

今後の対策について

- ①恒久対策方針案-----P1
- ②載荷試験方法案-----P7

§ 1. 恒久対策方針案

1. 恒久対策の留意点

現況（H18当時の耐震補強）では、H14道示に準拠した耐震対策が施されているが、今後はH24道示に準拠した耐震対策が必要となることから、今回の恒久対策の検討において耐震対策も考慮する。

2. 亀裂に対する恒久対策案

(1) 恒久対策実施前の亀裂の処置

応急対策として、表-2.1に示す通り、大半の亀裂において切削およびストップホール（以下、SH）が実施済みである。しかし、断面欠損等のリスクが生じる亀裂については、恒久対策までの期間が長くなることが予想され、恒久対策と合わせて対策を行うものとして未実施となっている。未対策の亀裂としては、以下の3つに分類され、恒久対策時に何らかの処置が必要であり、対策案を表-2.2に示す。

- ・横桁上フランジ①③の枝分かれ亀裂（DE）
- ・ニーブレース⑤⑥の亀裂（G）
- ・ガセットプレート⑦⑧の亀裂（G）

表-2.1 亀裂および応急対策実施状況

位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
①、③	VPL	A	A	D	E	E	E			E	E								E	C	E	E	E	E	C
	VPR	A	A	D	E	A	D			D	D								A	C	D	D	E	B	D
②、④	VPL			F																	F			F	F
	VPR																				F			F	F
⑤、⑥	VPL	G	G			G																G			G
	VPR	G				G																			G
⑦、⑧	VPL																								
	VPR					G																			
支承	VPL																								
	VPR	G																							G

- : 横桁又は支承が存在しないことを示す
- : 耐震補強時に下横構（水平材）を一時取り外した箇所を示す
- : 亀裂削り取りにて消去箇所
- : ストップホール（一部のみを含む）

表-2.2 主な未対策の亀裂の処置案

横桁上フランジ①③の枝分かれ亀裂	ニーブレース⑤⑥の亀裂	ガセットプレート⑦⑧の亀裂
<p>ビード幅: 9.5mm のど厚: 3.2mm 余盛量: 5.0mm 仕上げ: 無し 止端部の状態: 異常なし</p> <p>SH</p> <p>ビード幅: 13.5mm のど厚: 0.4mm 余盛量: 0.0mm 仕上げ: 無し 止端部の状態: 異常なし</p>	<p>ニブレース下フランジ: 100×8×1125 (SM490A)</p> <p>切削</p> <p>ビード幅: 12.2mm のど厚: 3.0mm 余盛量: 0.0mm 仕上げ: 無し 止端部の状態: 異常なし</p> <p>ビード幅: 11.4mm のど厚: 4.0mm 余盛量: 0.0mm 仕上げ: 無し 止端部の状態: 異常なし</p>	<p>ニーブレース下フランジ: 100×8×1125 (SM490A)</p> <p>切削</p> <p>ビード幅: 9.2mm のど厚: 4.2mm 余盛量: 0.0mm 仕上げ: 無し 止端部の状態: 異常なし</p> <p>ビード幅: 12.0mm のど厚: 3.7mm 余盛量: 1.5mm 仕上げ: 無し 止端部の状態: 異常なし</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・枝分かれ亀裂のSH（太径、楕円） ・ビード部亀裂の切削 	<ul style="list-style-type: none"> ・ニーブレース構造見直し後に切削 	<ul style="list-style-type: none"> ・ニーブレース構造見直し後に切削 ⇒亀裂が貫通している場合は、ガセットプレートの再取付を行う。

(2) 恒久対策案の抽出

亀裂に対する恒久対策案は、補修と改良に分類され、後者は亀裂の発生原因を取り除く必要がある。各部位の亀裂の発生原因は、現段階で表-2.3のように想定しており、これを解消する恒久対策案を表-2.4に示す。

表-2.3 各部位に生じている亀裂の発生原因

部位	原因	
横桁	上フランジ①③	・横桁の面外変形(図-2.1) ・接合部に生じる局所的な応力集中や板曲げ等の応力(裏当て材なし)(図-2.2)
	下フランジ②④	・同上
ニーブレース⑤⑥	・接合部に生じる局所的な応力集中や板曲げ等の応力(裏当て材なし・リブによる拘束)(図-2.2) ・伸縮装置部の段差(活荷重による横桁面内変形)(図-2.3) ・座屈拘束ブレースの設置および横構の取替による応力分布の変化(耐震補強による構造改変)(図-2.4)	
ガセットプレート⑦⑧	・同上	
支承	・下弦材と支承の接触(耐震補強による構造改変)(図-2.5)	

