)

一般図を図-1に、上部工主要材料の数量を表-1に示す。

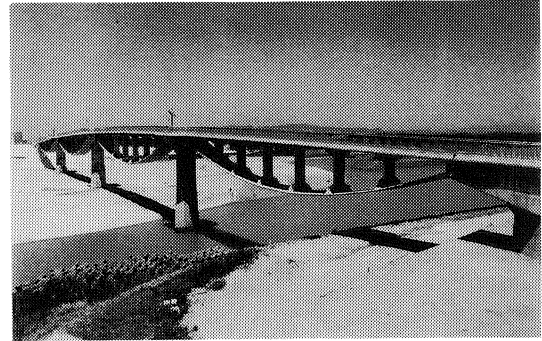


写真-1 潮騒橋の全景

表-1 上部工主要材料の数量

区分	材 料	仕 様	単 位	数 量
吊床版	プレキャストコンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m^2	98.7
	現場打ちコンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m^3	68.9
	鉄 筋	SD295A EP	tf	23.119
鉛直材	PC鋼より線(1次ケーブル)	SWPR7B 4 ϕ 15.2 EP	tf	9.993
	PC鋼より線(2次ケーブル)	SWPR7B 5 ϕ 15.2 EP	tf	18.623
上床版	プレキャストコンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m^2	69.7
	現場打ちコンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m^3	19.8
	鉄 筋	SD295A EP	tf	16.520
上床版	PC鋼棒	SWPR930/1180 ϕ 32 EP	tf	3.871
	プレキャストコンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m^2	209.9
	現場打ちコンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m^3	31.1
	鉄 筋	SD295A EP	tf	15.038
	PC鋼より線(1次ケーブル)	SWPR7B 1T15.2 EP	tf	2.076
上床版	PC鋼より線(2次ケーブル)	SWPR7B 1T15.2	tf	9.353
	PC鋼より線(横締)	SWPR7B 1T15.2	tf	1.341

注) EPはエポキシ樹脂塗装仕様を示す。

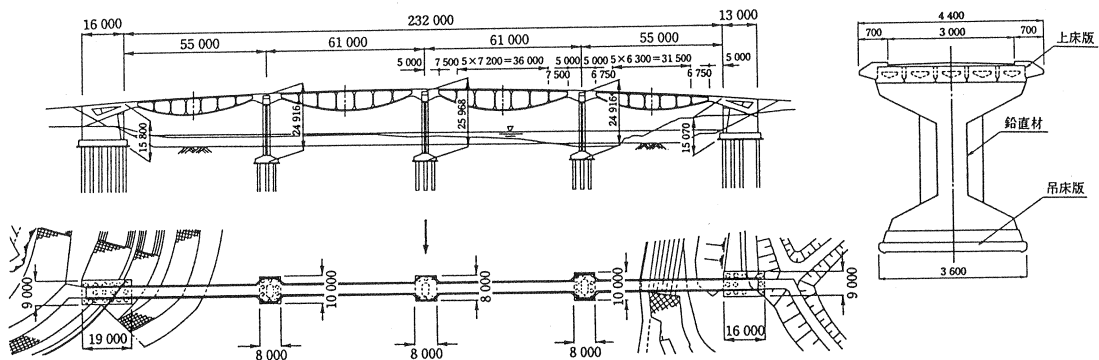


図-1 一般図

3. 上部工の施工

3.1 概要

上部工の施工は、まず各径間に吊床版1次ケーブルを張り渡し、これにプレキャスト板を取り付け、鉛直材および上床版を建て込んだ後、吊床版後打ち部の現場打ちコンクリートを施工するという手順で行った。これらの架設作業はすべてクレーンを用いた。強風対策としては、架設時期を、架設地点における強風の発現頻度特性を検討して決定した。また、プレキャスト部材は、栃木県小山市北部の工場で作成し、現場まで運搬した。施工要領を図-2に示す。

