

論文

[1104] ラーメン高架橋の長期応力変動について

岩田道敏*1・石橋忠良*2・斉藤啓一*3・近藤純司*4

1. はじめに

RCラーメン高架橋（以下高架橋という）は経済性や施工性の観点から鉄道構造物に数多く用いられている。しかし、その応力状態については不静定力、クリープ、乾燥収縮等の影響が複雑に作用しており[1][2]、不明確な点が多い。そこで、高架橋の内部の応力状態を調査するために、実高架橋の建設時に計測器を埋設し、応力度およびひずみの測定を継続的に行っており、建設初期の測定結果についてはすでに報告を行っている[3]。今回、3年4か月という比較的長期にわたる測定結果のとりまとめを行ったので以下に報告する。

2. 測定概要

測定を行ったのは、2層3径間の単線高架橋である。高架橋の諸元を図-1に示す。埋設した計測器は、鉄筋計、コンクリート有効応力計、コンクリートひずみ計である。本高架橋は、ほぼ南北方向に構築されており、高架橋の左右による日照量には大きな差は無いと思われる。また、周囲には日照や風雨をさえぎる構造物はない。図-1に示す記号Aの位置には、鉄筋計とコンクリート

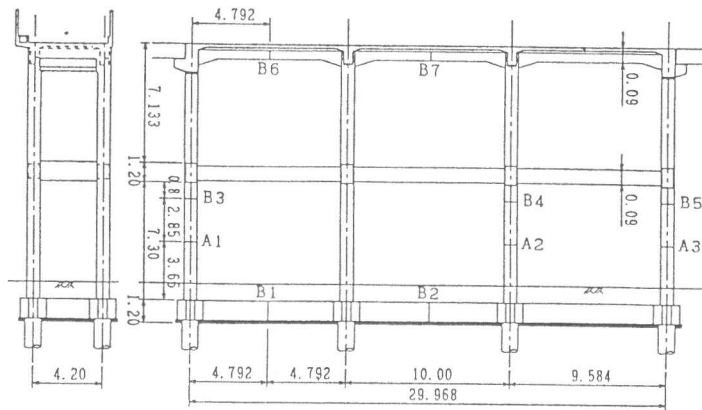


図-1 高架橋諸元 (単位:m)

- 鉄筋 (SD390)
- 柱・上層梁 :D32
- 地中梁 :D29
- 鉄筋計
- ×コンクリートひずみ計
- コンクリート有効応力計

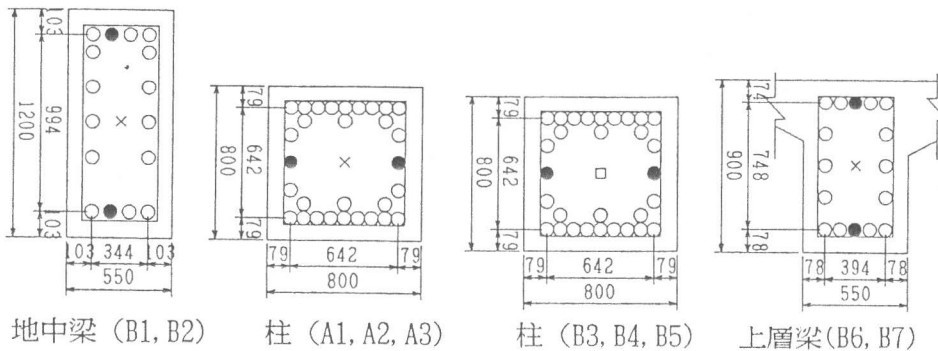


図-2 計測器取り付け位置

* 1 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所工事第三課課員、工修 (正会員)
 * 2 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室室長、工博 (正会員)
 * 3 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所工事管理室係長、(正会員)
 * 4 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所盛岡工事区施設技術係、(正会員)

有効応力計を、Bの位置には鉄筋計とコンクリートひずみ計をそれぞれ取り付けた。計測器の取り付け位置を図-2に示す。また、計測器の仕様を表-1に、コンクリートの標準配合を表-2にそれぞれ示す。地中梁と上層梁については第1径間と第2径間（中央径間）の部材中央位置とし、柱については、左側より1番目と3番目、4番目の柱の部材中央（以下柱中央部）および上側の中層梁に近い位置（以下柱上部）に計測器を設置し線路方向の位置による違いや、柱における上下方向の位置の違いによる影響に着目した。