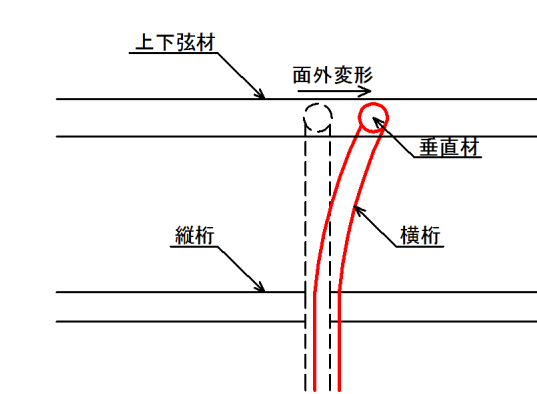


図-2.1 横桁の面外変形

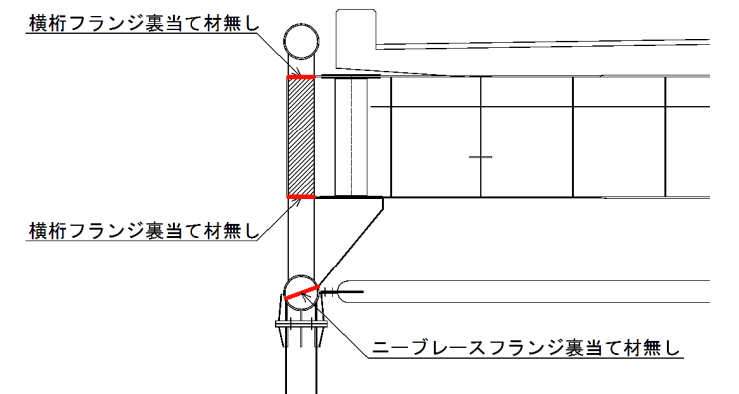


図-2.2 裏当て材の設置状況

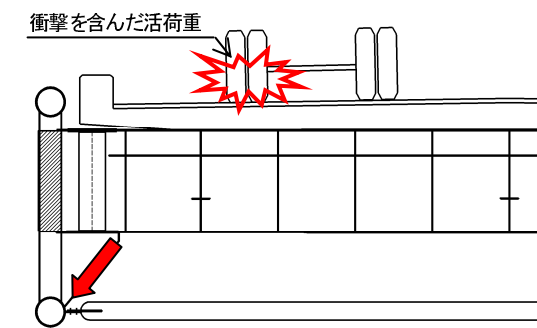


図-2.3 伸縮装置部の段差による衝撃

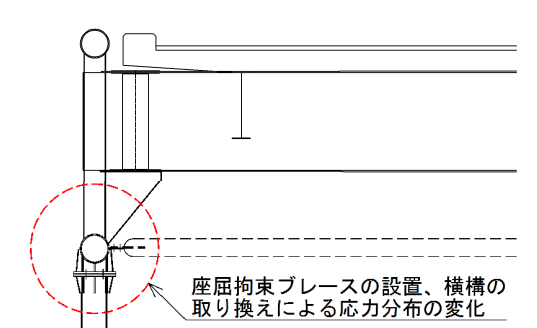


図-2.4 応力分布の変化

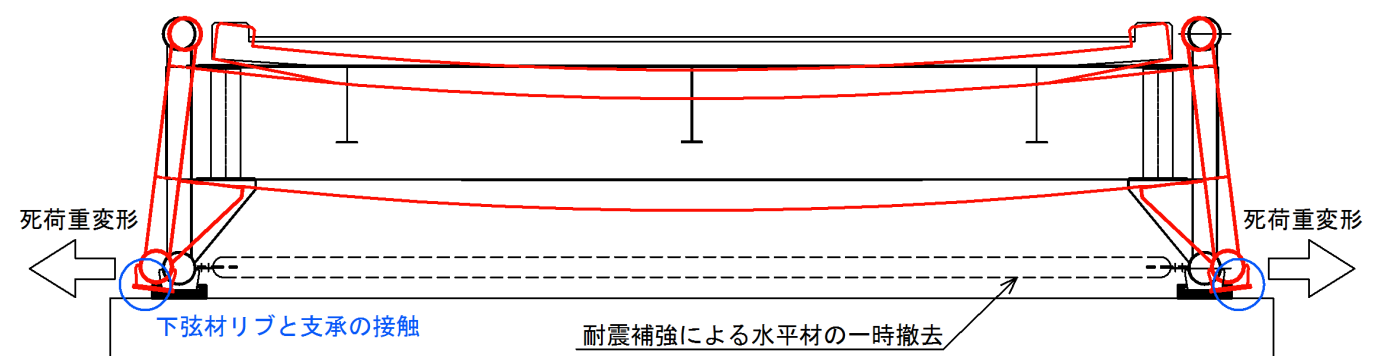


図-2.5 下弦材（リブ）と支承の接触

表-2.4 亀裂の恒久対策案

	恒久対策	効果	対象部位				
			横桁上フランジ [*]	横桁下フランジ [*]	ニーブレース	ガセットプレート	支承
			①③	②④	⑤⑥	⑦⑧	
亀裂補修	当て板補強(鋼板)	・断面欠損を補う	○	○	○	○	/
	当て板補強(FRP)	・同上	△	△	△	△	△
	再溶接(TIG)	・断面欠損を補う ・応力集中の緩和	△	△	△	△	△
構造 デ イ テ ー ル の 改 良	裏当て補強(鋼板)	・裏当て材の補強	○	○	/	/	/
	ニーブレースの構造見直し	・横桁面内変形が影響しない構造に改良	/	/	○	○	/
	ニーブレースの撤去	・同上	/	/	○	○	/
	下横構(水平材)の再締付け	・下弦材と支承の接触の改善	×	×	○	○	○
	モルタル充填(垂直材、下弦材)	・裏当て材の補強	○	○	○	○	/
	支承の取替(端支点部)	・同上	/	/	○	○	○
	支承の取替(ゲルバー部)	・横桁面外変形の抑制	○(側径間)	○(側径間)	×	×	/
	伸縮装置の取替	・横桁面内変形の抑制	×	×	○	○	/
全 体 改 良 造	ブレイキトラス(鉛直材と縦桁)	・横桁面外変形の抑制	○	○	×	×	/
	ブレイキトラス(上弦材と床版)	・同上	△	△	×	×	/

○:効果あり、△:効果があるものの構造的に検討が必要、×:効果なし

(2) 恒久対策案の抽出

想定される亀裂の恒久対策案を表-2.5、2.6、2.7に示す。


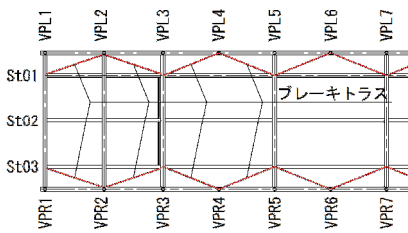
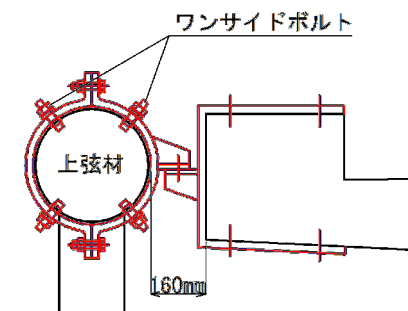
表-2.5 想定される亀裂の恒久対策案 (その1)

	補修補強工法	対象部位	概要図 (イメージ含む)	概要および効果	評価
亀裂の補修	当て板補強 (鋼板)	横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④ ニーブレースフランジ⑤⑥ ガセットプレート⑦⑧		概要：亀裂部分に補強板を高力ボルトおよびワンサイドボルト連結にて行う。 効果：一体化を図り亀裂発展に伴う断面欠損を補う。ただし、細径パイプ部材にワンサイドボルトを適用するため、補修効果を確認する必要がある。	
	当て板補強 (FRP)	横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④ ニーブレースフランジ⑤⑥ ガセットプレート⑦⑧ 支承		概要：複雑な形状に対して容易に当て板可能な硬化型 FRP シートにより亀裂部分を閉じ合わせる。 効果：一体化を図り亀裂発展に伴う断面欠損を補う。ただし、鋼板に対して約 1/10 程度の強度しかない。 ※ウルトラパッチ (NETIS : CB-990022-V) 主として防食が用途	△
	再溶接 (TIG)	横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④ ニーブレースフランジ⑤⑥ ガセットプレート⑦⑧ 支承		概要：グラインダーにより切削した後に TIG 処理による再溶接を行うことにより部材の一体化を図るとともに、止端部を滑らかな形状に改善する。 効果：止端部の改良により疲労強度が向上および TIG 処理による母材への溶かし込み (1~2mm 程度) が可能である。ただし、残留応力、ひずみの増加、新たな構造欠陥が生じる可能性があり注意が必要である。	△
構造ディテールの改良	裏当て補強 (鋼板)	横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④		概要：亀裂部分と合わせて補強板を高力ボルトおよびワンサイドボルト連結にて行う。 効果：一体化を図り亀裂発展に伴う断面欠損を補う。また、垂直材の外側にリング状の補強リブを設置することにより、板曲げを低減する。ただし、細径パイプ部材にワンサイドボルトを適用するため、補修効果を確認する必要がある。 ※恒久対策図 (その1)	
	ニーブレースの構造見直し	ニーブレースフランジ⑤⑥ ガセットプレート⑦⑧		概要：ニーブレースの一部を撤去して垂直材に取り付けた新設フランジと一体化 (溶接) する。 効果：亀裂が生じている箇所に応力が伝わらない構造に改良する。ただし、細径パイプ部材にワンサイドボルトを適用するため、補修効果を確認する必要がある。また、現場溶接となるため、品質の確保に留意する必要がある。 ※恒久対策図 (その1)	

表-2.6 想定される恒久対策案（その2）

	補強工法	対象部位	概要図（イメージ含む）	概要および効果	評価
構造 ディ テ ー ル の 改 良	6	ニーブレースの撤去 ニーブレースフランジ⑤⑥ ガセットプレート⑦⑧		概要：現況のニーブレースを撤去する。 効果：亀裂が生じている箇所に応力が伝わらない構造に改良する。	
	7	下横構（水平材）の再締付け ニーブレースフランジ ガセットプレート⑦⑧ 支承		概要：下横構（水平材）の分割部のフィラープレートを外して再締付けする。 効果：上り線側の支承と下弦材の接触を改善する。	
	8	モルタル充填 垂直材 下弦材		概要：垂直材および下弦材内にモルタルを充填する。 効果：鋼管内の腐食を予防し、剛性を高めて板曲げが生じない構造に改良する。ただし、モルタル充填による死荷重の増加の影響を確認する必要がある。また、モルタルの打設孔を新たに削孔する必要がある。	
	9	部材の取替 支承（端支点部）		概要：H24 道示の適用により必要となる支承の機能向上に合わせて支承と取り換える。 効果：上り線側の支承と下弦材の接触を改善する。ただし、支承構造については検討が必要である。	
	10	部材の取替 支承（ゲルバー部） 横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④		概要：ヒンジ支承となっている現状の支承を可動支承に取り換える。 効果：可動支承とすることにより側径間とアーチ支間の分離を図り、横桁の面外変形の影響を低減する。	