本橋の特性として、完成系においては橋脚に大きな断面力が作用せず、施工時に橋脚に作用する断面力が制限されたことから、橋脚に作用可能な不均衡水平力に関する検討を行った。すなわち、施工時であっても橋脚に生じる曲げひび割れをできるだけ抑えることを基本として、鉄筋応力度が 1400kgf/cm^2 以内となるように、橋脚頭部に作用する不均衡水平力の制限値を 38tf として、プレキャスト部材の架設順序を決定した。一例として、吊床版架設時における水平力が制限値に達する状態を、図-3に示す。

3.2 プレキャスト部材製作工

プレキャスト部材用のコンクリートには、 $\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ の軽量コンクリートを用いている。軽量コンクリートのみの単位体積重量は 1.85tf/m^3 であり、粗骨材のみ人工軽量骨材を使用している。配合を表-2に示す。軽量コンクリートの製造にあたっては、人工軽量骨材の含水率を一定に保つために、骨材の保管は雨水の侵入防止に留意した。打ち込みは、バケットにより行った。打ち込み時のスランプは $7.0\sim 9.8\text{cm}$ であり、軽量骨材の浮き上がりは見られなかった。養生方法は、蒸気養生とした。

3.3 吊床版1次ケーブル工

吊床版ケーブルは、エポキシ樹脂塗装PC鋼より線 ($\phi 15.2$) が採用されている。吊床版1次ケーブルは、架設に先立ってPC鋼より線を4本束ねてプラスチックバンドで固定し、プレキャスト板の固定位置などをマーキングした。これを、クレーンを用いて吊り上げ、橋脚頭部や橋台のダクトに引き込み定着具に固定した。ケーブルの架設状況を、写真-2に示す。

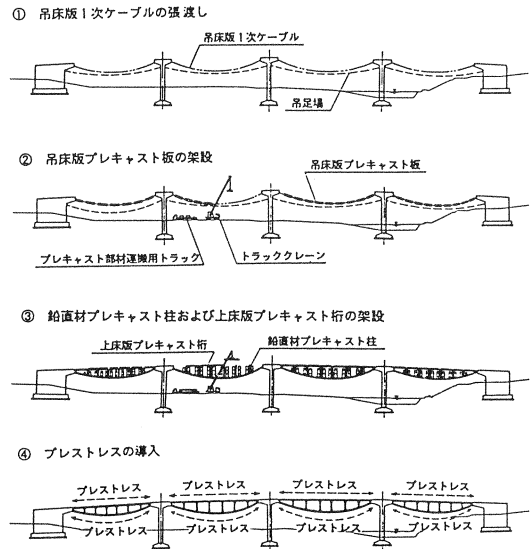


図-2 施工要領

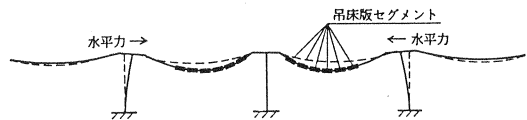


図-3 吊床版架設時における架設限界状態

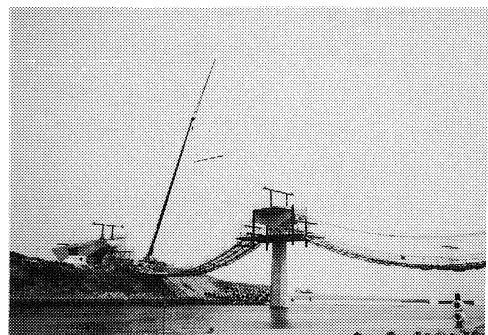


写真-2 吊床版1次ケーブルの架設

表-2 軽量コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量				
					水 W (kg)	セメント C (kg)	細骨材の絶対容積 (ℓ)	粗骨材の絶対容積 (ℓ)	混和剤 (g)
15	8 ± 2.5	5 ± 1.5	31	29	160	516	289	336	3600

3.4 吊床版架設工

吊床版の版厚は標準部の断面中央が 250mmであり、セグメントの重量は最大 3.6tfである。

セグメントの大部分は部材長 $L=1.4\sim 1.8\text{m}$ であるが、鉛直材直下の台座部では 0.3m と短く設定されている。これは、間詰打設までに鉛直材を通して作用する荷重により、台座の下面に生じる引張応力を小さくするように考慮したものである(図-4)。

