

## 志津見大橋（複合トラス橋）の温度分布に関する長期計測

オリエンタル建設(株)	正会員	工修	○坂西	馨
国土交通省中国地方整備局			坂田	寛司
オリエンタル建設(株)	正会員	博士(工学)	正司	明夫
オリエンタル建設(株)	正会員	工修	吉川	卓

## 1. はじめに

志津見大橋は、島根県飯石郡飯南町に建設されたPC複合トラス橋である。PC複合トラス橋は、PC箱桁橋のコンクリートウェブを鋼製のトラス材に置き換えた構造で、PC箱桁橋と比較して、上部構造の軽量化、煩雑なウェブ部の施工の省力化、透明感のあるシルエットを有していることから周囲の景観に溶け込みやすく景観性が向上する、といった特徴を有している。

PC複合トラス構造は、コンクリート製の上・下床版および、鋼製のトラス材から断面が構成され、設計において部材間の温度差を考慮する必要がある。道路橋示方書（以下、道示とする）では、コンクリート箱桁断面の実際の温度分布が作用した場合と同等な応力度が生じる上床版の温度差が $+5^{\circ}\text{C}$ と規定されているが（図-1）、PC複合トラス構造に対しては同様の規準類が存在しない。

PC複合トラス橋では実際の断面温度分布を長期間計測した事例がないことから、志津見大橋において各部材の温度とコンクリートの応力度に関する長期計測を行っている。

本報告では、長期計測により得られた温度データを基にして、PC複合トラス橋の温度分布特性について検討を行い、FEMモデルを用いて、PC複合トラス橋に実際の温度分布が作用した場合と同等な応力度が生じる上床版の温度差を算出した。また、日最高気温と上床版温度の関係について検討を行った。なお、長期計測は橋梁完成後2年間行う予定であるが、本報告は最初の1年間の計測結果を基にしたものである。

## 2. 計測概要

長期計測における計測位置および計測機器を図-2に示す。計測断面は、P1橋脚付近の2断面（トラス断面1、2）およびP3橋脚付近の2断面（トラス断面3、箱桁断面）とした。P1橋脚付近の断面（桁高6.5m）とP3橋脚付近の断面（桁高3.5m）の温度分布を比較することで、温度分布に与える桁高の影響を確認することができる。また、P3橋脚を挟む2断面については、同じ気象条件、同桁高におけるPC複合トラス断面とPC箱桁断面の温度分布の違いについて確認することができる。

長期計測で使用した計測システムでは、データロガーの操作および計測値の収集を携帯電話による遠隔操作にて行うことができる。計測は、データロガーのインターバルタイマを使用して1時間毎に行い、計測値は一旦データロガーのメモリに保存される。蓄積された計測値を遠隔地から定期的に引出すことでデータの収集を行う。なお、1日の計測値（全243ch×24データ）の転送時間は約15分間程度である。また、現場には電源設備が無いことから、計測およびデータ通信に必要な電力は、バッテリーとソーラパネルから供給することとした。

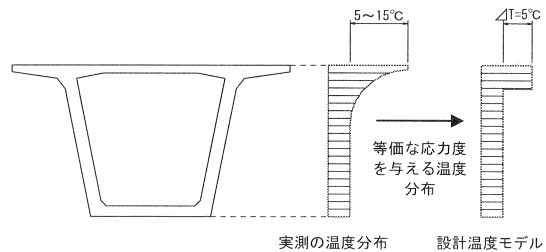


図-1 道路橋示方書の温度モデル

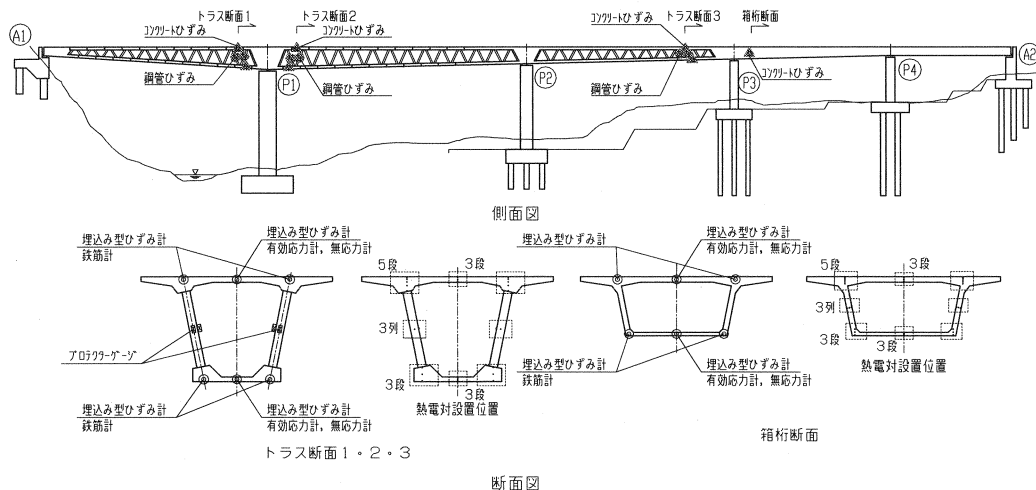


図-2 計測位置図

### 3. 計測結果

#### 3.1 外気温

約1年間(平成17年4月~平成18年3月)に計測された外気温を図-3に示す。計測期間における最高気温は32.2℃(平成17年7月20日)、最低気温は-6.4℃(平成18年1月9日)であった。

