

3. 橋の応力状態を把握するための調査及び解析

3.1. 測量による橋の変形形状の把握

水準測量及び3D測量により、上部工と橋脚の変形形状の計測を実施した。

3.1.1. 測量内容

(1) 水準測量

水準測量による標高取得位置を図3.1に示す。東側防護柵の地覆りベット頭部を測量のターゲットとし、取得した高さから断面形状から路面標高を算出した。

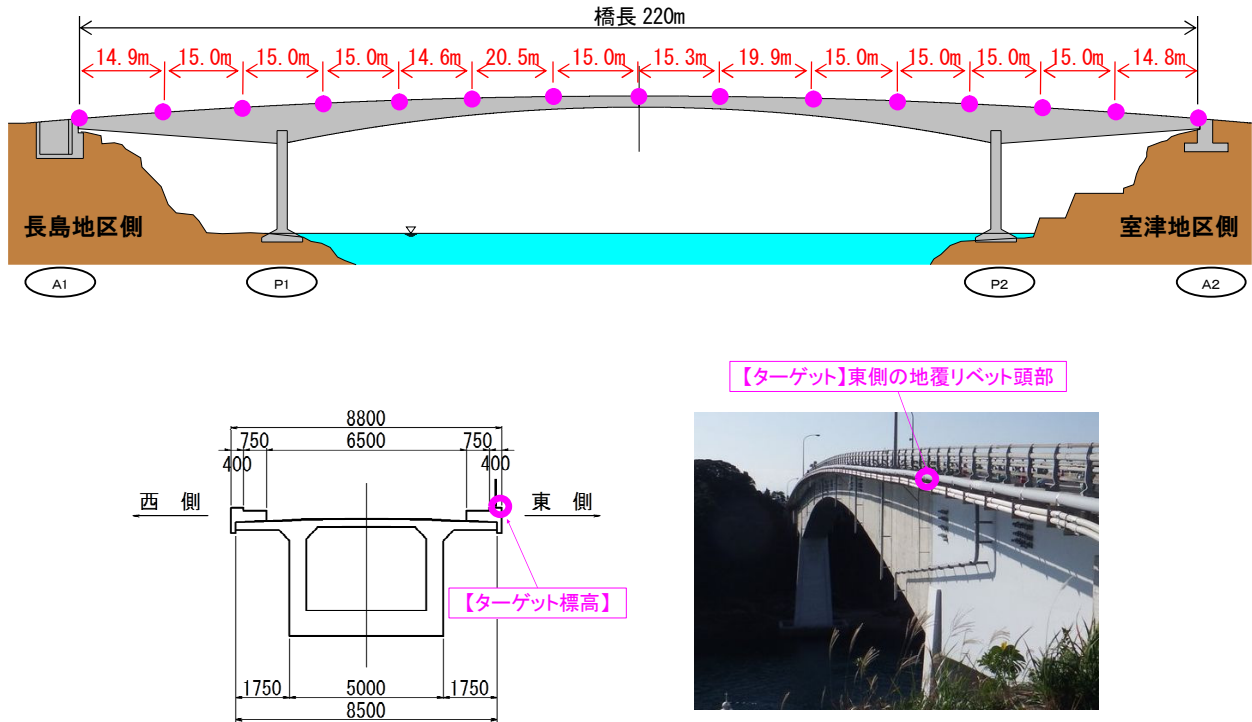


図 3.1 水準測量による標高取得位置

(2) 3D 測量

図3.2に示す範囲に対して、3D測量を実施した。

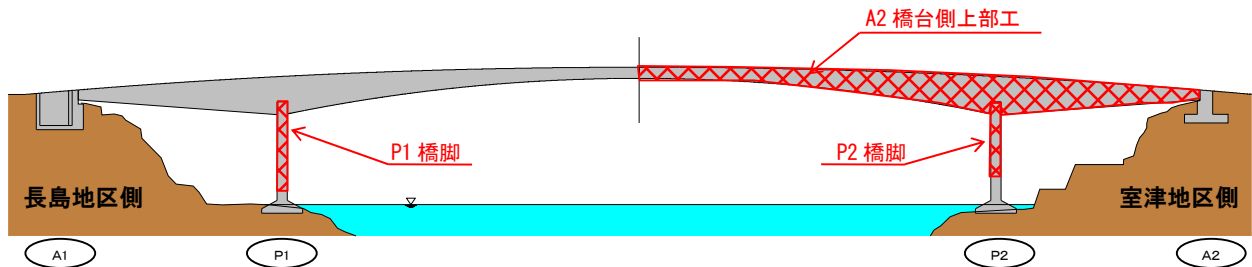


図 3.2 3D 測量の実施範囲

3.1.2. 測量結果

(1) 標高の変化

水準測量の結果、路面に著しい折れ曲がり等はみられなかったものの、A2 橋台部が 200mm 程度上方へ変形し、中央ヒンジ部で 200mm 程度の垂れ下がりが生じていることを確認した（図 3.3 参照）。

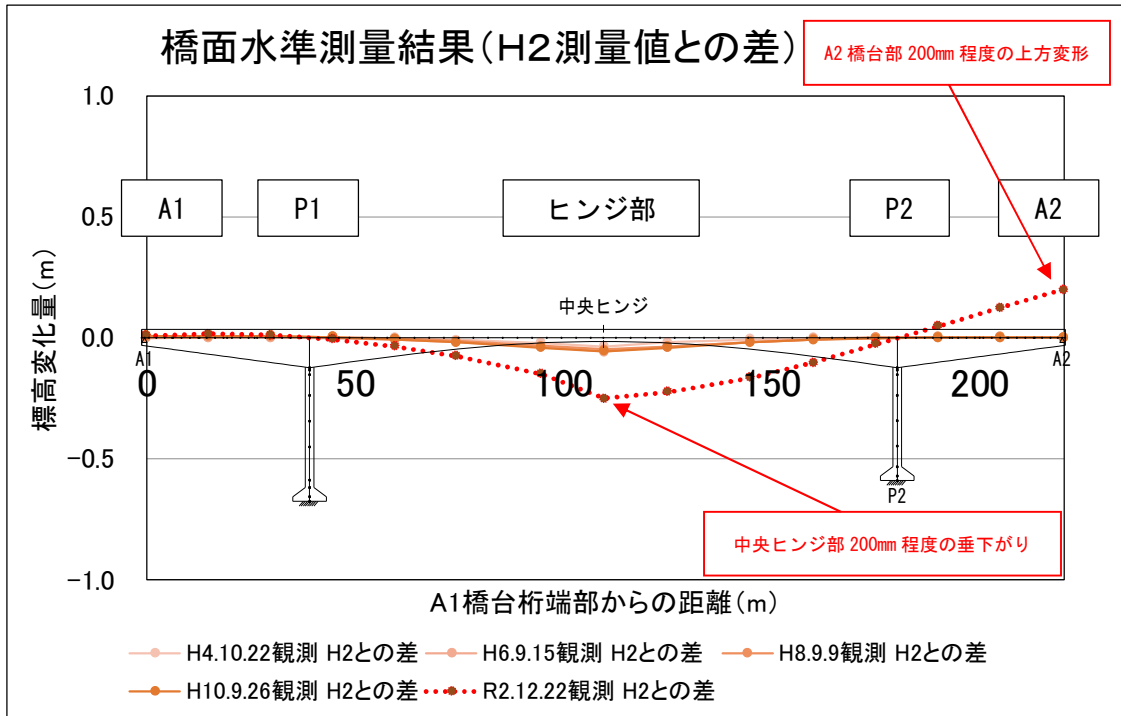


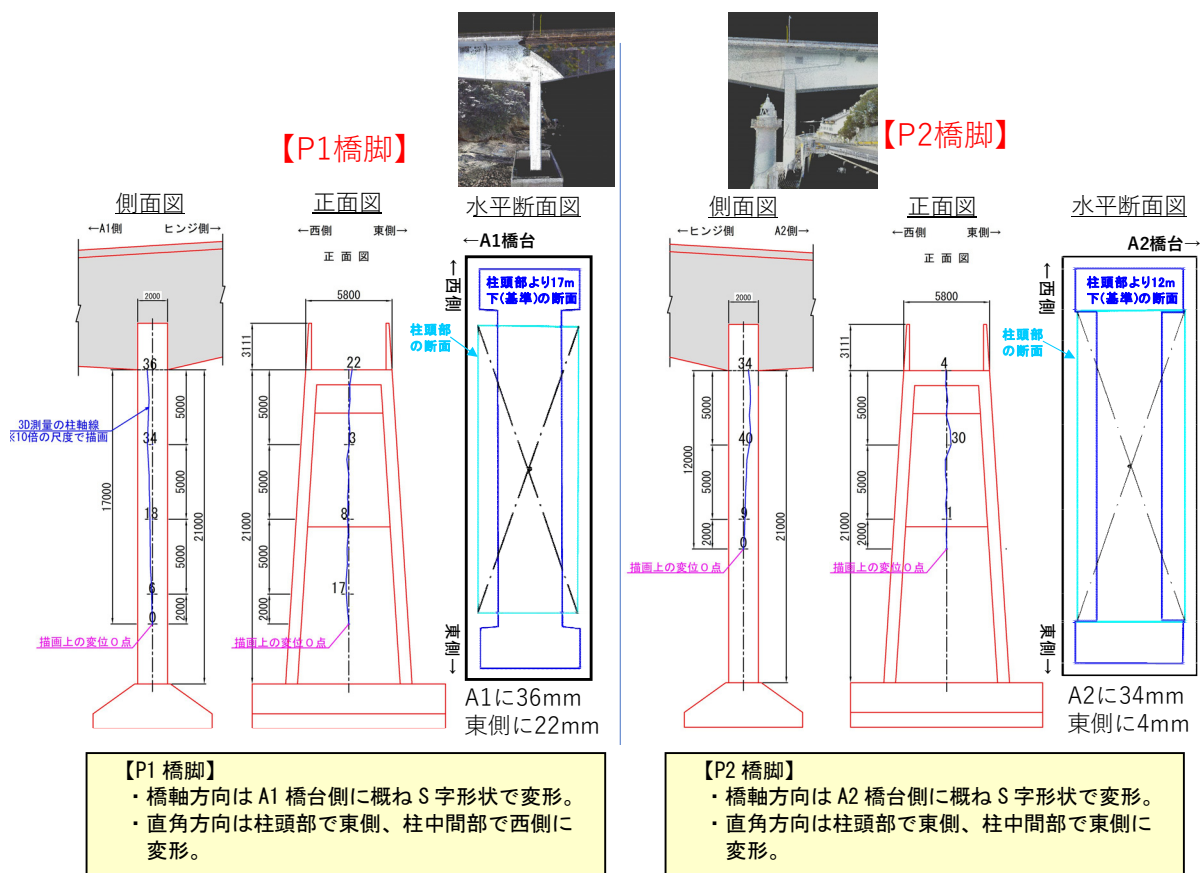
図 3.3 路面標高の計測結果

なお、中央ヒンジ部の伸縮装置位置での路面の段差は、段差発生前の平成 15 年度調査時、及び段差発生後の緊急外観調査時に計測されている。何れの調査時も A1 橋台主桁側と比較して A2 橋台主桁側が下がっていたが、平成 15 年度調査時の段差は 10mm、緊急外観調査時は 20mm であった。