部材長の大きいセグメントの架設は、上路式吊床版橋用に開発した、吊床版セグメントハンガーを用いて行った(写真-3)。この装置は、本橋ではプレキャスト板の吊床版1次ケーブルへの取付け角度が、各セグメントごとに 0° から 22° と大きく変化するため、セグメントの角度を容易にケーブルの傾斜角に合わせ、取付け作業が効率的にできるように工夫したものである。架設は、このハンガーをクレーンで吊り上げて行

った。台座部のセグメント($L=0.3\text{m}$)については、4本ずつ2組に分かれている1次ケーブルの間隔が、中央で 1.2m 程度あるため、吊バンドを用いてセグメントをそこに落とし込み、90度回転させて吊り上げ、ケーブルに固定する方法とした(図-5)。

吊床版の架設は、各径間の中央から両側に向けて行うとともに、橋脚に作用する不均衡水平力を抑えるために、クレーン2基を用いて、各径間の重量のバランスを取りながら行った(図-6)。各セグメントの間には幅木を入れて滑動を防止した。吊床版の架設が終了した段階でサグの微調整を行い、その後吊床版2次ケーブルを挿入した。

3.5 鉛直材架設工

鉛直材の架設に先立って、台座の施工を行った。次に、吊床版の上に足場を組み立てた。

鉛直材は、3分割されたプレキャスト柱であり、最大重量は 3.8tfである。この接合部を一体化させるために、エポキシ樹脂塗装PC鋼棒($\phi 32$)によりプレストレスを導入しながら、接合キーをガイドにして建ち上げた(写真-4)。図-7に鉛直材の架設順序を示す。

本橋の架設にあたっては、上路式吊床版橋の特性として、一般的な直路式吊床版橋に比べ、施工時において重心が高いことから、鉛直材や上床版を建て込む際の橋軸直角方向の安定性が、重要な検討項目であった。

