

(92) 夢吊橋（単径間PC吊床版橋）の施工

建設省八田原ダム工事事務所	吉野好明
住友建設(株) 広島支店	小野憲治
住友建設(株) 広島支店	岡崎文幸
住友建設(株) 土木設計部	正会員 ○細野宏巳

1. はじめに

夢吊橋は、広島県世羅郡甲山町の八田原ダム湖上に架橋した橋梁で、現在確認している範囲では、歩行者専用の単径間PC吊床版橋としては、世界最大支間（支間長：L=147.6m）を誇る（写真-1）。

架橋地点周辺は、八田原ダム建設を中心とした芦田川総合開発による周辺整備が進んでおり、夢吊橋はダム周辺の水辺環境を創造するモニュメントとして位置付けている。本橋は平成8年3月末に完成し、現在供用中である。

本橋が今までの吊床版橋の構造と比較して、かなり異なる手法を採用しているため、以下に特徴を列挙する。

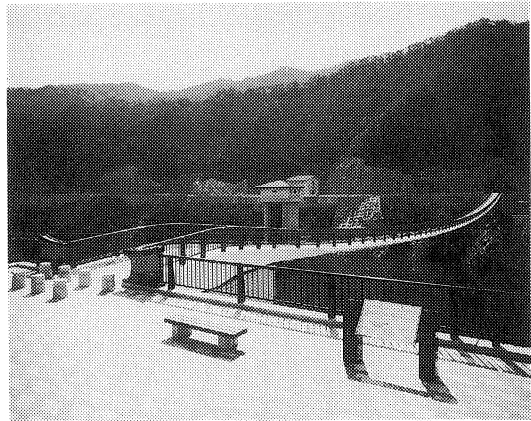


写真-1 全景

- (1) 支間長、支間/サグ比、幅員および設計活荷重が大きいため、プレストレスの導入率を高め、床版端部に曲げ応力が発生しないように、以下の方法を用いることにより、一般のPC橋と同様なプレストレス導入方法を採用した。
 - ① 1次ケーブル（張り渡しケーブル）として、プレストレス導入時のコンクリートの弾性変形を拘束しない、アンボンドケーブルを採用した。
 - ② 同じく弾性変形を拘束しない架設時の床版端部支持構造として、橋台と分離し、床版端部下面にスライド可能なゴム支承を配置した。
- (2) 耐風安定性の向上のため、部分模型を用いた風洞実験を実施し、床版断面の両端部に三角形のフェアリング形状を採用した。

本報告では、施工着手前に行った1次ケーブル（アンボンドケーブル）の摩擦力確認試験とサグ管理手法およびその結果を中心に述べる。

2. 橋梁概要

架橋地点：広島県世羅郡甲山町大字小谷

道路規格：歩行者専用道路

構造形式：単径間PC吊床版橋

橋長：172.6m

支間長：147.6m

有効幅員：2.5m（全幅：3.64m）

サグ量：3.5m（スパン/サグ比：42）

主要材料表を表-1に示す。

表-1 主要材料表

	項目	仕様	数量
上部工	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	175.3 m ³
	鉄筋	SD295	33.9 kgf
	1次ケーブル	SEEE F270U	28.5 tf
	2次ケーブル	12V15.2	16.0 tf
下部工	コンクリート	$\sigma_{ck}=300, 210\text{kgf/cm}^2$	1474.0 m ³
	鉄筋	SD295	47.9 tf
	グラウト/アッカー	SEEE F270TA	993.0 m