(3) 橋脚の変形状況

3D 測量による計測結果と竣工当時の図面を重ね合わせて比較を行い、変形状況を把握した。比較する際は、図 3.5 に示すとおり、3D 測量で計測できた橋脚の最下点（P1 橋脚は、柱頭部から 17m 下方、P2 橋脚は柱頭部から 12m 下方）が移動していないと仮定して、ゼロ点として固定した上で比較を行った。比較した結果は以下のとおり。

- ① P1 橋脚及び P2 橋脚ともに、柱頭部が橋台側へ傾いていた。
- ② P1 橋脚柱頭部の橋軸方向の変位量は、A1 橋台側に 36mm であった。また、P2 橋脚柱頭部の変位量は、A2 橋台側に 34mm であった。
- ③ P1 橋脚の橋軸直角方向の変位量は、柱頭部で東側に最大 22mm、柱中間部で西側に最大 17mm であった。
- ④ P2 橋脚の橋軸直角方向の変位量は、柱頭部で東側に最大 4mm、柱中間部で東側に最大 30mm であった。



※測量を実施できた柱頭部から 17m をゼロ点として作図

※測量を実施できた柱頭部から 12m をゼロ点として作図

図 3.5 橋脚の変形状況

3.2. 測量結果と解析結果の比較

段差発生後の応力状態や各部位への影響を把握するために、測量結果と解析結果の比較を行った。

3.2.1. 解析内容・条件

(1) 解析手順・条件

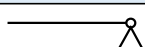
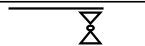
解析は、段差発生前及び段差発生後ともに、弾性はり要素の2次元フレーム解析で実施した。まず、竣工当時の計算書から上部工の施工ステップごとの応力状態を算出し、加えてB活荷重及び耐震補強完了時の応力状態を復元して、段差発生前の応力状態（段差発生前の初期応力状態）を解析した。次に、段差発生後の解析モデルとして、A2橋台の支点条件に3つのケースを想定し、測量結果との比較を行った。なお、死荷重には、B活荷重・地震時補強で設置した各ケーブルの定着ブロック、建設時のプレストレス二次力・クリープ・乾燥収縮、及びB活荷重補強の外ケーブルの緊張により発生するプレストレス二次力・クリープを考慮している。

上部工のモデル化では、桁の剛性に加え既設PC鋼材とB活荷重補強の外ケーブルの剛性を考慮した。また、下部工のモデル化では鉄筋をコンクリート換算した断面の剛性を考慮し、炭素繊維補強や落橋防止ケーブルは考慮していない。なお、橋脚は、柱頭部を剛結とするラーメン構造でモデル化し、橋脚基礎は固定として解析を行った。

(2) 段差発生前の支点条件

支点条件は、表3.1に示す条件を設定して解析を行った。

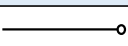
表 3.1 支点条件（段差発生前）

段差発生前 橋台・ヒンジ部 支点条件	
A1・A2橋台	鉛直・水平 拘束、回転 拘束無 
ヒンジ部	鉛直 拘束、水平・回転 拘束無 

(3) 段差発生後の支点条件

段差発生後の状態を、A2橋台の支点条件を変更することにより考慮して、表3.2に示す3つのケースを設定して解析を行った。なお、2章の図2.8に示すとおり、鉛直PC鋼棒と水平PC鋼棒の取り付け位置は異なるが、鉛直方向、水平方向及び回転の支点条件は、上部工梁モデル上の橋台部の同一節点上に設定した。なお、A1橋台とヒンジ部の支点条件は段差発生前の解析と同様である。

表 3.2 支点条件（段差発生後）

段差発生後 A2橋台 支点条件	
ケース1	鉛直・水平・回転 拘束無 
ケース2	水平 拘束、鉛直・回転 拘束無 
ケース3	水平 バネ支持、鉛直・回転 拘束無 

水平バネ支持としたケース3における水平バネ値の設定は、耐震補強で設置した主桁-橋台連結外ケーブルがバネとして作用するものと仮定し、外ケーブルのバネ値より設定した。

- 5,000kN (500tf) 級外ケーブル1本あたりの水平バネ : 23,824kN/m
- 設置本数 : 8本
- A2橋台部支点の水平バネ値 23,824kN/m×8本 : 191,000kN/m