表-2.7 想定される恒久対策案（その3）

		補強工法	対象部位	概要図（イメージ含む）	概要および効果	評価
構造 ディテール の改良	11	部材の取替	伸縮装置		概要：現状の鋼製ジョイントを埋設ジョイントに取り換える。 効果：舗装面と一体化した継目なしの構造により走行性が良好となりジョイント乗越時の衝撃が緩和され、同時に横桁に生じる作用力を低減する。	
	橋梁 全体 構造 の改良	12	ブレーキトラス①	横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④		概要：垂直材と縦桁をブレーキトラスにて連結する。なお、垂直材はワンサイドボルト、縦桁は高力ボルトにて連結する。 効果：主構と床版・床組が一体的に挙動するように構造に改良し、横桁の面外変形を低減する。ただし、細径パイプ部材にワンサイドボルトを適用するため、補修効果を確認する必要がある。 ※恒久対策図（その2）
13		ブレーキトラス②	横桁上フランジ①③ 横桁下フランジ②④		概要：上弦材と床版を連結する。なお、上弦材はワンサイドボルト、地覆はアンカーボルトにて連結する。 効果：主構と床版・床組が一体的に挙動するように構造に改良し、横桁の面外変形を低減する。ただし、細径パイプ部材にワンサイドボルトを適用するため、補修効果を確認する必要がある。また、上弦材と床版の隙間が160mm程度であるため、施工性に劣る。	△

(3) 今後検討を進める恒久対策案

今後解析等により検討を進める恒久対策案を表-2.8に示す。

表-2.8 今後検討を進める恒久対策案

	恒久対策	対象部位				支承
		横桁上フランジ	横桁下フランジ	ニーブレース	ガセットプレート	
		①③	②④	⑤⑥	⑦⑧	
亀裂補修	当て板補強(鋼板)	○	○	○	○	
構造ディテールの改良	裏当て補強(鋼板)	○	○			
	ニーブレースの構造見直し			○	○	
	ニーブレースの撤去			○	○	
	下横構(水平材)の再締付け			○	○	○
	モルタル充填(垂直材、下弦材)	○	○	○	○	
	支承の取替(端支点部)			○	○	○
	支承の取替(ゲルバー部)	○ (側径間)	○ (側径間)			
	伸縮装置の取替			○	○	
全体構造の改良	ブレイキトラス(鉛直材と縦桁)	○	○			

3. 腐食に対する恒久対策案

(1) 恒久対策案の抽出

亀裂等から雨水が浸入し、主構内に滞水、腐食が生じている。これを解消する恒久対策案を表-2.9に示す。

表-2.9 腐食の恒久対策案

恒久対策	効果	実現性	備考
密閉構造	空気、水の遮断	△	ボルト部にシーリングが必要、耐久性に懸念あり
密閉構造+モルタル充填	空気、水の遮断	△	死荷重の増加、ワンサイドボルト等の補強が将来的に困難
密閉構造+発砲ウレタン充填	空気、水の遮断	○	
再塗装	防食機能の改善	△	鋼管内の再塗装は品質の確保が困難

(2) 恒久対策案

上記の恒久対策案の内、死荷重の増加率が小さく、将来的に補強等が実施できる発砲ウレタン充填 (NETIS: QS-990001-V) について、作用手順を以下に示す。なお、モルタル充填の作業手順も概ね同様である。

- ①空気孔の削孔 (又はストップホールで代用)
- ②ポンプアップによる排水
- ③バルーンによる垂直材の削孔部の閉塞
- ④バルーンの削孔による注入口の確保
- ⑤発砲モルタルの注入

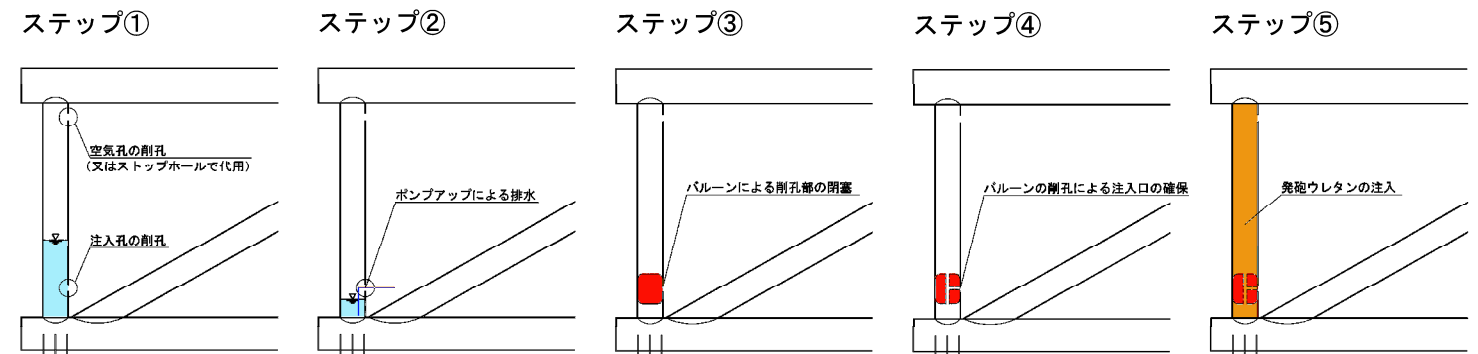


写真-3.1 現場製作状況



写真-3.2 バルーンによる削孔部の閉塞

■作業手順図



§ 2. 載荷試験方法案

1. 調査目的

以下の項目について確認・把握することを目的に詳細調査項目を整理する。

- ①解析モデルの検証
- ②損傷原因特定のための挙動の確認
- ③ストップホールの対策効果の確認

①解析モデルの検証

1) 全体挙動

	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
1	橋梁全体剛性	主構のたわみ量（二次部材を含んだ橋梁全体剛性の確認）	変位 1（VPL13, VPL17, VPL24）
2	支承の支持条件	可動支承およびヒンジ部上弦材の水平変位（スライド機構が機能しているか否かを確認）	変位 2（VP25 支承, ヒンジ部上弦材）の内、橋軸方向の変位
3	横桁の面外変形	主構と床版・床組の変位差（横桁の面外変形量の確認）	変位 3（VPL17, VPL21, VPL23, VPL25）
4	床版の合成効果	縦桁と横桁の上下フランジ応力（コンクリート床版と鋼桁の合成応力の確認）	応力 2（VP22-St1,）、応力 3（VPL21, VPL23, VPL25）
5	下横構の応力状態	下横構の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 5（VP21, VP23, VP25）
6	現況の固有振動数	振動計測（橋梁が持つ振動モードおよび固有振動数の確認）	加速度 1（VPL13, VPL17, VPL24）

2) 局部挙動

	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
1	格点部の結合度	主要格点部の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 1（VPL17, VPL21, VPL23）
2	垂直材の応力状態	垂直材の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 4（VPL21, VPL23, VPL25）の内、上弦材-上フランジ間、下フランジの応力
3	下弦材および斜材の応力状態	下弦材および斜材の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 6（VPR23, VPR25）の内、下弦材および斜材の応力