3. 構造概要

全体一般図を図-1に、床版断面図を図-2に示す。

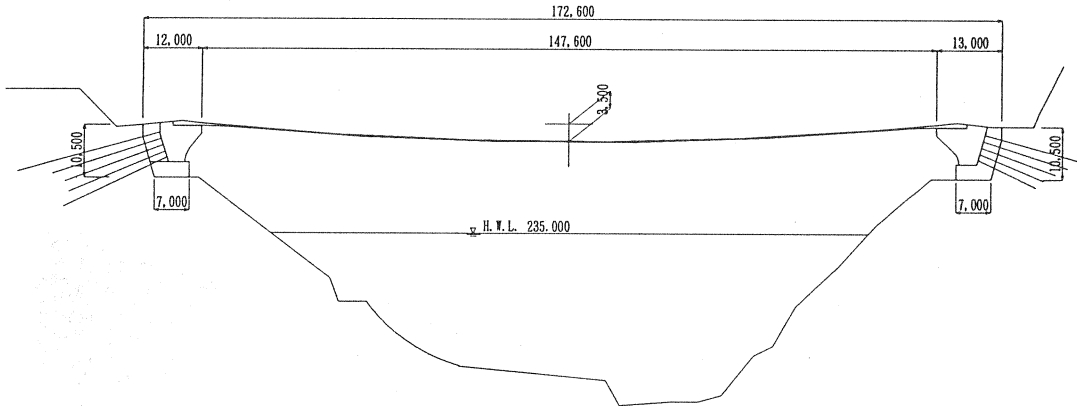


図-1 全体一般図

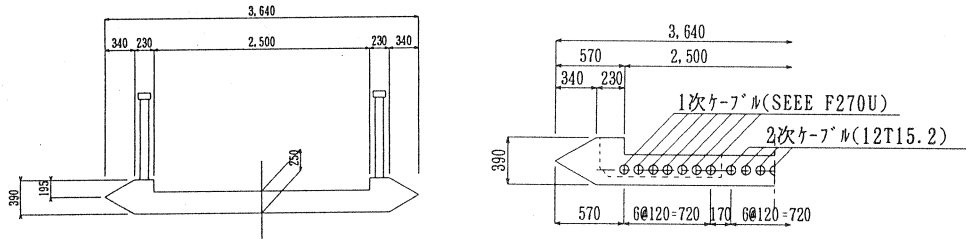


図-2 床版断面図

1次ケーブルはSEE F270Uアンボンドケーブルを14本、2次ケーブルはSWPR 7B 12T15.2ケーブルを7本で構成している。2次ケーブルは完成時の床版端部構造を剛結構造とするため、床版端部での1次緊張の後、ケーブルを接続し、橋台端部で再緊張できるフレシナーVシステムを採用している。

4. アンボンドケーブルの摩擦力確認試験

アンボンドケーブルは、完成後も床版コンクリートと付着しないが、床版自重を受けて鋼材とシースとの間に摩擦力が作用し、この摩擦力がクリープ・乾燥収縮による自由な収縮を拘束すると考えられた。

設計計算では、この摩擦力を1次ケーブルの一部がボンドケーブルと同様にコンクリートに付着しているとして評価している。つまり、1次ケーブルが全く付着していないケースと、ケーブル断面積の50%が付着しているケースの2ケースについて、コンクリートと付着するケーブルの断面積比率： α で定義して、計算を行っている。

この2ケースでは、クリープ・乾燥収縮によるサグ変化量に75mmの差が生じるため、実施工においては、この摩擦力を特定する必要がある。したがって、実橋で使用するSEE F270Uアンボンドケーブルの摩擦力確認試験を実施した。試験状況を写真-2に、試験供