高架橋の建設は、基礎杭の施工後、地中梁、柱、中層梁、柱、上層梁の順に行った。主な作業工程とコンクリート材令を表-3に示す。また、各荷重状態を図-3に示す。

3. 測定結果および変動傾向

各取り付け位置における測定結果を図-4～16にそれぞれ示す。また、気象データについては、気象台の日平均気温（以下外気温）および日平均湿度（以下湿度）について調査した。[4] その結果を図-17、図-18に示す。なお、測定時刻については、本計測は自動測定ではないため、測定時刻に多少のばらつきがあるが、概ね正午頃である。

各取り付け位置における測定値について、各部材毎の傾向を以下に述べる。

(1)地中梁について

第1径間（B1断面）の断面内の上下の鉄筋計の動きについては、図-4に示すように上部鉄筋計の応力度はほぼ0を中心に±200kgf/cm²前後で周期的

表-1 計測器の仕様

	鉄筋計	コンクリート歪計	有効応力計
測定容量	300kgf/cm ²	±1000×10 ⁻⁶ 歪	100kgf/cm ²
定格出力	1.85v/V以上	±1mv/V以上	0.5mv/V以上
入出力抵抗	350Ω	350Ω	350Ω
非線型性	1%RO	2%RO	—
許容温度範囲	-30～+80℃	-30～+80℃	-10～+80℃

表-2 コンクリート配合

呼び強度 kgf/cm ²	スランブ (cm)	粗骨材の 最大寸法	W/C (%)	単位量(kg/m ³)				空気量 (%)
				W	C	S	G	
270	8cm	25mm	48.6	162	333	778	1035	4.5

表-3 作業工程

	施工箇所	施工内容	材令(日)
1	地中梁	コンクリート打ち込み	0
2	下層柱	コンクリート打ち込み	18
3	中層梁	コンクリート打ち込み	46
4	上層柱	コンクリート打ち込み	57
5	桁式支保工	組立て	66
6	上層梁	コンクリート打ち込み	112
7	桁式支保工	撤去	130
8	路盤コンクリート	コンクリート打ち込み	251
9	路盤コンクリート	コンクリート打ち込み	256
10	路盤コンクリート	コンクリート打ち込み	263
11	開業		642

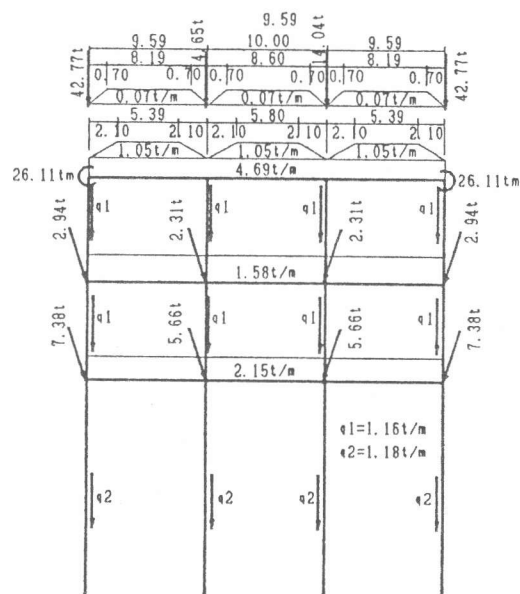


図-3 荷重状態

に変動している。これに対し、下部鉄筋計は材令初期の約 100日間にわたり徐々に約 300kgf/cm²の引張側へ推移し、そして、この点を中心に上部鉄筋計とほぼ同様な振幅、周期で変動している。