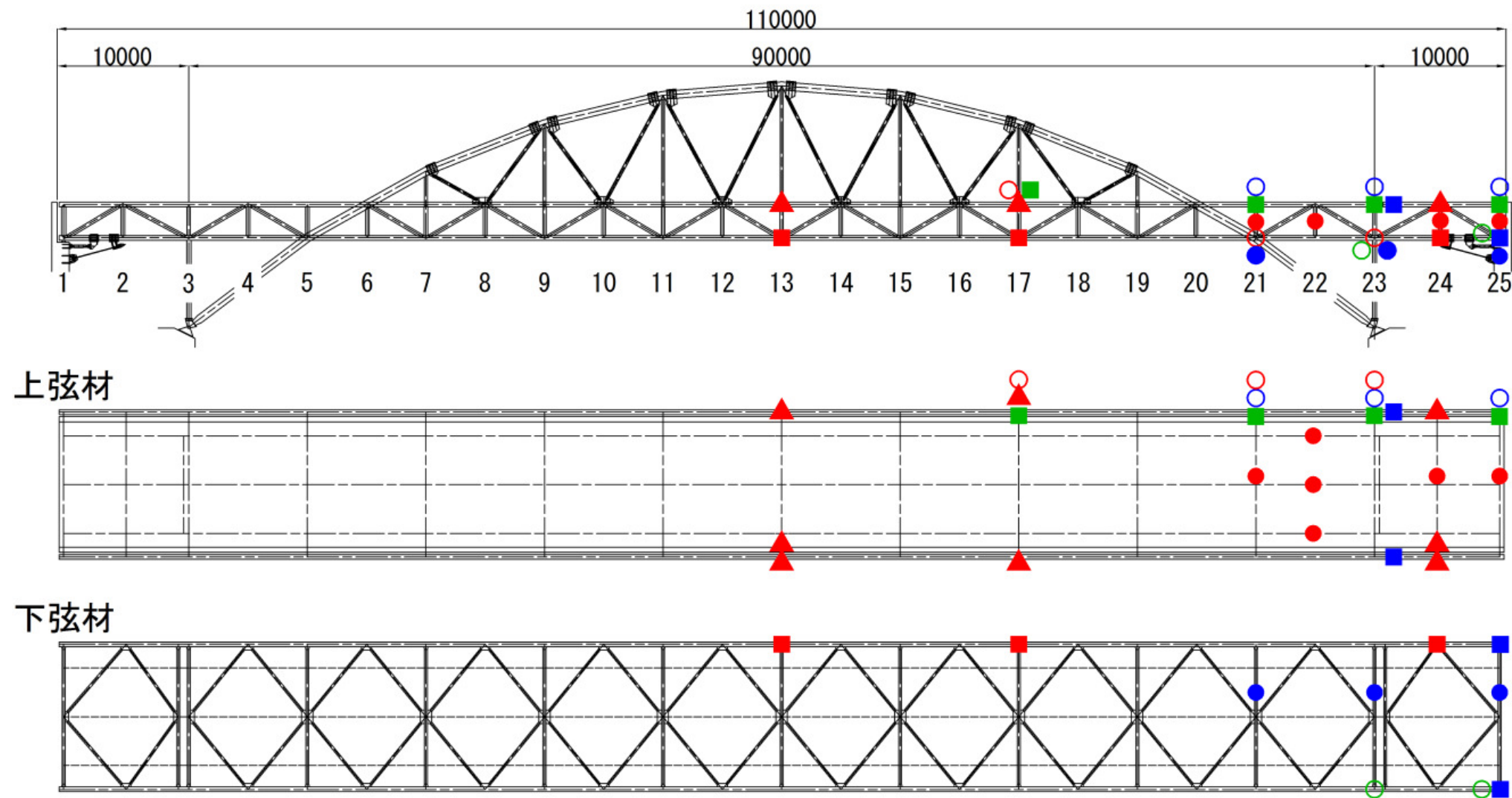
②損傷原因特定のための挙動の確認

	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
1	下弦材の直角方向の変形	支承部の直角方向変位（立体的な挙動の確認）	変位 2（VPL25 支承）の内、直角方向の変位
2	横桁の面外変形	主構と床版・床組の変位差（横桁の面外変形量の確認）	変位 3（VPL17, VPL21, VPL23, VPL25）
3	亀裂近傍の応力状態	横桁およびニーブレースの面内応力（公称応力の確認） 亀裂先端および健全部の応力（局部応力の確認）	応力 4（VPL21, VPL23, VPL25）の内、横桁およびニーブレースのコバ面両側、亀裂先端および健全部（亀裂先端と対称位置）の応力
4	下横構の応力状態	下横構の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 5（VP21, VP23, VP25）
5	主構と床版・床組の振動の違い	振動計測（各々が持つ固有振動数の確認）	加速度 1（VP13, VP24）の内、X方向（橋軸）

③ストップホールの対策効果の確認

	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
1	ニーブレースのSHの効果	健全部とSH対策部の応力（局部応力の確認および対比）	応力 6（VPR23, VPR25）の内、ニーブレースの応力
2	上フランジのSHの効果	実施前と実施後の応力（局部応力の確認および対比）	応力 7（VPR2, VPR24）