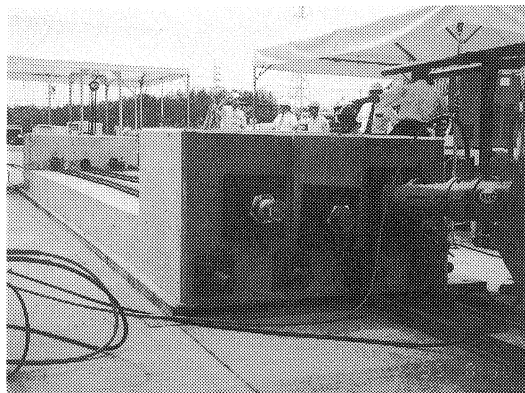


写真-2 摩擦力確認試験

試体を図-3に示す。

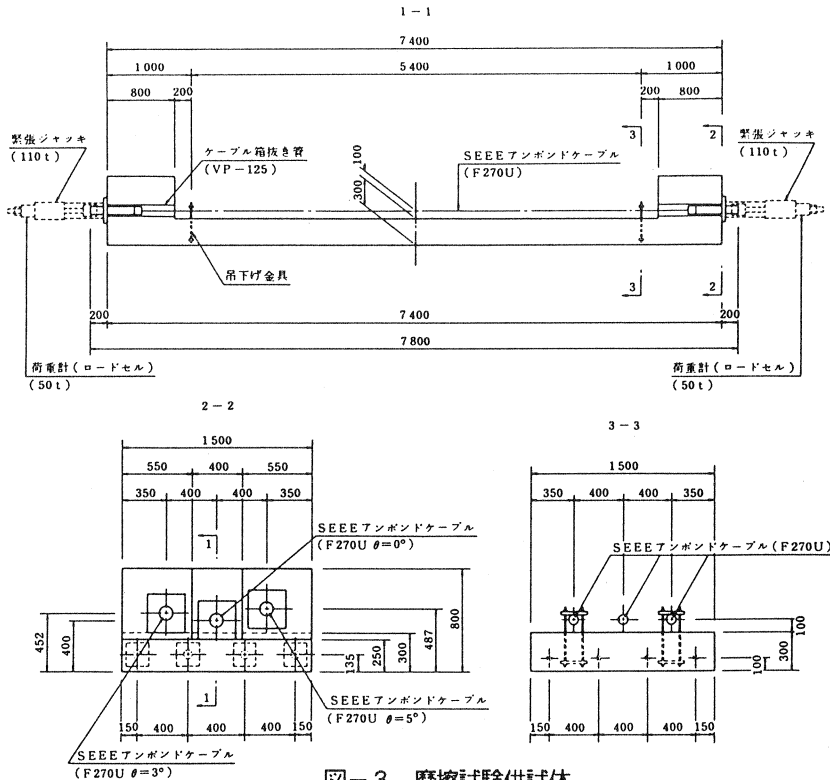


図-3 摩擦試験供試体

摩擦力の発生機構として、アンボンドケーブルといえども、ケーブルとグリース材との粘着力によるケーブル自身が持つ摩擦力と、プレキャスト版吊り金具を介して伝達する自重などの鉛直分力による摩擦力があると考えた。したがって、試験供試体を、ケーブル自身の持つ摩擦力を確認するためのケーブル角度：0度（水平配置）のケースと、吊り金具による摩擦力を確認するためのケーブル角度：3、5度を持たせたケースの3ケースとした。

試験は、ケーブルの片側定着体だけにジャッキで緊張力を与え、反対側の定着体に伝達した張力を測定する方法として、両張力の差分が摩擦により損出した張力である。導入緊張力は、吊床版自重相当の鉛直分力を吊り金具位置に換算した鉛直分力相当が作用する張力（27.4tf）以上の張力を与えた。

試験により特定した摩擦係数を、以下に示す。

- ・ケーブル自身が持つ長さ当たりの摩擦係数： $\lambda = 0.00057$
- ・角度変化による摩擦係数： $\mu = 0.02149 \sim 0.03069$
- ・吊り金具の影響に着目した摩擦係数： $\mu' = 0.06144$

吊り金具の影響による摩擦係数： μ' を、設計計算で定義した断面積比率： α に換算すると、 $\alpha = 0.0124$ となり、サグ変化については、設計計算での断面積比率： $\alpha = 0.0$ の結果にて管理しても問題ないことを確認した。

また、自重などの鉛直力が吊り金具の設置部のみでケーブルに載荷されるため、ケーブル保護部のPE管の強度に不安があった。試験での最大鉛直分力（40.0tf）を作用しても、若干の変形があっただけで、保護管の強度に問題がないことを確認した。

5. 施工概要

本橋の施工要領図を図-4に示す。

下部工のグラウンドアンカーは、施工実績が少ないが、導入張力の大きいSEEE F270TAを使用した。

上部工の架設には、大型のクレーンや支保工を必要としない懸垂架設工法を採用した。

6. 下部工の施工

支間長が長く、スパンサグ比、幅員、設計活荷重が大きいため、橋台に作用する水平力は設計荷重時で約2300tfと大きい。この水平力に対処するため、グラウンドアンカーは、SEEE F270TAを両橋台で50本使用した。

掘削は、ロータリーパーカッション方式で先端削孔錘具にダウンザホールハンマー(掘削径:φ183)を使用した。最上段のアンカー配置は、最小間隔が1.0mと狭いため、掘削には細心の注意を払った結果、水平方向誤差は、わずか数cmと問題ない施工ができた。

