

道路橋用アルミニウム床版-鋼桁橋の  
温度変化測定

ALST 研究レポート 22

2011 年 11 月

日本軽金属(株)グループ技術センター  
長尾隆史，萩澤亘保

大阪大学大学院工学研究科  
大倉一郎

## 概要

道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋は、アルミニウム床版と鋼桁が桁軸方向に合成作用を發揮する。したがって、温度変化が生じると、アルミニウム合金の線膨張係数が鋼のその約 2 倍あるため、アルミニウム床版と鋼桁のそれぞれに内部応力、すなわち温度変化応力が生じる。道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋を設計する際には、この温度変化応力を考慮しなければならない。

本研究では、かつて移動トラックタイヤ載荷疲労試験で使用した道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋の試験体を屋外に置いて得られた、1 ヶ月間の温度測定結果に基づいて、各部の温度変化および温度変化によって生じる、鋼桁とアルミニウム床版のひずみ差の特徴を明らかにする。

## 謝辞

試験体の温度測定に関して、日本建設機械化協会 施工技術総合研究所の小野秀一氏、大城剛氏にご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

# 目次

第 1 章	序論	1
第 2 章	試験体の温度測定	2
2.1	試験体	2
2.2	温度の測定位置	3
第 3 章	測定結果	4
3.1	現地の気温と気象データとの関係	4
3.2	各部の温度と現地の気温との比較	4
3.3	アルミニウム床版と鋼桁の温度差	9
第 4 章	温度変化によって生じるひずみ差	11
4.1	アルミニウム床版と鋼桁のひずみ差	11
4.2	ひずみ差の経時変化	12
第 5 章	結論	16
	参考文献	17
付録 A	温度測定記録	18
付録 B	気象データ	21

## 第1章 序論

道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋においては、図1に示すように、鋼桁上フランジに溶接された頭付きスタッドが、アルミニウム床版の下フランジに設けられた開口からアルミニウム床版の中空部へ挿入され、対向するアルミニウム仕切り板の間を無収縮モルタルで充填することにより、アルミニウム床版と鋼桁とが連結される<sup>1)</sup>。したがって、アルミニウム床版と鋼桁は桁軸方向に合成作用を発揮する<sup>2),3)</sup>。

アルミニウム合金の線膨張係数は鋼のそれの約2倍あるため、温度変化があると、この合成作用によって、アルミニウム床版と鋼桁のそれぞれに内部応力、すなわち温度変化応力が生じる<sup>4),5)</sup>。道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋を設計する際には、この温度変化応力を考慮しなければならない<sup>6)</sup>。

本研究では、かつて移動トラックタイヤ載荷疲労試験で使用された道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋の試験体<sup>7),8)</sup>を屋外に置いて得られた、1ヶ月間の温度測定結果に基づいて、各部の温度変化および温度変化によって生じる、鋼桁とアルミニウム床版のひずみ差の特徴を明らかにする。

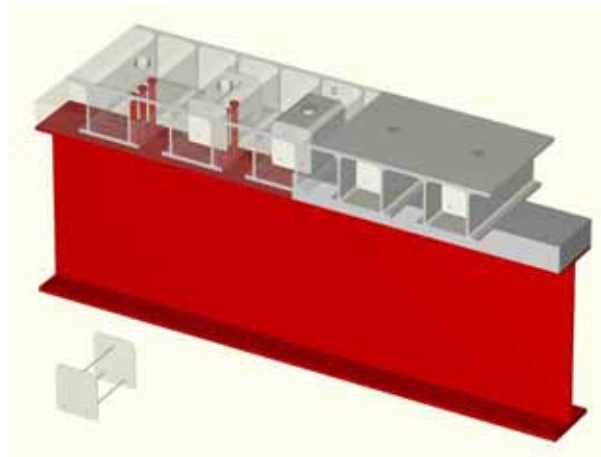


図1 アルミニウム床版と鋼桁との連結構造

## 第 2 章 試験体の温度測定

### 2.1 試験体

温度計測を行った道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋の試験体を図 2 に示す。アルミニウム床版の大きさは  $7.05\text{m} \times 3.0\text{m}$  で、 $2.5\text{m}$  離れた 2 本の鋼桁で支持されている。この試験体は、本試験の前に、静岡県富士市の施工技術総合研究所の屋内にある移動トラックタイヤ載荷疲労試験機で、アルミニウム床版の疲労試験に使用されたものである<sup>7),8)</sup>。図 3 に示すように、施工技術総合研究所の屋外にある移動トラックタイヤ載荷疲労試験場にこの試験体を移動し、試験場に設置されている支持桁に試験体を乗せ、試験体の鋼桁下フランジと支持桁の上フランジを高力ボルトで接合した。その後、アルミニウム床版上に基層厚  $40\text{mm}$ 、表層厚  $35\text{mm}$  の舗装を施した。基層にエポキシ入り細粒度アスファルト混合物、表層に排水性アスファルト混合物が使用されている。

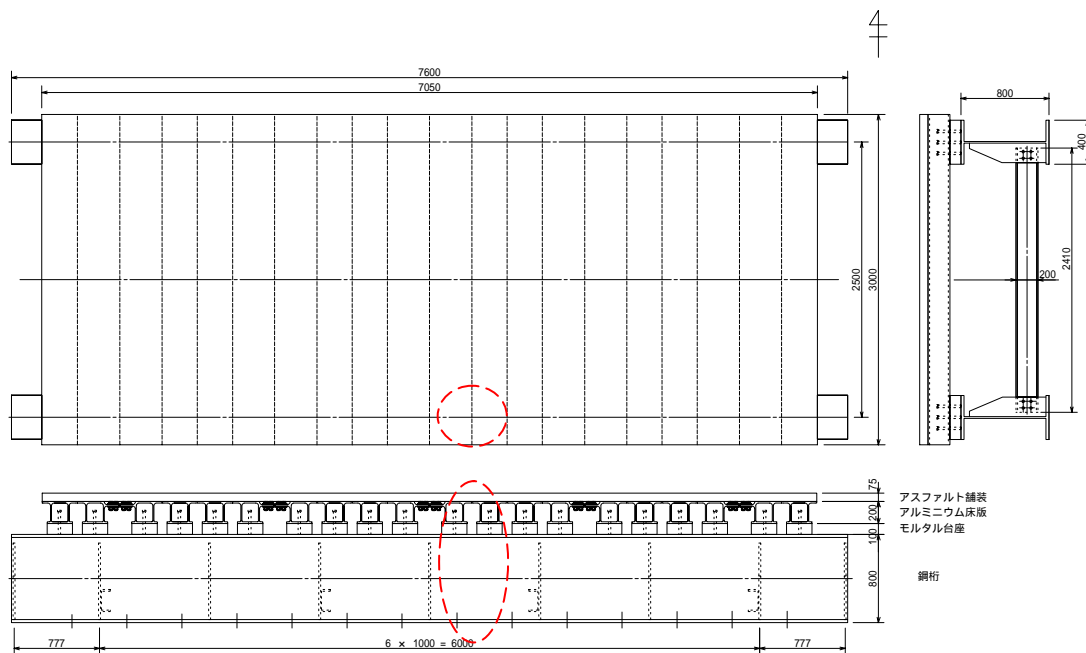


図 2 試験体



図3 屋外の移動トラックタイヤ载荷疲労試験場に設置された試験体

## 2.2 温度の測定位置

温度の測定位置は、図2に示す赤色の破線で囲われた部分で、図4に示すように、アルミニウム床版上板の下面（測定位置 No.1）、鋼桁上フランジの下面（測定位置 No.2）、鋼桁ウェブ（測定位置 No.3）、モルタル台座の側面（測定位置 No.4）、アスファルト舗装の上面（測定位置 No.5）、および現地の気温を測るために設けられた試験体の鋼桁上フランジ近傍（測定位置 No.6）の計6点である。温度の測定には熱電対を使用し、2010年6月8日から同年7月9日までの約1ヶ月間、10分間隔で計測した。全測定記録を付録Aに、現地を管轄する静岡県富土地点の気象庁発表の気象データ<sup>9)</sup>を付録Bに示す。

