

## 2.3.5. 修繕工事の実施状況

### (1) 修繕工事の経緯

上関大橋における段差発生までに実施した部位ごとの修繕工事の経緯を表 2.9 に示す。平成 11 年度からひびわれ注入などの補修工事が実施されるとともに、平成 18 年度から平成 24 年度にかけて、B 活荷重及びレベル 2 地震対応の補強工事が実施されている。また、平成 20 年度から平成 24 年度にかけて、各種補修工事が実施されている。なお、中央ヒンジ部の伸縮装置は図 2.40 に示すとおり、硬質ポリ塩化ビニール管による排水施設が撤去され、乾式止水材による止水対策が行われているが、伸縮装置が取り替えられた記録はない。

表 2.9 修繕工事の経緯

部位	実施年度	工事概要
上部工	H17	橋面防水工
	H20-21	床版上面炭素繊維シート工 (B活荷重対応)
	H20-21	マウントアップ歩道部におけるEPSIによる軽量化 (B活荷重・レベル2地震対応)
	H20-24	主鋼棒継手補修・グラウト再注入
	H20-24	上部工鉄筋腐食抑制型含浸材塗布など桁補修
	H20-24	斜鋼棒グラウト再注入
	H20-24	上部工剥落防止工
	H21-23	上部工外ケーブル工 (B活荷重対応)
	H21-23	上部工桁内炭素繊維シート工 (B活荷重・レベル2地震対応)
	H21-23	中央径間下床版コンクリート増厚工 (B活荷重対応)
	H24	橋脚炭素繊維シート工 (レベル2地震対応)
中央ヒンジ部	H20-24	中央ヒンジ部伸縮装置補修 (乾式止水材)
A1	H16	伸縮装置取替工 (1回目)
	H16	A1橋台側側径間下床版断面修復工 (亜硝酸リチウム混入モルタル)
	H16	ひびわれ注入工 (超微粒子セメント系・亜硝酸リチウム混入)
	H16	躯体コンクリート保護塗装工
	H18	グラウンドアンカー工 (レベル2地震対応)
	H18	鉛直PCケーブル上下部緊結工 (既設鉛直PC鋼棒の腐食に伴う代替機能の設置)
	H20-24	補修 (亜硝酸リチウム圧入工・コンクリート保護塗装工・躯体内排水工・犠牲陽極材設置)
	H24	伸縮装置取替工 (2回目：非排水型)
A2	H19	グラウンドアンカー工 (レベル2地震対応)
	H20-24	補修 (亜硝酸リチウム圧入工・コンクリート保護塗装工・犠牲陽極材設置)
	H24	伸縮装置取替工 (1回目：非排水型)
P1	H16	地上部コンクリート保護塗装工 (塩害・ASR対策)
	H20-24	補修 (コンクリート保護塗装工、犠牲陽極材設置)
P2	H11	補修 (ひびわれ注入工・断面修復工)
	H16	地上部コンクリート保護塗装工 (塩害・ASR対策)
	H20-24	補修 (コンクリート保護塗装工、犠牲陽極材設置)

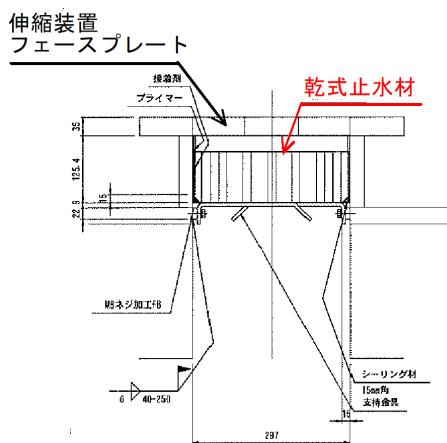


図 2.40 乾式止水材による止水対策 (中央ヒンジ部伸縮装置)

## (2) A1 橋台部の鉛直 PC 鋼棒に対する対策

A1 橋台部では、非破壊検査やはつり調査の結果を踏まえて、現在は既存の鉛直 PC 鋼棒が荷重を分担しているものの、その耐荷力や剛性は低下している可能性もあること、また、今後の劣化の進行も見込まれることから、PC 鋼棒が破断してしまったとしても、荷重分担が盛り替わるように対策が行われた。具体的には、PC ケーブルにより上下部工を連結する構造であり、**図 2.41** に設計図、**図 2.42** に設置状況を示す。

本構造の設計は、以下に示す条件で設計されている。

- ① 全 18 本の鉛直 PC 鋼棒の機能は期待しない。
- ② 新しく設置する PC ケーブルで、建設当時の荷重（死+活荷重時で約 5,700kN (570tf)）を受け持てる構造とする。

PC ケーブルは桁内でコンクリートブロックにより定着するものとし、約 5,700kN(570tf)の上揚力を受け持つ規格として、2,700kN (270tf 用) のケーブルが 4 本配置されている。

- ケーブルの :  $0.6P_u=1,620\text{kN}$  (162tf) (1 本当たり)  
許容荷重
- 配置本数 : 4 本
- 鉛直耐力 :  $4 \times 1,620=6,480\text{kN}$  (648tf) (4 本当たり) > 上揚力 5,700kN (570tf)

桁内の定着ブロックは、下床版の押し抜きせん断応力度の照査を実施した上で、端横桁及び主桁ウェブにアンカー筋で固定されている。

橋台の定着ブロックは、堅壁前面にアンカー筋で固定されており、アンカー筋の径と本数は、5,700kN (570tf) の上揚力に対して抵抗できるように決定されている。

