

## プレビーム合成桁の添接部下フランジの局部プレストレスの導入について

(株) I H I インフラ建設	○前田 拓郎
(株) I H I インフラ建設 正会員	田中 慎也
(株) I H I インフラ建設	高山 俊二
(株) I H I インフラ建設	鈴木 竜太

### 1. はじめに

プレビーム合成桁は、鋼桁に載荷して曲げを与えた状態で下フランジコンクリートを打設し、硬化後に除荷することで生じる鋼桁の復元力を利用して下フランジにプレストレスを導入するプレフレクション工法を用いた鋼桁とコンクリートを合理的に合成した桁である。

標準的なプレビーム合成桁は、工場や現場製作ヤードにて、桁全体の下フランジコンクリートを一括で打ち込み、硬化後にプレストレスが導入される<sup>1)</sup>。これに対して、桁長が大きく輸送が困難な桁を工場で作成する場合、添接板で接合した鋼桁の添接部を除く下フランジを工場にて形成し、添接板を外し桁を分割して輸送、現場で再度接合して架設し、添接部下フランジを形成する工法が用いられる。

本稿では、圏央道星川側道橋上部工工事において、分割して輸送され現場で再度接合されるプレビーム合成桁について、現場で形成する添接部下フランジに導入される局部プレストレスの確認を目的として行った実橋計測について報告する。

### 2. 概要

本橋は、主桁6本に枝桁を有し幅員が変化する単純プレビーム合成桁である(図-1)。主桁は桁長が約39mで両端から9.425mの位置で添接板により接合されており、斜角が小さく横断勾配も変化するため、桁高変化や中間横桁の位置が各主桁で異なる特殊な構造となっている(表-1)。このため、カウンターウェイトを