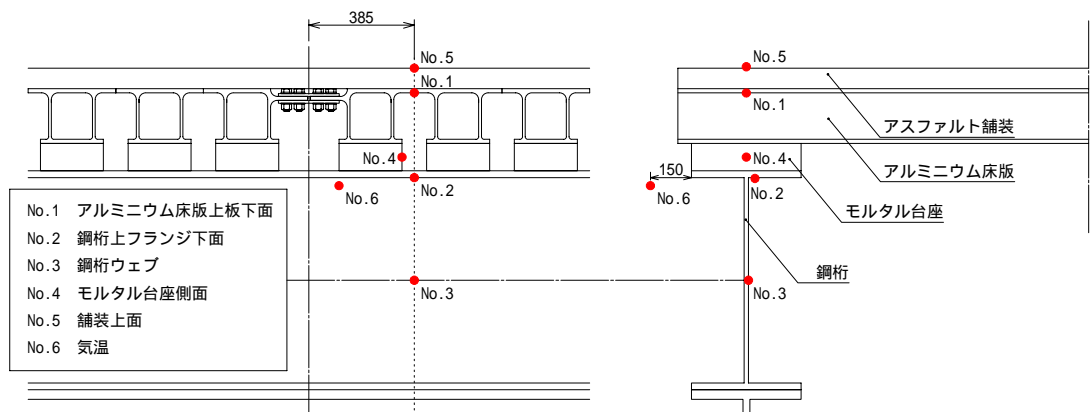


図4 温度の測定位置

## 第3章 測定結果

### 3.1 現地の気温と気象データとの関係

一日(0時から24時)の最高および最低気温について、現地の測定位置 No.6 のデータと気象庁発表の静岡県富士地点の気象データ<sup>9)</sup>との比較を図5に示す。測定位置 No.6 の日最高または日最低気温を縦軸にとり、静岡県富士地点の気象データの日最高または日最低気温を横軸にとっている。グラフには、現地で丸一日計測していない6月8日と7月9日を除いた30日分に対してプロットしている。試験体の設置位置と気象データの観測位置が異なるため、現地の気温は気象データと比較して最高気温に関して最大2.6℃高く、最低気温に関して最大2.3℃低い。

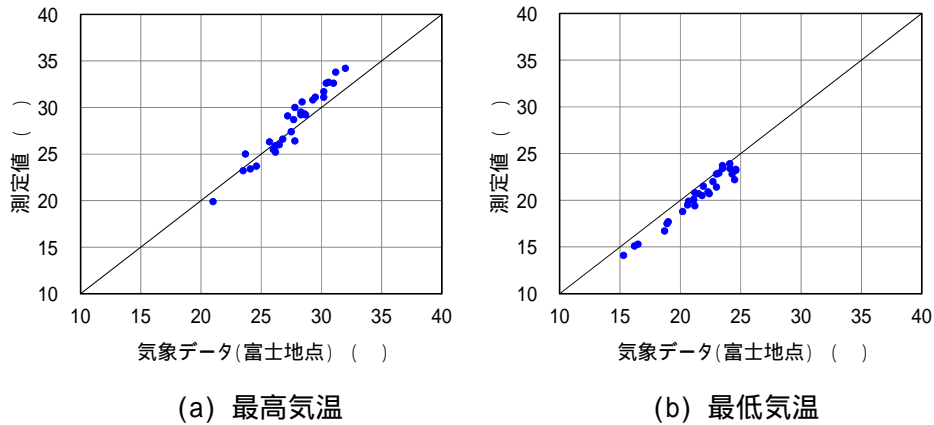
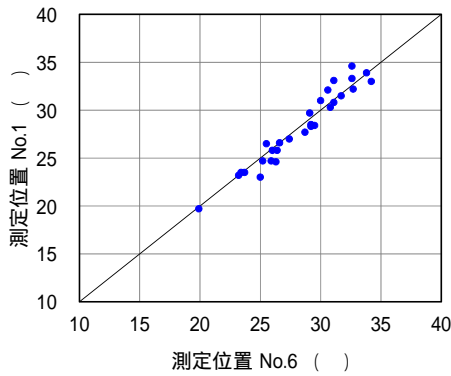


図5 現地の気温(測定位置 No.6)と気象データとの比較

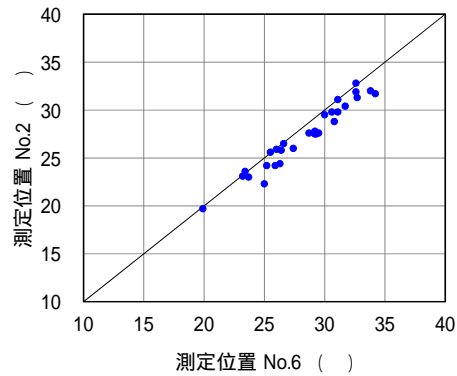
### 3.2 各部の温度と現地の気温との比較

一日(0時から24時)の最高温度について、試験体の各部(測定位置 No.1 から No.5)と現地気温(測定位置 No.6)との比較を図6に示す。各部の日最高温度を縦軸、現地の日最高気温を横軸にとっている。各部の日最高温度と日最高気温の差の最大値を表1に示す。図6より、鋼桁上フランジおよびモルタル台座の日最高温度は、日最高気温よりやや低い傾向にある。他方、鋼桁ウェブの日最高温度は、日最高気温よりやや高い傾向にある。これは、試験体のアルミニウム床版の張出しが短いため、鋼桁ウェブに日射が当たっていたことが要因であると考えられる。アスファルト舗装の上面については、日最高温度が日最高気温よりも高く、最高55℃まで温度が上昇している。

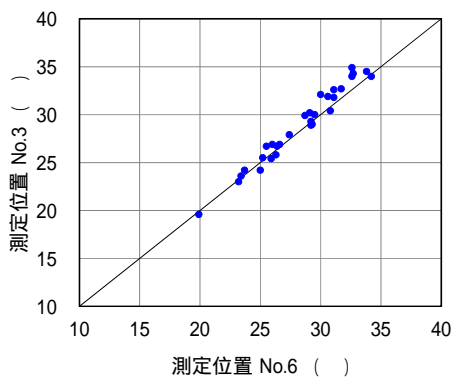
一日(0時から24時)の最低温度について、試験体の各部(測定位置 No.1 から No.5)と現地気温(測定位置 No.6)との比較を図7に示す。各部の日最低温度を縦軸、現地の日最低気温を横軸にとっている。各部の日最低温度と日最低気温の差の最大値を表2に示す。図7より、アスファルト舗装の上面の日最低温度は日最低気温にほぼ等しく、他の部位では、各部の日最低温度が日最低気温よりやや高い傾向を示していることが分かる。



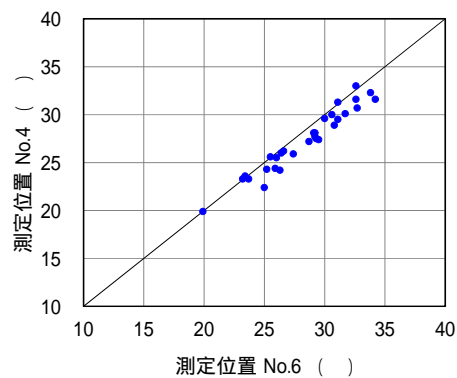
(a) アルミニウム床版上板の下面



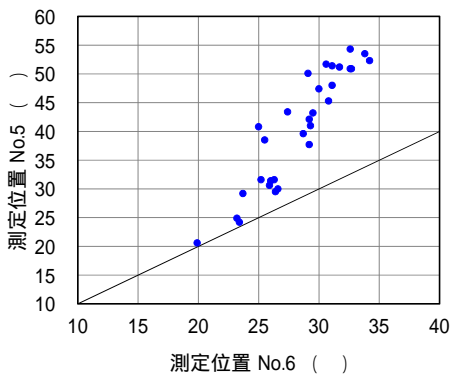
(b) 鋼桁上フランジの下面



(c) 鋼桁ウェブ



(d) モルタル台座の側面

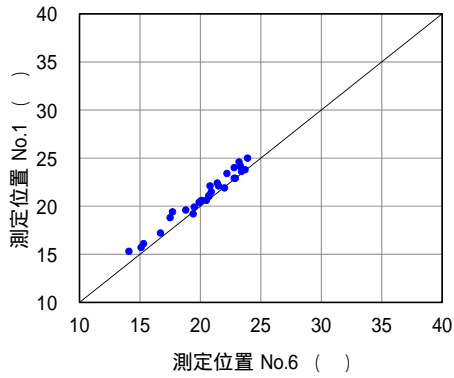


(e) アスファルト舗装の上

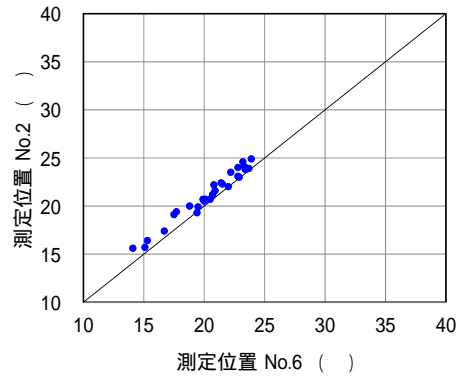
図6 各部の日最高温度と日最高気温との比較

表1 各部の日最高温度と日最高気温の差の最大値

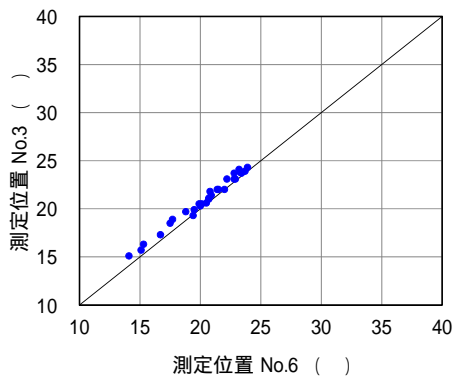
	正側の最大値	負側の最大値
(アルミニウム床版上板の下面の日最高温度) - (日最高気温)	2.0	- 2.0
(鋼桁上フランジの下面の日最高温度) - (日最高気温)	0.2	- 2.7
(鋼桁ウェブの日最高温度) - (日最高気温)	2.3	- 0.8
(モルタル台座の側面の日最高温度) - (日最高気温)	0.4	- 2.6
(アスファルト舗装の上の日最高温度) - (日最高気温)	21.7	