なお、追加 PC ケーブルの設置時に、上揚力を抑え込む力として、ケーブルの許容荷重を勘案し、1 本当たり約 1,600kN (160tf) の緊張力が導入されている。

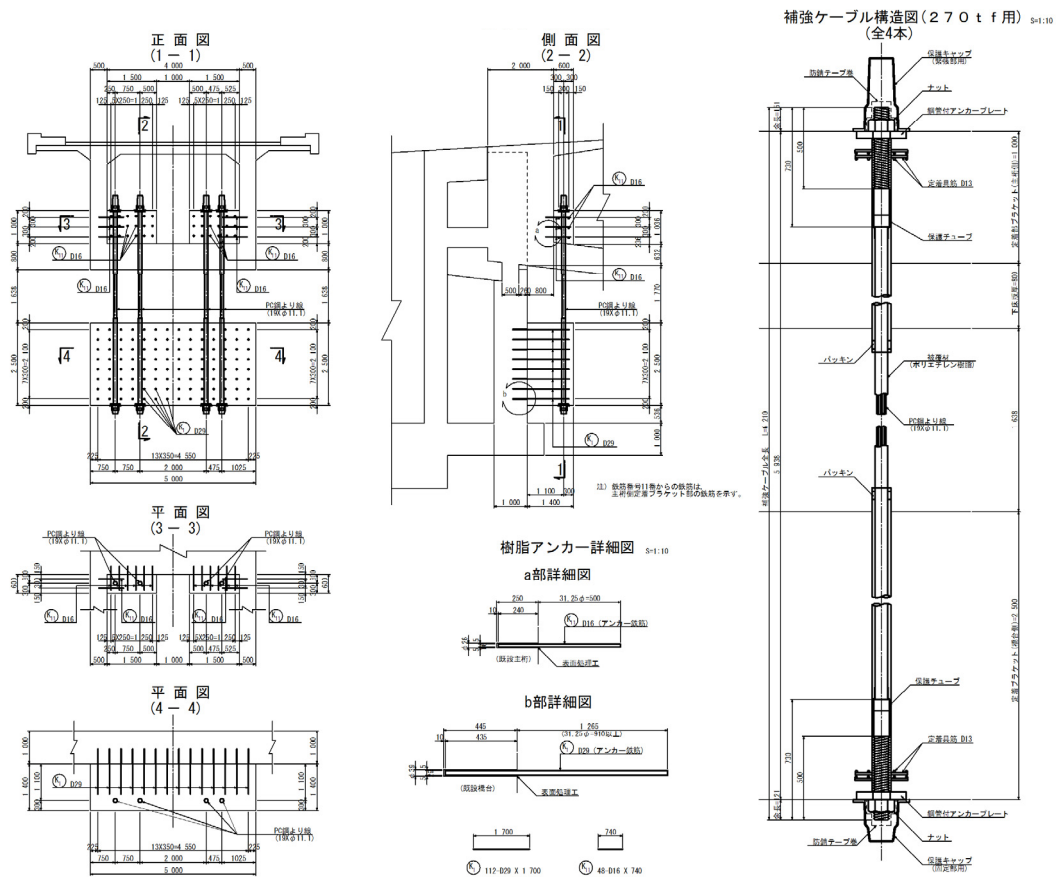


図 2.41 PC ケーブルによる上下部連結工 (設計図)

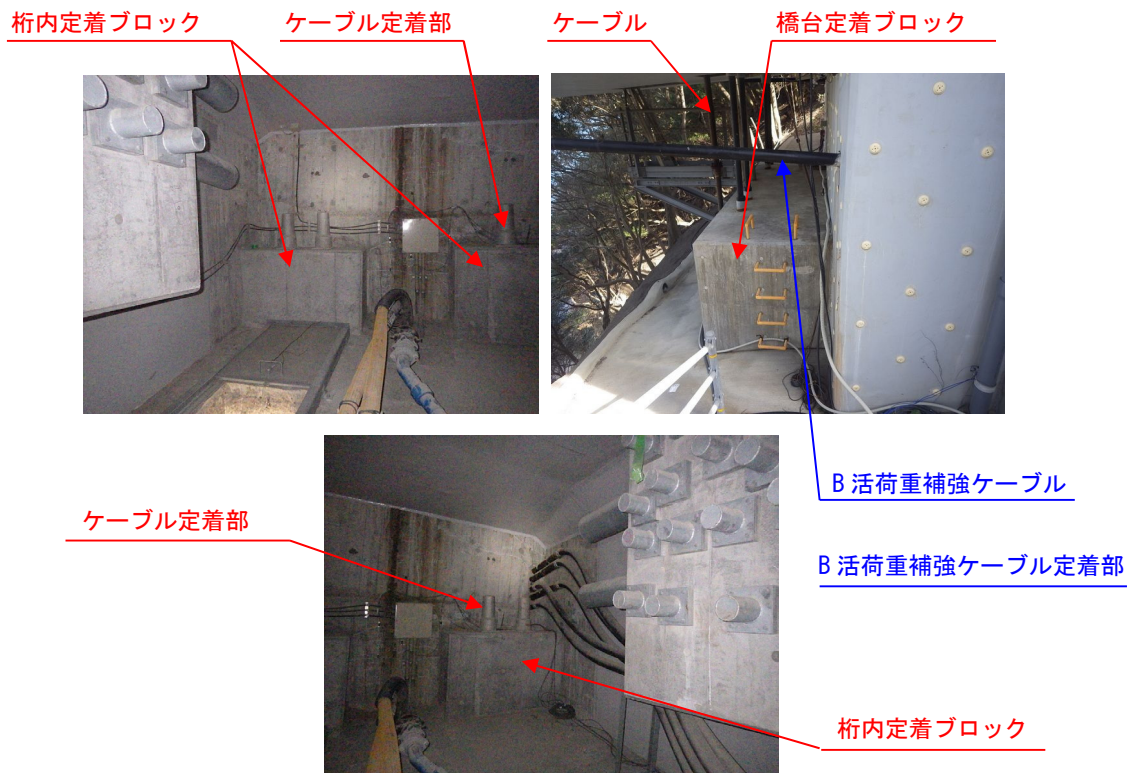


図 2.42 PC ケーブルによる上下部連結工 (現地設置状況)

