

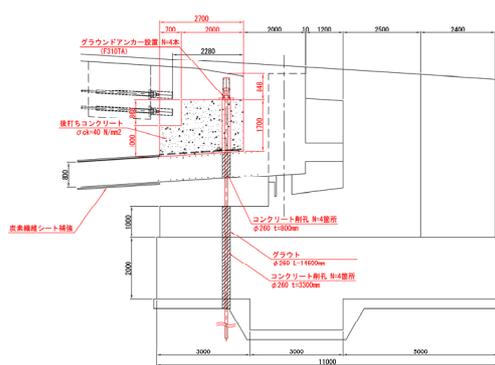
Ⅲ. V 応急復旧後の試験緊張及び車両載荷試験計画（本編 4. 6）

1. 調査概要

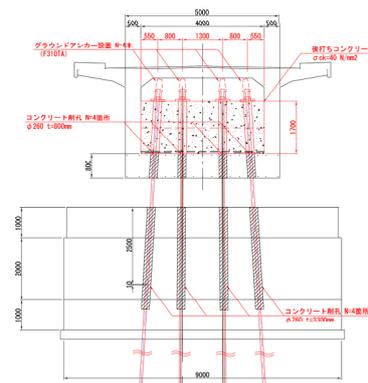
1.1 調査目的

応急復旧に関する県の対応として、A2 橋台部において、桁下から桁端部を固定化する工事のため、**図 1.1** に示すように地盤と上部工桁端部を引張材で連結し、鉛直方向に固定化を図っている。本復旧対策の検討にあたり、また応急復旧後の橋の応力状態を把握するため、次の 2 ケースで橋の応答を計測した。

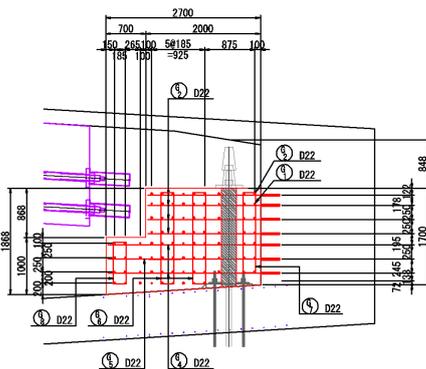
- ① A2 橋台部で桁の固定化のために設置した引張材の緊張中
- ② ①のあとで、車両を載荷



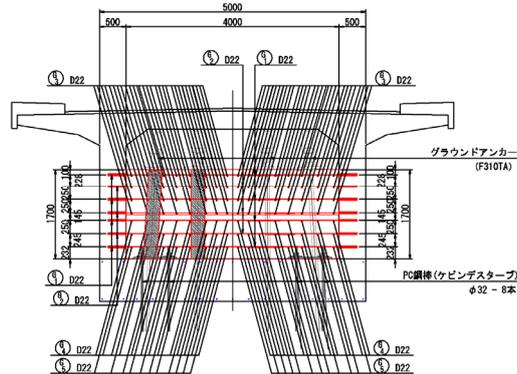
側面図



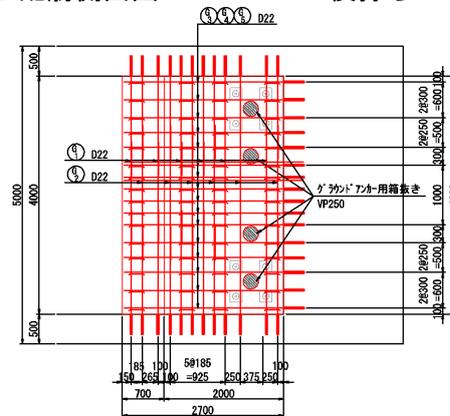
正面図



後打ちコンクリート配筋側面図



後打ちコンクリート配筋正面図



後打ちコンクリート配筋正面図

図 1.1 引張材構造図

1.2 対象施設

橋 梁 名	上関大橋
路 線 名	主要地方道光上関線（県道 23 号光上関線）
竣工時構造諸元	次頁全一般図のとおり

1.3 調査工程

- 令和3年3月15日（月）～16日（火） 夜間（22：00～翌05：00）
 - ・応急復旧工（A2 橋台グラウンドアンカー工）緊張力導入時
- 令和3年3月20日（土）～21日（日） 夜間（22：00～翌05：00）
 - ・車両載荷時

1.4 調査項目

試験緊張及び車両載荷試験による橋梁全体への影響の把握は、表 1.1 の計測項目により行う。

表 1.1 調査項目一覧

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。

2. 調査要領

2.1 桁全体の変位計測

上関大橋では、段差発生後の10日後、令和2年11月25日よりターゲットの設置を開始し、現在、桁全長にわたり、計16点のターゲット（東西各8点：図2.1参照）を設置して、60分毎にデータを取得している。