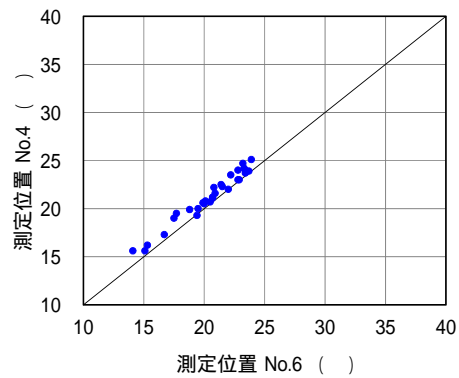
(a) アルミニウム床版上板の下面



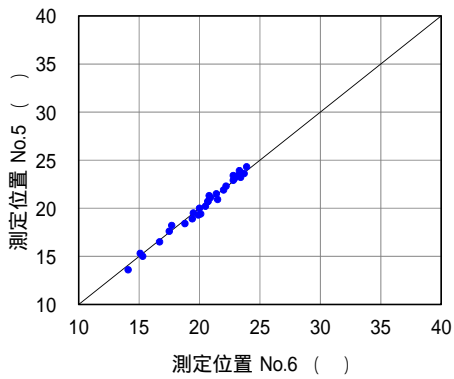
(b) 鋼桁上フランジの下面



(c) 鋼桁ウェブ



(d) モルタル台座の側面



(e) アスファルト舗装の上面

図7 各部の日最低温度と日最低気温との比較

表2 各部の日最低温度と日最低気温の差の最大値

	正側の最大値	負側の最大値
(アルミニウム床版上板の下面の日最低温度) - (日最低気温)	1.7	- 0.2
(鋼桁上フランジの下面の日最低温度) - (日最低気温)	1.7	- 0.1
(鋼桁ウェブの日最低温度) - (日最低気温)	1.2	- 0.1
(モルタル台座の側面の日最低温度) - (日最低気温)	1.8	- 0.1
(アスファルト舗装の上面の日最低温度) - (日最低気温)	0.6	- 0.7

2010年6月9日から6月19日における、各部の温度と気温の差の変化を図8に示す。各部の温度が気温より高い場合には正值、気温より低い場合には負値になる。アルミニウム床版上板の下面、鋼桁上フランジの下面、鋼桁ウェブおよびモルタル台座の側面の気温との温度差は、一日を通して正負約5の範囲にある。これに対して、アスファルト舗装の上面の温度差は、一日を通して正值は約20程度と大きく、負値は約2程度と小さい。全測定期間中における温度差の最大値を表3に示す。

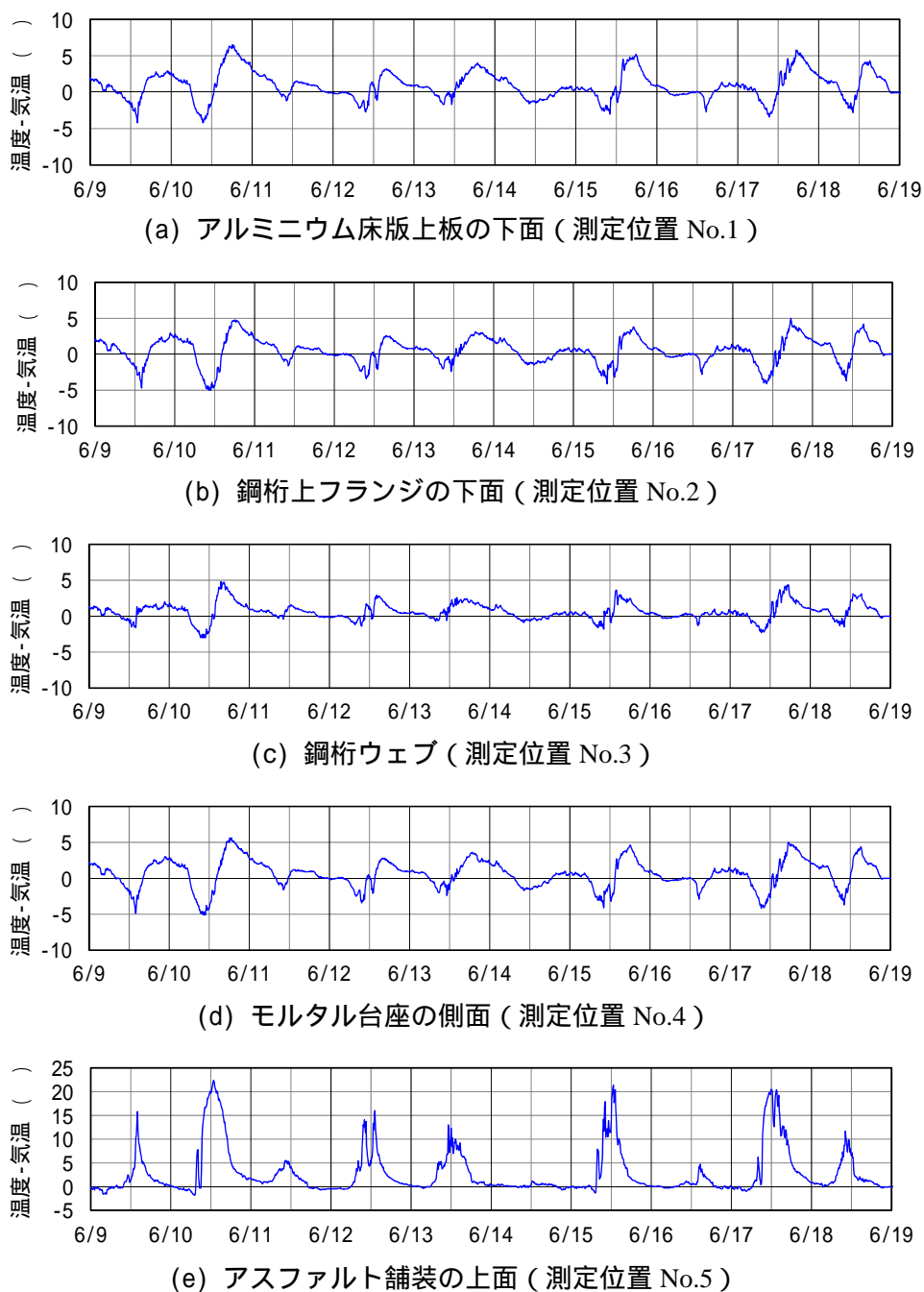


図8 各部の温度差の変化

表3 各部の温度差の最大値

	正側の最大値	負側の最大値
(アルミニウム床版上板の下面の温度) - (気温)	6.5	- 4.4
(鋼桁上フランジの下面の温度) - (気温)	5.0	- 5.0
(鋼桁ウェブの温度) - (気温)	4.8	- 3.0
(モルタル台座の側面の温度) - (気温)	5.9	- 5.2
(アスファルト舗装の上面の温度) - (気温)	22.4	- 1.8

例として、晴天日であった2010年6月10日の温度変化を図9に示す。アルミニウム床版、鋼桁上フランジ、鋼桁ウェブおよびモルタル台座に関しては、早朝から正午過ぎにかけて、気温が各部の温度より高く、これ以降、気温が各部の温度より低くなる。この傾向は、図8の6月10日の結果と同じであり、他の日もこれと同様な傾向を示す。

さらに図9から分かるように、アルミニウム床版、鋼桁上フランジ、鋼桁ウェブおよびモルタル台座の温度が最も高くなる時刻は、気温のそれよりも遅れる。これは、試験体の熱容量が大きいいため、気温に対して各部の温度変化が遅れるからである。表3に示す、各部の温度差の正側の最大値が、表1に示す、各部の日最高温度と日最高気温の差の正側の最大値より大きくなるのは、この温度変化の遅れによるものである。アスファルト舗装の上面の温度は、日中は日射熱を受けるため、50 を超えるが、早朝には気温近くまで低下する。