3.2.2. 段差発生前の応力状態の解析結果

(1) 施工ステップを考慮した応力状態の解析結果

主要な施工ステップにおける応力分布図を図 3.6～図 3.9 に示す。本解析結果は、B 活荷重及び耐震補強完了時の解析に反映した。

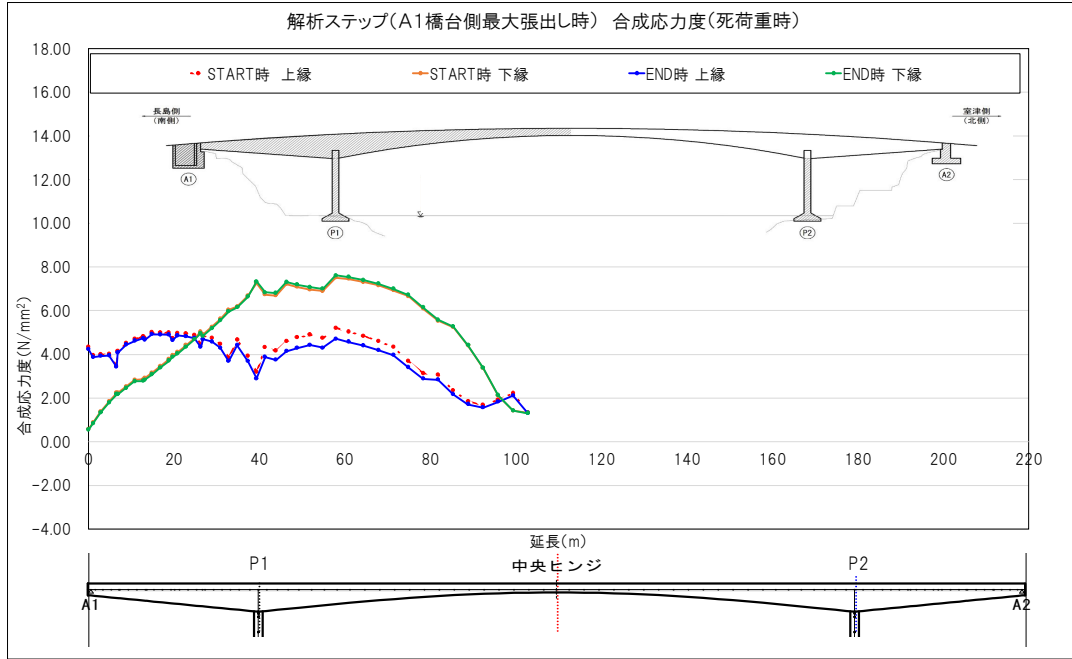


図 3.6 A1 橋台側最大張出時の合成応力度（死荷重時）

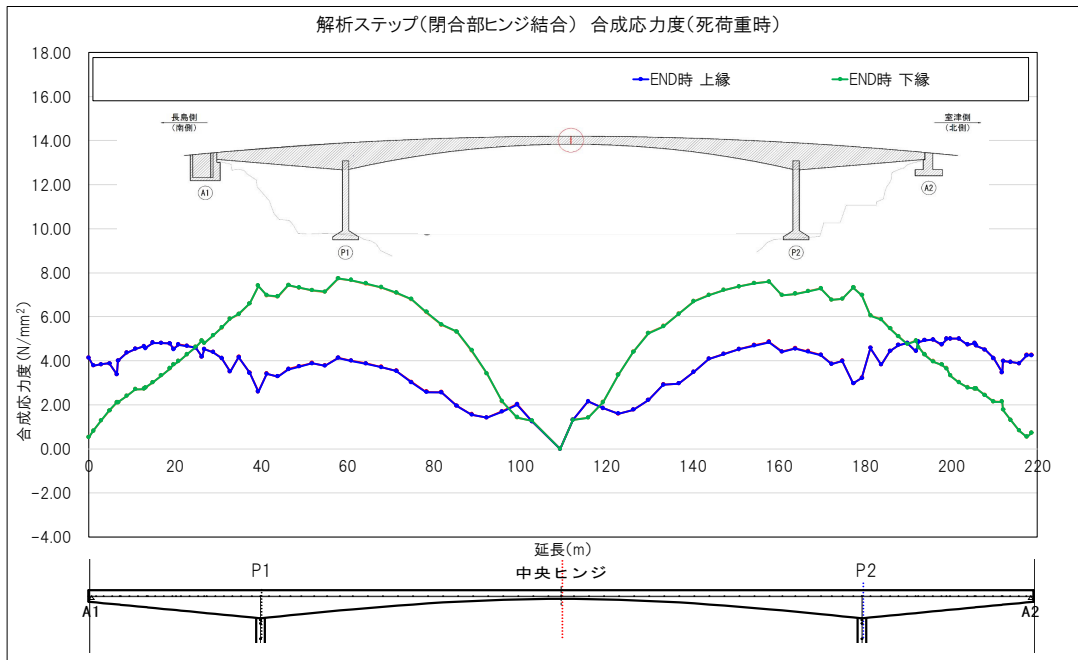


図 3.7 閉合部ヒンジ結合時の合成応力度（死荷重時）

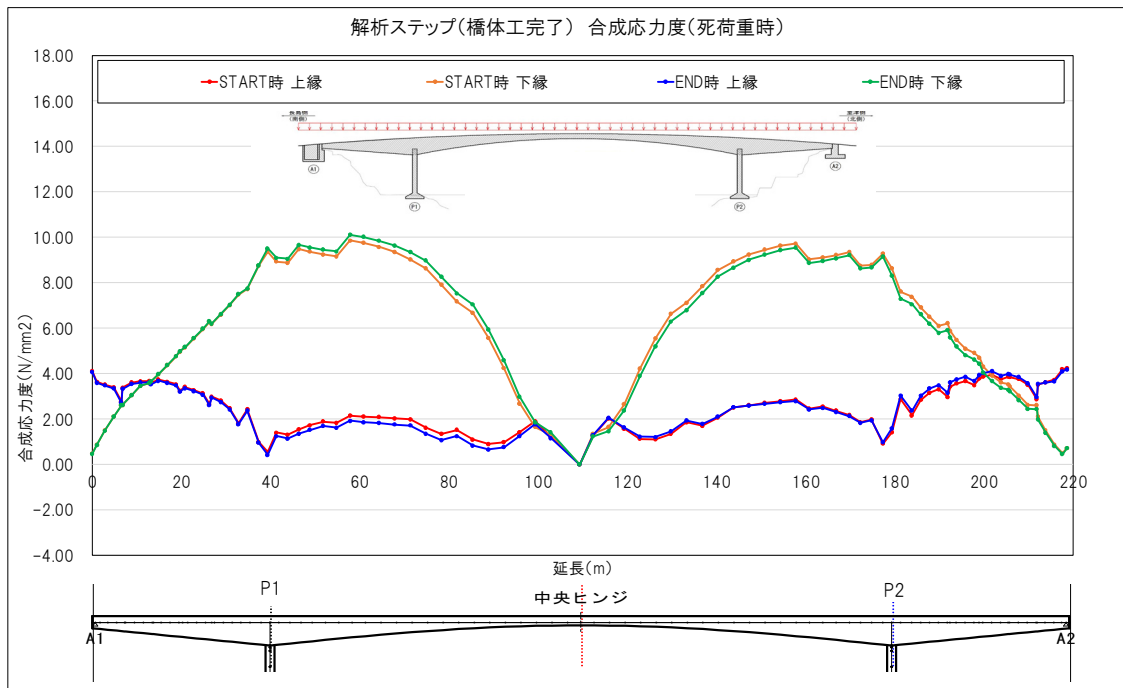


図 3.8 橋体工完了時の合成応力度 (死荷重時)

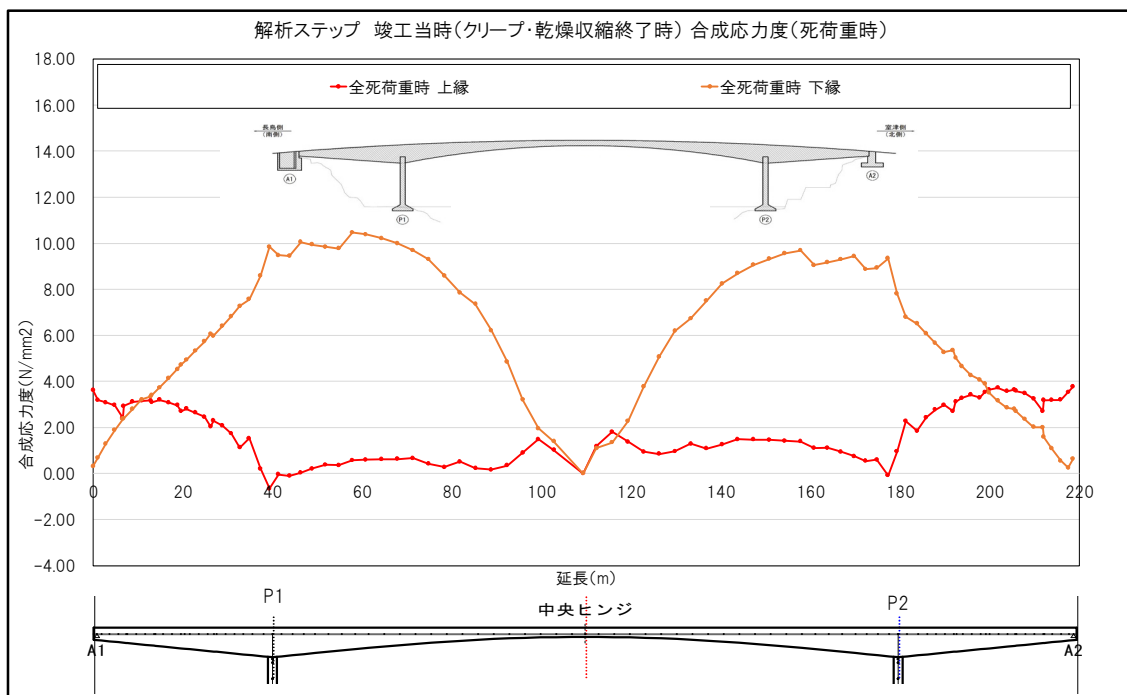
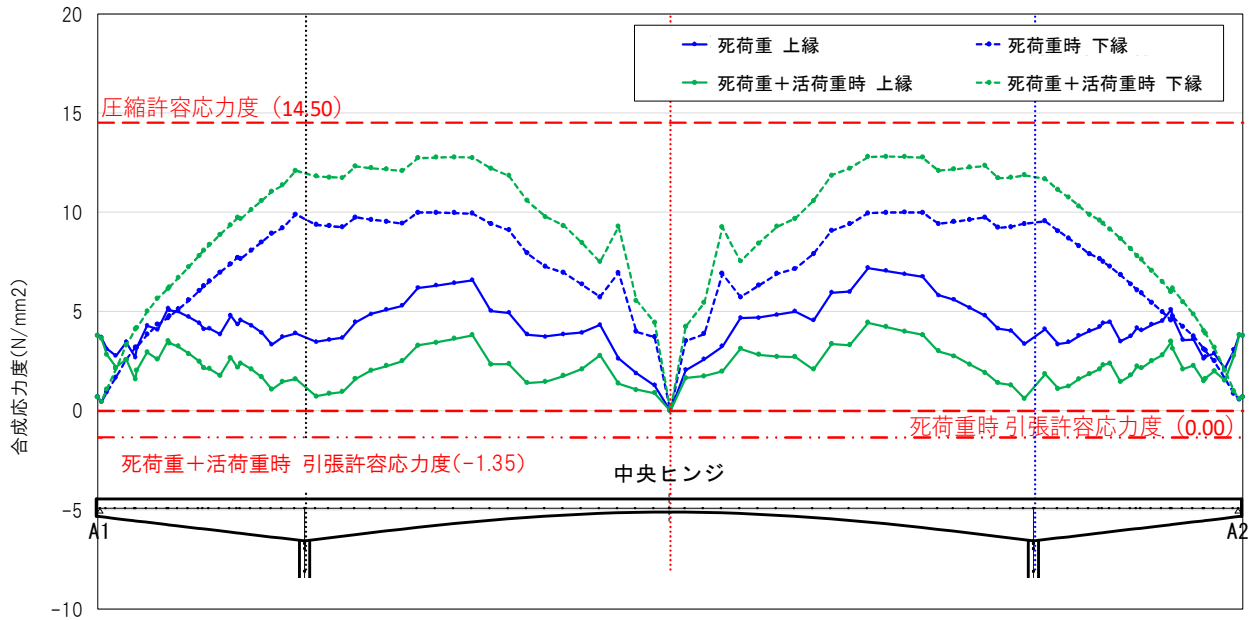


図 3.9 竣工当時 (クリープ・乾燥収縮終了時) の合成応力度 (死荷重時)

(2) 段差発生前の応力状態の解析結果

施工ステップを考慮した竣工当時の応力状態を反映し、B活荷重及び耐震補強が完了した後の、段差発生前のコンクリートの応力分布図を図3.10に示す。なお、計算された断面力から応力度を算出するにあたっては、補強のために設置した炭素繊維や外ケーブルとコンクリートとの応力分担を考慮しておらず、全てをコンクリート断面が負担するものとして算出した。

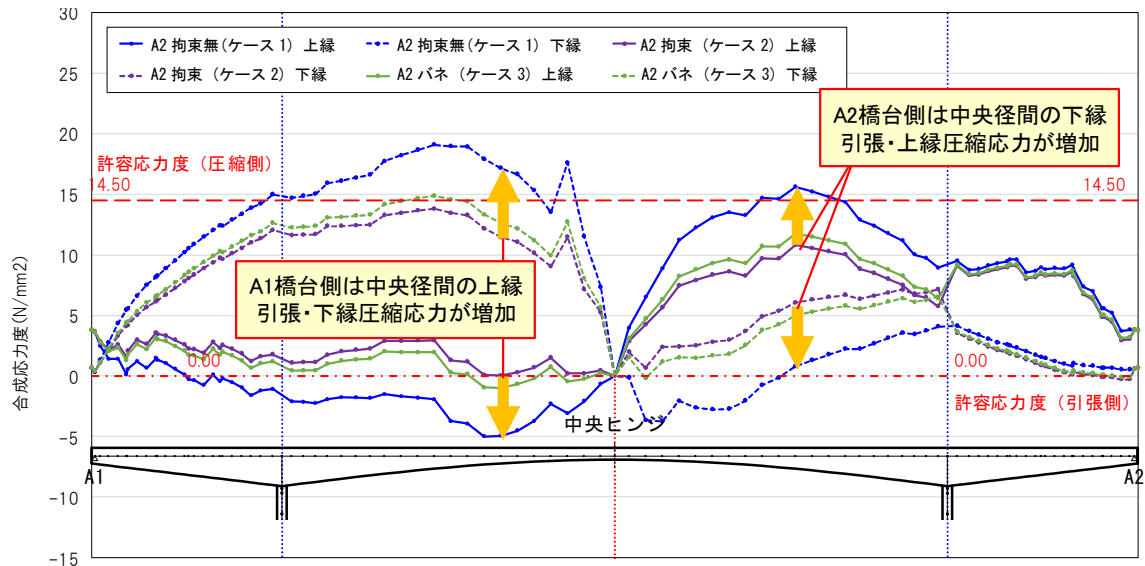


※許容応力度は、コンクリートの許容応力度を示す。

図 3.10 段差発生前の応力分布図（死荷重時・死荷重+活荷重時）

3. 2. 3. 段差発生後の応力状態の解析結果

段差発生後における死荷重時の応力分布図を図 3. 11 に示す。上部工については A2 橋台側の桁が A1 橋台側の桁にもたれた状態となり、合成応力が増加している可能性があることが推定され、特に中央径間において、A1 橋台側は上縁引張・下縁圧縮、A2 橋台側は下縁引張・上縁圧縮の応力が厳しくなっている可能性があることが推定された。



※許容応力度は、コンクリートの許容応力度を示す。

図 3. 11 段差発生後の応力分布図 (3 ケース分を表示)