### (3) B活荷重・レベル2地震対応の補強

図 2.43 に B 活荷重及びレベル 2 地震対応の補強工事の概要を示す。図 2.43 において、赤枠で囲った補強は上部工の応力状態に関連する補強、青枠で囲った補強は桁の浮き上がりを防止するための補強である。

B 活荷重に対する各部位の補強の考え方と補強工法は以下のとおり。

- ① 主桁断面については、全長の上縁引張応力、及び中央径間の下縁引張応力の許容値超過に対し、外ケーブル補強、下床版コンクリート増厚、繊維シート補強、歩道中詰め材の EPS による軽量化が実施されている（図 2.43 の①、②、④、⑪）。
- ② 上床版については、橋軸直角方向の、張出し部上縁と中間部下縁の引張応力の許容値超過に対し、繊維シート補強が実施されている（図 2.43 の③、④）。
- ③ ウェブについては、斜引張応力度の許容値超過と、せん断に対する斜引張力の耐力超過に対し、繊維シート補強が実施されている（図 2.43 の⑤）。
- ④ 橋脚については、柱上部コンクリートの許容応力度の超過、最小鉄筋量の不足に対し、繊維シート補強が実施されている（図 2.43 の⑦）。

また、レベル 2 地震に対する各部位の補強の考え方と補強工法は以下のとおり。

- ① 主桁断面については、全長のせん断耐力不足に対し、繊維シート補強が実施されている（図 2.43 の⑤）。
- ② 橋脚については、柱全高にわたるせん断耐力不足、及び橋軸直角方向の橋脚下端曲率の許容値超過に対し、繊維シート補強が実施されている（図 2.43 の⑦）。
- ③ A1 橋台部及び A2 橋台部については、レベル 2 地震の水平力に対して橋台及び上部工を固定するための、橋台と地山のグラウンドアンカーによる連結、及び主桁と橋台の外ケーブルによる連結が実施されている（図 2.43 の⑨、⑩）。