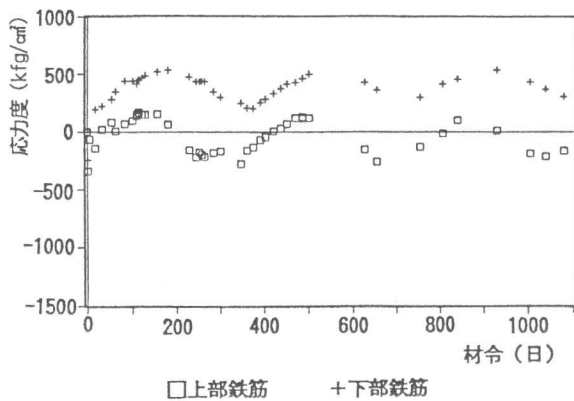


図-4 B1断面鉄筋応力度

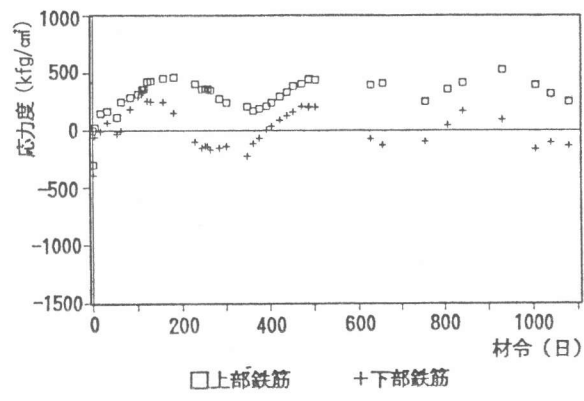


図-5 B2断面鉄筋応力度

つぎに第2径間 (B2断面) では、図-5に示すように、上部鉄筋計が材令初期に引張側へ推移すること、下部鉄筋計はほぼ0を中心する点は第1径間とは異なるものの、振幅や周期的な変動は第1径間と同様の動きをしている。また、これらの応力度の動きと図-17、18の外気温や湿度との動きと比較すると、地中梁の鉄筋応力度は、夏期 (外気温、湿度共に高い時期) には圧縮側へ動き、冬期 (外気温、湿度共に低い時期) には引張側へ動くようである。

また、断面中央部におけるコンクリートのひずみの動きについては、図-6に示すように50 μ を中心に $\pm 50\mu$ 前後で、周期的に変動している。このコンクリートひずみの変動傾向は、夏期 (外気温、湿度共に高い時期) には収縮側へ動き、冬期 (外気温、湿度共に低い時期) には伸長側へ動くようであり、鉄筋の応力変動と同じ傾向を示している。

(2)柱について

柱中央部では、A1、A2、A3各断面の左右の鉄筋応力度は、図-7~9に

示すように、はじめに、約材令300日までに600~800kgf/cm²程度まで圧縮側へ推移し、以後小さな変動を周期的に繰り返しているが、径間や断面内の位置が異なっているが、鉄筋の応力度は