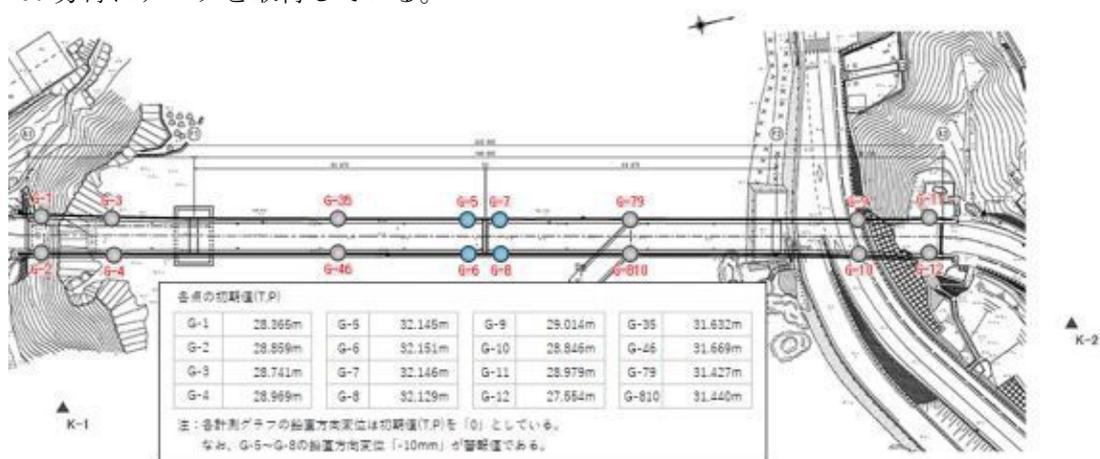
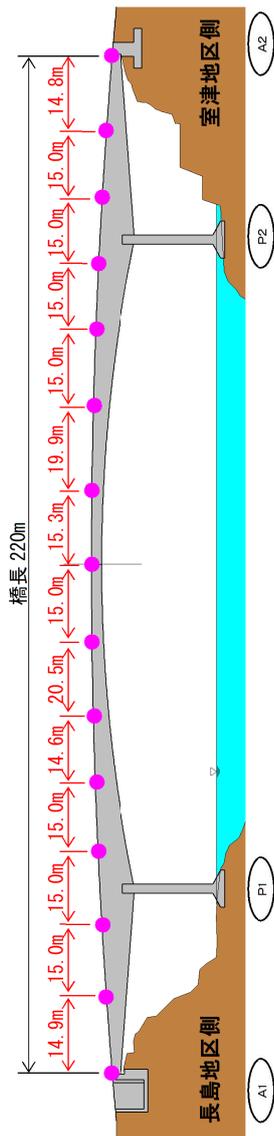


図 2.1 ターゲット配置図



【ターゲット】東側の地覆りベット頭部

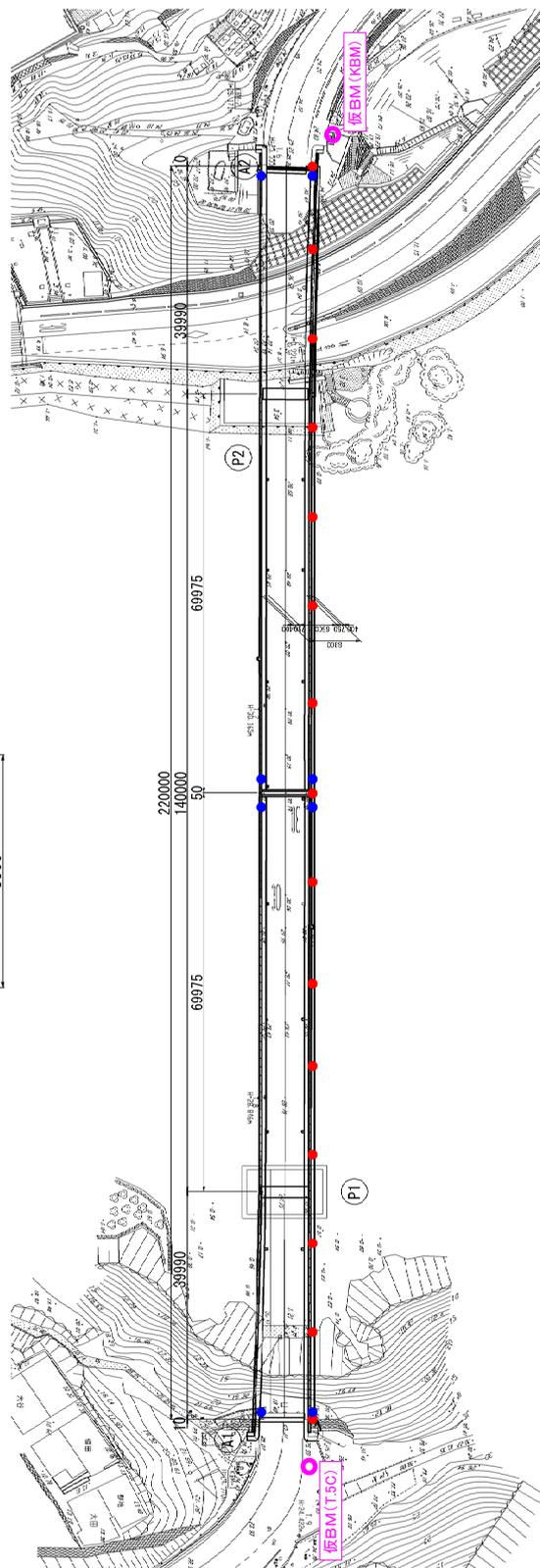
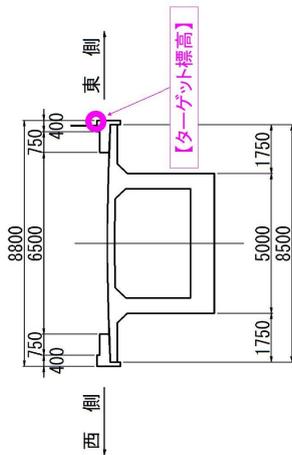