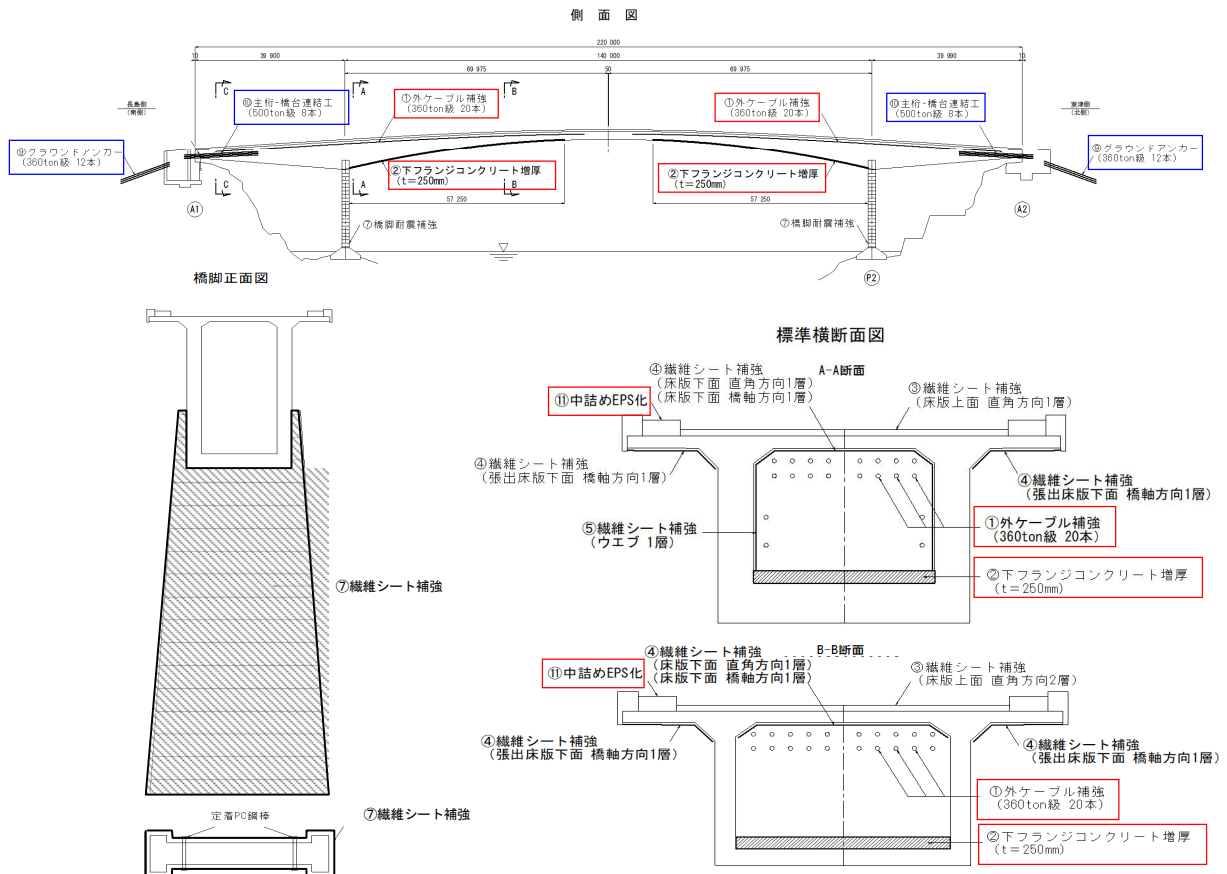


図 2.43 B 活荷重・レベル 2 地震対応の補強概要

B活荷重に対する補強前後の、合成応力度分布を図 2.44 及び図 2.45 に示す。

図 2.44 より、補強前については、死荷重+活荷重時において、中央径間の引張応力度が許容応力度を  $3\text{N/mm}^2$  程度、中央径間の圧縮応力度が許容応力度を  $1.5\text{N/mm}^2$  程度超過する状況がみられた。また、死荷重時においては、中央径間の一部区間に上縁引張応力が生じていた。

なお、死荷重時の下縁最大応力度が約  $10\text{N/mm}^2$  であるのに対し、死荷重+活荷重時の下縁最大応力度は約  $13\text{N/mm}^2$  である。

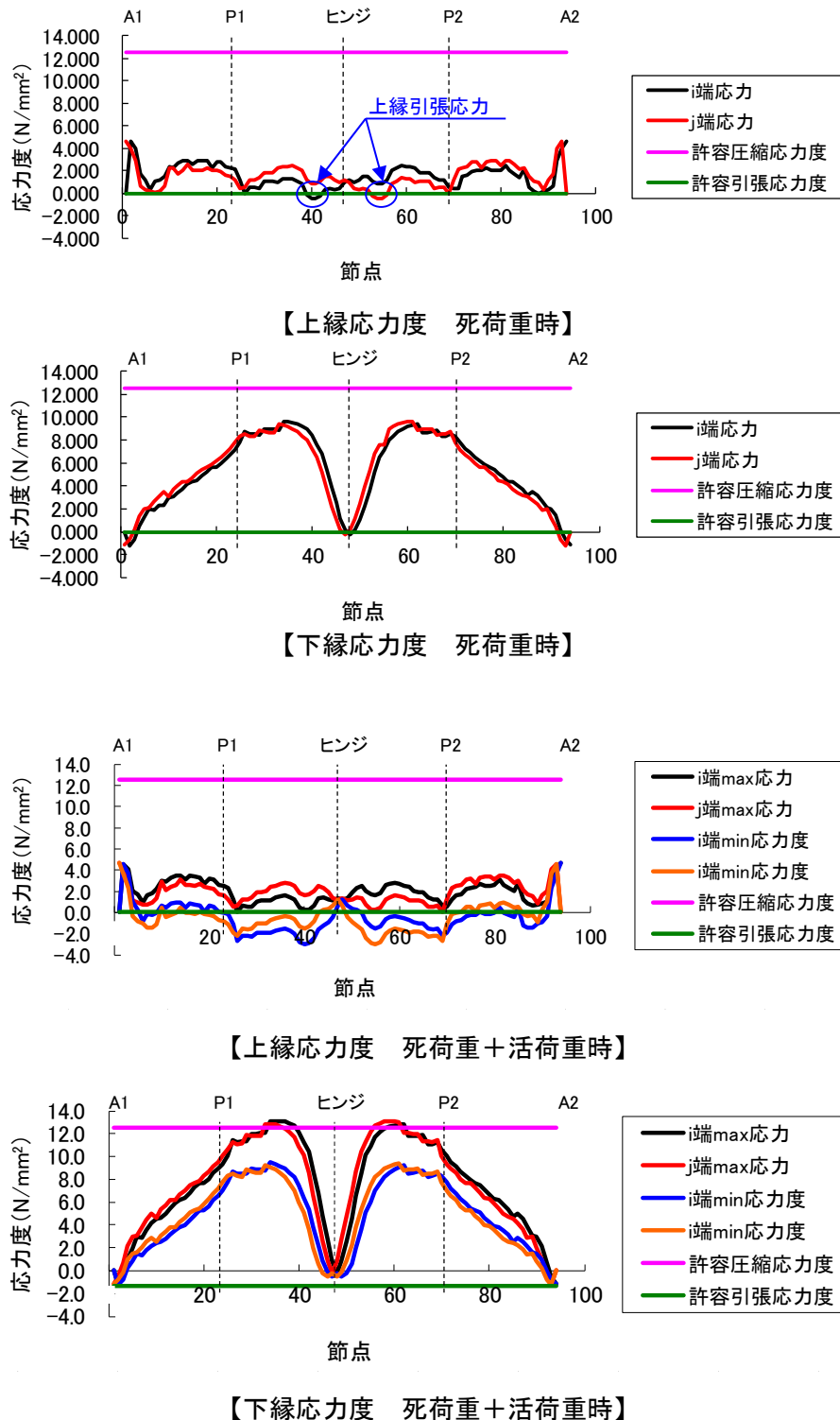
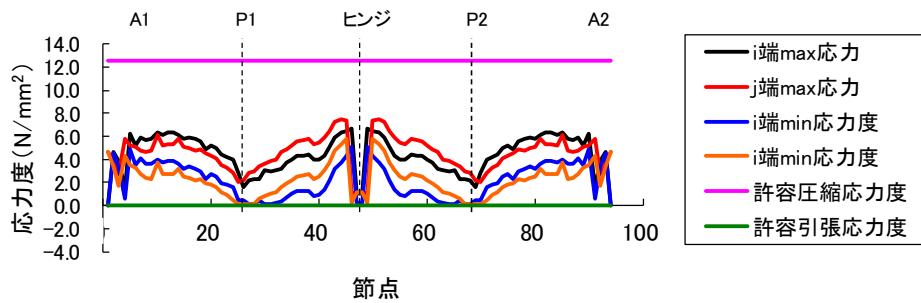
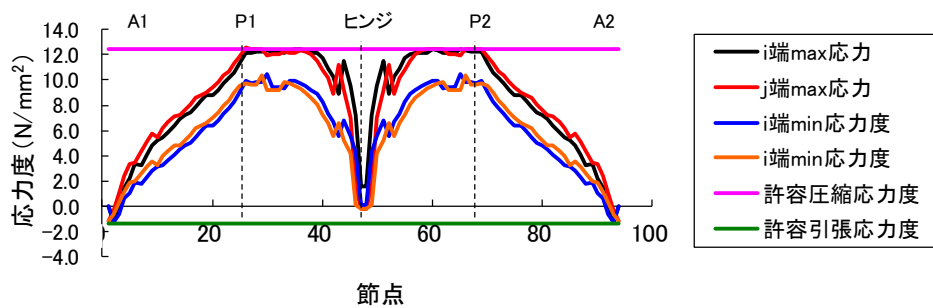