橋脚の曲げモーメントは、P2 橋脚の柱頭部から中間部にかけて、死荷重時で降伏曲げモーメントを超過している可能性も推定された (図 3. 12 参照)。ただし、竣工当時の設計では、橋脚柱頭部の拘束条件をピン可動結合に置き換えて評価している。このため、柱頭部の桁断面に着目すれば、本解析の橋脚を弾性体とし、柱頭部を剛結合として評価したモデルで算出される断面力は、竣工当時の設計計算モデルの境界条件を用いて算出される断面力よりも大きく算出されるため、安全側の評価と考えられる。一方で、橋脚の柱頭部については、既に発生しているひびわれについて、せん断破壊に移行する兆候を監視するなど、せん断に対する安全性には注意が必要である。

また、図 3. 11 に示した段差発生後の応力状態に関する解析では、中央ヒンジ部をあくまでピン結合 (鉛直力のみを受け渡す構造) として評価している。

実際には、中央ヒンジ部でのジョイント部の段差が、A2 橋台部での段差発生前後を比べると増えており、中央ヒンジ部の噛み込みで曲げモーメントあるいは水平力を少なからず受け渡すなど、複雑な拘束条件となっている可能性が高いため、本復旧の検討に際してはこの点にも留意する必要がある。

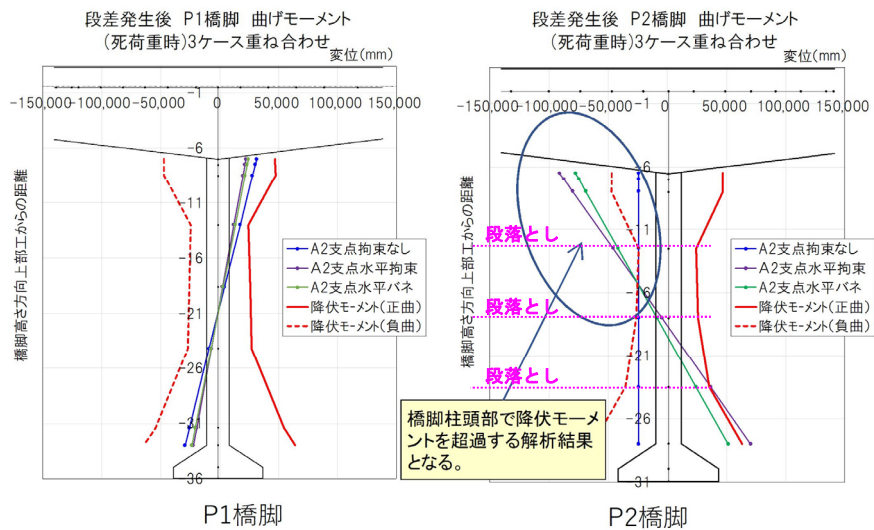


図 3.12 解析による下部工の曲げモーメント図

3.2.4. 測量結果と解析結果の比較

(1) 上部工の変形形状

測量で確認された桁の変形形状と解析による変形形状の結果を比較した。解析では、A2 橋台側の拘束条件を「水平バネ」モデルとしたケース 3 の方が、「水平拘束」モデルとして解析したケース 2 の変形形状よりも、測量結果と近似していた（図 3.13 参照）。

図 3.11 で推定した死荷重時の応力状態と同様、上部工については A2 橋台側の桁が A1 橋台側の桁にもたれた状態が推定された。

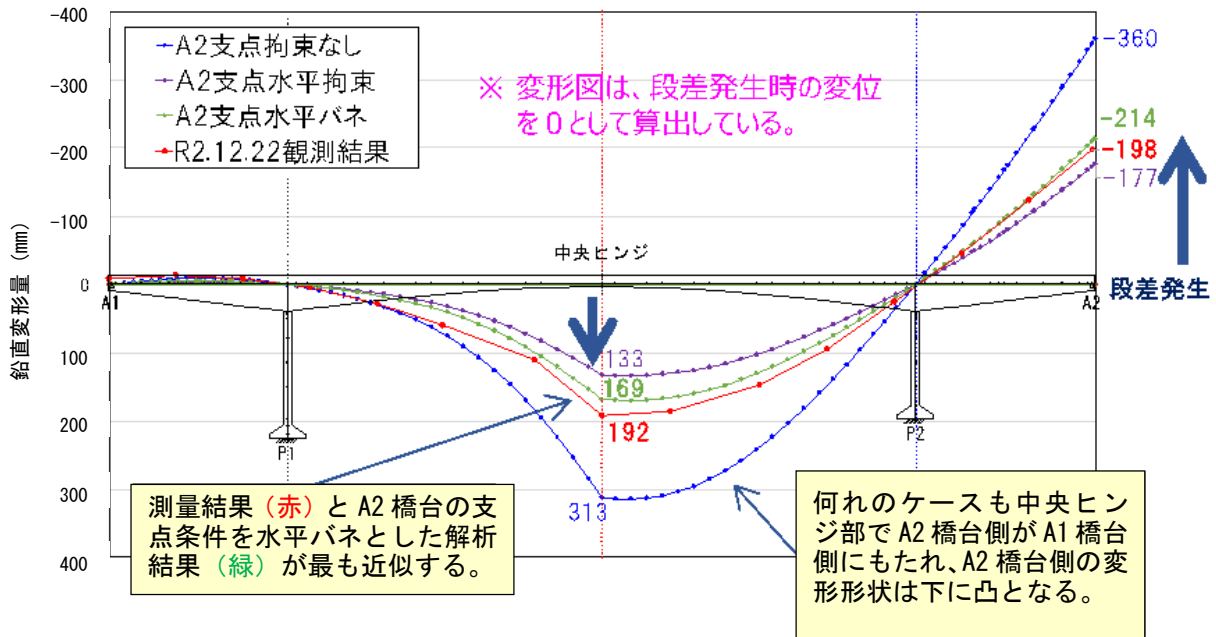


図 3.13 桁の変形形状に関する測量・解析結果の比較

(2) 橋脚の変形形状

橋脚の変形形状を比較した結果、A2 橋台側の拘束条件を「水平拘束」および「水平バネ」とした 2 ケースが、測定結果の S 字の変形モードが傾向として一致することを確認した（図 3.14 参照）。

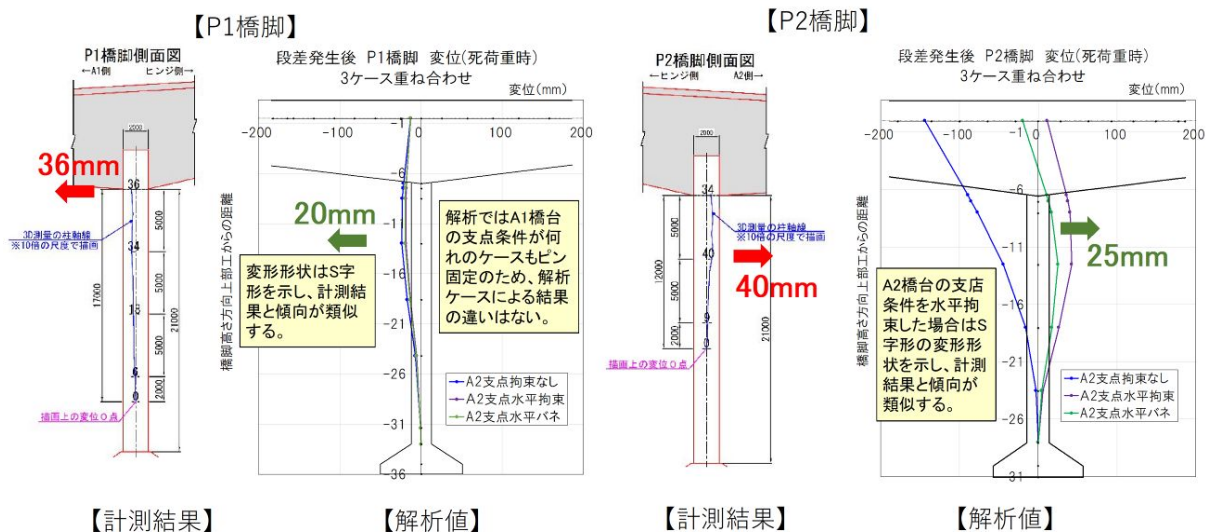


図 3.14 橋脚の変形形状に関する測量・解析結果の比較

(3) 測量結果の重ね合わせによる桁の変形状の推定

水準測量により得られた上部工の鉛直変位について、橋脚の変形に起因するものか、桁のたわみ変形に起因するものか、解析データをもとに分析した。その結果を図 3.15 に示す。解析により求めた橋脚柱頭部の傾きに対して接線を描き、中央ヒンジ部の変位量を求めたところ、A2 橋台側で 324mm となり、水準測量の結果と比較して、130mm 下方に移動量が増大した。これは、A2 橋台側の桁が、A1 橋台側の桁へもたれかかり、A1 橋台側の桁のたわみ量によって A2 橋台側の桁のたわみ量が抑制されていると推定された。したがって、段差発生により、ゲレンク沓を介して、A1 橋台側に応力的な負荷がかかっている可能性がある。