図 2.2 水準測量による標高の取得要領

2.2 橋台・ヒンジ部の変位計測

上関大橋では、段差発生後より、両橋台部及びヒンジ部に図 2.3 に示すとおり変位計を設置し、2分毎にデータを取得している。

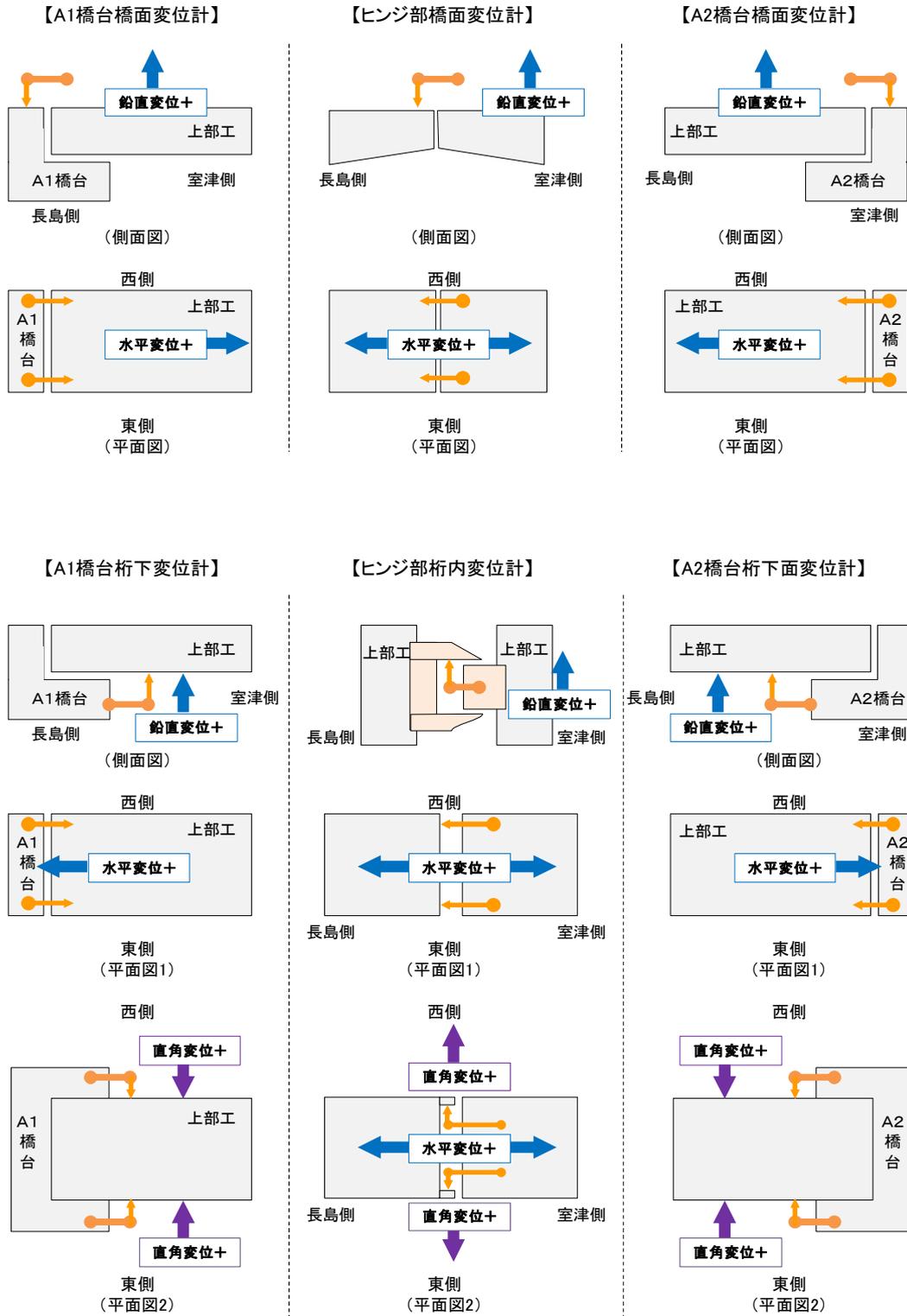


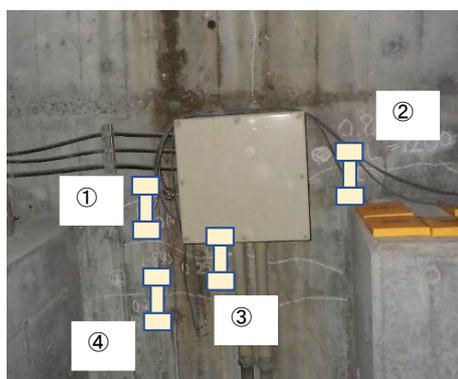
図 2.3 変位計配置概要

グラウンドアンカーの緊張や車両载荷にあたっては、下記の要領でデータを整理し、各イベントによる変位の変化を把握する。

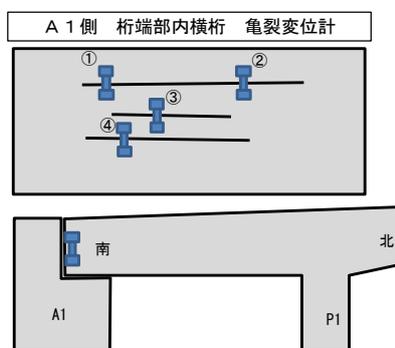
- グラウンドアンカー緊張直前と緊張後の計測データの差分により、グラウンドアンカー緊張による橋面の変位を把握。
- 全面通行止め後、無载荷状態の計測データと、各位置に载荷車両を停止させた際に得られる計測データの差分により、車両载荷による橋面の変位を把握。