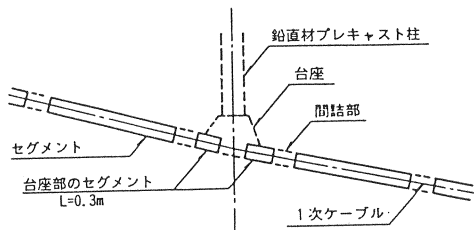


図-4 吊床版セグメント

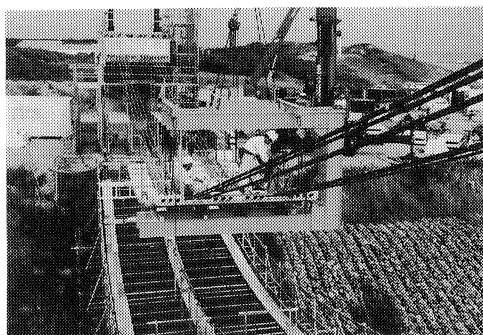


写真-3 セグメントハンガーによる吊床版の架設

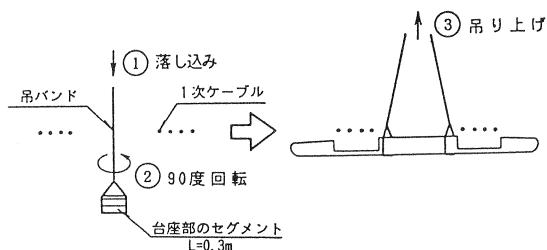


図-5 台座部のセグメントの架設

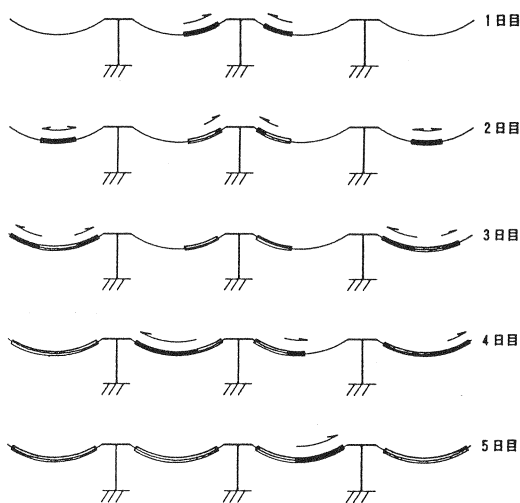


図-6 吊床版架設順序

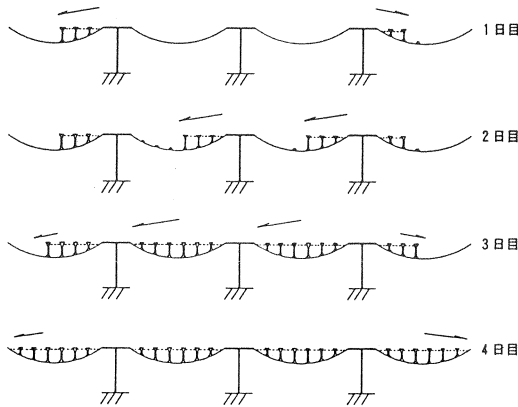


図-7 鉛直材架設順序

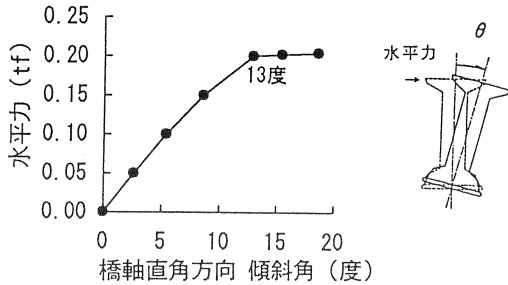


図-8 鉛直材の安定性に関する解析結果

図-8に、鉛直材の橋軸直角方向の安定性に関する解析結果を示す。これは、径間中央に鉛直材が1基架設された幾何剛性の最も小さい状態における、水平力と傾斜角の関係であり、傾斜角が約13度になった時に鉛直材が不安定状態になることがわかる。これより、鉛直材上部の橋軸水平方向には、ゲビンデ鋼棒で補強トラスを構成しながら架設をすすめ、橋軸直角方向の安定を確保するとともに、鉛直材架設が完了した時点では、これを利用して橋軸方向鉛直度の調整を行った（写真-5）。

3.6 上床版架設工

上床版は、桁高40cmのプレテンション方式PCホロー桁を横方向に5本並べた構造であり、1本の重量は3.5tfである。上床版は、橋脚および鉛直材上では、一部を除いて剛結構造となっている。

上床版ホロー桁は、施工性と安全性を考慮して、各径間の端部から片押しで、また断面の中央から両サイドに向けて順次架設していった（写真-6）。この時も、橋脚の不均衡水平力を抑えるように架設順序を決定したが（図-9）、片押し架設としたために、ホロ