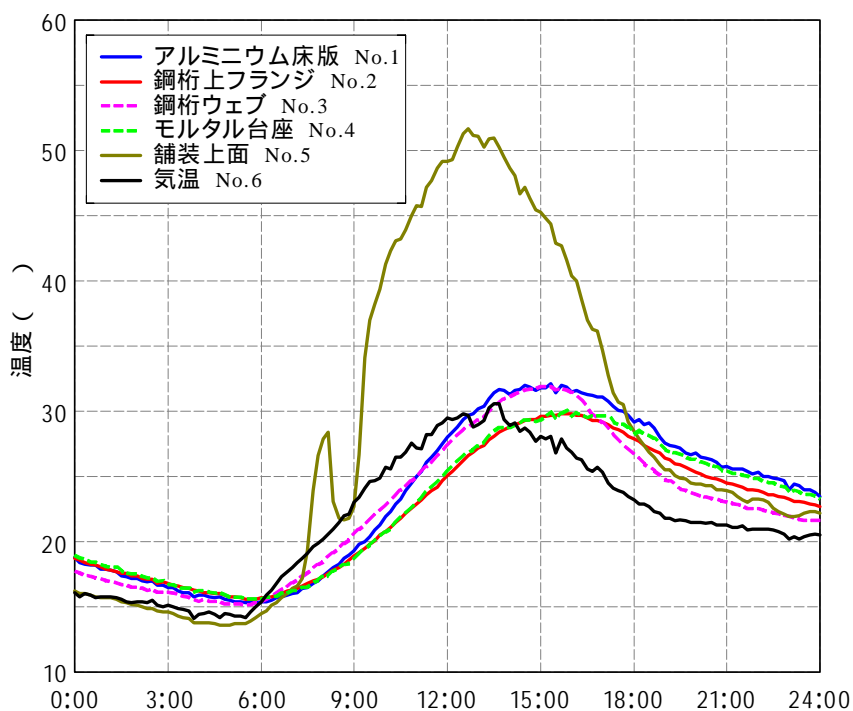


図9 6月10日の各部の温度変化

### 3.3 アルミニウム床版と鋼桁の温度差

道路橋示方書<sup>10)</sup>では、コンクリート床版を有する合成桁橋の設計で、コンクリート床版と鋼桁の温度差に対して 10 を考慮するよう規定されている。アルミニウム床版は、コンクリート床版と比べて熱容量が 1/4 と小さいので、アルミニウム床版と鋼桁の温度差は、コンクリート床版と鋼桁のそれと異なる可能性がある。

アルミニウム床版と鋼桁の温度差、すなわち、アルミニウム床版の温度から、鋼桁上フランジの温度または鋼桁ウェブの温度を引いた値の変化を全測定期間に対して図 10 に、その最大値を表 4 に示す。

アルミニウム床版と鋼桁上フランジの温度差は、日中はアルミニウム床版の方が鋼桁上フランジより高温になる。12 時の桁断面の温度分布を図 11(a) に示す。日射熱によって高温になったアスファルト舗装からの伝熱によって、アルミニウム床版の温度が上昇する。鋼桁上フランジの温度がアルミニウム床版ほど上昇しないのは、アルミニウム床版と鋼桁上フランジとの間に、熱伝導率が低く、熱容量が大きいモルタル台座が存在するためであると推察される。さらに、図 10 から分かるように、アルミニウム床版と鋼桁上フランジの温度差は夜間から翌日の早朝にかけて徐々にゼロに近づく。20 時の桁断面の温度分布を示す図 11(b) から分かるように、舗装および鋼桁ウェブの表面から熱が奪われるので、舗装と鋼桁ウェブの温度が低下する。早朝には温度差がほぼゼロになる日が多い。

他方、アルミニウム床版と鋼桁ウェブの温度差は、鋼桁上フランジとは傾向が異なっている。日中、アルミニウム床版が鋼桁ウェブより低温になるのは、鋼桁ウェブに直接日射が当たり、鋼桁ウェブの温度が高くなるためである。図 10 から分かるように、正午を少し過ぎたあたりから、急激に温度差がプラス側に変化し、アルミニウム床版が鋼桁ウェブよりも高温になる。図 9 を参照すると、15 時にアルミニウム床版と鋼桁ウェブの温度はほぼ等しいが、16~18 時にかけて、鋼桁ウェブの温度の低下が早いため、温度差が生じる。鋼桁ウェブは、15 時以降日射量が減るので、日射から得る熱量が減り、さらに鋼桁ウェブの両面から空気の対流により熱が奪われるので温度が低下すると推察される。アルミニウム床版は、下面から、対流により熱が奪われる。しかし、アルミニウム床版上面には舗装が存在し、舗装の温度は 18 時前までアルミニウム床版の温度より高く、それ以降、気温より高いため、アルミニウム床版は鋼桁ウェブより温度低下が遅くなると考えられる。夜間から早朝にかけて、舗装温度が気温に近づくため、アルミニウム床版の温度も低下し、鋼桁ウェブとの温度差も徐々に小さくなる。

表 4 から分かるように、アルミニウム床版と鋼桁の温度差は、アルミニウム床版が鋼桁より高温の場合、最大で 3.6 であり、低温の場合、最大で 2.8 である。これは、道路橋示方書<sup>10)</sup>において、コンクリート床版を有する合成桁橋の設計で規定されている、コンクリート床版と鋼桁の温度差 10 よりかなり低い。

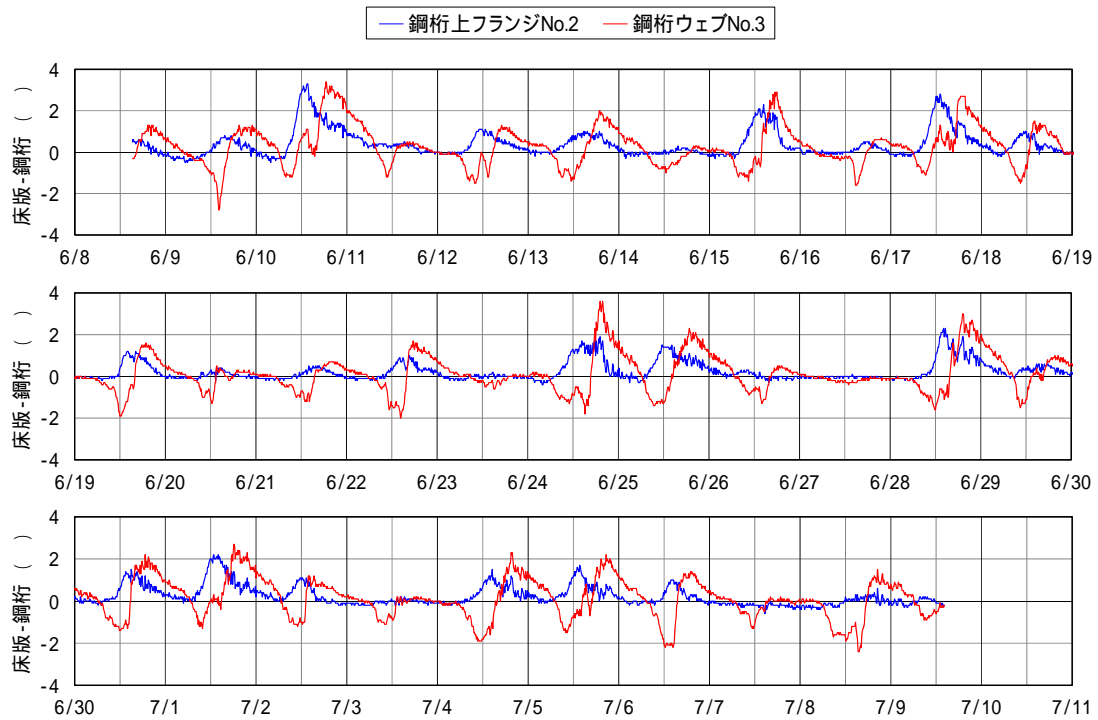


図 10 アルミニウム床版と鋼桁の温度差

表 4 アルミニウム床版と鋼桁の温度差の最大値

	正側の最大値	負側の最大値
(アルミニウム床版の温度) - (鋼桁上フランジの温度)	3.3	- 0.6
(アルミニウム床版の温度) - (鋼桁ウェブの温度)	3.6	- 2.8

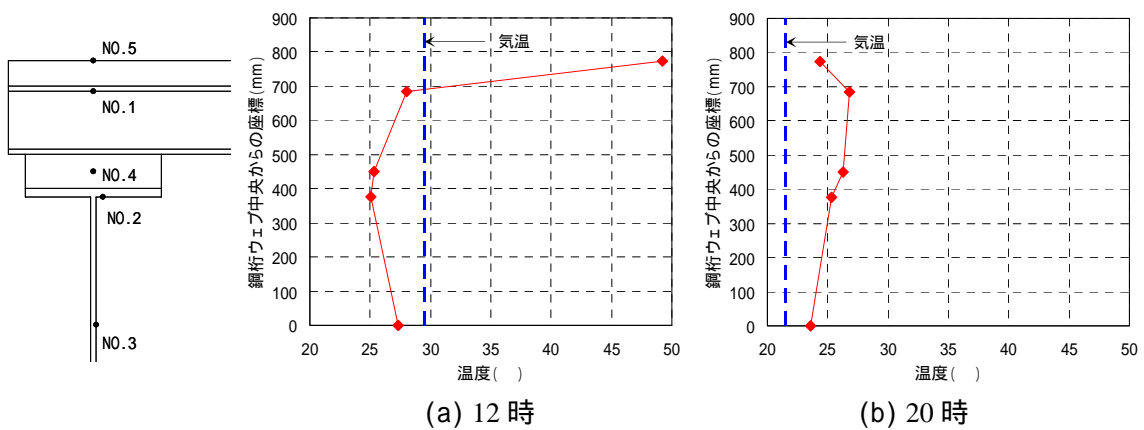


図 11 桁断面の温度分布 (6月10日)