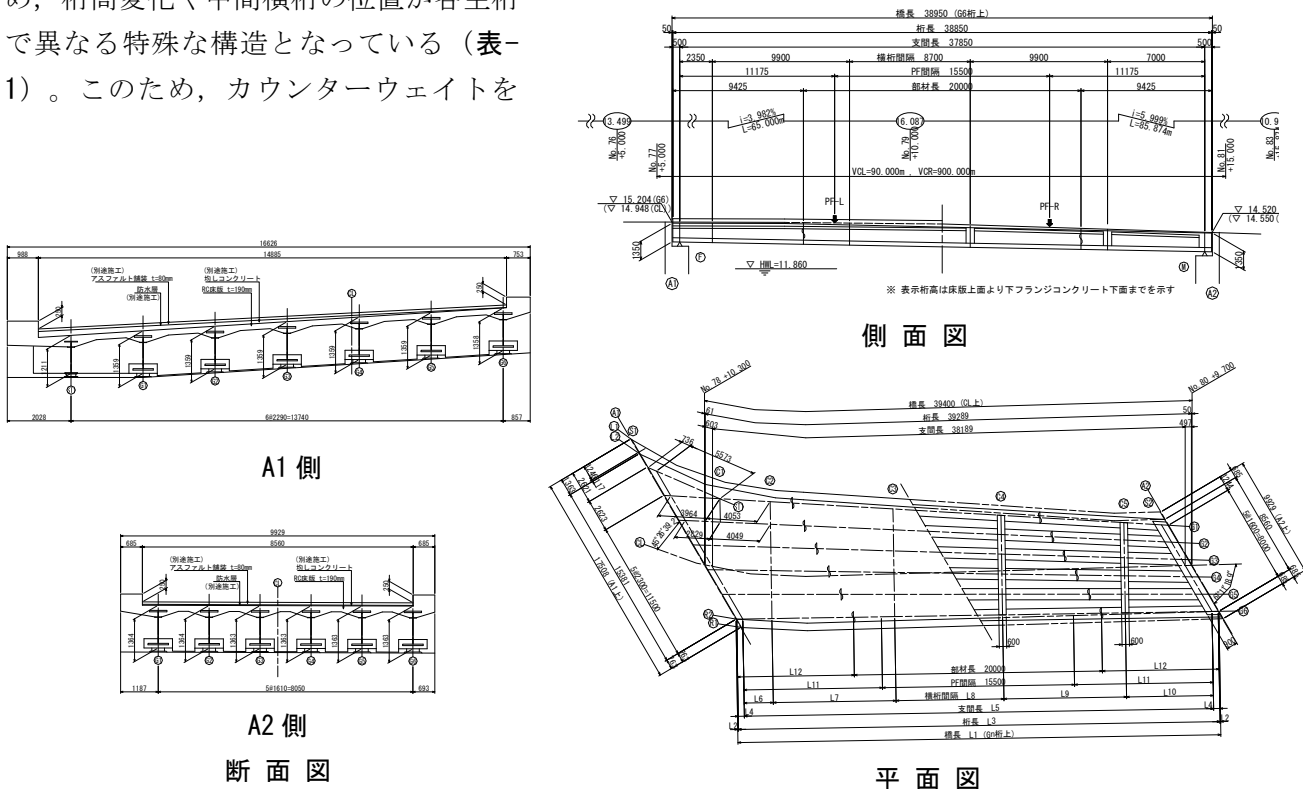


図-1 構造一般図

幅員方向に全載荷するという標準的な方法では、横方向荷重分配率や横断線形により各主桁に作用する荷重に差が生じ、添接部の下フランジコンクリートに所要のプレストレスが導入されないことが懸念された。

3. 載荷荷重および載荷方法の検討

設計計算より算出された載荷荷重について、各主桁位置での載荷荷重の調整を目的として、横方向荷重分配率(斜角・幅員変化・枝桁・平面曲率)を考慮するための平面格子解析、および横断線形を考慮するためのFEM解析を行った。ここで、荷重の載荷方法はカウンターウェイトでの実載荷を想定し、平面格子解析では幅員方向への全体載荷、FEM解析では各主桁上での線分布載荷とした。FEM解析モデルおよび荷重載荷イメージ方法を図-2に、実載荷時のカウンターウェイト設置状況を写真-1に示す。

平面格子解析およびFEM解析において、設計計算より算出した添接部下フランジコンクリートに所要のプレストレスを導入するために必要な載荷荷重を作用させた際に生じる下フランジコンクリート下面の引張応力を表-2に示す。ここで、A1側の添接部がJ1断面、A2側がJ2断面であり、プレビーム合成桁の局部プレストレスは、この載荷により発生する引張応力が除荷により圧縮応力が導入されるものとしている。両解析とも各主桁の添接部下フランジで、設計計算で必要とされる応力を満足する結果であり、また、両解析から同様の結果を得られていることからこれらの解析が妥当であると評価できる。これより、載荷荷重および載荷方法は、設計計算により求められた荷重を標準的な載荷・除荷方法を採用するとともに、このときに添接部下フランジ付近に生じるひずみを計測することにより、下フランジコンクリートに導入される局部プレストレスの確認と、解析結果の検証を行うこととした。

表-1 橋梁諸元

工事名	圏央道星川側道橋上部工工事
構造形式	単純プレビーム合成桁
橋長	39.400m (桁長: 39.289m)
桁高	1.351~1.587m
有効幅員	7.500m (拡幅有)
斜角	A1: 45° 26' 39.2" A2: 61° 11' 18.9"
縦断勾配	↙ 3.982° , 5.999° ↘
横断勾配	片勾配 6% (変化)

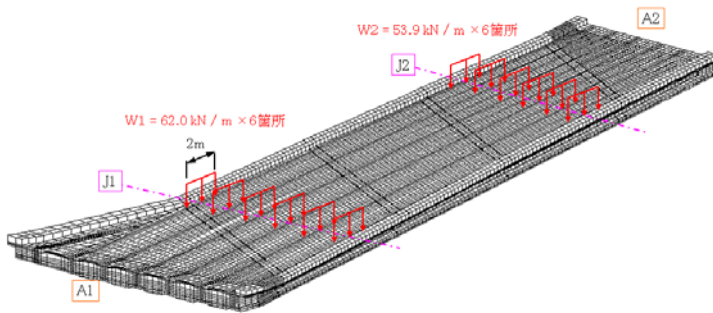


図-2 FEM解析モデルと載荷方法



写真-1 実橋での載荷状況

表-2 下フランジコンクリート下面に生じる引張応力算出結果 (N/mm<sup>2</sup>)

断面	J1						J2						
	桁	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6
設計計算①		2.40	2.30	2.20	2.10	2.10	2.10	2.20	2.00	1.90	1.90	1.90	2.00
平面格子解析②		2.54	2.44	2.44	2.44	2.43	2.47	2.35	2.25	2.23	2.20	2.23	2.29
FEM解析③		2.44	2.40	2.38	2.38	2.39	2.43	2.21	2.14	2.19	2.20	2.20	2.20
結果比較	②/①	1.06	1.06	1.11	1.16	1.16	1.18	1.07	1.13	1.17	1.16	1.17	1.15
	③/①	1.04	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.07	1.13	1.17	1.16	1.17	1.15
	③/②	1.02	1.04	1.08	1.14	1.14	1.15	1.01	1.07	1.15	1.16	1.16	1.10