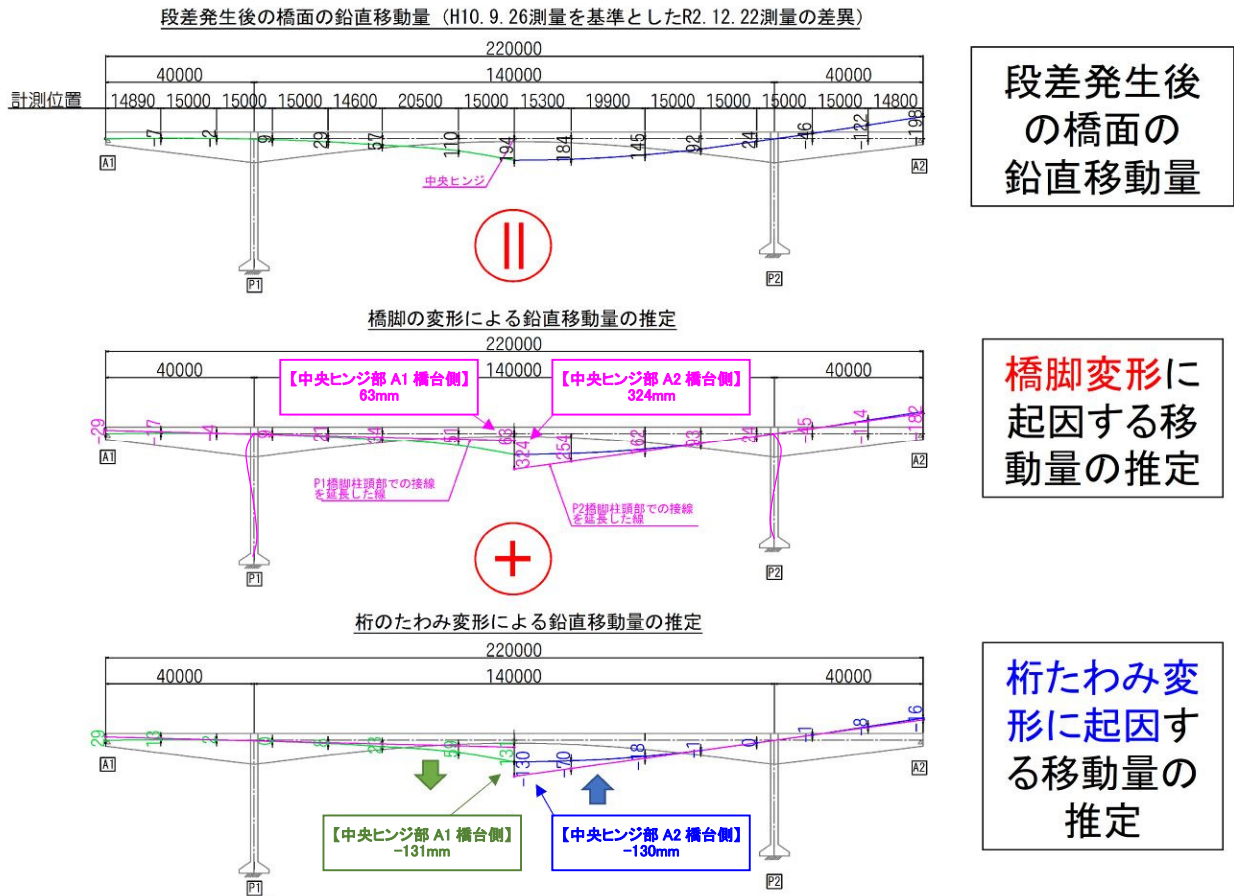


図 3.15 上部工鉛直変位の発生要因 (推定)

3.2.5. 測量結果と解析結果の比較から推定される応力への影響

測量結果と解析結果の比較から、以下に示す応力への影響が推定された。

- ① 上部工についてはA2橋台側の桁がA1橋台側の桁にもたれた状態となり、合成応力度が増加していることが推定された。特に中央径間において、A1橋台側は上縁引張・下縁圧縮、A2橋台側は下縁引張・上縁圧縮の応力が厳しくなっていることが推定された。
- ② 測量結果の重ね合わせと解析結果から、A2橋台側の桁が、A1橋台側の桁へもたれかかり、A1橋台側の桁によってA2橋台側の桁のたわみ量が抑制されていると推定された。中央ヒンジ部を介してのA2橋台側の桁のA1橋台側へのもたれかかりにより、中央ヒンジ部のゲレンク沓で噛み込みが生じるなど中央ヒンジ部の拘束条件が不明確となっていると推定される。
- ③ 測量により確認された桁（橋面）及び橋脚の変形の状態と解析結果との比較から、段差が生じたA2橋台桁端部は、段差発生後も水平方向に一定量の拘束が残っている状態であると推定された。
- ④ P2橋脚は、解析上は段差発生により柱頭部が降伏したことも推定されたが、柱頭部をピン可動結合として算出された当初設計で想定している上部工及び下部工の断面力分布に比べれば、柱頭部の桁断面の曲げモーメントやせん断力、柱の最大曲げモーメントやせん断力は安全側に評価していると考えられる。

上記に示した応力への影響が推定された一方、本復旧は、以下に示す事項に注意して検討する必要があることを確認した。

- ① 中央ヒンジ部は、ジョイント部の段差が段差発生前後を比べると増えているなど、段差発生によるゲレンク沓の噛み合わせの状態が不明確であり、拘束状態がわからない中で、上部工あるいは下部工の応力状態を解析で正確に再現することが困難となる。したがって、橋の応力状態ができるだけ明瞭になるような復旧を行うことが重要である。
- ② 段差発生によりA2橋台側の桁がA1橋台側の桁にもたれた状態の再現においては、段差が生じたA2橋台桁端部で残存する水平方向の拘束の状態を明らかとした上で検討を進める必要がある。
- ③ 橋脚の柱頭部については、既に発生しているひびわれについて、せん断破壊に移行する兆候を監視するなど、せん断に対する安全性には注意が必要である。
- ④ 橋脚については、本復旧の検討において、柱頭部の結合条件を剛結合として評価して段差発生ステップを再現する場合は、段差発生による橋脚の塑性化の可能性を考慮した解析も実施し、柱頭部以外の断面力への影響を含めて安全側に評価する等、注意が必要である。

3.3. 日々の応答特性

3.3.1. 観測目的

突発的な事象が生じたことや、進行的な変化などの橋の見立てを把握すること、及び本復旧に有用な情報を見出すことを目的として、日々の応答特性を把握した。観測項目と観測目的を表 3.3 に、観測位置図を図 3.16～図 3.20 に示す。なお、上部工コンクリートの応力は、ひずみ計で観測したひずみにコンクリートのヤング係数（竣工当時の設計計算書の値： $3.19 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ ）を乗じて算出し、ひずみ計は、炭素繊維による補強が施されていない断面に設置した。

各観測項目は、温度も含め、1 時間に 1 回の頻度で観測した。分析結果は 3.3.3 に記述する。

表 3.3 観測項目・目的

観測項目	観測機器	観測位置	位置選定の考え方・観測目的
桁の標高変化	GNSS 測量 ターゲット	中央ヒンジ部、 径間部、橋台部	桁の位置、形状の大きな変化を捉えることで、突発的な事象が生じたことや、進行的な挙動を把握することを目的とする。応力状態の厳しい断面を絞り込むには不確実性が大きいいため、これを補うためにも標高変化を確認する。
橋脚の傾斜	傾斜計	P1 及び P2 橋脚 柱頭部 (橋軸・直角)	橋脚柱頭部の傾きを観測することで、突発的な事象が生じたことや、進行的な挙動を把握することを目的とする。
P2 橋脚柱頭部のひびわれ幅	亀裂変位計 (パイゲージ)	P2 橋脚柱頭部	段差発生後の調査で柱頭に確認された水平ひびわれに対し、突発的な事象が生じたことや、進行的な挙動を把握することを目的とする。
A1 橋台端横桁のひびわれ幅	亀裂変位計 (パイゲージ)	A1 橋台端横桁	過去に設置した上下部連結ケーブルの定着ブロックがあり、段差発生後の調査でひびわれが確認されており、突発的な事象が生じたことの把握を目的とする。
上部工 コンクリート の応力	ひずみ計 (ひずみゲージ)	中央ヒンジ部から 17.5m 位置の 中央径間断面	調査・解析により応力状態が厳しいと推定された断面に対し、進行的な変化を把握することを目的とする。

■ 桁の標高変化 (GNSS 測量)

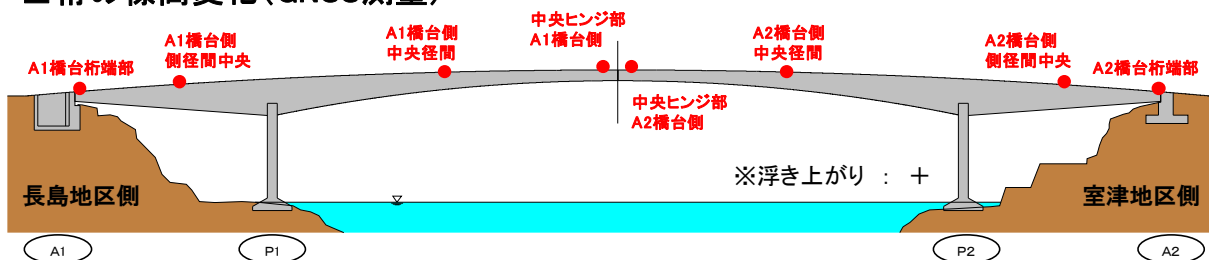


図 3.16 桁の標高変化観測位置図

■橋脚の傾斜(傾斜計)

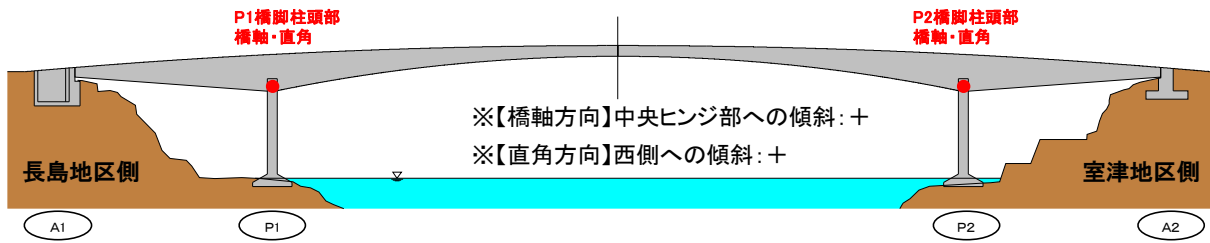


図 3.17 橋脚の傾斜観測位置図

■P2橋脚柱頭部のひびわれ幅(亀裂変位計)

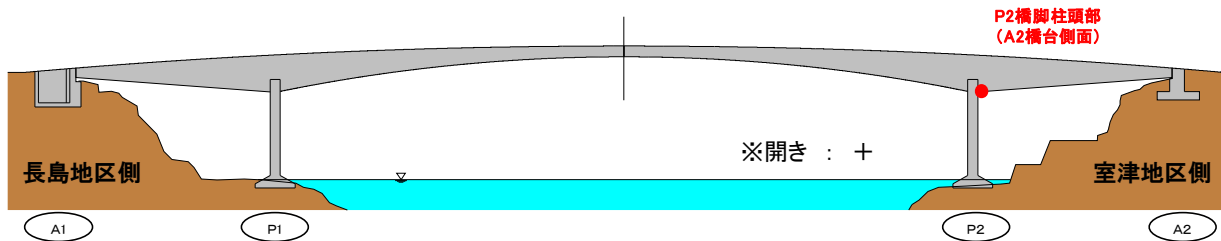


図 3.18 P2 橋脚柱頭部のひびわれ幅観測位置図

■A1橋台端横桁のひびわれ幅(亀裂変位計)