図 2.45 より、補強後については、死荷重+活荷重時において、橋脚位置の上縁引張応力度が許容応力度 ( $0\text{N/mm}^2$ ) に対して  $0.11\text{N/mm}^2$  と余裕がない。また、中央径間の下縁圧縮応力度が許容応力度 ( $12.5\text{N/mm}^2$ ) に対して  $12.4\text{N/mm}^2$  と余裕がない。



【上縁応力度 死荷重+活荷重時】



【下縁応力度 死荷重+活荷重時】

図 2.45 B 活荷重補強後の主桁応力度分布 (補強設計報告書より)



橋台と地山のグラウンドアンカーによる連結と、主桁と橋台の外ケーブルによる連結は、レベル 2 地震において固定支点としている橋台部に約 28,200kN (2,820tf) の水平力が発生し、これにより橋梁が海側に動き出す危険性があることから設置されたものである。なお、グラウンドアンカーや外ケーブルは待ち受け構造であり、施工時にケーブルのたるみをとる程度の緊張力を導入する設計となっている。図 2.49 及び図 2.50 に構造図を示す。

なお、外ケーブルとグラウンドアンカーは橋台側面や背面の壁に鉄筋コンクリート構造の定着ブロックを構築して固定しており、定着ブロックの設計の考え方は次のとおりである。

**【A1 橋台側定着ブロック】**

**a) 支圧応力 (図 2.46 参照)**

外ケーブルとグラウンドアンカーによる曲げモーメントが橋台側壁に作用した場合に定着部ブロックに生じる支圧応力に対し、許容支圧応力度を満足するよう設計されている。

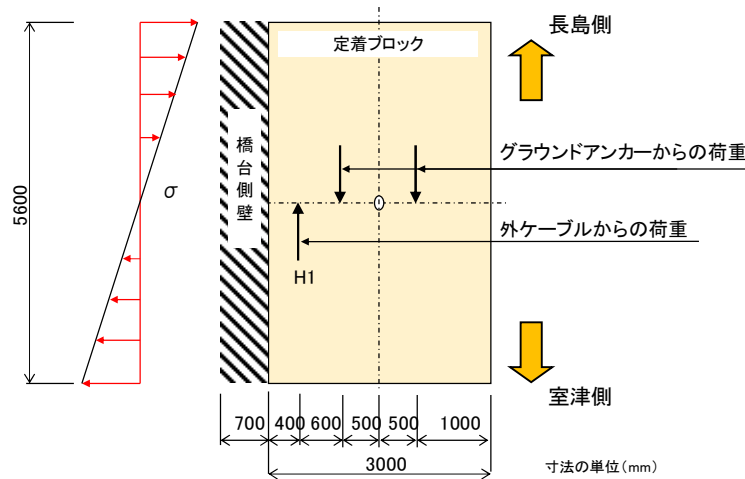


図 2.46 荷重作用平面図 (支圧応力度)

**b) 引張力伝達のための引張鋼材配置 (図 2.47 参照)**

定着ブロック内で外ケーブルからグラウンドアンカーに引張力を伝達するために、定着ブロック内に引張鋼材を配置する構造となっている。引張鋼材には、ゲビンデスターブ鋼棒が使用されている。

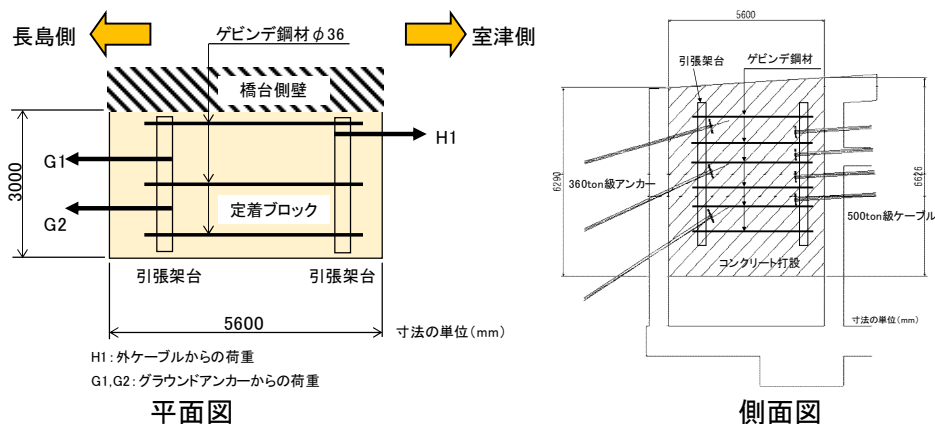


図 2.47 荷重作用・引張鋼材配置図

【A2 橋台側定着ブロック (図 2.48 参照)】

橋台側面に構築されたグラウンドアンカーの定着ブロックは、グラウンドアンカー定着具までのブロックを一次施工した後、橋台前面までのブロックを二次施工する要領で設計されている。