①解析モデルの検証



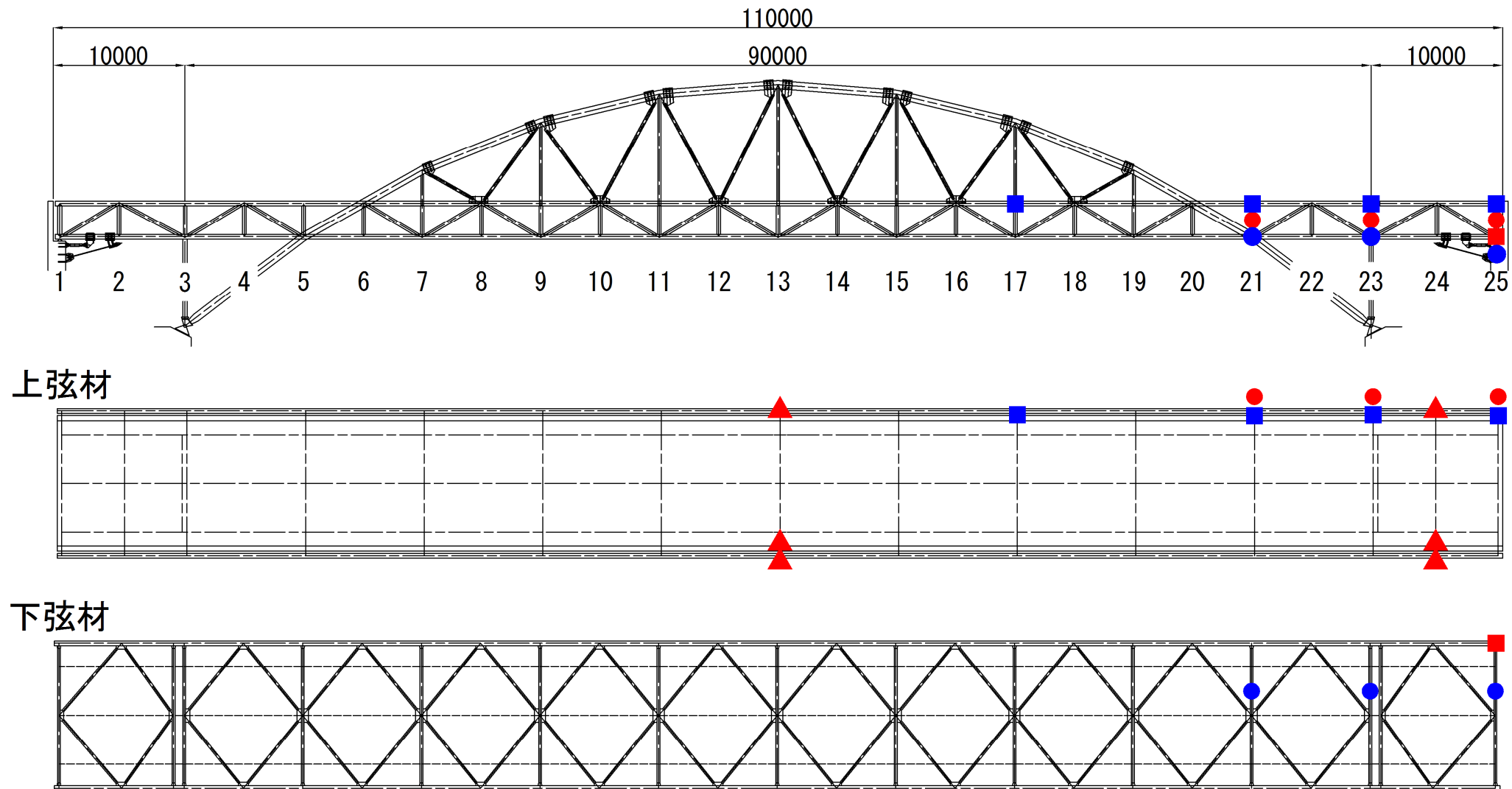
1) 全体挙動

	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
■	橋梁全体剛性	主構のたわみ量（二次部材を含んだ橋梁全体剛性の確認）	変位 1（VPL13, VPL17, VPL24）
■	支承の支持条件	可動支承およびヒンジ部上弦材の水平変位（スライド機構が機能しているか否かを確認）	変位 2（VP25 支承, ヒンジ部上弦材）の内、橋軸方向の変位
■	横桁の面外変形	主構と床版・床組の変位差（横桁の面外変形量の確認）	変位 3（VPL17, VPL21, VPL23, VPL25）
●	床版の合成効果	縦桁と横桁の上下フランジ応力（コンクリート床版と鋼桁の合成応力の確認）	応力 2（VP22-St1）、応力 3（VPL21, VPL23, VPL25）
●	下横構の応力状態	下横構の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 5（VP21, VP23, VP25）
▲	現況の固有振動数	振動計測（橋梁が持つ振動モードおよび固有振動数の確認）	加速度 1（VPL13, VPL17, VPL24）

2) 局部挙動

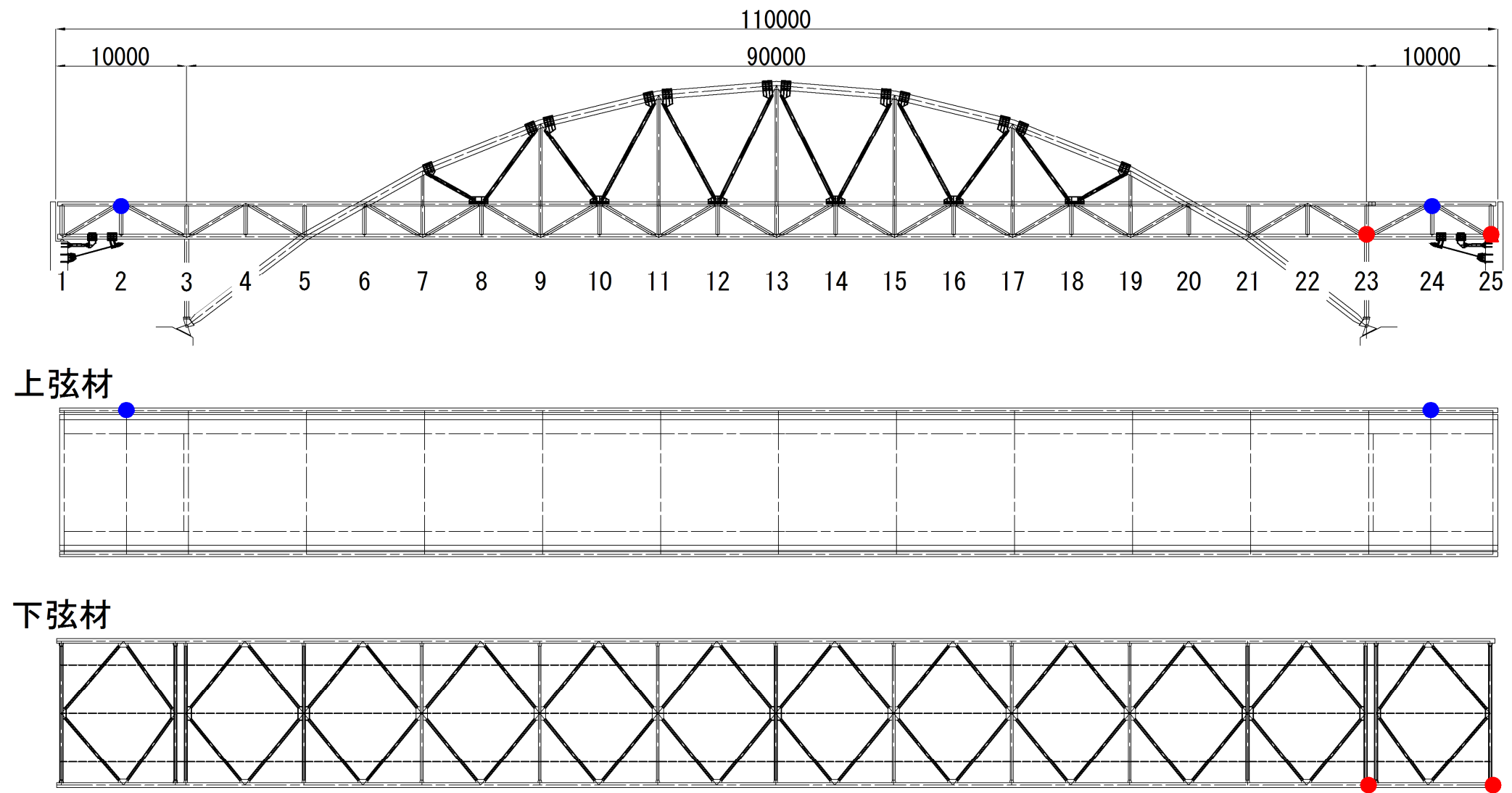
	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
○	格点部の結合度	主要格点部の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 1（VPL17, VPL21, VPL23）
○	垂直材の応力状態	垂直材の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 4（VPL21, VPL23, VPL25）の内、上弦材-上フランジ間、下フランジの応力
○	下弦材および斜材の応力状態	下弦材および斜材の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 6（VPR23, VPR25）の内、下弦材および斜材の応力

②損傷原因特定のための挙動の確認



	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
■	下弦材の直角方向の変形	支承部の直角方向変位（立体的な挙動の確認）	変位 2（VPL25 支承）の内、直角方向の変位
■	横桁の面外変形	主構と床版・床組の変位差（横桁の面外変形量の確認）	変位 3（VPL17, VPL21, VPL23, VPL25）
●	亀裂近傍の応力状態	横桁およびニーブレースの面内応力（公称応力の確認） 亀裂先端および健全部の応力（局部応力の確認）	応力 4（VPL21, VPL23, VPL25）の内、横桁およびニーブレースのコバ面両側、亀裂先端および健全部（亀裂先端と対称位置）の応力
●	下横構の応力状態	下横構の面内および面外応力（公称応力の確認）	応力 5（VP21, VP23, VP25）
▲	主構と床版・床組の振動の違い	振動計測（各々が持つ固有振動数の確認）	加速度 1（VP13, VP24）の内、X方向（橋軸）

③ストップホールの対策効果の確認



	評価したい内容	必要な調査項目	調査項目案
●	ニーブレースのSHの効果	健全部とSH対策部の応力（局部応力の確認および対比）	応力6（VPR23, VPR25）の内、ニーブレースの応力
●	上フランジのSHの効果	実施前と実施後の応力（局部応力の確認および対比）	応力7（VPR2, VPR24）