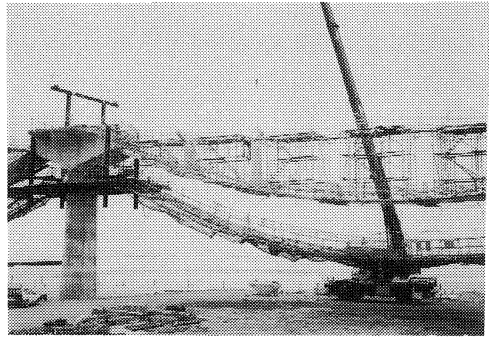


写真-4 鉛直材の架設

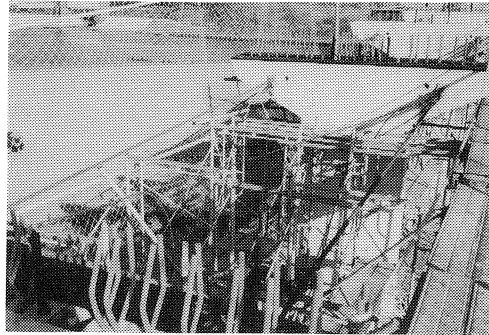


写真-5 鉛直材上部の補強トラス

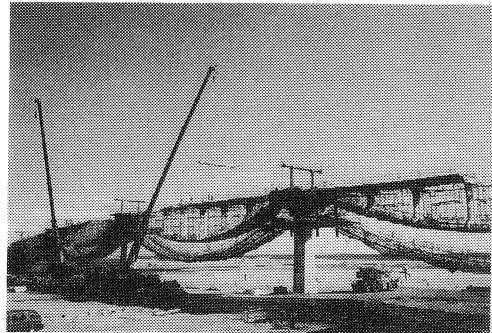


写真-6 上床版ホロー桁の架設

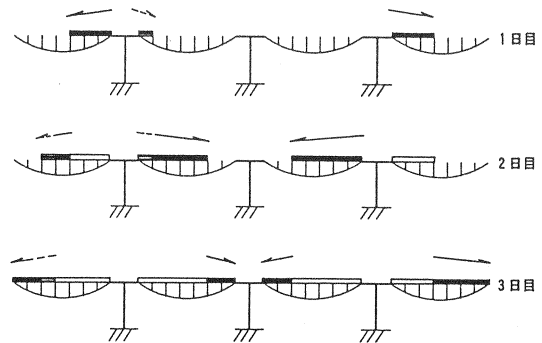


図-9 上床版架設順序

一桁の架設の進捗に伴うサグ変化量が大きくなり、架設済みのホロー桁が鉛直材と競ることに対する処置が必要となった。

3.7 上床版端部結合工

橋台における上床版端部の支持構造は、荷重による吊床版の鉛直変位を抑えるために、鉛直ゴム支承とともに、P C鋼材と水平ゴム支承が組み合わされた弾性結合構造が設けられている。水平ゴム支承としては、直径300mm、厚さ170mm、バネ定数1000tf/mのものが5基セットされている。

弾性結合構造は、水平ゴム支承を据え付けた後、ゴム支承に30kgf/cm²程度の圧縮力を与えるために、水平P C鋼材を緊張することとしたが、この後から鉛直材直上の間詰めコンクリートを施工する手順とすることにより、P C鋼材定着部の背面の上床版に、P C鋼材の緊張により引張力が生じないようにした。

3.8 ケーブル緊張工

吊床版の間詰め部を施工した後、吊床版2次ケーブルを全緊張力600tfで緊張すると、サグが30mm上がり、吊床版のコンクリート断面に40~60kgf/cm²のプレストレスが導入される。その後、上床版の間詰め部を施工し、鉛直材縦締め鋼棒および上床版2次ケーブルを緊張した。

4. 施工管理

4.1 概要

架設に関する主要な管理項目は、吊床版のサグ、吊床版のねじれ(鉛直材の橋軸直角方向傾斜角)、およびプレキャスト部材の重量とした。吊床版1次ケーブルの張力は、管理項目から除外した。

4.2 荷重の管理

プレキャスト部材の重量は、すべて吊床版1次ケーブルによって受け持たれるため、重量のばらつきは、吊床版のサグの精度に直結している。したがって、プレキャスト部材製作時には、部材の強度や耐久性に関わる軽量コンクリートとしての品質管理項目のほかに、部材の重量を管理するという目的で、コンクリート単位体積重量および部材製作精度の管理を行うこととした。

さらに、製作された部材の重量を、工場出荷前にロードセルを用いて直接計測することにより、部材重量管理の信頼性および吊床版1次ケーブル張力の推定精度を向上させることとした。

プレキャスト部材重量については、吊床版の実測重量の設計値に対する誤差が平均-0.9%、鉛直材については+0.7%とほとんど誤差を生じなかったが、上床版については+2.4%となった。全部材に対しては+1.1%の精度となった。

4.3 吊床版サグの管理と計測システム

吊床版サグは、プレキャスト部材の重量のばらつきのほかに、橋脚の水平変位、吊床版1次ケーブルの橋脚頭部などのダクト内における引張力のばらつき、および温度分布のばらつきなどによって、誤差が生じる。このうち、橋脚の水平変位に起因する吊床版支間の変化がサグに及ぼす影響については、10mmの支間変化(支点移動)が20mmのサグ変化に対応することから、サグを管理する上で重要な要素であった(図-10)。