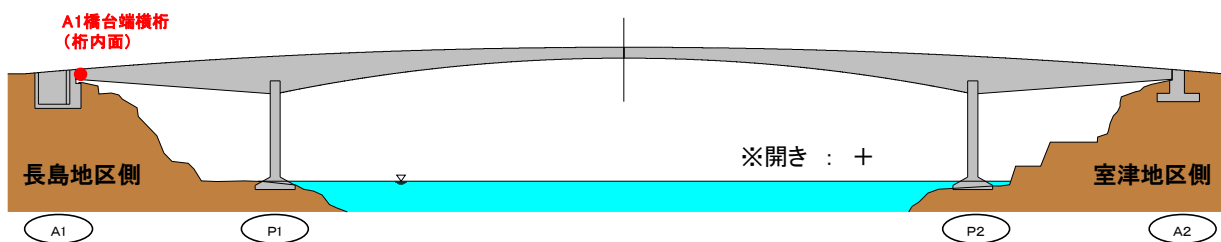
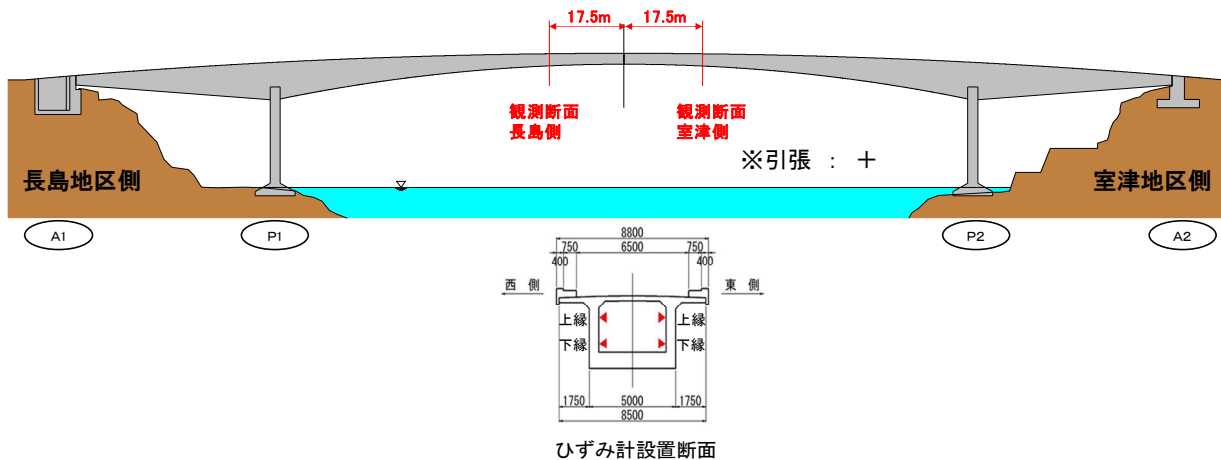


図 3.19 A1 橋台端横桁のひびわれ幅観測位置図

■上部工コンクリートの応力(ひずみ計)



ひずみ計設置断面

図 3.20 上部工のコンクリート応力観測位置図

観測値は常に温度の影響を受けるため、観測値の変化と温度変化との相関を確認した。具体的には、温度と観測値の相関の履歴（ループ）を整理するとともに、ループの中心点の日変化も併せて整理した（整理の方法、イメージは図 3.21 及び図 3.22 を参照）。

- 1) 温度変化と計測値の相関の履歴、計測値の振れ幅、最大・最小値を確認
- 2) 温度変化による変動の影響程度を確認するために、ループの中心点を設定

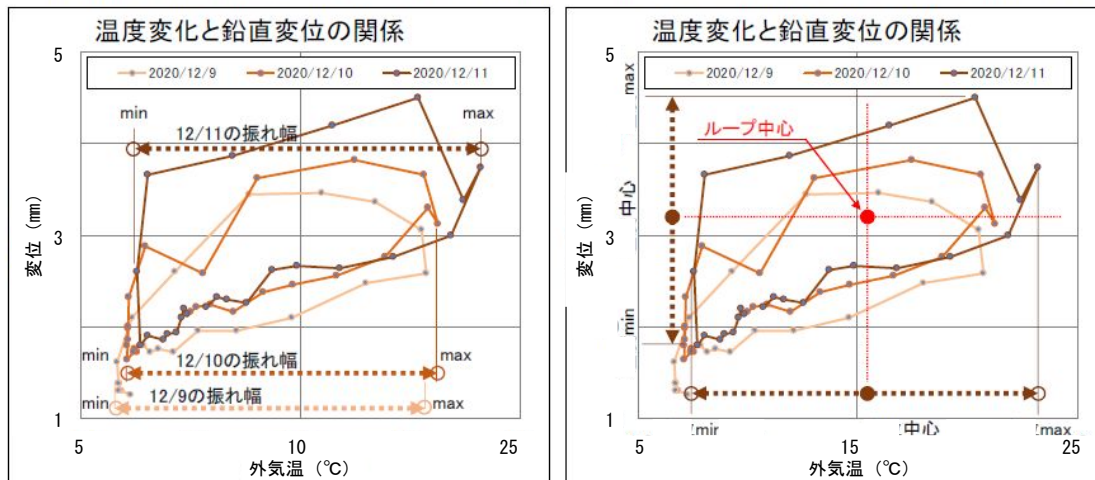


図 3.21 温度変化と計測値のループと中心点の設定方法

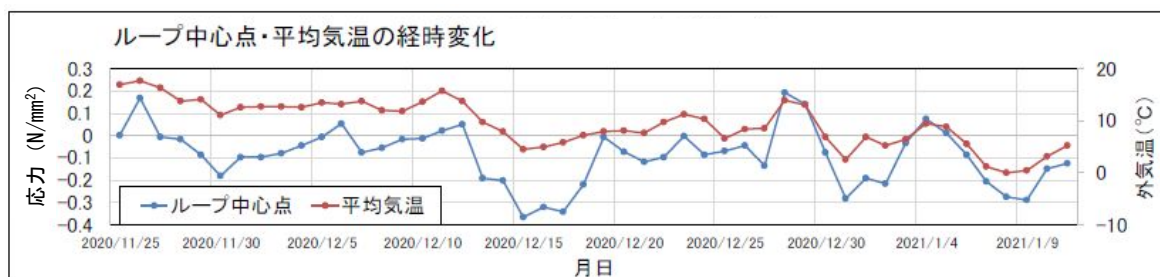


図 3.22 中心点の経時変化のイメージ

3.3.2. 観測結果

以下に、観測による確認結果を示す。

(1) 桁の標高変化

平成2年度の水準測量結果を基準とした、路面標高の変化分布図を図3.23に、温度変化との関連の整理結果を図3.24～図3.25に示す。

- ① 路面標高の変化分布(図3.23)及び日平均気温とループ中心点の変化(図3.25)より、気温が上昇する5月以降、温度上昇につれて標高の変化が鈍化している。
- ② 日平均気温とループ中心点の変化(図3.25)より、日平均気温の変化の勾配と標高変化の勾配は類似しており、標高の上昇沈下が温度変化に相関している。

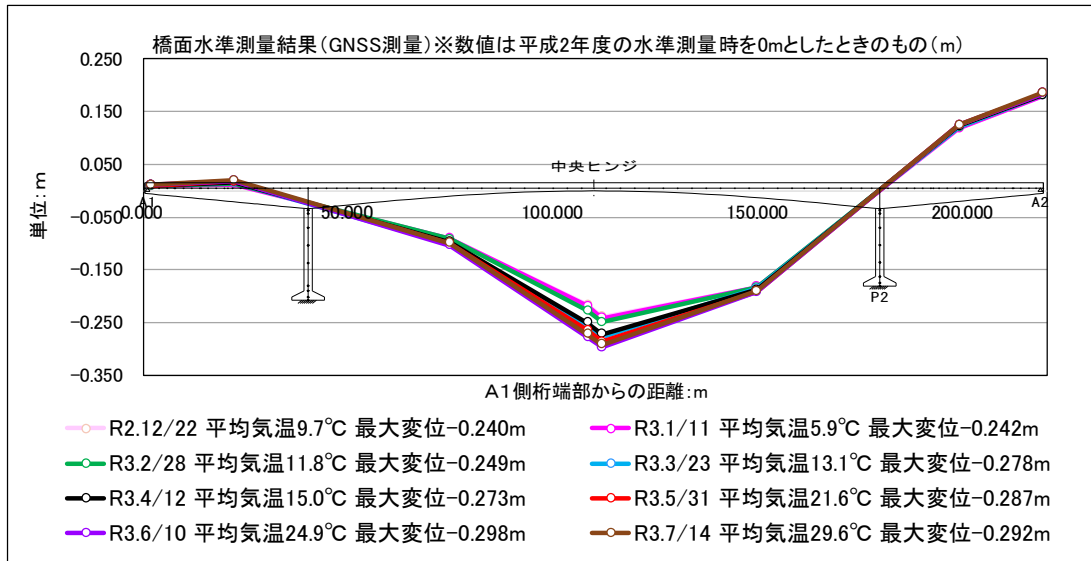


図 3.23 路面標高の変化分布図 (H2 年度水準測量との差)

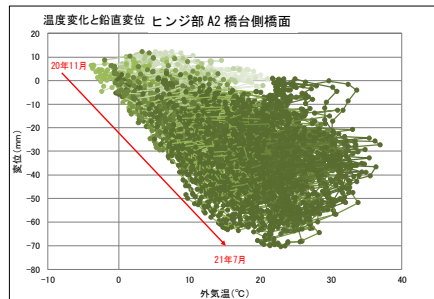


図 3.24 温度と標高変化の相関 (1 時間ごと) 中央ヒンジ部 A2 橋台側

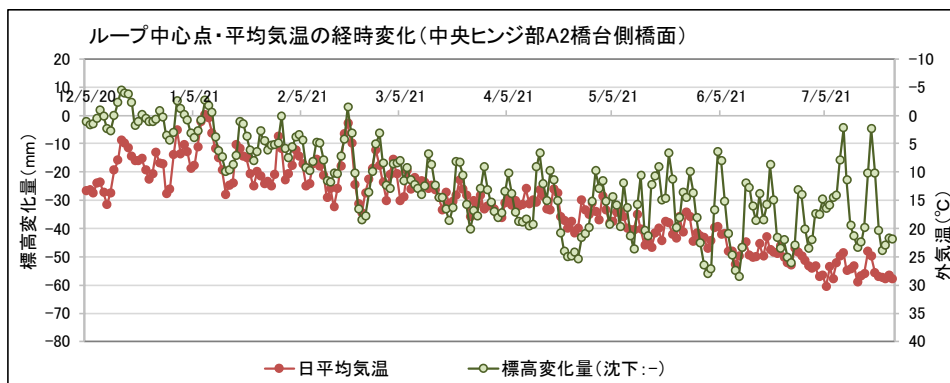


図 3.25 日平均気温とループ中心点の変化 (1 日ごと) 中央ヒンジ部 A2 橋台側

(2) 橋脚の傾斜

P2 橋脚の、傾斜に関する温度変化との相関の整理結果を図 3.26～図 3.29 に示す。

- ① 1 時間ごとの結果 (図 3.26) 及び日平均気温とループ中心点の変化 (図 3.27) より、橋軸方向については外気温の上昇に伴い A2 橋台側に傾斜する傾向が確認され、日平均気温の変化の勾配とループ中心点の変化の勾配は類似し、温度変化に相関している。なお、傾斜の方向は、図 3.5 に示した橋脚の 3D 測量の結果で、P2 橋脚の柱頭部が A2 橋台側へ移動している傾向と類似する。
- ② 1 時間ごとの結果 (図 3.28) からは、橋軸直角方向については外気温の上昇低下に伴う傾斜方向の傾向が伺えなかった。
- ③ 日平均気温とループ中心点の変化 (図 3.29) より、橋軸直角方向については、時間が経過するほど東側に傾斜している傾向が確認され、応力状態も変化していることが考えられる。なお、傾斜の方向は、図 3.4 に示した上部工の 3D 測量の結果で、上部工が東側へ傾斜している傾向と類似する。
- ④ 日平均気温とループ中心点の変化 (図 3.27) より、橋軸方向については気温が上昇する 5 月以降、温度上昇に対して傾斜の変化が鈍化している。