一次施工ブロックは、グラウンドアンカーの緊張による曲げモーメントと、一次施工ブロックを橋台側面へ定着するための定着鋼材の本数を削減するために使用されたアラミドロッドのプレストレスに対し、合成応力度の照査で設計が行われている。

また、橋台側壁は、グラウンドアンカーより作用する引張力に対し、鉄筋とコンクリートによる引張抵抗力の照査で設計が行われている。

二次施工ブロックは、橋台背面に設置されるグラウンドアンカーの緊張により、アラミドロッドを介して伝達されるせん断力に対して設計が行われている。また、一次施工ブロックと二次施工ブロックを一体化した完成系の定着ブロックには、グラウンドアンカーの緊張、外ケーブルの緊張、及びアラミドロッドのプレストレスが生じることから、これら荷重に対する合成応力度を照査し、設計が行われている。

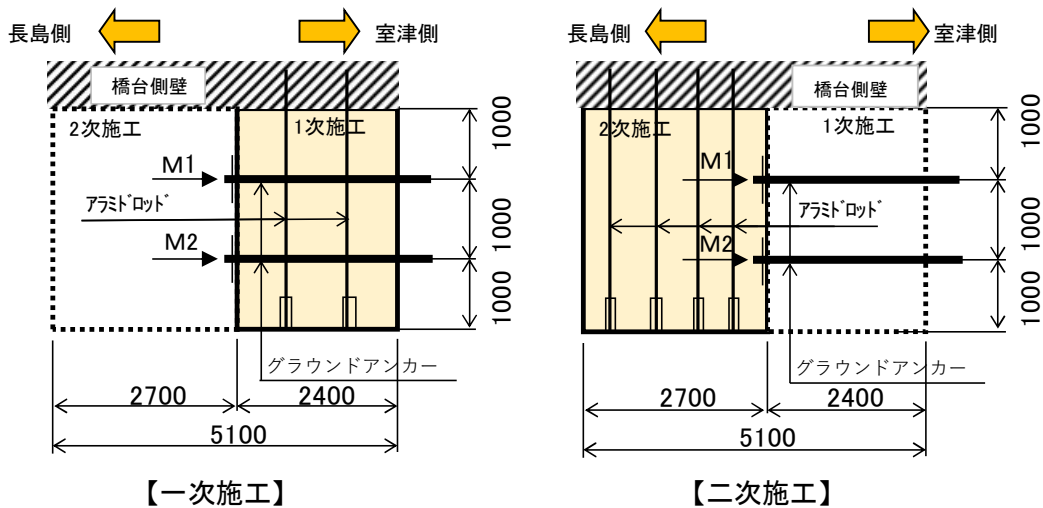


図 2.48 グラウンドアンカー・アラミドロッド配置図



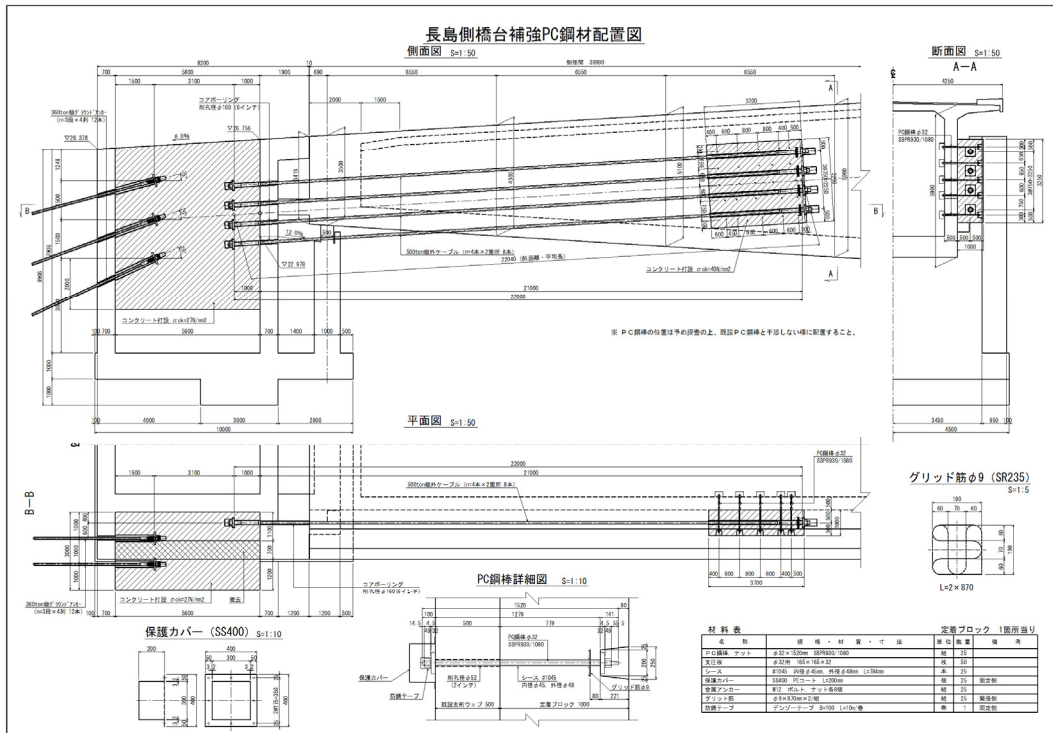


図 2.49 レベル 2 地震に対する A1 橋台部の PC 鋼材配置図 (補強設計報告書より)