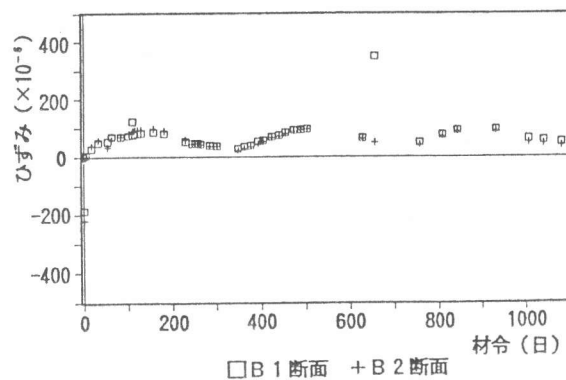


図-6 B1、B2断面コンクリートひずみ

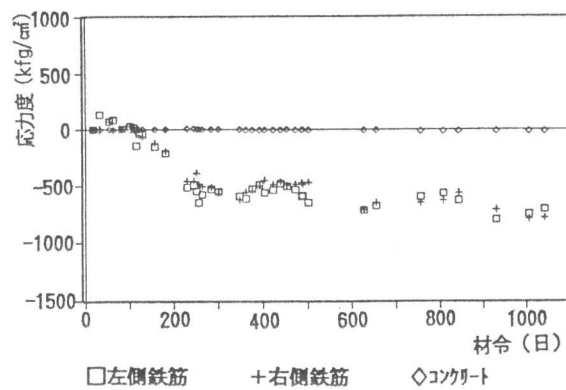


図-7 A1断面応力度

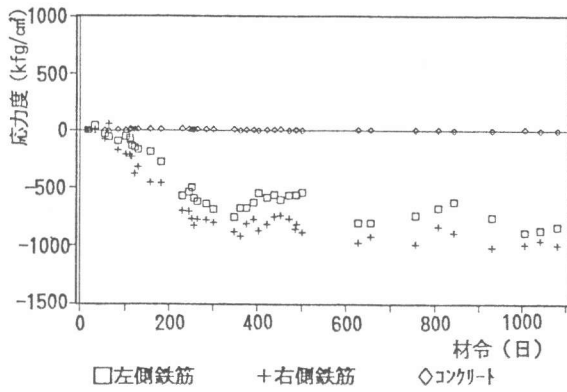


図-8 A2断面応力度

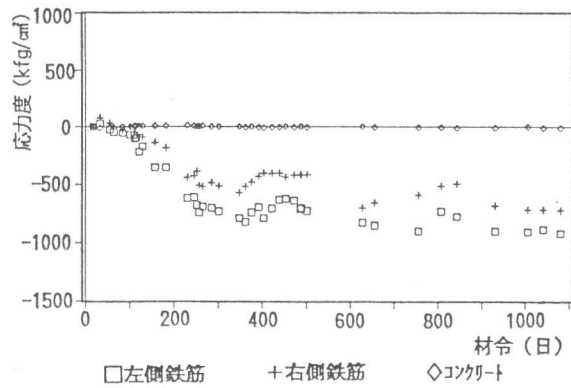


図-9 A3断面応力度

ほぼ同じ動きを示す。また、コンクリートの有効応力計の動きをみると、ほぼ0付近に推移しており、コンクリートの応力度の大きな動きは見られない。

つぎに、柱上部（B3、B4、B5断面）においても、図-10~12に示すように、柱中央部とほぼ同じ動きを示しており、柱の中央部と上部との位置による違いが鉄筋の応力度におよぼす影響は認められない。

また、断面中央部におけるコンクリートのひずみは、はじめに、約材令300日までに100~200 μ 程度まで収縮側へ推移し、以後小さな変動を周期的に繰り返しており、鉄筋の応力度の変動と同じ傾向を示している。

(3)上層梁について

第1径間（B6断面）の上下の鉄筋応力の動きについては、上部鉄筋の応力度は、図-14に示すように、はじめに、材令約300日までに、1200kgf/cm²程度まで圧縮側に推移し、それ以降にはその点を基に ± 250 kgf/cm²程度の振動きを示している。これに対して、下部鉄筋の応力度は、約材令300日までに若干圧縮側となるが、その後急激に引張側へ推移し、約500日で700kgf/cm²程度となり、それ以降その点を基に ± 250 kgf/cm²程度の振幅

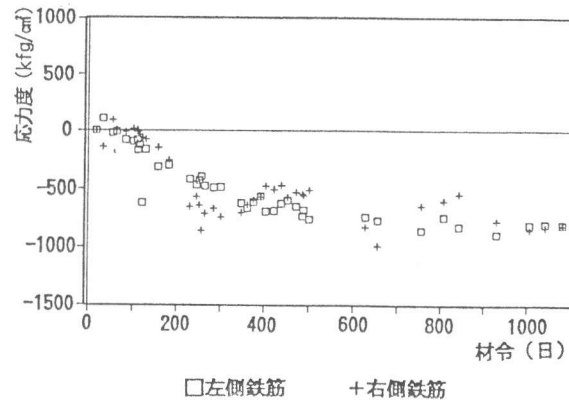


図-10 B3断面鉄筋応力度

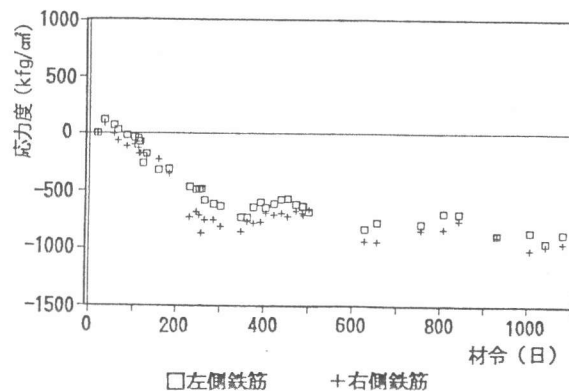


図-11 B4断面鉄筋応力度

で周期的に動いているまた、断面中心のコンクリートひずみは、図-16に示すように、若干収縮側に推移するものの、ほぼ0付近で横ばいとなり、大きなひずみは発生していない。