2.3 ひびわれ幅計測

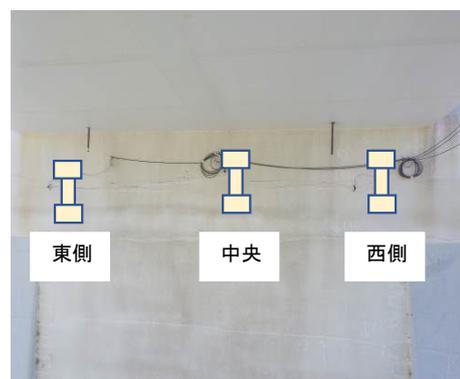
上関大橋では、段差発生後に、A1 橋台端横桁と P2 橋脚柱頭部に生じたひびわれ幅を計測するために、図 2.4 に示すとおりパイ型変位計を設置し、2 分毎にデータを取得している。



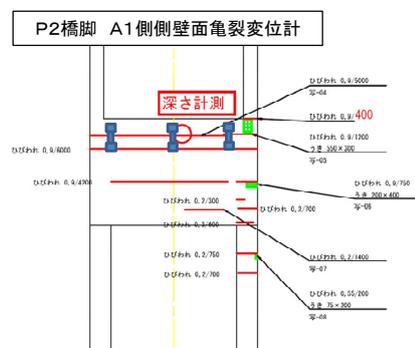
【A1 橋台部端横桁正面】



【A1 橋台部端横桁設置位置】



【P2 橋脚柱頭部正面（室津側面）】



【P2 橋脚柱頭部設置位置】

図 2.4 パイ型変位計配置概要

グラウンドアンカーによる試験緊張や車両载荷試験では、下記の要領でデータを整理し、変位を把握する。

- グラウンドアンカー緊張直前と緊張後の計測データの差分により、グラウンドアンカー緊張によるひびわれ幅の変化を把握。
- 全面通行止め後、無载荷状態の計測データと、各位置に载荷車両を停止させた際に得られる計測データの差分により、車両载荷によるひびわれ幅の変化を把握。

2.4 ひびわれ幅計測

上関大橋では、段差発生後に、P1 橋脚と P2 橋脚に生じた傾斜を計測するために、図 2.5 に示すとおり傾斜計を設置し、2 分毎にデータを取得している。

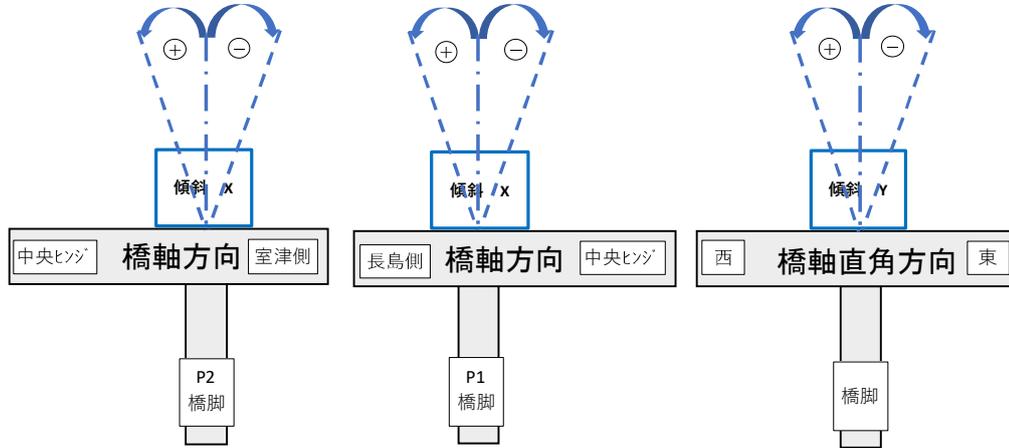


図 2.5 傾斜計配置概要

グラウンドアンカーによる試験緊張や車両载荷試験では、下記の要領でデータを整理し、変位を把握する。

- グラウンドアンカー緊張直前と緊張後の計測データの差分により、グラウンドアンカー緊張による傾斜の変化を把握。
- 全面通行止め後、無载荷状態の計測データと、各位置に载荷車両を停止させた際に得られる計測データの差分により、車両载荷による傾斜の変化を把握。

2.5 桁全体のひずみ計測

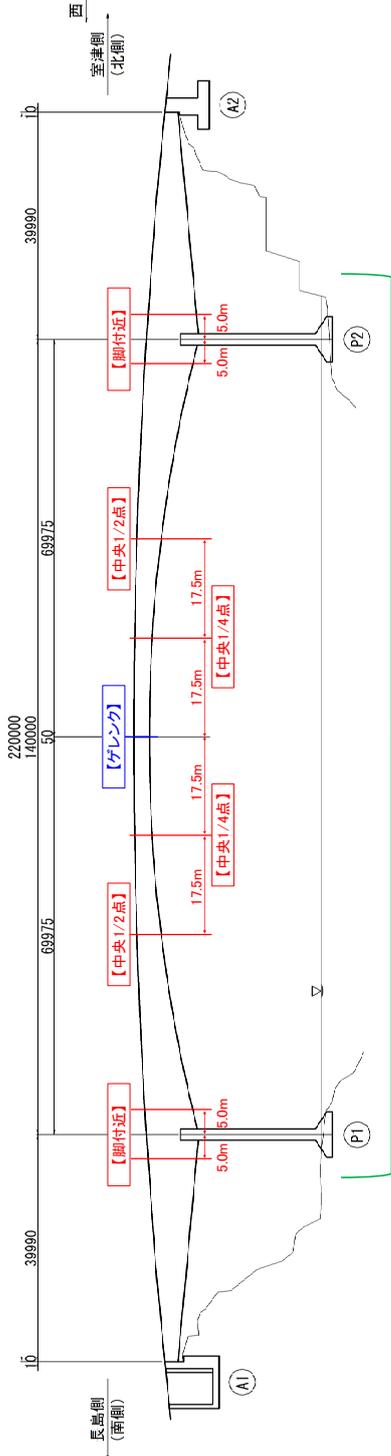
本調査では、既往のひずみゲージに、次頁図に示すゲージ類を追加し、グラウンドアンカーの緊張や車両载荷による応力状態の把握を補完するものとする。