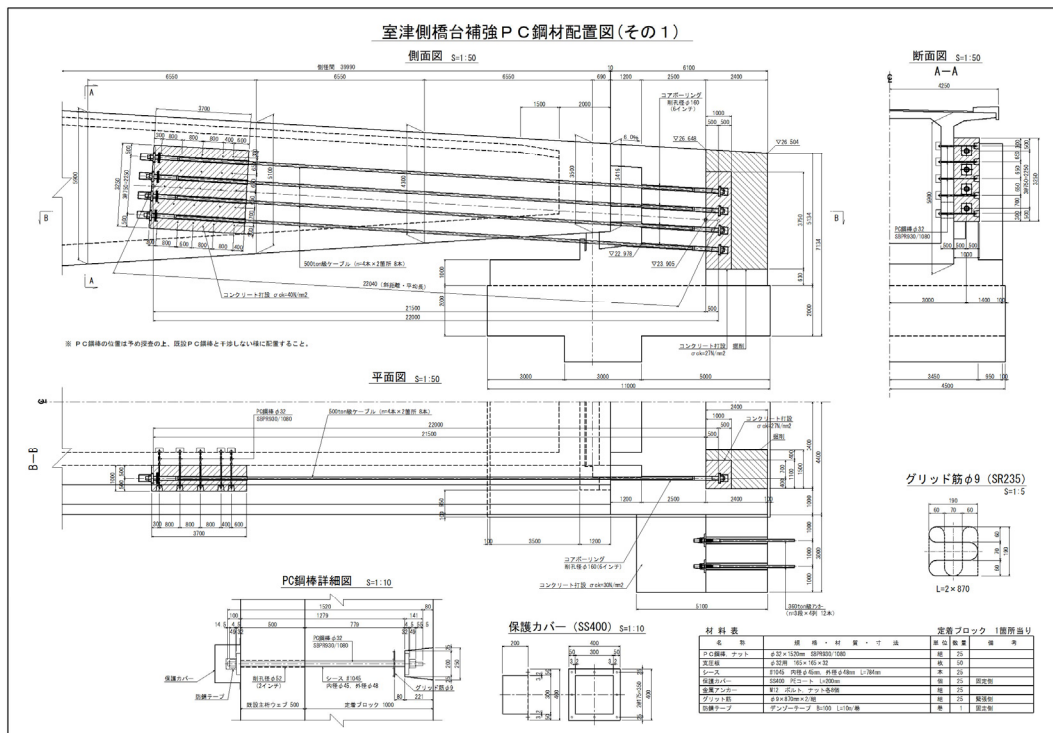


図 2.50 レベル 2 地震に対する A2 橋台部の鋼材配置図 (補強設計報告書より)

### 2.3.6. 定期点検の状況

定期点検は、平成 23 年度と平成 29 年度の 2 回実施されている。平成 23 年度は遠望目視点検であったが、平成 29 年度は近接目視点検で実施されている。

点検結果の概要を表 2.10 に示す。平成 29 年度は、橋の健全性の診断区分がⅡ（予防保全段階）と評価されている。

表 2.10 過去 2 回の点検結果概要

点検年度	平成 23 年度	平成 29 年度
目視レベル	遠望目視	近接目視
対策区分 E1・E2 の損傷	・うき（主桁）	・なし
対策区分 C の損傷	・ひびわれ、剥離・鉄筋露出 （張出し床版、橋台、橋脚） ・PC 定着部の異常 （主桁縦締、張出し床版横締） ・うき（主桁、張出し床版） ・腐食、変形など（排水装置）	・ひびわれ（主桁、PC 定着部）
特記事項 総合判定	・主な損傷は主桁の剥離・鉄筋露出、 うき（かぶり不足、中性化、塩害）	・主な損傷は主桁、横桁のひびわれ（塩 害、乾燥収縮） ・橋の健全性区分：Ⅱ（予防保全段階）
備考	<p>「山口県 橋梁点検要領（案）」による判定内容は以下のとおり。</p> <p>1. 対策区分の判定内容は以下のとおり。  E1：橋梁構造の安全性の観点から、緊対応の必要がある。  E2：その他、緊急対応の必要がある。  C：C1 と C2 に区分され、以下のとおり。  C1：予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。  C2：橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。</p> <p>2. 橋の健全性区分の判定内容は以下のとおり。  Ⅰ：健全（構造物の機能に支障が生じていない状態。）  <b>Ⅱ：予防保全段階（構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。）</b>  Ⅲ：早期措置段階（構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。）  Ⅳ：緊急措置段階（構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。）</p>	

平成 29 年度の定期点検では、橋の各部位で損傷が確認され、点検調書に損傷図及び写真が記録されている（ただし、横桁の正面を展開した損傷図は記録されていない）。抜粋したものを図 2.51～図 2.56 に示す。なお、漏水とともに茶褐色の析出物がみられたが、この析出物は平成 15 年度の調査時にはみられていない。


写真番号	30	径間番号	1	撮影年月日	2017. 11. 09
部材名	横桁	要素番号	9101	メモ	
損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	d	0.8mm/1.1m, L=2000mm	
					