2. 調査項目一覧表

調査項目一覧表

調査目的と項目		調査趣旨	载荷方法	計測位置	計測方法	調査数量	選定理由
①	変位 1	橋梁全体の剛性の確認	試験車	VPL13	変位計	1	アーチ径間の支間中央 (1/2点)
				VPL17	変位計	1	アーチ径間の最大たわみ位置 (1/4点)
				VPL24	変位計	1	側径間の支間中央 (1/2点)
①	変位 2	可動支承、ヒンジ部上弦材の水平変位の確認	試験車	VP25 (支承)	変位計	2	可動支承の橋軸方向の変位
				ヒンジ部上弦材	変位計	2	ヒンジ部上現在の橋軸方向の変位
①②	変位 3	上弦材と床版の橋軸方向の変位差の確認	試験車	VP21	変位計	1	横桁の面外変形の大きいと予想される箇所
				VP23	変位計	1	横桁の面外変形の大きいと予想される箇所
				VP25	変位計	1	横桁の面外変形の大きいと予想される箇所
①	応力 (ひずみ) 1	主要格点部の応力の確認	試験車	VPL17 (上弦材)	単軸ゲージ	8	シェル要素でモデル化を図る格点
				VPL21 (下弦材)	単軸ゲージ	12	シェル要素でモデル化を図る格点
				VPL23 (下弦材)	単軸ゲージ	8	シェル要素でモデル化を図る格点
①	応力 (ひずみ) 2	縦桁の合成効果の確認	試験車	VP22-St1	単軸ゲージ	2	アーチ支間部の歩道側の外縦桁
				VP22-St2	単軸ゲージ	2	アーチ支間部の中縦桁
				VP22-St3	単軸ゲージ	2	アーチ支間部の車道側の外縦桁
①	応力 (ひずみ) 3	横桁の合成効果の確認	試験車	VP21	単軸ゲージ	2	アーチ部中間横桁 (横桁間隔9.0m)
				VP24	単軸ゲージ	2	側径間部中間横桁 (横桁間隔4.5m)
				VP25	単軸ゲージ	2	端横桁
①②	応力 (ひずみ) 4	損傷部近傍応力の確認	試験車	VPL21	単軸、3軸ゲージ	6, 2	亀裂発生箇所 (ストップホール実施)
				VPL23	単軸、3軸ゲージ	6, 2	亀裂発生箇所 (応急対策未実施)
				VPL25	単軸、3軸ゲージ	6, 2	亀裂発生箇所 (切削実施)
①②	応力 (ひずみ) 5	下横構の応力 (上下) の確認	試験車	VP21	単軸ゲージ	2	耐震補強工事で下横構 (水平材) を一時取り外した箇所
				VP23	単軸ゲージ	2	耐震補強工事で下横構 (水平材) を一時取り外した箇所
				VP25	単軸ゲージ	2	耐震補強工事で下横構 (水平材) を一時取り外した箇所
②③	応力 (ひずみ) 6	下弦材・斜材・ニーブレースフランジ亀裂部近傍の応力の確認	試験車	VPR23	単軸、3軸ゲージ	1	健全部
				VPR25	単軸、3軸ゲージ	4, 1	亀裂発生箇所 (ストップホール実施)
③	応力 (ひずみ) 7	ストップホールによる応力低減効果の確認	一般交通	VPR2	3軸ゲージ	1	ストップホール未対策位置
				VPR24	3軸ゲージ	1	ストップホール対策位置
①②	加速度 (振動) 1	現橋の固有振動数を把握 主構と床版・床組の振動の違いの確認	試験車	VP13 (上弦材)	3方向 (橋軸・直角・鉛直)	3	アーチ径間の支間中央 (1/2点) : 固有振動数、主構と床版の振動の違い
				VP17 (上弦材)	2方向 (鉛直・直角)	2	アーチ径間の最大たわみ位置 (1/4点) : 固有振動数
				VP24 (上弦材)	3方向 (橋軸・直角・鉛直)	3	側径間の支間中央 (1/2点) : 固有振動数、主構と床版の振動の違い
				VPR13 (床版)	1方向 (橋軸)	1	アーチ径間の支間中央 : 1/2点 : 主構と床版の振動の違い
				VPR24 (床版)	1方向 (橋軸)	1	側径間の支間中央 : 主構と床版の振動の違い

調査目的 : ①解析モデルの検証、②損傷原因特定のための挙動の確認、③ストップホールの対策効果の確認

3. 調査項目

■変位 1

計測項目：主構のたわみ計測

趣 旨：主要位置でたわみ量を計測することで橋梁全体の剛性を確認して、主部材に加えて解析で剛性を考慮する二次部材（床版、地覆他）の妥当性を確認する。

計測位置：VPL13 [1箇所] (変位計：1個)

VPL17 [1箇所] (変位計：1個)

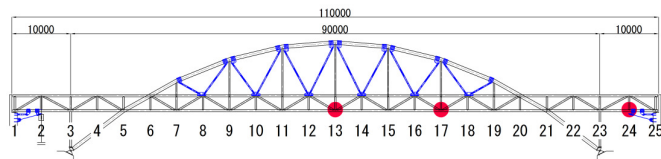
VPL24 [1箇所] (変位計：1個)

選定理由：VPL13 (アーチ径間の支間中央：1/2点)

VPL17 (アーチ径間の最大たわみ位置：1/4点)

VPL24 (側径間の支間中央)

荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



水上部での変位計測方法

■変位 2

計測項目：可動支承、ヒンジ部上弦材の水平変位計測

趣 旨：支承・ヒンジ部における水平移動機能を確認する。
また可動支承の橋軸直角方向変位を確認する。

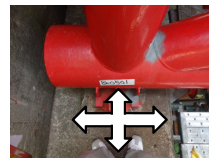
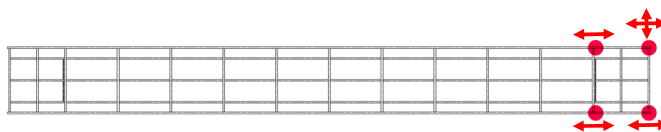
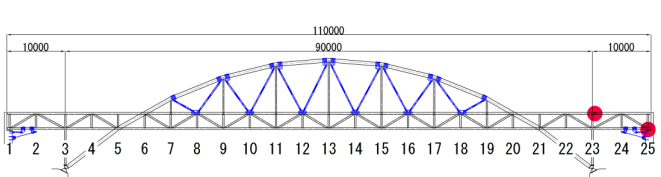
計測位置：VP25 (支承) [3箇所] (変位計：3個)

ヒンジ部上弦材 [2箇所] (変位計：2個)

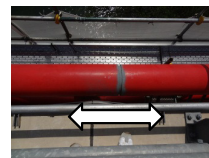
選定理由：可動支承とヒンジ部上弦材の橋軸方向変位

接触していない可動支承の橋軸直角方向変位

荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



水平変位設置位置(支承)



水平変位設置位置(ヒンジ)

■変位 3

計測項目：上弦材と床版の橋軸方向の変位差

趣 旨：横桁の面外変形量を確認する。

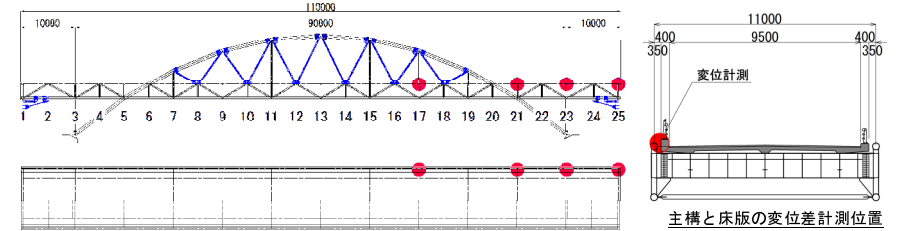
計測位置：VP17 [1箇所] (変位計：1個), VP21 [1箇所] (変位計：1個)