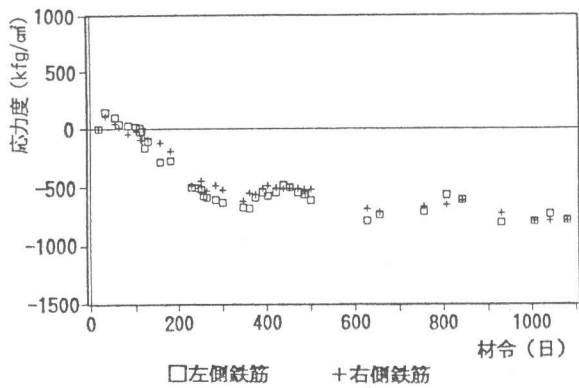


図-12 B5断面鉄筋応力度

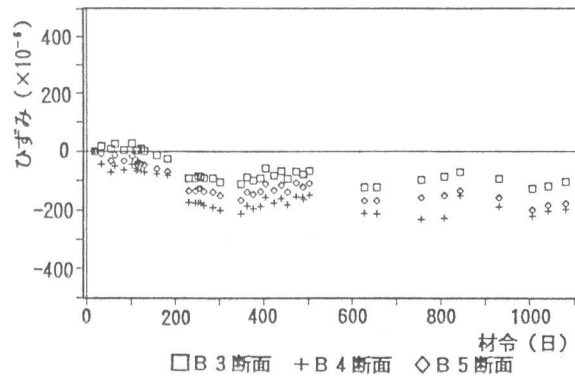


図-13 柱上部コンクリートひずみ

つぎに、第2径間（B7断面）では、
図-15に示すように、第1径間と鉄筋の
応力度はほぼおなじ動きをするものの、
第1径間では約材令1000日で上下の鉄筋
応力度の開きは2100kgf/cm²程度であるの
に対し、第2径間では1600kgf/cm²程度と
なっており、中央径間よりも外側径間で
は上下の鉄筋応力度の開きが大きくなっ
ている。

また、断面中央部におけるコンクリート
のひずみについては、図-16に示すよ

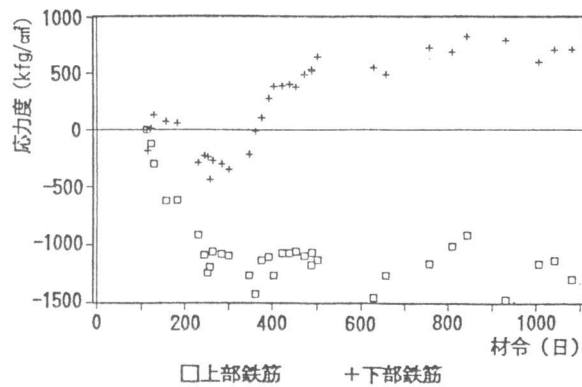


図-14 B6断面鉄筋応力度

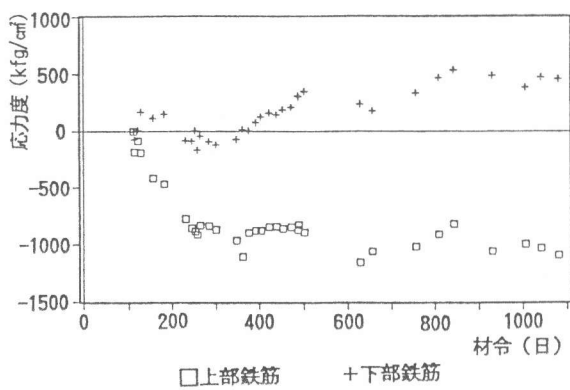


図-15 B7断面鉄筋応力度

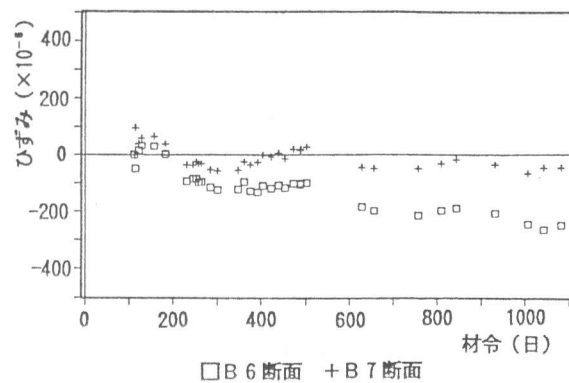


図-16 上層梁コンクリートひずみ

うに、材令初期において50 μ 程度の伸長傾向を示し、その後約材令300日程度まで収縮側へ推移し、それ以降この点を中心に $\pm 50\mu$ 程度の振幅で周期的な動きを示している。