## 第4章 温度変化によって生じるひずみ差

### 4.1 アルミニウム床版と鋼桁のひずみ差

アルミニウム床版と鋼桁の合成作用は、次式に示すように、アルミニウム床版上板と鋼桁上フランジとの間に水平せん断バネを設けることにより表される<sup>3),6)</sup>。

$$H = k(u_f - u_a) \quad (1)$$

ここに、 $H$  : アルミニウム床版上板の下面および鋼桁上フランジの上面に生じる水平せん断力 (図12参照)

$k$  : 水平せん断バネ

$u_f, u_a$  : それぞれ、鋼桁上フランジの上面の水平変位およびアルミニウム床版上板の中立面の水平変位 (図12参照)

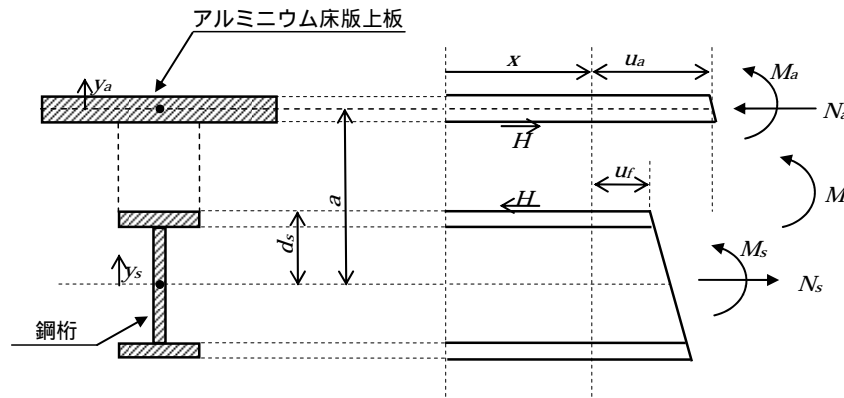


図12 アルミニウム床版上板および鋼桁の断面力と変形

アルミニウム床版上板の微小区間  $dx$  における力の釣合より、アルミニウム床版上板と鋼桁に生じる軸力に関する微分方程式が次式で与えられている<sup>3),6)</sup>。

$$\frac{d^2 N}{dx^2} - \lambda^2 N = -c\lambda^2 M + k\Delta\varepsilon_T \quad (2)$$

ここに、

$$\lambda = \sqrt{k \frac{\left( A_s + \frac{A_a}{n} \right) \left( I_s + \frac{I_a}{n} \right) + A_s \frac{A_a}{n} a d_s}{E_s A_s \frac{A_a}{n} \left( I_s + \frac{I_a}{n} \right)}} \quad (3)$$

$$c = \frac{A_s \frac{A_a}{n} d_s}{\left( A_s + \frac{A_a}{n} \right) \left( I_s + \frac{I_a}{n} \right) + A_s \frac{A_a}{n} a d_s} \quad (4)$$

$$\Delta\varepsilon_T = \varepsilon_{st} - \varepsilon_{at} = \alpha_s \Delta T_s - \alpha_a \Delta T_a \quad (5)$$

$$n = \frac{E_s}{E_a} \quad (6)$$

$E_s, E_a$  : それぞれ, 鋼およびアルミニウム合金のヤング係数

$A_s, A_a$  : それぞれ, 鋼桁およびアルミニウム床版上板の断面積

$I_s, I_a$  : それぞれ, 鋼桁およびアルミニウム床版上板の断面二次モーメント

$N$  : 鋼桁およびアルミニウム床版上板に生じる軸力(=  $N_s = N_a$ )

$M$  : アルミニウム床版と鋼桁との合成桁に作用する曲げモーメント  
(=  $Na + M_s + M_a$ )

$M_s, M_a$  : それぞれ, 鋼桁およびアルミニウム床版上板に生じる曲げモーメント

$d_s$  : 鋼桁の中立軸から鋼桁上フランジ上面までの距離

$a$  : アルミニウム床版上板の中立面と鋼桁の中立軸との間の距離

$\varepsilon_{st}, \varepsilon_{at}$  : それぞれ, 鋼桁とアルミニウム床版上板に生じる, 温度変化によるひずみ

$\alpha_s, \alpha_a$  : それぞれ, 鋼およびアルミニウム合金の線膨張係数

$\Delta T_s, \Delta T_a$  : それぞれ, 鋼桁およびアルミニウム床版上板の温度変化

(温度上昇を正, 温度低下を負とする)

式(2)が示すように, アルミニウム床版と鋼桁に生じる軸力  $N$  は, 温度変化に起因する鋼桁とアルミニウム床版のひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  に比例する. したがって, 温度変化によってアルミニウム床版と鋼桁に生じる応力は, 式(5)で定義されるひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  を調べればよい.

鋼とアルミニウム合金の線膨張係数  $12 \times 10^{-6} 1/$  と  $23 \times 10^{-6} 1/$  を, 式(5)の  $\alpha_s$  と  $\alpha_a$  にそれぞれ代入して次式を得る.

$$\Delta\varepsilon_T = (12\Delta T_s - 23\Delta T_a) \times 10^{-6} \quad (7)$$

ここに,  $\Delta T_s, \Delta T_a$  の単位は である.

#### 4.2 ひずみ差の経時変化

式(7)から算出されるひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の全測定期間中の経時変化を図 13 と 14 に示す.  $\Delta T_a$  にアルミニウム床版上板の測定値を,  $\Delta T_s$  には鋼桁上フランジの測定値または鋼桁ウェブの測定値を用いている. 図 13 は, 6 月 8 日 15 時 (温度測定開始時) の各部の温度を基準温度として作成し, 図 14 は, 6 月 10 日 12 時の各部の温度を基準温度として作成している.

さらに両図には, 次式で計算されるひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の経時変化も描いてある.

$$\Delta\varepsilon_T = -11 \times 10^{-6} \Delta T \quad (8)$$

ここに,  $\Delta T$  : 現地気温の基準温度からの変化 (単位は であり, 温度上昇を正, 温度低下を負とする)

3.3 節で述べたように, アルミニウム床版と鋼桁の温度差が小さいので, 式(7)において  $\Delta T_s$  は  $\Delta T_a$  に等しいと仮定し, さらにこれらは現地気温の温度変化  $\Delta T$  に等しいと仮定することによって式(8)が得られる.

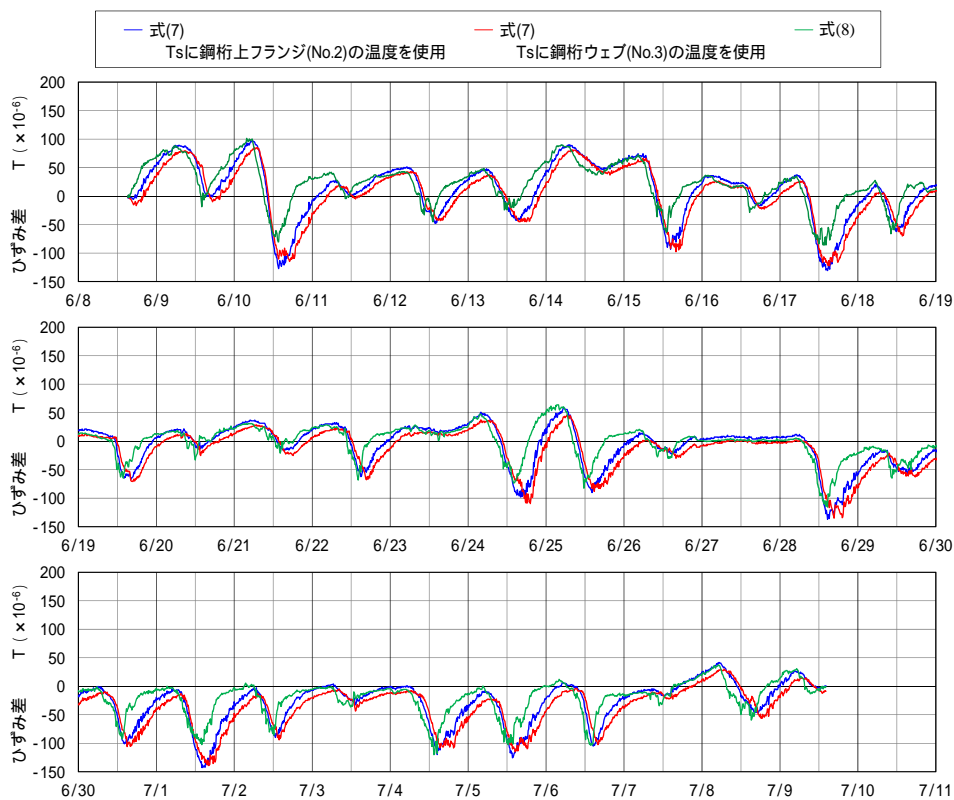


図 13 ひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の経時変化 (6月8日15時の各部の温度を基準温度)