電源については、室津側の西側橋台背面（石碑の設置されている箇所）より取得する。

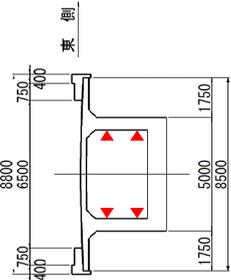
なお、ひずみ計測の対象箇所は、下記の視点に基づき選定した。

- 段差発生による構造解析により、特に、中央径間部の、中央ヒンジから径間中央までの区間において、応力上の弱点となっていることが確認されており、ゲレンク沓、中央ヒンジ部から 1/4 点、中央ヒンジ部から 1/2 点を対象とした。
- 橋脚位置は、上部工に負の最大曲げモーメントを生じさせる箇所である。かつ、ラーメン橋脚であることから、下部工への応力負担を類推することも目的に、橋脚の両側を対象とした。

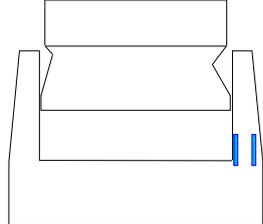
パイ型変位計・鋼ひずみゲージ設置概要(橋梁側面)



パイ型変位計設置概要(断面)



鋼ひずみゲージ設置概要



パイ型変位計 (ウエブ設置)

※PI-20100
※感度2,000μ

型名	構造距離	容量	定格出力	感度	非線形性	許容温度範囲
PI-2	50, 100, 150, 200, 250, 300	±2mm	約2mV/V (4000×10 ⁻⁶ μずみ)	約2000		0~+40°C
PI-5	±5mm	約25mV/V (5000×10 ⁻⁶ μずみ)				

静ひずみ測定器(データロガー)

スイッチボックス

パソコン

鋼ひずみゲージ (ゲレンク番設置)

※FLAB-6
※貼付にあたっては、巻線除去及びケレンを行う

Fシリーズ (GOBLET)

CE

測定範囲: 100~1,000 μm, 1000~10000 μm, 10000~100000 μm, 100000~1000000 μm

型名	長さ	幅	厚さ	重量
FLAB-02	0.2	1.4	3.5	2.5
FLAB-03	0.3	1.4	3.5	2.5
FLAB-04	0.4	1.4	3.5	2.5
FLAB-05	0.5	1.4	3.5	2.5
FLAB-06	0.6	1.4	3.5	2.5
FLAB-07	0.7	1.4	3.5	2.5
FLAB-08	0.8	1.4	3.5	2.5
FLAB-09	0.9	1.4	3.5	2.5
FLAB-10	1.0	1.4	3.5	2.5
FLAB-11	1.1	1.4	3.5	2.5
FLAB-12	1.2	1.4	3.5	2.5
FLAB-13	1.3	1.4	3.5	2.5
FLAB-14	1.4	1.4	3.5	2.5
FLAB-15	1.5	1.4	3.5	2.5
FLAB-16	1.6	1.4	3.5	2.5
FLAB-17	1.7	1.4	3.5	2.5
FLAB-18	1.8	1.4	3.5	2.5
FLAB-19	1.9	1.4	3.5	2.5
FLAB-20	2.0	1.4	3.5	2.5
FLAB-21	2.1	1.4	3.5	2.5
FLAB-22	2.2	1.4	3.5	2.5
FLAB-23	2.3	1.4	3.5	2.5
FLAB-24	2.4	1.4	3.5	2.5
FLAB-25	2.5	1.4	3.5	2.5
FLAB-26	2.6	1.4	3.5	2.5
FLAB-27	2.7	1.4	3.5	2.5
FLAB-28	2.8	1.4	3.5	2.5
FLAB-29	2.9	1.4	3.5	2.5
FLAB-30	3.0	1.4	3.5	2.5
FLAB-31	3.1	1.4	3.5	2.5
FLAB-32	3.2	1.4	3.5	2.5
FLAB-33	3.3	1.4	3.5	2.5
FLAB-34	3.4	1.4	3.5	2.5
FLAB-35	3.5	1.4	3.5	2.5
FLAB-36	3.6	1.4	3.5	2.5
FLAB-37	3.7	1.4	3.5	2.5
FLAB-38	3.8	1.4	3.5	2.5
FLAB-39	3.9	1.4	3.5	2.5
FLAB-40	4.0	1.4	3.5	2.5

図 2.6 新規ひずみ計器設置要領

2.6 グラウンドアンカー緊張力計測

2.6.1 計測概要

上関大橋では従来、桁のとおりを把握するために、定期的に水準測量を実施しており、この度の段差発生後、及び既往の車両載荷試験時にも、同様の手法で水準測量を行って、段差発生前後の桁形状の変化、車両載荷による桁の変位等を把握している。

グラウンドアンカーの緊張力導入にあたり、圧縮センターホール型荷重計（ロードセル）を設置し、導入緊張力の確認を行うとともに、グラウンドアンカーの緊張力導入と各種計測結果の相関関係を把握する。荷重計は、応急復旧に伴うグラウンドアンカーの緊張力(200kN/本)を鑑み、1.0MN級の荷重計を全てのグラウンドアンカーに設置する。



図 2.7 圧縮センターホール型荷重計 (KCE-NA 1.0MNA)