VP23 [1箇所] (変位計：1個), VP25 [1箇所] (変位計：1個)

選定理由：亀裂が発生している端部の横桁位置

および、比較対象として亀裂が生じていない横桁1ヶ所

荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



主構と床版の変位差計測位置

■応力 (ひずみ) 1

計測項目：格点部の応力 (ひずみ) 計測

趣 旨：格点部のモデル化における接合部の結合度合を確認する。

計測位置：VPL17 (上弦材) [4部材×4箇所=16箇所] (単軸ゲージ：16個)

VPL21 (下弦材) [5部材×4箇所+1部材×2箇所=22箇所] (単軸ゲージ：22個)

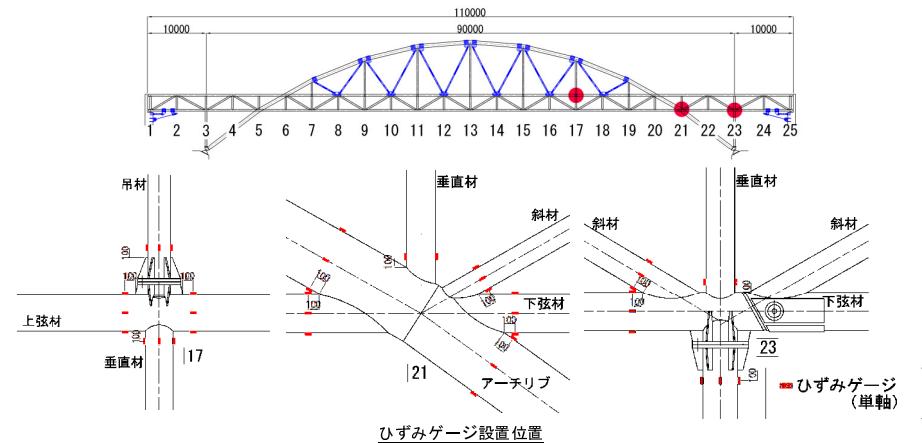
VPL23 (下弦材) [3部材×4箇所+1部材×2箇所=14箇所] (単軸ゲージ：14個)

選定理由：VP17 (上弦材と吊材、裏当て材のある垂直材の格点部)

VP21 (アーチリブと上下弦材、斜材、垂直材の格点部)

VP23 (上下弦材と垂直材、斜材の格点部)

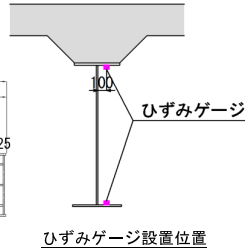
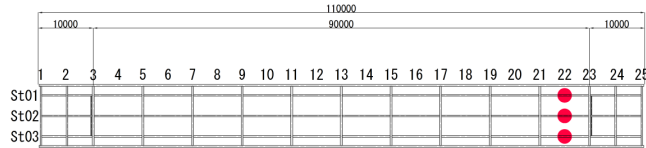
荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



ひずみゲージ設置位置

■応力（ひずみ）2

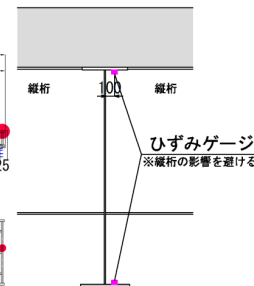
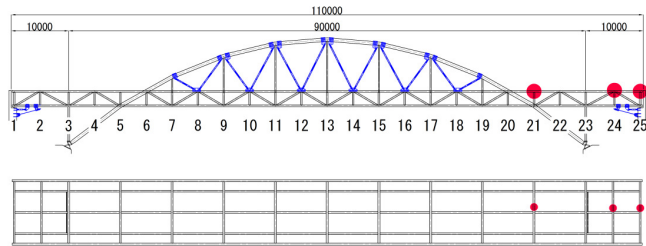
計測項目：縦桁支間中央の上下フランジの応力（ひずみ）計測
 趣 旨：縦桁の上下フランジの応力を把握することで床版、地覆との合成効果を確認する。
 計測位置：VP22（縦桁）[3部材×2箇所=6箇所]（単軸ゲージ：6個）
 選定理由：アーチ部の各縦桁
 荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



ひずみゲージ設置位置

■応力（ひずみ）3

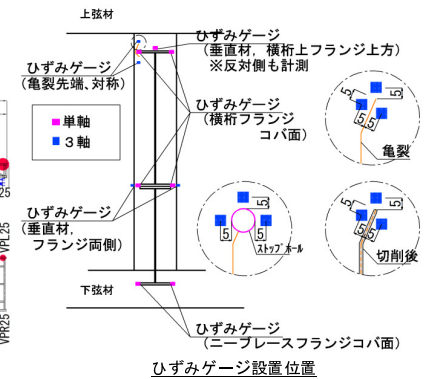
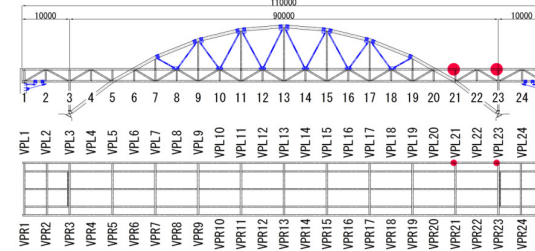
計測項目：横桁支間中央部の上下フランジの応力（ひずみ）計測
 趣 旨：横桁の上下フランジの応力を把握することで床版との合成効果を確認する。
 計測位置：VP21 [2箇所]（単軸ゲージ：2個）
 VP24 [2箇所]（単軸ゲージ：2個）
 VP25 [2箇所]（単軸ゲージ：2個）
 選定理由：VP21（アーチ部中間横桁，横桁間隔9.0m）
 VP24（側径間部中間横桁，横桁間隔4.5m）
 VP25（端横桁）
 荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



ひずみゲージ設置位置

■応力（ひずみ）4

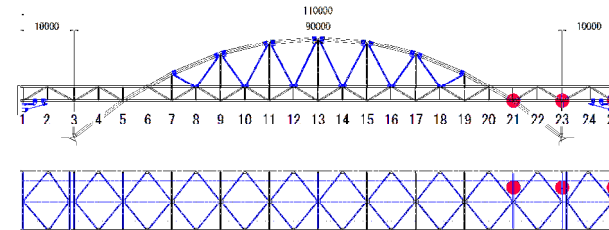
計測項目：横桁端部の上下フランジ、ニーブレースフランジ、亀裂部付近のひずみ計測
 趣 旨：亀裂損傷部近傍の応力状態を把握する。
 計測位置：VPL21 [15箇所]（単軸ゲージ：8個、3軸ゲージ6個）※ストップホール実施
 VPL23 [15箇所]（単軸ゲージ：8個、3軸ゲージ6個）※応急対策未実施
 VPL25 [15箇所]（単軸ゲージ：8個、3軸ゲージ6個）※切削実施
 選定理由：亀裂発生箇所
 荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



ひずみゲージ設置位置

■応力（ひずみ）5

計測項目：下横構（水平材）のひずみ計測
 趣 旨：下横構の支材の応力から支承および支柱の拘束状況を確認する。
 また、水平材の応力状態を確認する。
 計測位置：VP21 [4箇所]（単軸ゲージ：4個）
 VP23 [4箇所]（単軸ゲージ：4個）
 VP25 [4箇所]（単軸ゲージ：4個）
 選定理由：耐震補強時に一時取り外した箇所
 荷荷方法：試験車による動的荷荷試験



ひずみゲージ設置位置



支承による拘束(起点上り線側)