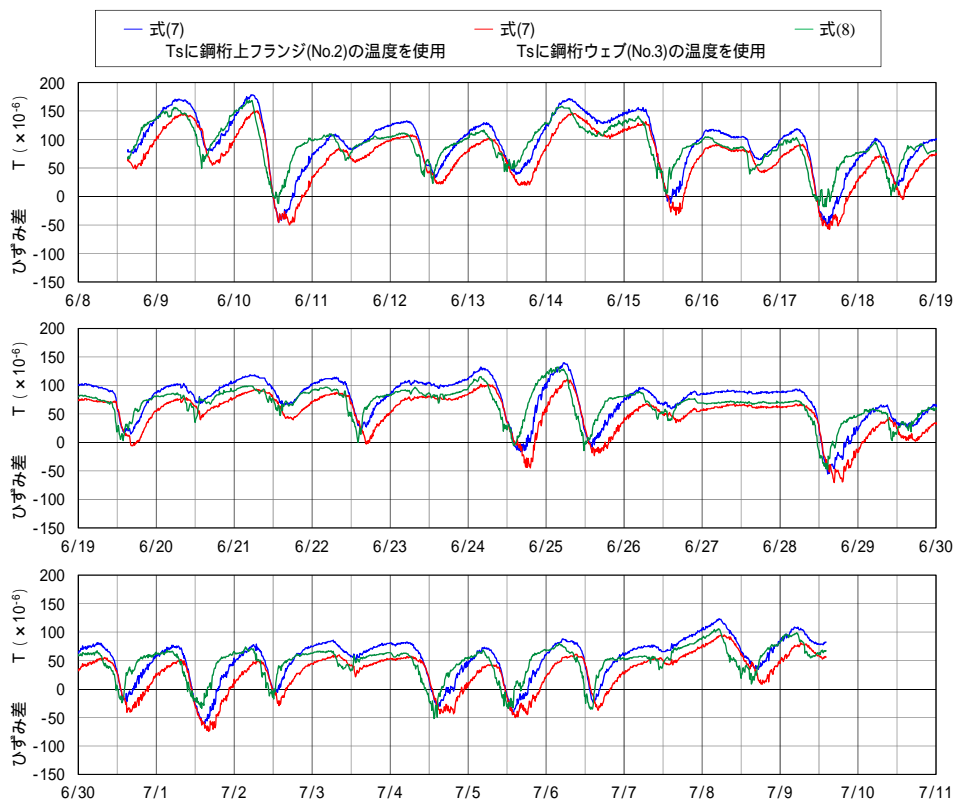


図 14 ひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の経時変化 (6月10日12時の各部の温度を基準温度)

図 13 と 14 から分かるように、式(7)と(8)が与えるひずみ差の経時変化は、お互いに同様な傾向を示している。両図において、各曲線が与えるひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の正側と負側の最大値、および正側の最大値から負側の最大値を差し引いた値、すなわちひずみ差範囲  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$  を表 5 に示す。ここで、式(8)が与えるひずみ差範囲  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$  は、次式で与えられる値に一致する。

$$\Delta(\Delta\varepsilon_T) = -11 \times 10^{-6} (T_{\max} - T_{\min}) \quad (9)$$

ここに、 $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$ ：それぞれ、計測期間中の現地気温の最高温度と最低温度（単位： $^{\circ}\text{C}$ ）

当然のことではあるが、基準温度を変えると、式(7)と(8)が与えるひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の正側の最大値と負側の最大値は変化するが、ひずみ差範囲  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$  は変化しない。式(8)が与えるひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の正側の最大値および負側の最大値は、式(7)が与えるそれらの値より大きかったり、小さかったりするが、式(8)または式(9)が与えるひずみ差範囲  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$  は、式(7)が与えるそれらの値に近い。

表 5 ひずみ差  $\Delta\varepsilon_T$  の最大値とひずみ差範囲  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$

(a) 6月8日15時の各部の温度を基準温度

		正側の最大値	負側の最大値	ひずみ差範囲 (正側の最大値 - 負側の最大値)
式(7)	鋼桁上フランジ	$+97 \times 10^{-6}$	$-143 \times 10^{-6}$	$239 \times 10^{-6}$
	鋼桁ウェブ	$+85 \times 10^{-6}$	$-139 \times 10^{-6}$	$225 \times 10^{-6}$
式(8)		$+101 \times 10^{-6}$	$-120 \times 10^{-6}$	$221 \times 10^{-6}$

(b) 6月10日12時の各部の温度を基準温度

		正側の最大値	負側の最大値	ひずみ差範囲 (正側の最大値 - 負側の最大値)
式(7)	鋼桁上フランジ	$+178 \times 10^{-6}$	$-61 \times 10^{-6}$	$239 \times 10^{-6}$
	鋼桁ウェブ	$+150 \times 10^{-6}$	$-74 \times 10^{-6}$	$225 \times 10^{-6}$
式(8)		$+169 \times 10^{-6}$	$-52 \times 10^{-6}$	$221 \times 10^{-6}$

今、次式で定義される  $r(x)$  の経時変化を図 15 に示す。

$$r(x) = [\text{式(7)で与えられる } \Delta(\Delta\varepsilon_T)] \div [\text{式(9)で与えられる } \Delta(\Delta\varepsilon_T)] \quad (10)$$

ここで、 $r(x)$  は、6月8日15時（温度測定開始時）の各部の温度を基準温度として、測定開始日から  $x$  日までの、式(7)で与えられる  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$  を、式(9)で与えられる  $\Delta(\Delta\varepsilon_T)$  で除した値である。

図 15 から分かるように、最初の2日は、 $r(x)$  は1未満であるが、その後、急激に1を超え、測定日数の増加にともなって徐々に低下し1に近づく。これは、道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋においては、アルミニウム床版と鋼桁の温度差の影響は、温度変化の影響に対して無視できるものであることを意味している。

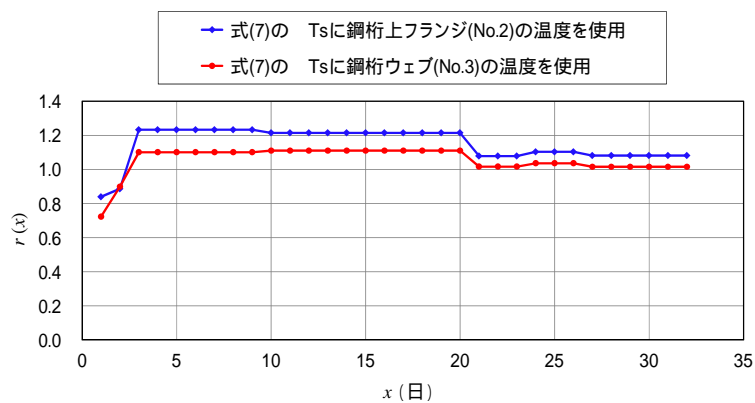


図 15  $r(x)$ の経時変化

静岡県富士地点の気象データにおける過去最低気温および最高気温はそれぞれ - 7.5 と 36.9 である<sup>9)</sup>。この地点に対して、道路橋示方書<sup>10)</sup>で、設計で考慮する温度変化は - 10 から 50 である。この温度変化は、現地で過去観測された温度変化よりかなり大きい。したがって、道路橋示方書で規定される、- 10 から 50 の温度変化を考慮すれば、アルミニウム床版と鋼桁とが締結されたときの気温を基準温度として、式(8)により、アルミニウム床版と鋼桁のひずみ差の正側と負側の最大値を安全側で推定することができる。と考える。

## 第5章 結論

本研究では、かつて移動トラックタイヤ載荷疲労試験で使用された道路橋用アルミニウム床版 - 鋼桁橋の試験体<sup>7),8)</sup>を屋外に置いて得られた、1ヶ月間(2010年6月8日から7月9日)の温度測定結果に基づいて、各部の温度変化および温度変化によって生じる、鋼桁とアルミニウム床版のひずみ差の特徴を明らかにした。主な結論を以下に示す。