これより、吊床版サグの管理としては、サグを直接

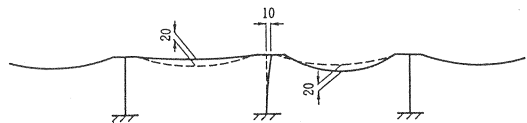


図-10 橋脚の水平変位と吊床版サグの関係



写真-7 電子スタッフ

測定するほかに、橋脚の水平変位や、吊床版1次ケーブルの橋脚頭部や橋台のダクトからの抜け出し量などの測定も行い、参考データとすることとした。

吊床版サグの計測は、電子レベルおよび電子スタッフを用いた計測システムにより、リアルタイムに行った(写真-7)。これは、サグ測定を人手による場合、スタッフを持った人間の载荷により、サグが5mm程度も変化するため、より測定精度を向上させる必要があったからである。また、吊床版のサグについては、10°Cの温度上昇で約10mm下がる計算結果を得ていたため、温度測定に大きな誤差を生じさせる日照の影響を避けるために、測定は午前6時に行った。温度変化に伴うサグ変化の測定値の一例を、図-11に示す。

各施工段階における吊床版サグの測定値を、図-12に示す。施工完了時におけるサグの精度は、支間 l に対して $\pm l/2000$ (mm)程度とすることができた。

5. まとめ

4径間連続上路式PC吊床版橋の施工を通して得られた知見をまとめると、以下ようになる。

- 1) 上路式吊床版橋の架設では、吊床版のセグメントごとにケーブルの取付け角度が大きく異なるが、このような場合における架設の効率化に対して、セグメントハンガーは有効であった。
- 2) 連続形式吊床版橋の架設では、橋脚に作用する不均衡水平力が制約条件となるが、各径間の重量バランスを取りながら部材を架設することにより、この条件を満足させることができた。
- 3) 連続形式吊床版橋のサグの管理には、橋脚の水平変位測定データが必要であった。
- 4) 軽量コンクリートを用いたプレキャスト部材重量の精度は、部材の種類によって若干傾向が異なるものの、全部材に対しては、+1%程度の誤差におさめることができた。
- 5) 施工管理を、部材重量およびサグの管理を主体として行ったところ、施工完了時におけるサグの精度は、支間 l に対して $\pm l/2000$ (mm)程度とすることができた。

6. あとがき

合理的な上路式PC吊床版橋を建設するには、特に構造計画の段階において架設方法を詰めておくことが重要であり、本文が上路式吊床版橋を計画する技術者の参考になれば幸いである。

最後に、潮騒橋の施工にあたりご尽力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 鈴木(昭)・渡邊・和田・鈴木(勲)・菅沼・久米：菊川橋の設計，橋梁と基礎，1994年11月
- 2) 田島・鈴木(勲)・大塚・鈴木(辰)・近藤：潮騒橋の施工と管理，橋梁と基礎，1995年6月
- 3) 高木・渡邊・近藤：4径間連続上路式PC吊床版橋 潮騒橋，橋梁，1995年6月

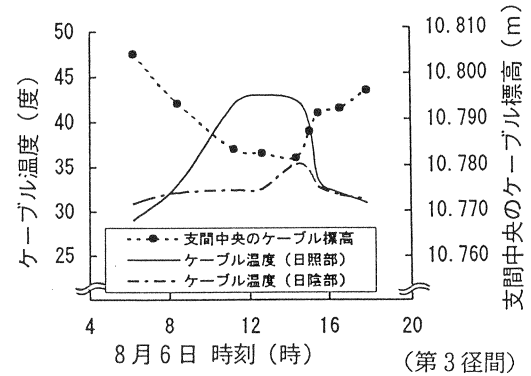


図-11 温度変化に伴うサグ変化の測定結果

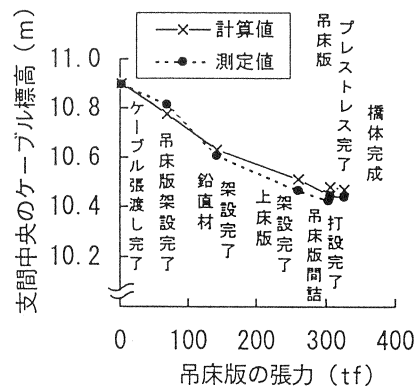


図-12 吊床版サグの測定値 (第3径間)