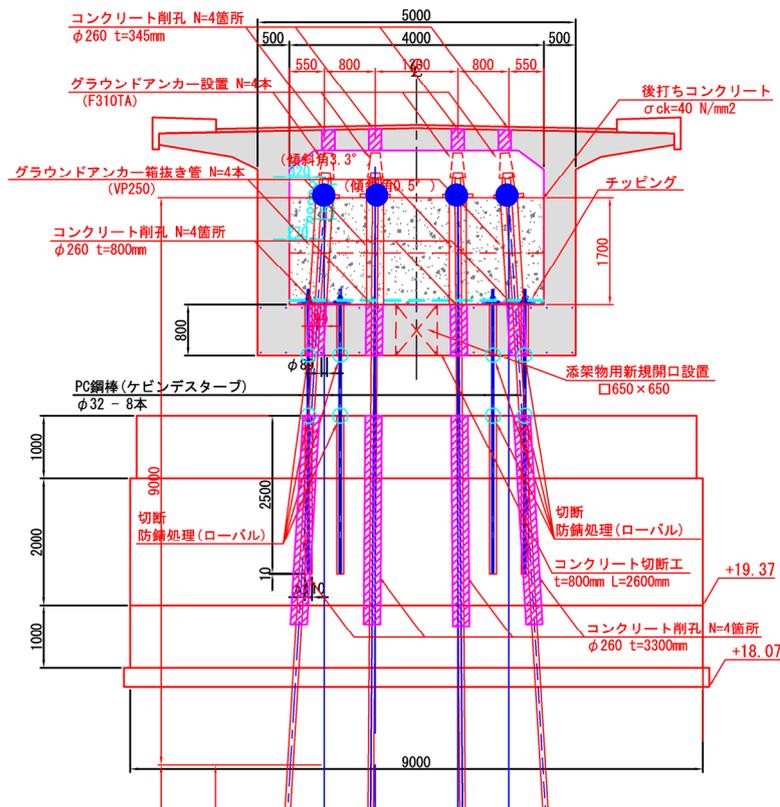


図 2.8 荷重計設置箇所 (青丸印)

2.6.2 緊張・計測要領

(1) 各種諸元

【アンカー体】

・ F310TA (19×φ12.4)	4 本
・ アンカー余長	0.17m
・ アンカー自由長	9.25m
・ アンカー体長	9.00m

【定着荷重】

・ 応急復旧定着荷重	200kN/本
------------	---------

【地盤条件】

・ 定着部	中硬岩
-------	-----

(2) 使用機材

表 2.1 使用機材一覧

品目	規格	数量
電動ポンプ		2 台
センターホールジャッキ	350kN-100mm	4 台
ラムチェア①	H425・φ145	4 台
ラムチェア②	H450・φ237	4 台
テンションバー	L=1100	4 台
カプラー		4 台
止めナット		4 台
発電機	25kVA	1 台
ラフタークレーン又は車載型クレーン	2.9～5ton 級	1 台

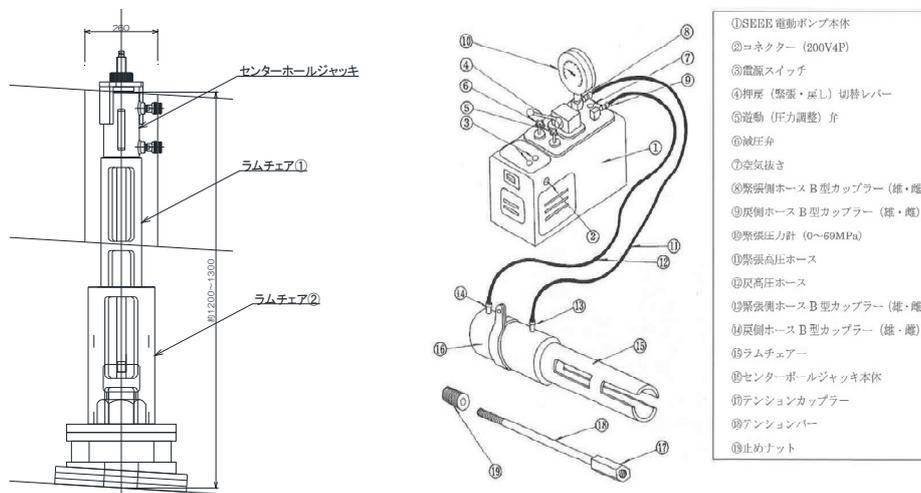


図 2.9 使用機材

(3) 緊張要領

定着荷重までの緊張は、下表の 4 段階で行う。初期荷重緊張後、各段階までの緊張は 4 本同時に荷重を増加させるものとする。

載荷速度は 10～20kN/min 程度で行う。

定着荷重まで緊張して計測が完了した後は、定着ナットを締め付けて完了とする。

なお、緊張にあたっては、桁下に荷重負荷を確認するロードセル等は設けないため、緊張時に桁に不測の変位や変状が生じた場合には、その時点で緊張を中断する。

表 2.2 緊張荷重

段階	荷重	保持時間
初期荷重	50kN	—
1 段階	100kN	20min
2 段階	150kN	20min
定着荷重	200kN	20min

緊張力導入に伴う各種計測は、以下の要領で行う。

- ① 交通規制（全面通行止め）完了後、計測値の初期値をセット
- ② 各荷重導入後、計測実施
 - ⇒水準測量以外の計測項目は、1～2 分毎にデータを取得しているため、各荷重の導入時間を記録
 - ⇒水準測量は、各荷重の保持時間（20 分）内で計測を行う。

(4) 仮受・本受

緊張は桁が動かないように慎重に行うが、桁下は以下の要領で支保工を設置して備える。

【仮受】

- 1) グラウンドアンカー緊張時
 - ・仮受支保は 5mm 程度の隙間を設けて構築する。
- 2) 定着荷重導入後
 - ・大引き受けジャッキを下げ、フラットジャッキを両ウエブ下（計 2 台）を設置する。
 - ・フラットジャッキに 10ton/台の荷重を導入し、桁内に設置したロードセルの圧力を確認・計測する。