なお、図-17、18の外気温、湿度の動きと比較すると、上層梁の鉄筋応力度は、夏期（外気温、湿度共に高い時期）には圧縮側へ動き、冬期（外気温、湿度共に低い時期）には引張側へ動くようである。

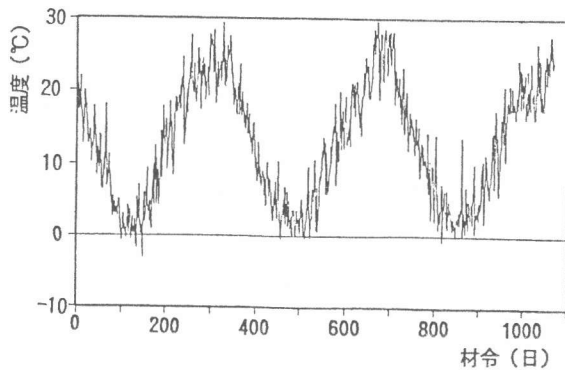


図-17 日平均気温

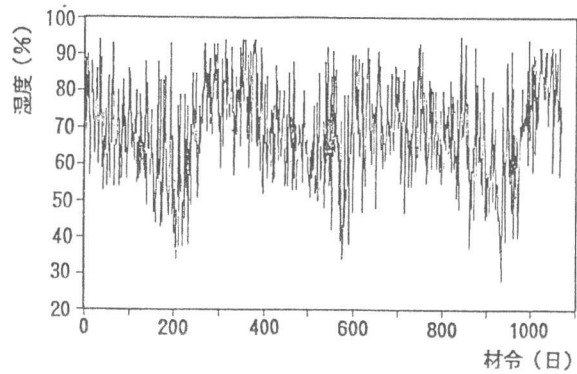


図-18 日平均湿度

4. 考察

本高架橋における3年4か月までの鉄筋の応力度、コンクリートの応力度およびひずみの測定により得られた主な結果を以下に示す。

- (1) 柱および梁の鉄筋応力度は、材令300日程度までに圧縮側へ推移し、その後は周期的な動きを示す。材令300日程度までに圧縮側へ推移する傾向は、コンクリートのクリープ・乾燥収縮の影響であると考えられる。
- (2) 地中梁の鉄筋応力度については、地上部材に見られる材令初期における圧縮側への推移が認められない。これは、地中梁は埋め戻し土により覆われ地上部材ほど乾燥収縮が進行しないことが原因であると推定される。また、地上部材と同様に、鉄筋応力度は周期的な動きを示す。
- (3) 梁部材における鉄筋応力度の周期的な動きは、外気温や湿度の動きと密接に関係し、夏期には圧縮側に、冬期には引張側に推移するようである。この傾向は、地中梁においては杭、上層梁においては柱による拘束をそれぞれ受け、その結果部材が膨張傾向にある時に圧縮応力が発生し収縮傾向にある時に引張応力が発生するためであると推定される。
- (4) 柱の鉄筋応力度については、位置による違い（中央部と上部）は本高架橋の形状ではあまり大きくない。これは、位置により軸力が大きく変化しないことと、径間数が少ないため梁の伸縮による影響が柱に働く軸力に対して小さいことが原因と考えられる。

謝辞

今回の測定にあたっては、東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所工事管理室の皆様にご協力を頂いた。ここに深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 石橋忠良・北後征雄・吉野伸一・斉藤啓一・松田 猛：RCラーメン高架橋の温度・乾燥収縮の影響に関する調査(1)、構造物設計資料、No.77、pp18-24、1984.3
- 2) 石橋忠良・北後征雄・吉野伸一・斉藤啓一・松田 猛：RCラーメン高架橋の温度・乾燥収縮の影響に関する調査(2)、構造物設計資料、No.78、pp34-38、1984.6
- 3) 近藤純司・佐々木光春・大槻茂雄：鉄道高架橋の応力測定、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、pp932-933、1993.9
- 4) 気象官署気象月表(福島)：平成2年1月～平成3年10月、福島地方気象台