本橋での大容量のアンカーを狭い配置間隔での施工の成功は、今後、長大化する吊床版橋の下部工計画において、有効な実績となったと考えている。

7. 上部工の施工

プレキャスト版は、品質管理の行き届いたPC工場で製作して現地へ搬入した。

プレキャスト版の架設は、A1橋台側から架設台車を利用して片押し施工した。

架設台車を図-5に、架設要領図を図-6に示す。

仮置きヤードで、架設台車の受け梁上にプレキャスト版を配置し、受け梁ごとA1橋台前面の作業架台へ

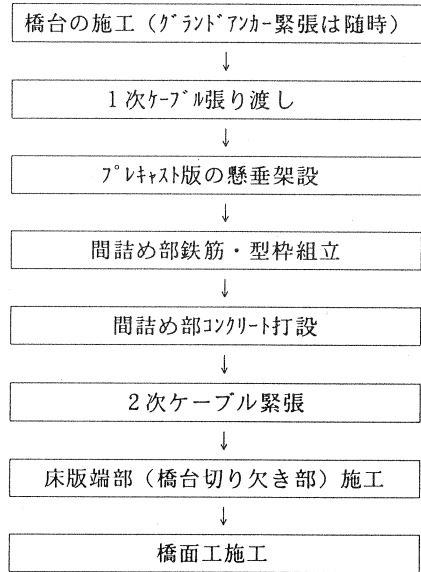


図-4 施工要領図

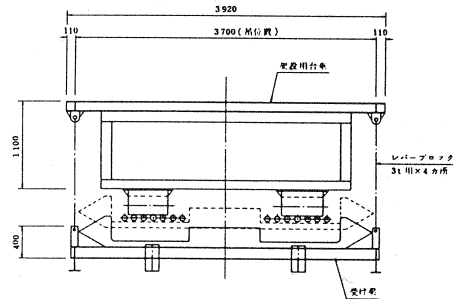


図-5 架設台車

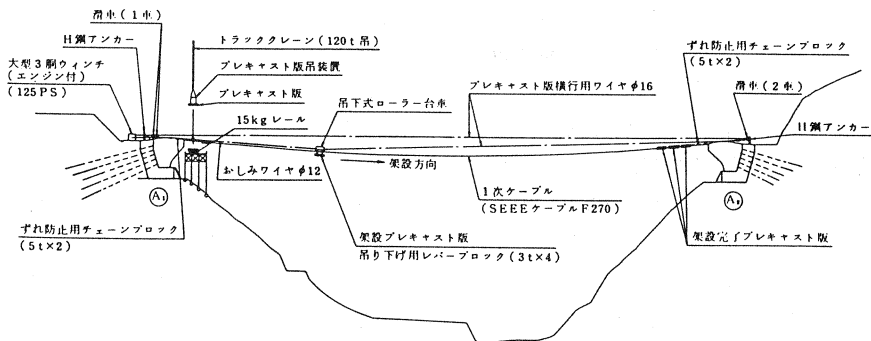


図-6 架設要領図

吊込み、引き出しレールで1次ケーブル直下に移動する。作業台車に設置したレバーブロックにより受け梁ごとプレキャスト版を吊り込み、所定の位置まで移動し、固定する(写真-3)。

架設台車は、プレキャスト版を受け梁ごとをレバーブロックにより吊る構造としているため、プレキャスト版の吊り込み作業およびケーブルへの引き上げ作業が容易であった。

1次ケーブルの保護管(PE管)は、摩擦力確認試験で確認したように、吊り金具による鉛直荷重やコンクリート打設時のサグ変化による伸びにも十分に追従した。

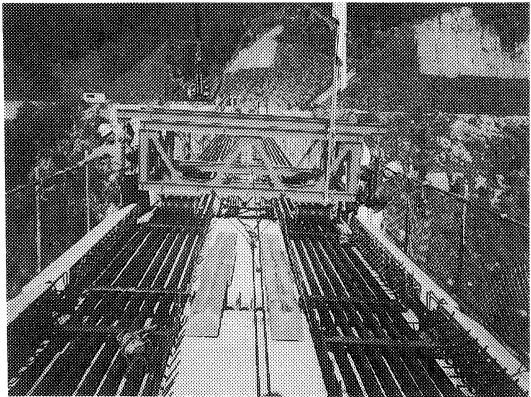


写真-3 プレキャスト版架設状況

8. サグ管理

吊床版の全体剛性や床版応力度はサグ量の影響を大きく受けるため、各施工段階でのサグ量と経時変化を管理することが橋体の安全性を確保することとなる。

また、吊床版は、床版断面が薄く、温度変化の影響を受けやすい。したがって、各施工段階における温度変化を考慮したサグ管理表を作成し、サグ管理を行った。

有限変形理論での設計計算の結果、施工時の支承部付近での変位がほとんど無視できることから、各施工段階におけるサグ量の算出は、両橋台の支間管を支間長とするケーブル理論を用いた。またプレストレス導入以降では、クリープ・乾燥収縮の影響も考慮した。各架設段階のサグ管理結果を表-2に示す。

サグ変化に大きな誤差が生じた施工段階は、間詰め部型枠、鉄筋組立後と2次ケーブル緊張後および橋面工施工後であった。

間詰め部型枠、鉄筋組立時については、プレキャスト版架設時に発生した左右の高低差を修正するために、施工計算の仮定にないカウンターウェイトを載荷したことが原因であると考えられた。そこで、カウンターウェイト除荷後の2次ケーブル緊張前のサグ量に着目すると、カウンターウェイト載荷前のサグ誤差量とほぼ同じ値に戻っていることが確認できたため、この誤差発生理由がカウンターウェイトによるもので、カウンターウェイト除荷後には解消したことが確認できた。