## 4. 局部プレストレスの確認

### 4.1 計測方法

本計測では、カウンターウェイトの設置前の死荷重のみ作用した状態を基準とし、荷重により添接部に生じる鋼桁下フランジのひずみと、これに対して除荷の際に減少する鋼桁下フランジのひずみと、下フランジコンクリートに生じるひずみからプレストレス導入量を確認するものとした。

計測はG2桁およびG5桁の各添接部計4箇所について行うものとし、各添接部の計測点は可能な範囲でFEM解析における節点と同一箇所になるように設定した。添接部下フランジにおける各項目計測位置とFEM解析における節点の関係を図-3に示す。ここで、A~Dはフランジ高さ方向の要素の節線であり、a~gは同幅方向の節線である。

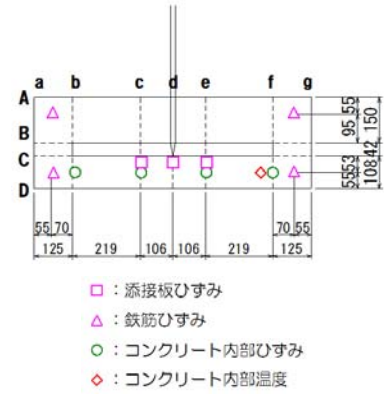


図-3 計測と節点の位置関係

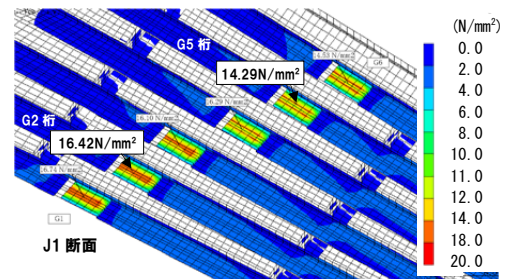


図-4 引張応力分布状況例 (荷荷時)

### 4.2 カウンターウェイト設置 (プレフレクション)

カウンターウェイトの設置にあたり、添接部鋼桁下フランジに生じる引張応力の算出をFEM解析により行った。図-4に応力の発生状況を示す。ここで、本解析において鋼桁の弾性係数は200,000N/mm<sup>2</sup>として解析されており、計測において目標値とするひずみ量の算出も解析より確認された引張応力をこの値で除して求めるものとした。

### 4.3 カウンターウェイト撤去 (リリース)

リリースにより添接部下フランジに生じる圧縮応力は、前述したFEM解析による引張応力とし、目標値とするひずみ量の算出において弾性係数は、鉄筋ひずみについては鋼桁と同値とし、コンクリートについては、下フランジコンクリート打込み時に採取した供試体による静弾性係数試験値36,200N/mm<sup>2</sup>により求めるものとした。図-5に下フランジにおける除荷による応力の発生状況例を示す。

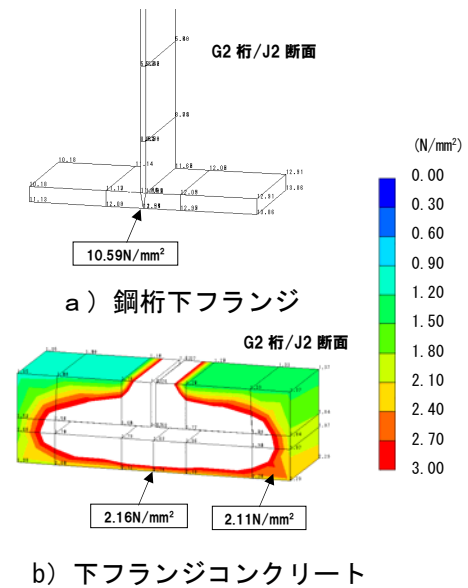


図-5 圧縮応力分布状況例 (除荷時)

## 5. 結果および考察

計測結果の一例を図-6に示し、カウンターウェイトの設置および除荷により生じたひずみ量から添接部下フランジコンクリートへの局部プレストレスの導入について検討を行う。

現場でひずみを計測する場合、外気温の変化により生じるひずみの補正が問題となる。今回の計測では、カウンターウェイト設置前の事前計測や、下フランジコンクリート養生期間の経時計測から外気温の変化により生じるひずみは比較的小さいものと