■応力（ひずみ）6

計測項目：下弦材・斜材・ニーブレースフランジ亀裂近傍のひずみ計測

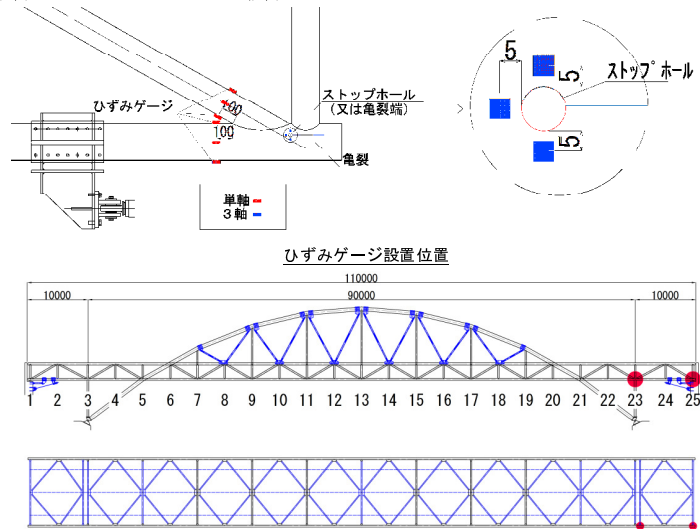
趣 旨：片側および両側に荷重した場合の下弦材およびニーブレース亀裂部近傍の応力を把握する。

計測位置：VPR23 [1箇所] (3軸ゲージ1個) ※健全部であり損傷部と対比する

VPR25 [11箇所] (単軸ゲージ：8個、3軸ゲージ3個) ※ストップホール実施

選定理由：亀裂発生箇所、健全部

荷重方法：試験車による動的荷重試験



■加速度（振動）1

計測項目：振動計測

趣 旨：動的解析での解析モデルの妥当性を検証する。また、アーチ部と側径間部において主構と床版の振動の違いを確認する。

計測位置：VP13 (上弦材) [3方向：橋軸・直角・鉛直] (加速度計：3個)

VP17 (上弦材) [2方向：鉛直・直角] (加速度計：2個)

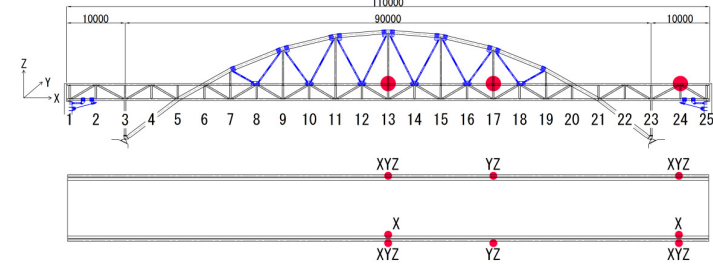
VP24 (上弦材) [3方向：橋軸・直角・鉛直] (加速度計：3個)

VPR13 (床版) [1方向：橋軸] (加速度計：1個)

VPR24 (床版) [1方向：橋軸] (加速度計：1個)

選定理由：振動特性を把握のため、影響の大きいアーチ支間の1/2点、1/4点および側径間の1/2点の鉛直・直角とした。主構と床版・床組の振動の同時性を確認するため、アーチ支間の1/2点および側径間の1/2点の橋軸とした。

荷重方法：試験車による動的荷重試験



加速度計設置位置 (床版)



加速度計設置位置 (上弦材)

■応力（ひずみ）7

計測項目：ストップホールの実施および未実施位置のひずみ計測

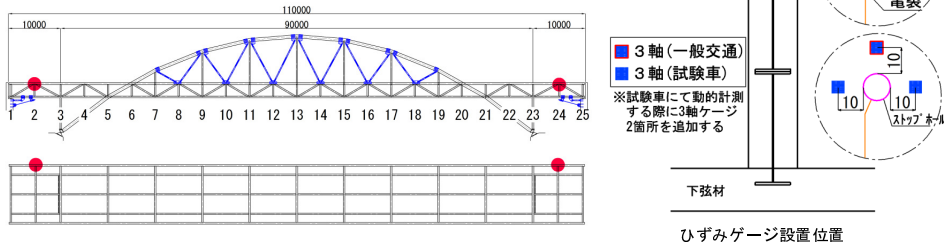
趣 旨：ストップホールの対策効果を確認する。

計測位置：VPR2 [3箇所] (3軸ゲージ3個)

VPR24 [3箇所] (3軸ゲージ3個)

選定理由：ストップホールの対策実施および未実施箇所

荷重方法：一般交通、試験車による動的荷重試験

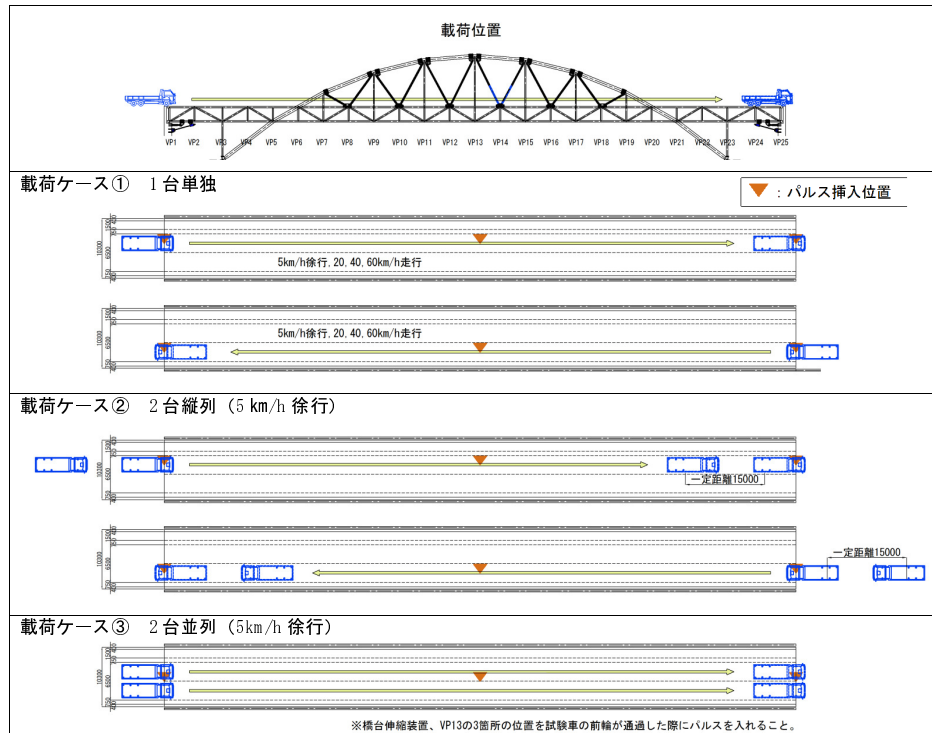


2. 動的載荷試験方法

試験車（25t）を用いて徐行～高速走行による載荷試験を実施する。また、将来的に片側交互通行の解除を視野に入れて2台並列を含む以下の3ケース実施する。

載荷ケース一覧

載荷ケース	試験車台数	試験車配置	走行区分	速度	走行方向	回数	対象計測項目		
載荷ケース①	1台	—	徐行	5km/h	上り方向	3回	6回	変位, 応力(ひずみ)	
				5km/h	下り方向	3回			
			走行	20km/h	上り方向	3回	6回		加速度(振動)
				20km/h	下り方向	3回			
				40km/h	上り方向	3回	6回		
				40km/h	下り方向	3回			
60km/h	上り方向	3回	6回						
60km/h	下り方向	3回							
載荷ケース②	2台	縦列	徐行	5km/h	上り方向 下り方向	3回 3回	6回	変位, 応力(ひずみ)	
載荷ケース③	2台	並列	徐行	5km/h	上り方向	3回	3回		



大型車を2台縦列とした理由

- ・横桁間隔が10mであるため、着目した横桁に対して3台縦列と大きな差が生じない。