- (1) 試験体の各部の日最高温度と現地の日最高気温の差は、アルミニウム床版上板で -2.0 ~ 2.0 , 鋼桁上フランジで -2.7 ~ 0.2 , 鋼桁ウェブで -0.8 ~ 2.3 であった。試験体の各部の日最低温度と現地の日最低気温の差は、アルミニウム床版上板で -0.2 ~ 1.7 , 鋼桁上フランジで -0.1 ~ 1.7 , 鋼桁上ウェブで -0.1 ~ 1.2 であった。この様に、試験体の各部の日最高温度および日最低温度は現地の気温のそれらに近いと言える。
- (2) アスファルト舗装表面の最高温度は 55 に達したが、前述の様に、アルミニウム床版上板の温度は気温に近い。したがって、アスファルト舗装に蓄積される熱がアルミニウム床版に与える影響は小さいと言える。
- (3) アルミニウム床版と鋼桁の温度差は、アルミニウム床版が鋼桁より高温の場合、最大で 3.6 であり、低温の場合、最大で 2.8 であった。これは、道路橋示方書<sup>10)</sup>において、コンクリート床版を有する合成桁橋の設計で規定されている、コンクリート床版と鋼桁の温度差 10 よりかなり低い。
- (4) アルミニウム床版と鋼桁のひずみ差に対する、アルミニウム床版と鋼桁の温度差の影響は、温度変化による影響と比較して無視できる程度のものであることを明らかにした。
- (5) 道路橋示方書<sup>10)</sup>で規定される、-10 から 50 の温度変化を考慮すれば、アルミニウム床版と鋼桁とが締結されたときの気温を基準温度として、次式により、アルミニウム床版と鋼桁のひずみ差の正側と負側の最大値を安全側で推定することができることを示した。

$$\Delta\varepsilon_T = \varepsilon_{st} - \varepsilon_{at} = -11 \times 10^{-6} \Delta T$$

ここに、

$\Delta\varepsilon_T$  : アルミニウム床版と鋼桁のひずみ差

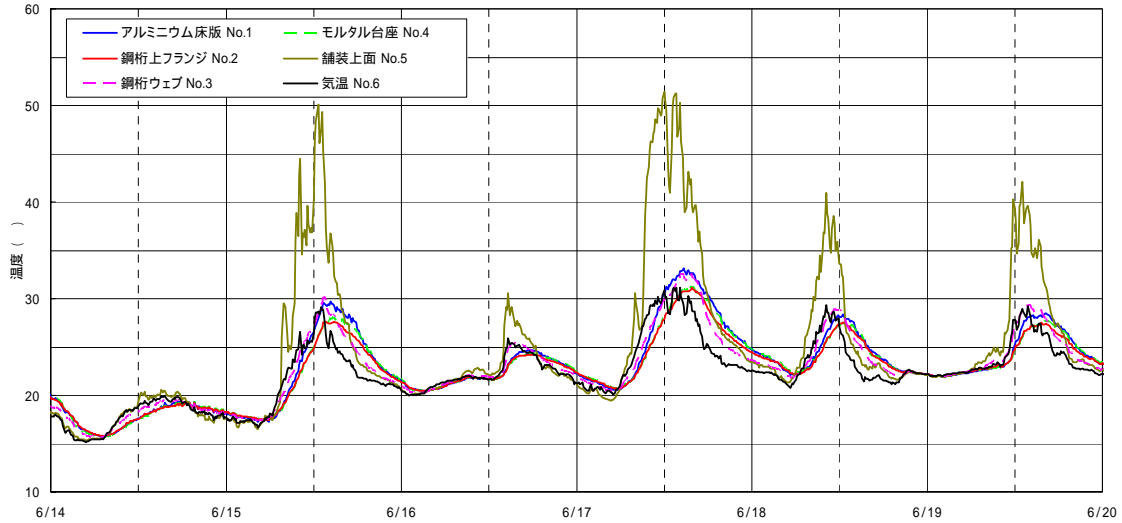
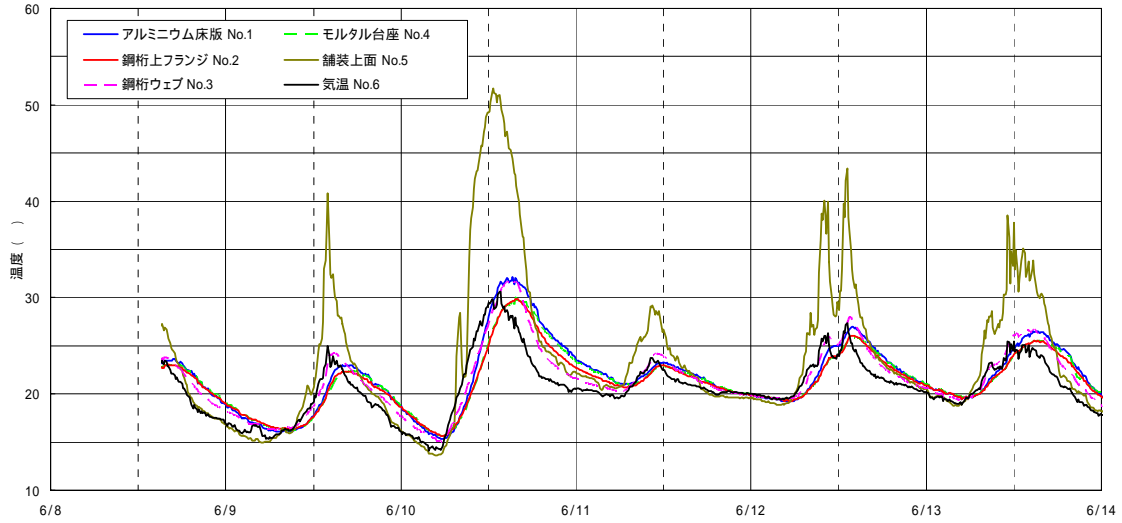
$\varepsilon_{st}, \varepsilon_{at}$  : それぞれ、鋼桁とアルミニウム床版に生じる、温度変化によるひずみ

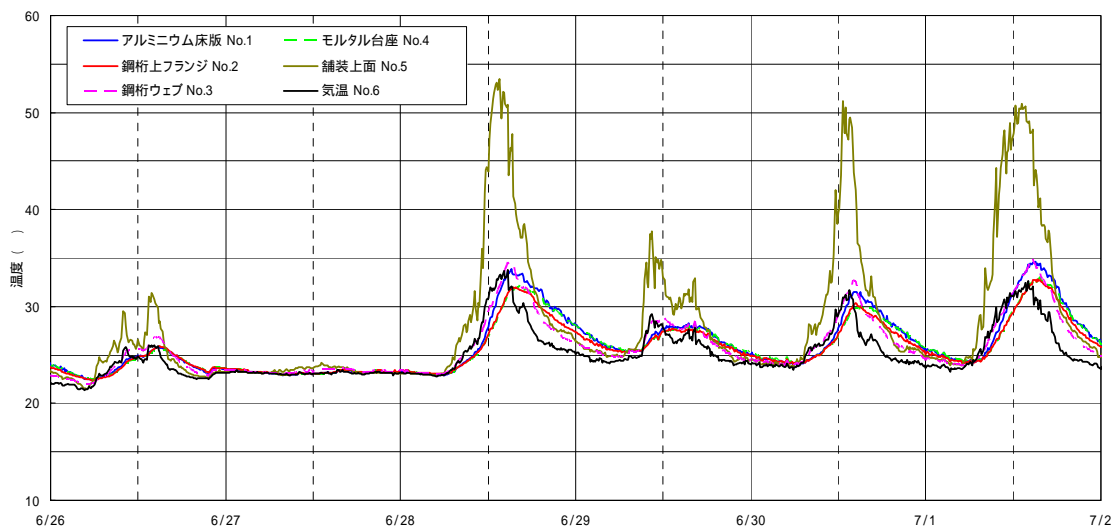
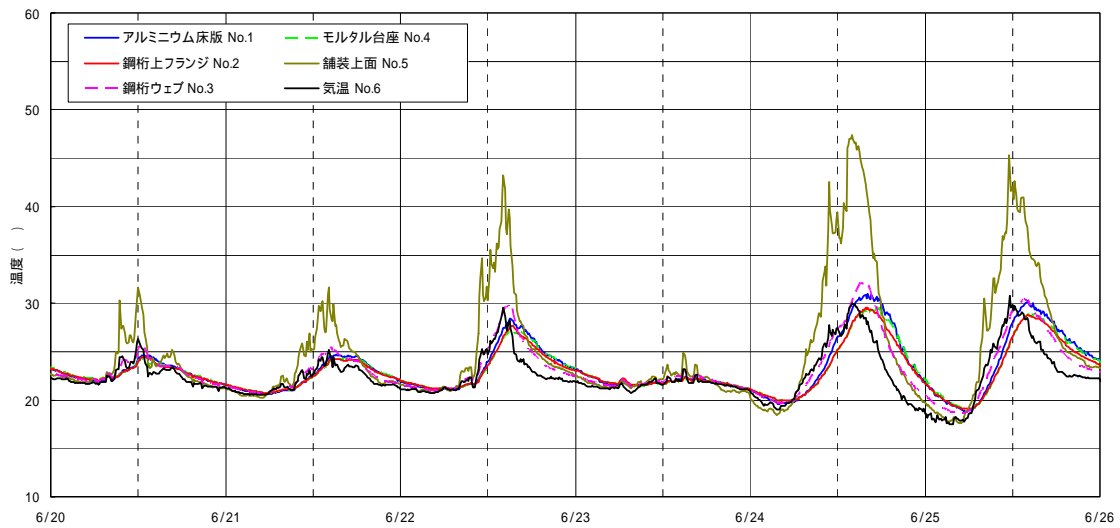
$\Delta T$  : 現地気温の基準温度からの変化(単位は  $^{\circ}\text{C}$  であり、温度上昇を正、温度低下を負とする)