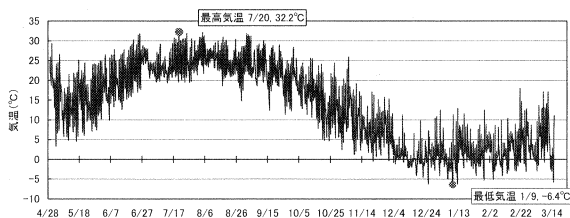


図-3 外気温

#### 3.2 床版温度分布

図-4に、上床版温度最高時(平成17年7月25日18:30 気温25.9℃)における断面温度分布を示す。図中、横軸は温度、縦軸は各部位における温度計測位置を示している。

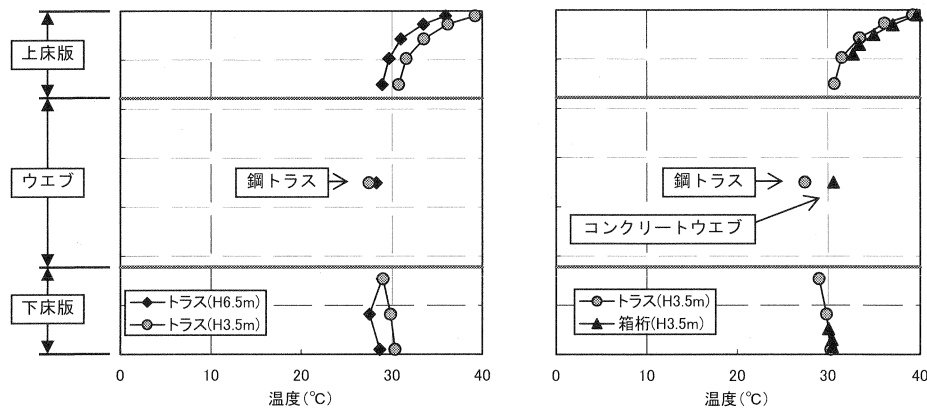
桁高が異なる複合トラス断面の温度分布(図-4(a))を見ると、上床版温度に若干の差が生じているものの、ほぼ同等の曲線分布となっている。また、鋼トラス材および下床版についてもほぼ同等の温度となっている。桁高が高い場合には、低い場合と比較して下床版に直射日光が当たりやすいことから、当初、桁高が高い断面の下床版温度が上昇すると考えていた。しかし、この結果から、下床版温度に対する桁高の影響は小さいことが確認された。なお、下床版への1日の日照時間が長くなる冬期においても、桁高が異なる断面の下床版温度に大きな差が生じていないことを確認している。

桁高が等しいPC箱桁断面と複合トラス断面の温度分布を比較すると(図-4(b))、上床版および下床版温度がほぼ一致しており、断面の違いによる温度の差は生じない結果となった。また、PC箱桁断面の温度分布は、道示に示されている実測温度分布とよく似た形状となっていることが確認できた。

今回の計測では、上床版の最高温度が約40℃、上床版上縁と下縁の温度差が約10℃であった。

### 4. FEM解析による応力度検討

設計計算において、実橋から得られた温度分布をそのまま用いる場合、特に上床版についてはFEMモデルのメッシュを相当細く分割する必要があり実用的ではない。そこで、複合トラス断面においても、箱桁断面の設計と同様に上床版の温度上昇で考慮するほうが、FEMモデルのメッシュを必要以上に



(a) 複合トラス桁高比較 (b) 複合トラス、PC箱桁比較  
 図-4 断面温度分布 (上床版温度最高時:外気温 25.9°C)

細かく分割する必要がなく、骨組解析にも適用しやすいため実用的といえる。そこで、実測の温度が作用した場合と同等の応力度を与える上床版の一樣温度上昇値を算出するために、FEMモデルを用いた解析を行った。解析モデルは、志津見大橋の断面形状を有する単径間モデルとし、6.5mと3.5mの桁高を設定した。また、比較としてPC箱桁断面についても同様の解析を行い、複合トラス断面との違いを検討した。図-5に複合トラス断面の桁高6.5mの解析モデルを示す。また、入力温度は、道示に規定されている上床版温度一樣+5°Cとした場合と、図-4に示した実測温度を入力した場合の2ケースとした。

表-1に各解析ケースにおける上床版上縁応力を示す。また、表には道示温度を入力した際と実測温度を入力した際に生じる上床版上縁応力度の比率から算出した、実測温度入力時と同等の応力度を与える上床版の一樣温度上昇値を示している。