表-2. サグ管理結果

測定年月日	温度(°C)	測定結果(m)		設計値(m)	誤差(mm)		施工段階	備考
		上流側	下流側		上流側	下流側		
H. 7. 12. 8	1. 8	0. 391	0. 382	0. 398	- 7	- 16	1次ケーブル張り渡し時	
H. 7. 12. 18	5. 6	2. 646	2. 636	2. 643	+ 3	- 7	プレキャスト版架設時	カウンターウェイト載荷
H. 8. 1. 13	1. 2	2. 719	2. 706	2. 785	- 66	- 79	間詰め型枠、鉄筋組立時	
H. 8. 1. 16	8. 2	3. 746	3. 721	3. 796	- 50	- 75	間詰めコンクリート打設時	
H. 8. 1. 23	2. 6	3. 791	3. 765	3. 793	- 2	- 28	2次ケーブル緊張前	カウンターウェイト除荷
H. 8. 1. 23	5. 4	3. 912	3. 891	3. 793	+ 119	+ 98	2次ケーブル緊張直後	A1:18. 0mm, A2:19. 0mm
H. 8. 1. 26	2. 9	3. 835	3. 815	3. 793	+ 42	+ 22	2次ケーブル緊張後	A1:29. 0mm, A2:28. 5mm
H. 8. 3. 18	6. 3	3. 768	3. 753	3. 742	+ 26	+ 11	橋面工施工後	

※ 温度補正量およびクリープ・乾燥収縮による補正量は、測定結果に含む。
備考欄のA1、A2の値は、床版端部移動量を示す。

2次ケーブル緊張時については、緊張直後に床版の弾性変形が一度に起こらず、一時的に100mm程度の誤差が発生したが、3～4日経過後、最終的な軸方向の設計移動量(30mm)が生じた段階では、30mm程度の誤差が残った。この理由としては、以下の要因が混在して発生したと考えた。

- (1) 支承据え付け時の水平度のずれ、支承に作用する鉛直分力の偏載による支承の拘束
- (2) 床版断面図心とケーブル図心のずれによる偏心モーメントの発生

橋面工施工後については、2次ケーブル緊張後から比較すると、平均で-14mmの誤差を生じている。

設計計算時は、舗装厚を設計値通りで計算するが、実施工においては舗装厚の管理値がマイナス側を許容していないため、舗装厚確保のために全体的に部材厚が厚くなり、荷重が増加したと考えられた。

以上の施工時に発生したサグ量の誤差が、完成後の吊床版に与える影響を確認するため、床版応力度の照査を行った。照査ケースとして、以下の4ケースを想定した。

- (1) 正規のサグ量であり、設計計算時の想定荷重載荷によるケース(基準ケース)
- (2) 正規のサグ量で、橋面工の誤差が生じた荷重増分を考慮したケース
- (3) 最終サグ量として、+50mmの誤差を生じたケース
- (4) 2次ケーブル緊張時の誤差に着目したケース

照査の結果、床版応力度はすべてのケースで許容値を満足し、橋体の安全性を確認できた。照査結果を表-3に示す。

表-3 床版応力度の照査結果

荷重組合せ	ケース1		ケース2		ケース3		ケース4		許容値
	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	
死荷重時	21.5	35.2	20.8	33.7	20.4	33.3	25.4	40.6	0.0
死+活荷重	2.6	11.7	1.9	10.2	1.5	9.7	6.5	17.0	-10.0
死+活+温	-7.7	7.5	-8.4	6.0	-9.1	5.3	-4.1	12.6	-20.0

単位: kgf/cm²

9. おわりに

支間長(L=147.6m)とスパン/サグ比(L/f=42)がきわめて大きな本橋の採用にあたり、新しいプレストレス導入方法など、今までの吊床版橋の範疇を越えた施工法の採用を行い、吊床版橋の耐風安定性の確保のための風洞実験を実施して、三角形のフェアリング形状が有効であることを確認した。

本橋での成功が、今後、長支間化が予想される吊床版橋の計画の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 梶田、伊東：ふれあい橋(単径間吊床版橋)の設計、プレストレストコンクリート技術協会 第5回シンポジウム論文集 1995.10, PP385～390
- 2) 塩形、小野、伊東：備後の水がめ・八田原ダム芦田湖にかかる”夢吊橋”
 -世界最大の支間長をもつ吊床版橋-、
 橋梁 1996.5, VOLUME 32 NUMBER 5, PP31～42