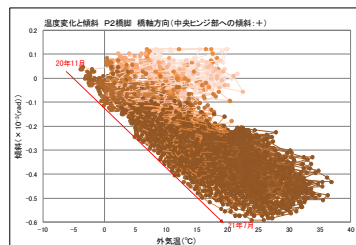


図 3.26 温度と傾斜変化の相関 (1 時間ごと) P2 橋脚橋軸方向

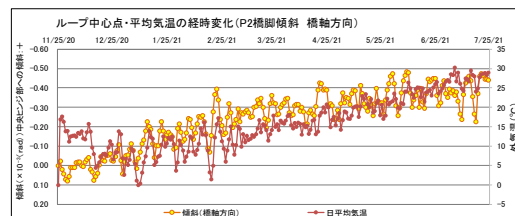


図 3.27 日平均気温とループ中心点の変化 (1 日ごと) P2 橋脚橋軸方向

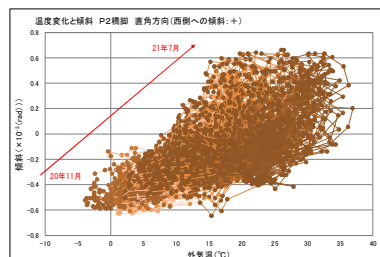


図 3.28 温度と傾斜変化の相関 (1 時間ごと) P2 橋脚橋軸直角方向

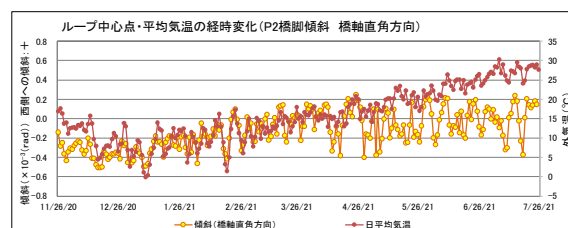


図 3.29 日平均気温とループ中心点の変化 (1 日ごと) P2 橋脚橋軸直角方向

(3) P2 橋脚柱頭部のひびわれ幅

P2 橋脚柱頭部の、ひびわれ幅に関する温度変化との相関の整理結果を図 3.30～図 3.32 に示す。

- ① 1 時間ごとの結果 (図 3.30) 及び日平均気温とループ中心点の変化 (図 3.31) より、外気温の上昇に伴いひびわれが閉じる傾向が確認され、日平均気温の変化の勾配とループ中心点の変化の勾配は類似しており、温度変化に相関している。
- ② 日平均気温とループ中心点の相関 (図 3.32) より、ループに顕著な折れ形状はみられず、線形に近い。

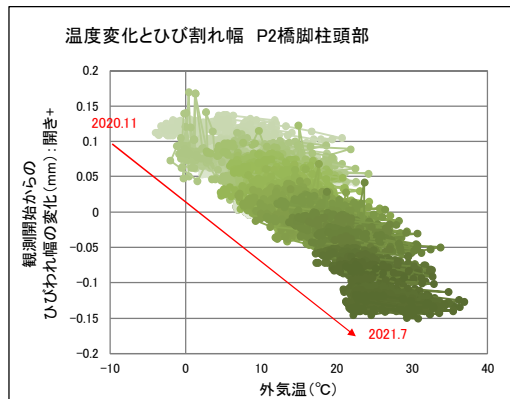


図 3.30 温度とひびわれ幅変化の相関 (1 時間ごと) P2 橋脚柱頭部

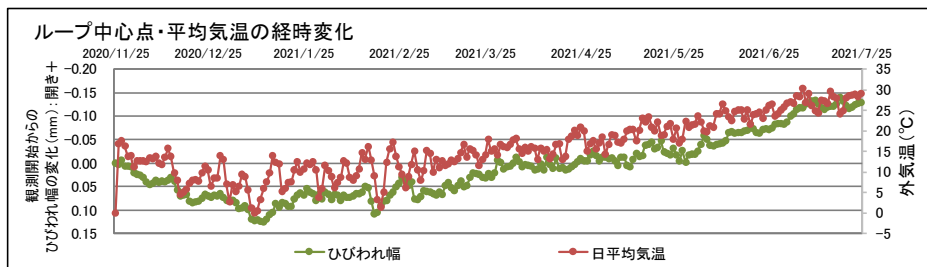


図 3.31 日平均気温とループ中心点の変化 (1 日ごと) P2 橋脚柱頭部

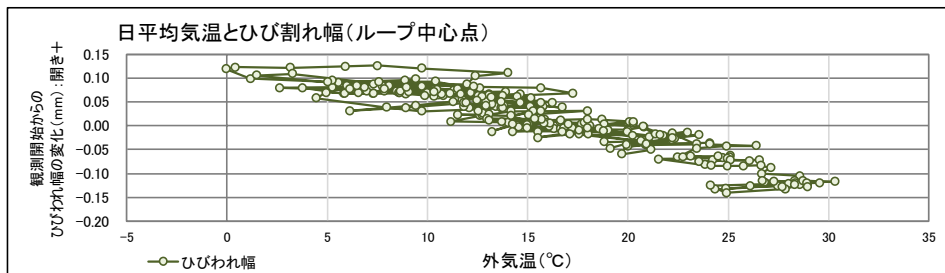


図 3.32 日平均気温とループ中心点の相関 P2 橋脚柱頭部

(4) A1 橋台端横桁のひびわれ幅

A1 橋台端横桁の、ひびわれ幅に関する温度変化との相関の整理結果を図 3.33～図 3.35 に示す。

- ① 1 時間ごとの結果 (図 3.33) からは、外気温の上昇低下に伴うひびわれ幅の変化の明瞭な相関は伺えなかった。
- ② 日平均気温とループ中心点の変化 (図 3.34) からは、日平均気温の変化の勾配とひびわれ幅の変化の明瞭な相関は伺えなかった。
- ③ 日平均気温とループ中心点の関係から (図 3.35) も、日平均気温の変化とひびわれ幅の変化の明瞭な相関は伺えなかった。

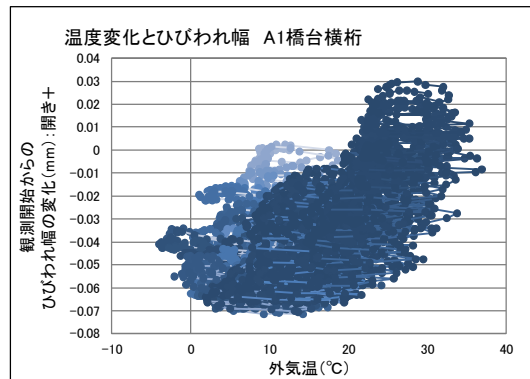


図 3.33 温度とひびわれ幅変化の相関 (1 時間ごと) A1 橋台端横桁

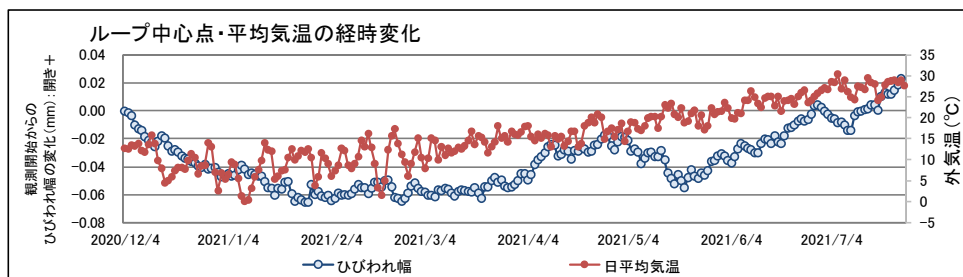


図 3.34 日平均気温とループ中心点の変化 (1 日ごと) A1 橋台端横桁

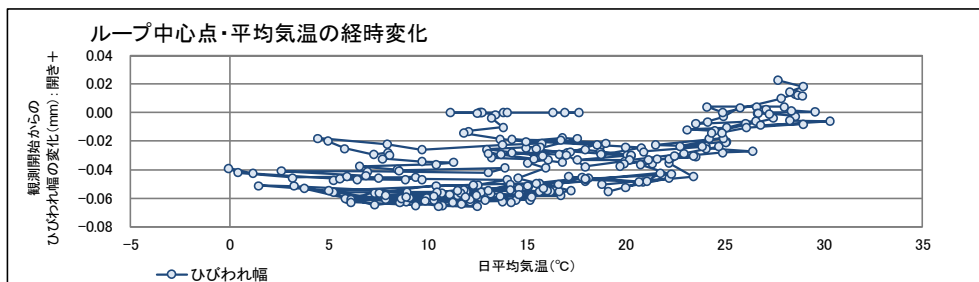


図 3.35 日平均気温とループ中心点の相関 A1 橋台端横桁

(5) 上部エコンクリートの応力

ループの整理結果を図 3.36～図 3.38（長島側中央径間の上縁応力）及び図 3.39～図 3.41（室津側中央径間の下縁応力）に示す。

- ① 1時間ごとの結果（図 3.36 及び図 3.39）から、外気温の上昇に伴い応力が、長島側上縁、室津側下縁とも圧縮側に変化する傾向が確認された。
- ② 日平均気温と応力のループ中心点の変化（図 3.37 及び図 3.40）では、日平均気温の変化の勾配と応力変化の勾配の一致がみられた。
- ③ 日平均気温と応力のループ中心点の相関（図 3.38 及び図 3.41）から、温度変化に対する応力の変化に線形性がみられた。一方、室津側ではループに顕著な折れ形状はみられなかったが、長島側では日平均気温が 15～20℃の辺りでループに若干の折れ形状がみられ、温度変化に対して応力変化が鈍化している。
- ④ 長島側における応力変化の鈍化は5月以降の状態であり、図 3.27における5月以降の、温度上昇に伴う P2 橋脚の傾斜変化の鈍化と相関している。