図 2.10 フラットジャッキ (EF100S1.5)



図 2.11 仮受支保工

【本受】

- ・フラットジャッキを開放・撤去後、大引き受けジャッキを桁下に接面し、支持する。

3. 車両載荷要領

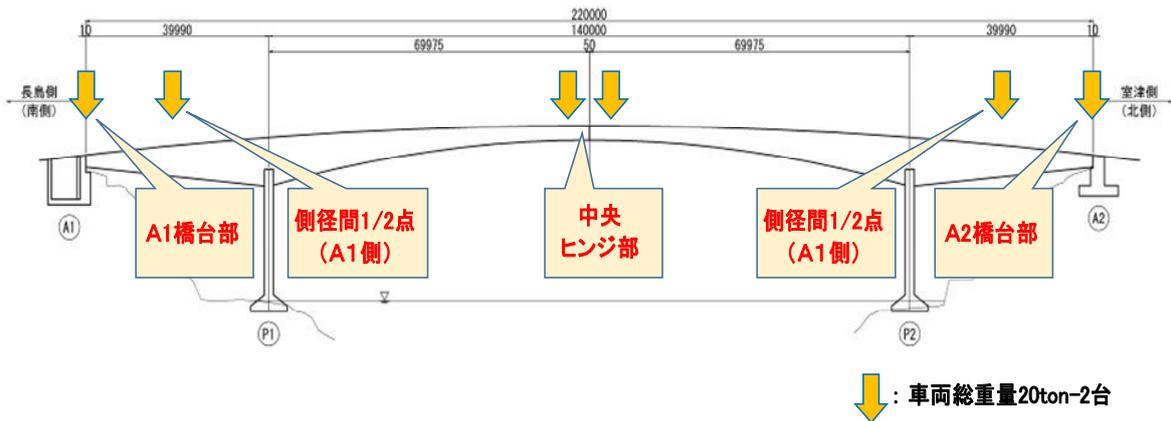
車両総重量 20ton 相当の車両 2 台を載荷する。

本復旧の検討にあたってのデータ取得を目的とした静的載荷試験を実施する。

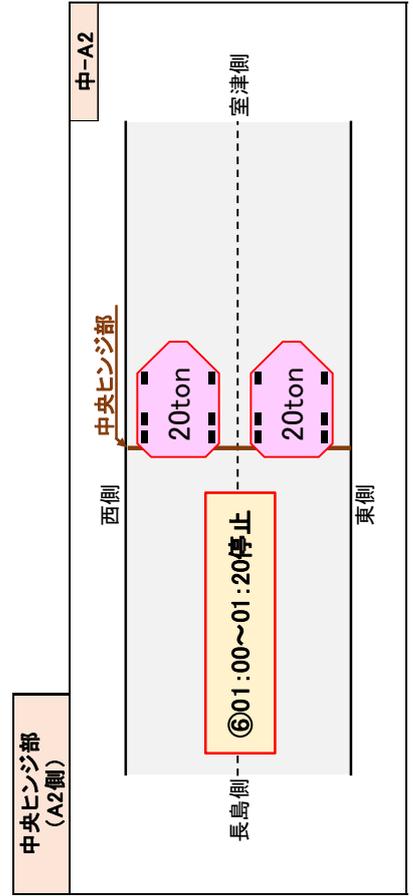
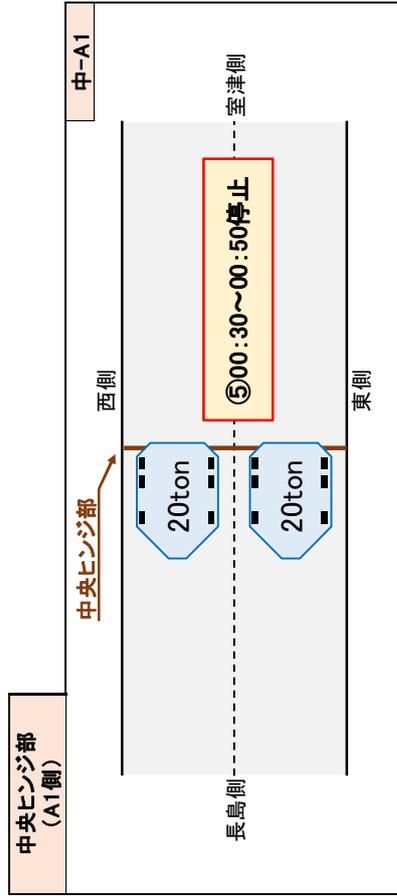
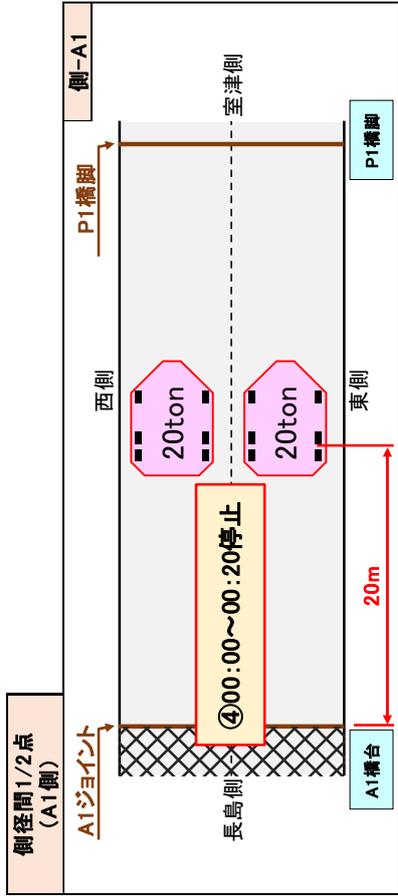
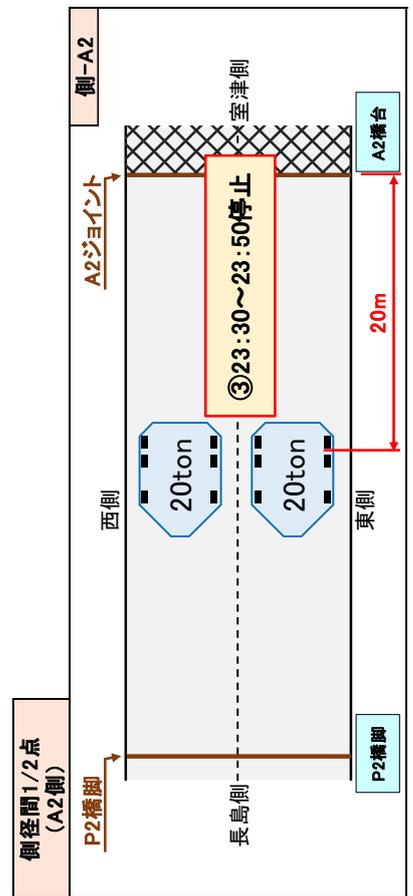
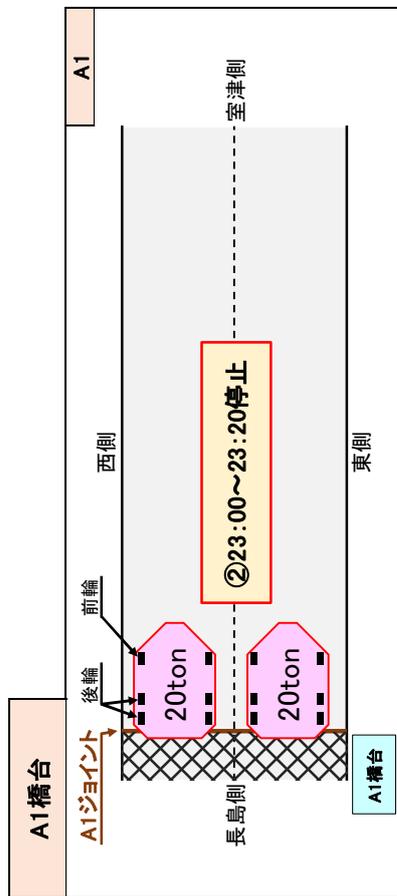
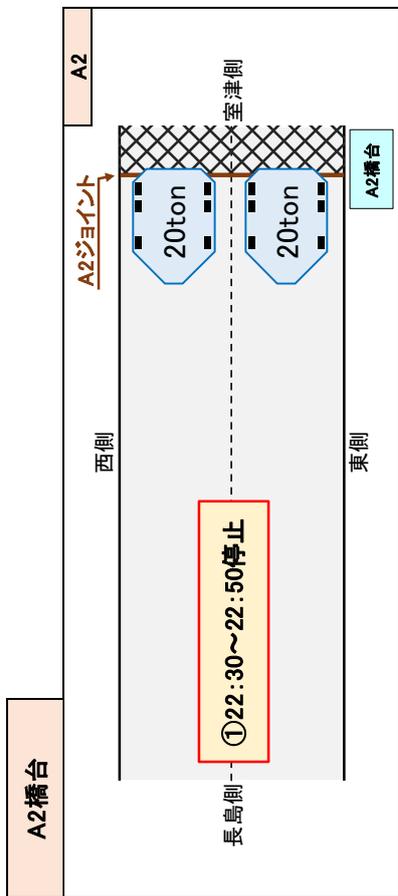
静的載荷試験では、以下に示す側面図、及び次頁に示す載荷位置でデータを取得する。

各位置での停止時間は、車両停止時の振動の収まり、データ取得時間の確認、及び水準測量の実施を踏まえ、20 分とする。