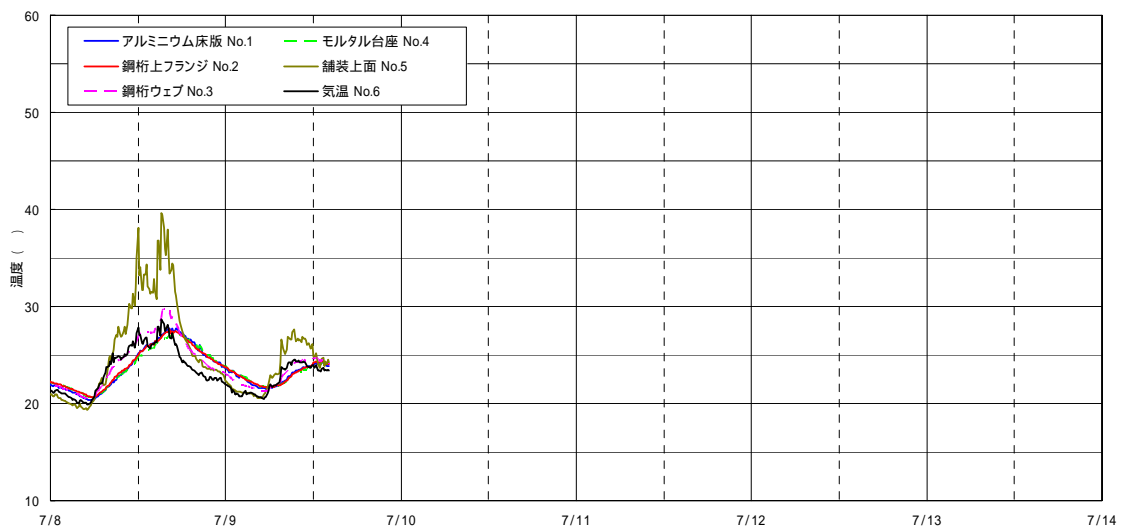
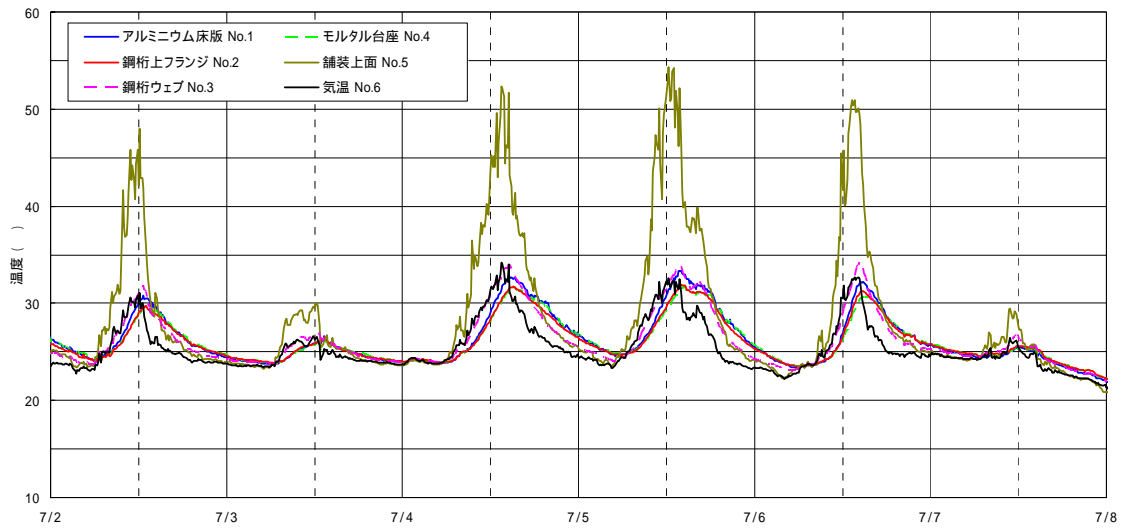
## 参考文献

- 1) 大倉一郎, 萩澤亘保, 中原太樹, 岡田理, 山口進吾: アルミニウム床版と鋼主桁との連結部の静的および疲労挙動, 鋼構造年次論文報告集, 第 11 巻, pp.199-206, 2003 .
- 2) 大倉一郎, 石川敏之, 高木眞広, 武野正和: アルミニウム床版と鋼桁の合成作用, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.1172-1181, 2009 .
- 3) 大倉一郎, 稲見豪: アルミニウム床版と鋼桁との合成作用, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.870-880, 2011 .
- 4) 石川敏之, 高木眞広, 大倉一郎, 武野正和: アルミニウム床版 - 鋼桁橋の合成挙動および温度変化応力, 第 7 回複合構造の活用に関するシンポジウム, 土木学会, 複合構造委員会, CD, No.63, 2007 .
- 5) 大倉一郎, 高木眞広, 石川敏之: アルミニウム床版 - 鋼桁橋の合成作用および温度変化による応力と反り, ALST 研究レポート, No.5, 2008 .
- 6) 日本アルミニウム協会 土木構造物委員会: 道路橋用アルミニウム床版を用いた鋼桁橋 設計・製作・施工ガイドライン, 2011 年 3 月版, 2011 .
- 7) 大倉一郎, 長尾隆史, 萩澤亘保: アルミニウム床版の移動トラックタイヤ載荷疲労試験による疲労耐久性評価, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.1217-1226, 2010 .
- 8) 萩澤亘保, 長尾隆史, 大倉一郎: 移動トラックタイヤ載荷試験による道路橋用アルミニウム床版の疲労耐久性評価, ALST 研究レポート, No.18, 2010 .
- 9) 気象庁 WEB サイト: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 10) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 共通編 鋼橋編, 2002 .

## 付録A 温度測定記録







## 付録B 気象データ

気象庁発表の静岡県富士地点の気象データを次表に示す。

年月日	合計降水量	平均気温	最高気温	最低気温	平均風速	日照時間
2010/6/8	0.0	21.0	23.9	18.3	1.8	0.0
2010/6/9	7.5	19.1	23.7	16.5	1.9	0.1
2010/6/10	0.0	22.0	28.4	15.3	2.1	12.2
2010/6/11	0.0	22.2	24.6	20.6	2.0	0.0
2010/6/12	0.0	23.3	27.5	21.2	2.6	2.6
2010/6/13	5.5	22.2	26.0	19.0	2.0	1.2
2010/6/14	18.0	19.0	21.0	16.2	2.2	0.0
2010/6/15	36.5	22.5	27.2	18.7	1.9	5.6
2010/6/16	47.5	23.4	26.2	21.1	2.5	0.4
2010/6/17	0.0	24.8	29.5	21.1	2.2	8.7
2010/6/18	70.0	23.6	28.6	21.2	1.9	0.2
2010/6/19	28.5	24.5	28.3	22.7	3.5	1.6
2010/6/20	5.5	23.2	25.7	22.3	2.2	0.0
2010/6/21	0.5	23.2	26.2	21.8	2.6	0.4
2010/6/22	3.0	23.8	28.3	22.4	1.8	1.5
2010/6/23	29.0	22.7	23.5	21.5	2.3	0.0
2010/6/24	0.0	23.4	27.8	20.2	2.0	5.8
2010/6/25	0.0	23.6	29.3	18.9	1.8	3.9
2010/6/26	5.0	24.3	26.5	23.0	1.6	0.0
2010/6/27	16.5	23.6	24.1	23.2	2.3	0.0
2010/6/28	1.5	26.2	31.2	23.0	1.5	4.8
2010/6/29	3.0	25.7	28.7	24.1	1.6	0.8
2010/6/30	0.0	26.0	30.2	24.1	1.7	3.3
2010/7/1	0.0	26.5	30.4	24.6	1.9	6.4
2010/7/2	0.5	25.9	30.2	24.3	1.8	3.6
2010/7/3	18.5	24.6	26.8	23.5	1.7	0.0
2010/7/4	13.0	26.5	32.0	23.5	1.7	3.2
2010/7/5	0.0	26.9	31.0	24.6	1.9	5.6
2010/7/6	0.5	26.4	30.6	24.5	1.9	2.6
2010/7/7	9.5	24.5	27.8	21.9	2.0	0.0
2010/7/8	0.0	24.4	27.7	20.7	1.6	3.1
2010/7/9	34.5	23.5	26.1	21.4	2.1	0.1