なお、長島側中央径間の下縁、及び室津側中央径間の上縁にもひずみ計を設置していたが、データの欠損や、他のひずみ計の値に比べてオーダーが異なる値を記録するなど、計測機器の不具合が生じ、データが整理できなかった。

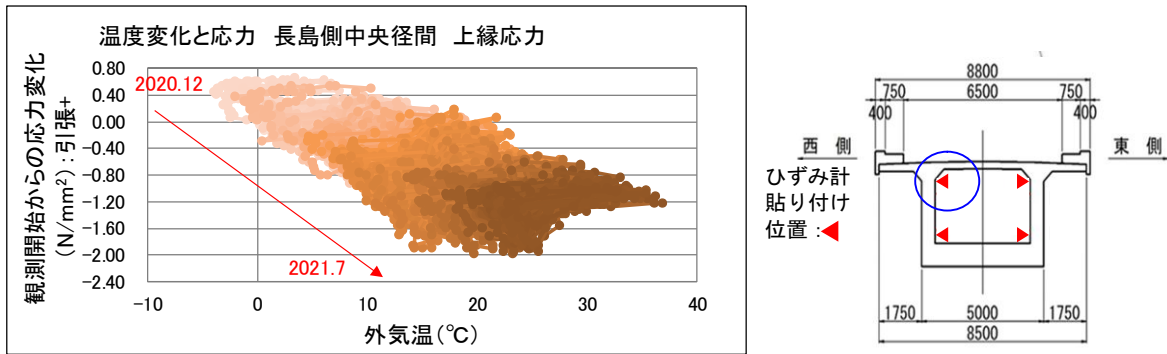


図 3.36 温度変化と応力の相関 (1 時間間隔) 長島側上縁応力 (西側)

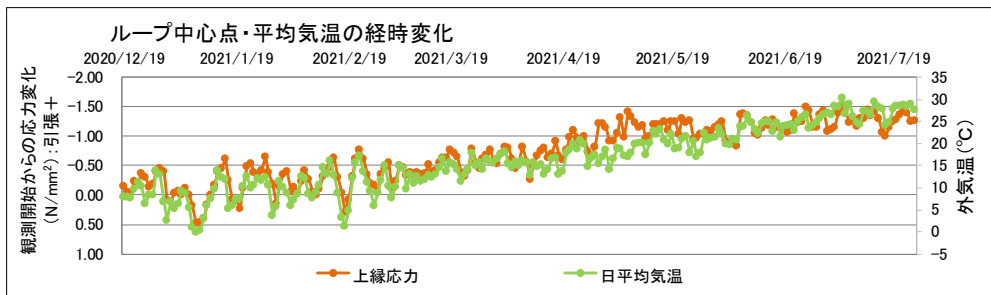


図 3.37 日平均気温と応力のループ中心点の変化 (1 日ごと) 長島側上縁応力 (西側)

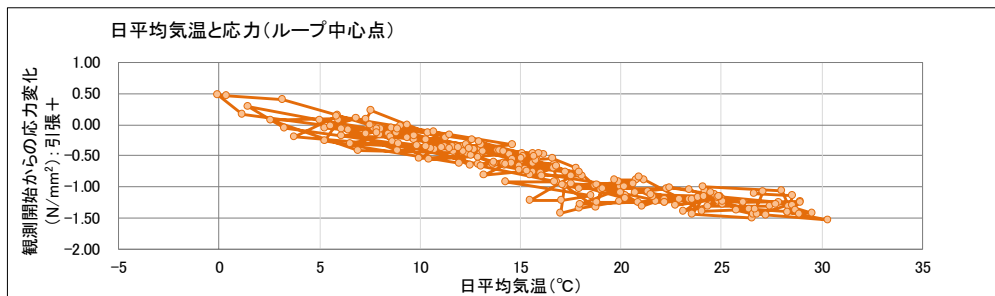


図 3.38 応力と外気温の相関 (ループ中心点と日平均気温) 長島側上縁応力 (西側)

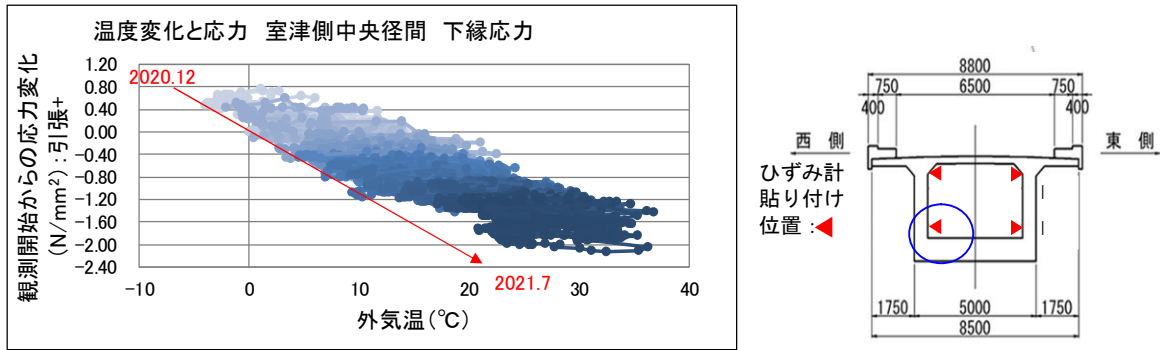


図 3.39 温度変化と応力の相関 (1 時間間隔) 室津側下縁応力 (西側)

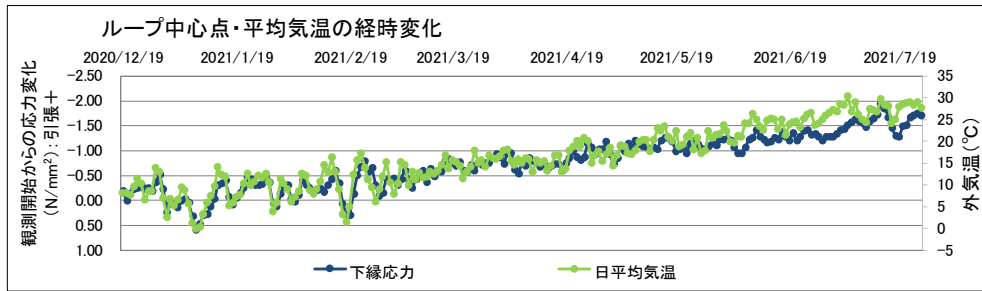


図 3.40 日平均気温と応力のループ中心点の変化 (1 日ごと) 室津側下縁応力 (西側)

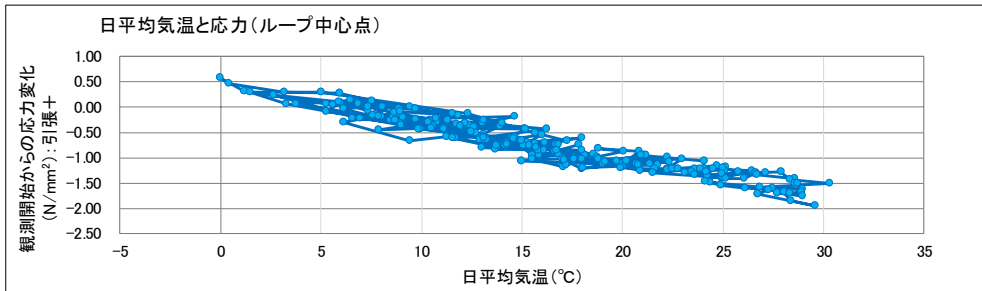


図 3.41 応力と外気温の相関 (ループ中心点と日平均気温) 室津側下縁応力 (西側)

3.3.3. 観測結果から推定される橋の状態

観測結果より、以下に示す橋の状態が推定された。

- ① 路面標高の変化分布（図 3.23）及び日平均気温と中央ヒンジ部の路面標高のループ中心点の変化（図 3.25）からは、外気温の上昇に伴い路面標高が下がる傾向がある一方、5月以降、標高変化が鈍化している傾向もみられる。段差発生により応力状態が厳しいと推定される長島側及び室津側それぞれの代表断面での応力変化の結果からは、長島側の断面上縁（図 3.37）、室津側の断面下縁（図 3.40）ともに、外気温の上昇に伴い応力が圧縮側に变化する傾向があった。また、室津側断面では、圧縮側への応力変化は5月以降鈍化しており、これは、路面標高の変化分布（図 3.25）やP2橋脚橋軸方向の傾斜の変化（図 3.27）と同様の傾向である。以上に基づけば、外気温の上昇による桁の伸びにより、標高が下がりながら桁全体に圧縮力が入ることや、桁の反りが緩和されることも推定されるが、得られたデータからだけでは明らかではない。しかし、室津側の桁が長島側の桁にもたれかかっていることもあり、少なくとも、温度変化の影響に対してだけでも桁の挙動が単純ではないことは示唆された。
- ② 橋脚の傾斜は、橋軸方向では外気温の上昇に伴いA2橋台側に傾斜、橋軸直角方向では時間が経過するほど東側に傾斜する傾向が確認された。また、橋軸直角方向における、時間の経過とともに東側に傾斜する傾向から、時間が経過するほど応力状態も変化していることが考えられる。
- ③ 橋脚の傾斜の方向は、橋軸方向及び橋軸直角方向ともに、段差発生後の測量結果と合致していた。また、橋軸方向では、事故直後の挙動の影響を残しつつ、温度変化に伴い傾斜が変化していることが推定された。

3.4. 橋の状態の推定や本復旧対策に向けた助言

段差発生後の桁や橋脚の変形を確認するために実施した各種測量、及び橋の状態を推定するために実施した解析及び観測に基づき、検討会議では、以下の助言を行った。

- ① 上部工の形状変化や断面毎の応力の変化は複雑であり、かつ、事故前の応力状態の再現に限界もあつたり、中央ヒンジ部での伸縮装置にみられる段差の増大などからは事故時の橋の挙動が複雑であつたりすることから、例えば地震や暴風、あるいは大型車などによる突発的な外力に対する安全余裕が分からない状態である。このため、少なくとも監視やバックアップ部材が必要であり、車両通行にあたっては、徐行させることを推奨する。
- ② 日々の応力変化で複雑な挙動がみられることや、橋軸直角方向の橋脚の傾斜で時間が経過するほど応力状態が変化していることが考えられることから、本復旧までの監視や本復旧の検討にあたっては、引き続き橋の応答を観測・分析する必要がある。
- ③ 通常の管理を行うようにするためには、橋の応力状態を可能な限り明らかにし、必要な安全余裕を確保できるような措置が必要である。具体的には、中央ヒンジ部を開放することで、応力状態の推定の確実性が向上するものと考えられる。