載荷位置を変更する場合には、全ての車両を一旦橋梁外へ退避させ、20 秒程度の振動の収まりを待った後、変更後の載荷位置へ移動する。



静的載荷位置図(車両総重量20ton車両2台)



4. 計測結果の整理について

本調査では、グラウンドアンカーの緊張や車両载荷等、外部からの変動荷重に対する桁の動き（変位・応力・ひび割れ）を計測・整理し、別途実施の構造解析（フレーム解析）との照合を行って整理する。

ただし、グラウンドアンカーの緊張にあたっては、下記の状況があるため、計測結果と解析との照合よりも、復旧を主目的とした計測（予定の緊張力が確実に導入されるかの確認）となる。

- 今回のグラウンドアンカーは応急復旧の位置付けで緊張するものであり、本復旧時に比較して導入する緊張力が小さい。
- 本調査では、桁下にロードセルを設置しないため、桁に鉛直変位が生じた場合、桁下側でどの程度の荷重負担が生じるのかを確認することができない。
- 現在、A2 橋台の段差が 20cm 程度で収まっているのは、何かしらの原因で桁端部の水平抵抗が残っている（既設の水平 PC 鋼棒、地震時対応の外ケーブル、桁端部とパラペットとの干渉、中央ヒンジ部ゲレンク沓の噛み込み等）ためであるが、桁下の荷重負担が確認できないため、緊張作業は桁の変位の有無を確認しながら慎重に行う（基本的には緊張により変位が生じないことを期待して）必要があること。