図 2.51 A1 橋台部端横桁の損傷写真


写真番号	41	径間番号	1	撮影年月日	2017. 11. 09
部材名	橋台[胸壁]	要素番号	0101	メモ	
損傷の種類	漏水・遊離石灰	損傷程度	d	遊離石灰	
					

図 2.52 A1 橋台縦壁前面の損傷写真


写真番号	29	径間番号	2-1	撮影年月日	2017. 11. 09
部材名	主桁	要素番号	9104	メモ	
損傷の種類	剥離・鉄筋露出	損傷程度	d	60×100×10mm 防錆処理済 その他の損傷 うき - e 150×100mm	
			【ゲレンク沓下爪部材(下面)】 塗装済。		
			【中央ヒンジ部主桁端部コンクリート】 コンクリートにうきがみられる。		


図 2.53 中央ヒンジ部の損傷写真

写真番号	10	径間番号	3	撮影年月日	2017. 11. 09
部材名	伸縮装置	要素番号	0102	メモ	
損傷の種類	漏水・滞水	損傷程度	e	【A2 橋台】 桁下から漏水がみられる。 (平成 15 年度の調査時には、 茶褐色の析出物はみられて いない)	
					

図 2.54 A2 橋台前面の損傷写真 (その 1)



写真番号	5	径間番号	3	撮影年月日	2017. 11. 09
部材名	橋台[縦壁]	要素番号	0102	メモ	
損傷の種類	漏水・遊離石灰	損傷程度	d	遊離石灰(錆汁を伴う)	



**【A2 橋台】**  
PC ケーブル接続部から漏水がみられる。

図 2.55 A2 橋台前面の損傷写真 (その 2)

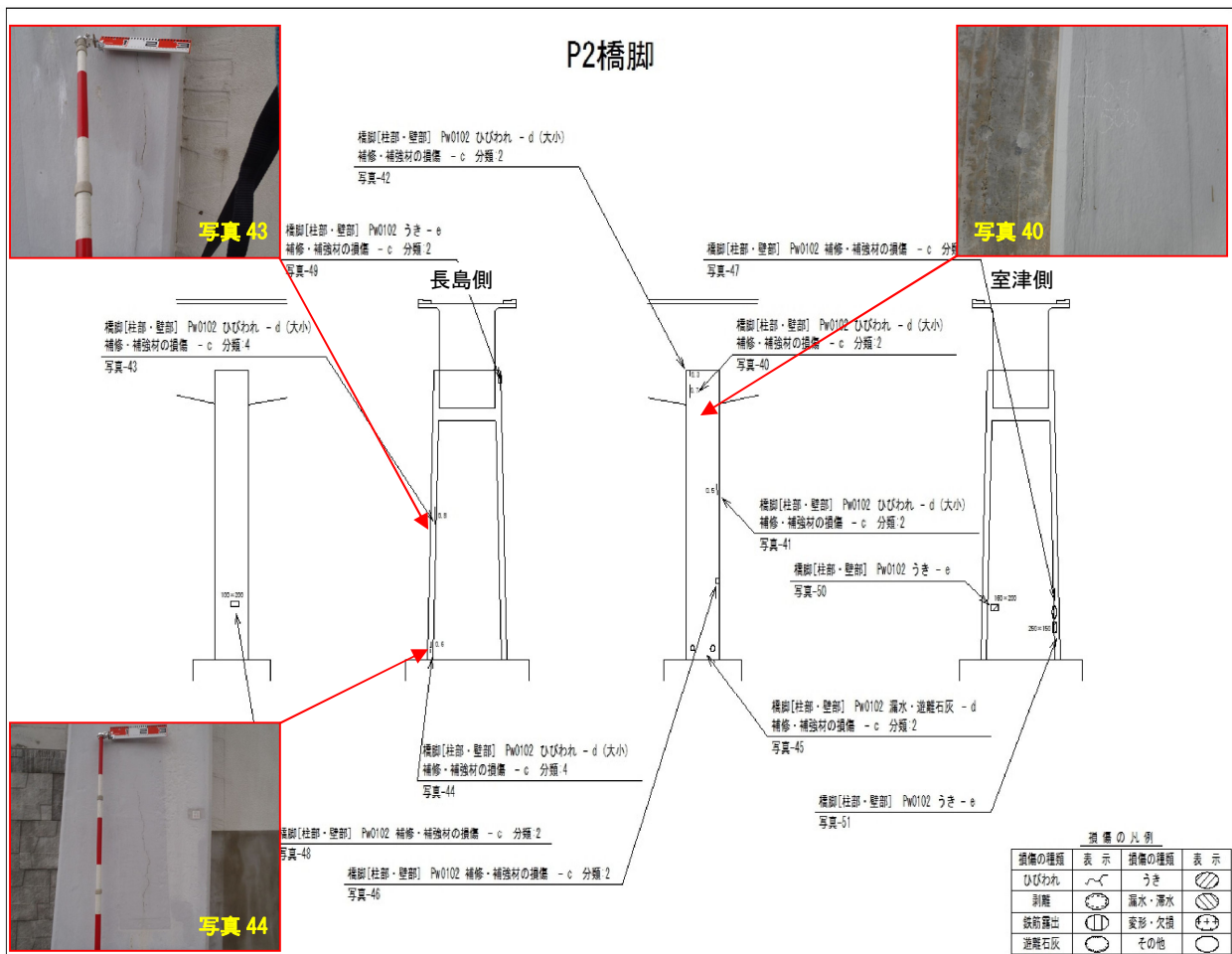


図 2.56 P2 橋脚の損傷図・損傷写真