解析の結果、複合トラス断面における上床版一樣温度上昇値は、桁高の違いに関わらず約2.9°Cとなった。また、PC箱桁断面においては桁高の違いにより若干の差が生じる結果となっているが、約2.9~3.2°Cとなっており、道示の規定値(5.0°C)と比較して安全側の値となっている。

5. 上床版温度と外気温の関係

先に算出したPC複合トラス断面の一樣温度上昇値は、志津見大橋での計測結果を基としているため、気象条件が異なる場合にはそのまま適用することができない。そこで、本検討結果を異なる気象条件においても適用可能とするために、長期計測の計測値から日最高気温と上床版温度の関係について分析を行った。

図-6は、日最高気温と上床版最高温度および上床版上下縁温度差の関係をプロットしたものである。

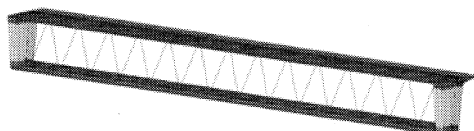


図-5 FEM解析モデル (複合トラス H=6.5m)

表-1 各モデル橋軸方向応力度

断面 桁高		トラス		箱桁	
		6.5m	3.5m	6.5m	3.5m
上縁応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	道示温度 上床版一樣+5°C	1.69	1.81	1.50	1.61
	実測温度	0.97	1.04	0.87	1.02
実測温度と同等の応力度を 与える上床版一樣温度差(°C)		2.87	2.87	2.90	3.17

上床版温度には直射日光の影響が大きく作用することから、図には日差しが厳しい7~8月において最高気温 30℃以上となった日の計測値のみをプロットした。また、図には、最高気温と上床版温度の関係の近似直線を示している。この図から、上床版最高温度および上床版上下縁温度差は日最高気温に比例することが分かる。

道示では、実際に生じる上床版の温度差として5~15℃を想定している。そこで、図-7に、先に求めた回帰直線から上床版温度差が15℃となるときの日最高気温および上床版最高温度を算出した。その結果、上床版に15℃の温度差を生じさせる外気温は43.1℃となった。

図-8には、4章と同様の手法で算出した、上床版上下縁温度差を15℃とした場合と同等の応力度が発生する、上床版一様温度を示す。上床版温度差を15℃とした場合でも、一様温度は複合トラス橋がPC箱桁より小さな結果となっている。また、この結果より、国内における通常の気温の範囲であれば、PC箱桁およびPC複合トラス断面いずれも上床版の一様温度として道示に規定されている+5℃を考慮しておけば、安全側の設計となるものと考えられる。

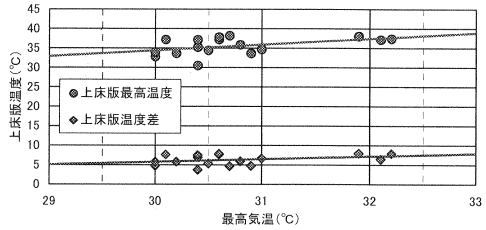


図-6 最高気温と上床版温度の関係

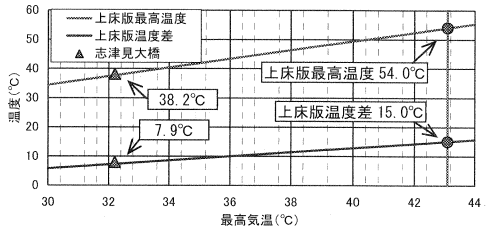


図-7 最高気温に対する上床版温度の推定値

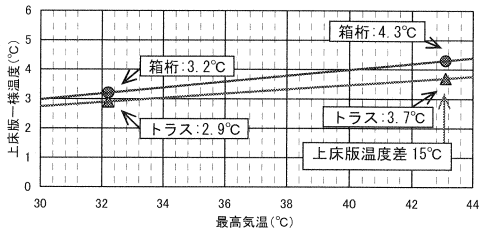


図-8 最高気温と設計上床版一様温度

6. まとめ

複合トラス橋である志津見大橋において、温度に関する長期計測を行い、断面の温度分布についての検討を行った。また、FEM解析により、設計計算に用いる上床版一様温度上昇値の算出を行った。その結果は以下の通りである。

- (1) 桁高が異なる複合トラス断面の温度分布がほぼ一致していることから、下床版温度への直射日光の影響は小さいものと考えられる。
- (2) 複合トラス断面とPC箱桁断面の上・下床版温度分布は、一致した結果となっている。また、PC箱桁断面の温度分布は、道路橋示方書に示されている実測温度分布とよく似た形状となっている。
- (3) 志津見大橋で得られた温度分布からFEM解析によって算出した、上床版の一様温度は複合トラス断面では2.9℃、箱桁断面では2.9~3.2℃となった。
- (4) 最高気温と設計温度差の関係から、上床版温度差を+5℃として設計を行えば、安全側となるものと考えられる。

参考文献

- 1) 近藤琢也他：志津見大橋における供用中の長期モニタリング計測に関する報告，第15回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム pp77-80, 2005. 10.