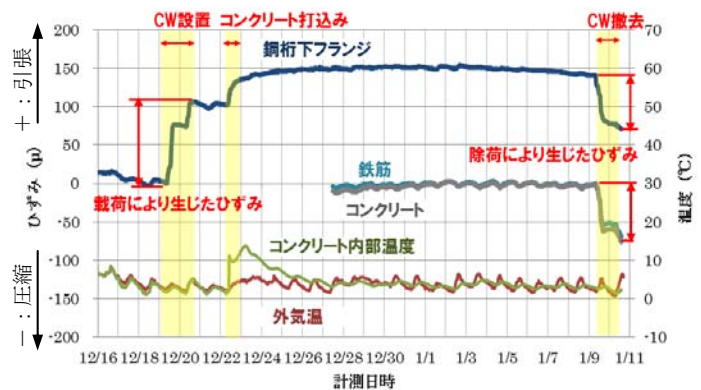


図-6 各計測点計測結果の一例

判断し、日変化のなかで同程度の外気温状態でのひずみで評価するものとし、外気温の変化による補正は行わないものとした。

5.1 カウンターウェイト設置 (プレフレクション)

表-3にカウンターウェイトの設置によりG2桁およびG5桁のJ1, J2断面鋼桁下フランジ下面に生じるひずみの設計値とこれに対して計測で確認された実測値を示す。各測点で実測値は設計値の1.2~1.5倍程度である。カウンターウェイトの設置により鋼桁下

フランジ下面に生じる応力は、添接部のみ下フランジコンクリートが形成されていないモデルにより算出している。このとき、鋼桁は連続したモデルとなっているが、実際の鋼桁は添接板で接合されており、計測も添接板のひずみを計測している。実橋では添接板に応力が集中したため、载荷により生じるひずみ量が設計値に比較して大きくなったものと思われる。

5.2 カウンターウェイト撤去 (リリース)

表-4にカウンターウェイトの撤去によりG2桁J2断面下フランジ付

近に生じる各ひずみの設計値とこれに対して計測で確認された実測値を示す。G2桁およびG5桁の各添接部計4箇所計測した鋼桁下フランジ下面、鉄筋およびコンクリート内部のひずみの実測値は、設計値に対して0.9~1.2倍程度であり、若干下回る箇所もあるものの概ね設計通りである。これより解析は、実施工を精度よく再現できており、添接部の下フランジコンクリートには所要のプレストレスが導入されたものと判断された。

6. おわりに

プレビーム合成桁において下フランジに導入されるプレストレスは、プレフレクション時のたわみにより管理されている。しかし、今回のような添接部での局部プレストレスの導入においては、死荷重が作用した状態であり、縦断・横断勾配、平面の形状や線形からたわみにより管理することが難しい。このような背景で行った今回の実橋計測では、添接部下フランジ付近に生じるひずみを解析により算出、実計測の実施により所要のプレストレスの導入を確認することができた。しかし、本方法による局部プレストレスの確認は、解析および実橋計測とも時間と労力が必要となり、今回のような特殊な場合を除き標準とするのは現実的でない。PC橋と同様にプレビーム合成桁においてもプレストレスの管理は重要であり、簡易的で汎用性の高い局部プレストレスの確認手法の確立が望まれる。

【参考文献】

- 1) プレビーム合成げた橋 設計・製作・施工要領書, プレビーム振興会, 平成17年4月

表-3 载荷により生じる引張応力の比較

断面	J1		J2		
	G2	G5	G2	G5	
設計	N/mm <sup>2</sup>	16.42	14.29	14.44	14.43
	μ	82	81	72	72
実測	μ	108	107	90	102
	N/mm <sup>2</sup>	21.53	21.45	17.93	20.40
実測値/設計値		1.31	1.50	1.24	1.41

※静弾性係数 200,000N/mm<sup>2</sup>として算出

※引張をプラス (+), 圧縮をマイナス (-) で表記

表-4 除荷により生じる発生応力の比較 (G2 桁 J2 断面)

測定項目	測点	設計値	実測値		実測値/設計値		
		N/mm <sup>2</sup>	μ	N/mm <sup>2</sup>	AVE.		
鋼桁 下フランジ	1	-10.89	-53	-10.60	0.97	0.96	
	2	-10.59	-54	-10.70	1.01		
	3	-11.37	-51	-10.20	0.90		
鉄筋	上段	1	-1.24	-36	-1.29	1.04	1.05
		2	-1.52	-44	-1.60	1.05	
	下段	3	-1.84	-49	-1.77	0.96	0.98
		4	-2.11	-59	-2.13	1.01	
コンクリート 内部	1	-1.87	-47	-1.71	0.92	0.98	
	2	-1.95	-48	-1.75	0.90		
	3	-2.09	-61	-2.19	1.05		
	4	-2.02	-59	-2.15	1.06		

※鋼桁・鉄筋：静弾性係数 200,000N/mm<sup>2</sup>, コンクリート：36,200N/mm<sup>2</sup>として算出

※引張をプラス (+), 圧縮をマイナス (-) で表記