

2.6 STEP4：落橋防止システムの検討

2.6.1 検討概要

対象橋梁に必要な落橋防止システムを以下に示す。

- ・桁かかり長：P1、P4、P7、P8 橋脚においては、桁かかり長を満足する必要がある。
- ・落橋防止構造：P1、P4、P7、P8 橋脚においては、落橋防止構造が必要である。
- ・横変位拘束構造：本橋は直橋であるため、横変位拘束構造は不要である。
- ・段差防止構造：本橋の支承桁下面と橋座面との離れが 40cm 程度以上の鋼製支承が設置されているため、段差防止構造が必要である。
- ・アップリフト防止構造：P4 橋脚については常時状態でアップリフトが発生している。地震時において支承部が破壊した場合には P4 橋脚位置で桁が跳ね上がり落橋に至る可能性があるため、必要である。

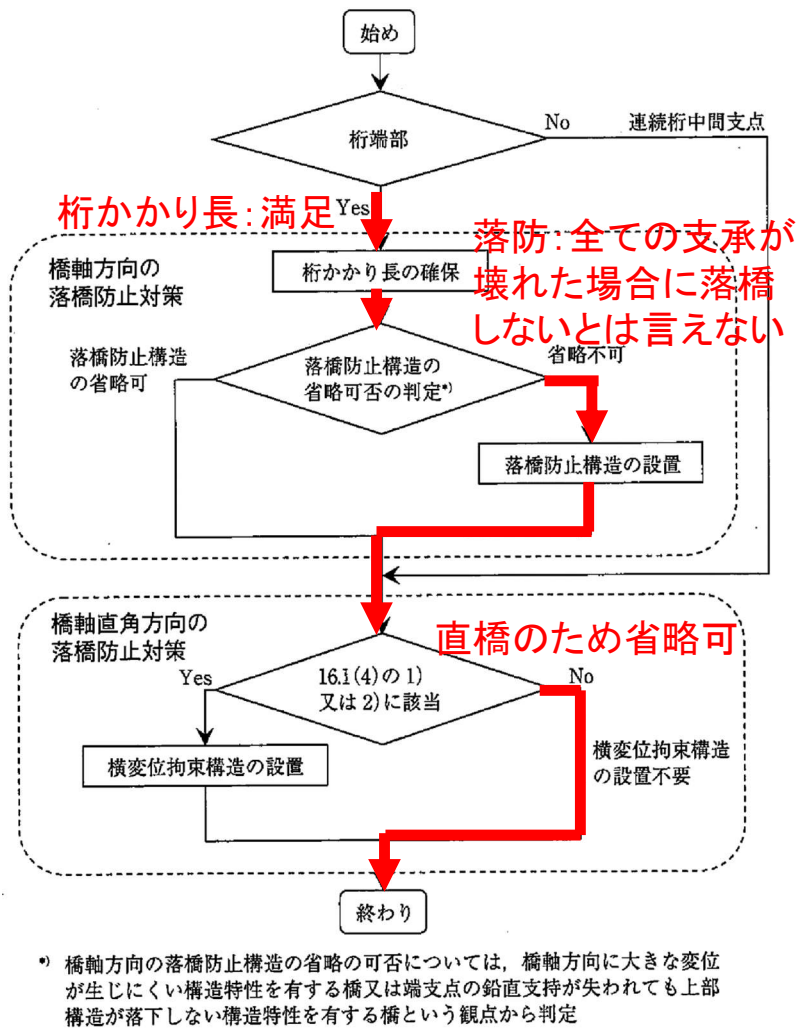


図 2.7 落橋防止システムの検討

2.6.2 検討結果

以下に検討結果を示す。

表 2.5 落橋防止システムの検討結果

項目	検討結果
桁かかり長	すべての掛け違い部で満足する。
落橋防止構造	P1、P4、P7、P8 橋脚：PC ケーブルを採用
横変位拘束構造	不要である。
段差防止構造	P1、P4、P7、P8 橋脚：段差防止ブロックを採用
アップリフト対策	P4(終点側)：PC ケーブルを採用

※P4 橋脚は常時負反力が生じているため、損傷した場合に桁が跳ね上がる可能性がある。
⇒浮き上がり防止構造が必要となる。

※本橋の支承高は 40cm 以上ある。
⇒段差防止構造が必要となる。

③主塔の耐震補強工法の立案

3.1 検討概要

主塔の耐震補強の対策工法 3 案を抽出し、予備設計計算（現況耐震性能照査で得られた応答値に対する補強部材の予備設計計算）を行い、予備設計計算の結果から対策工法 3 案の比較検討を行った。その後、主塔の弾塑性有限変位解析を行い、選定した補強構造の規模に着目した検討を行った。

3.2 補強工法の選定

耐震補強工法の検討については、以下の 4STEP により実施した。

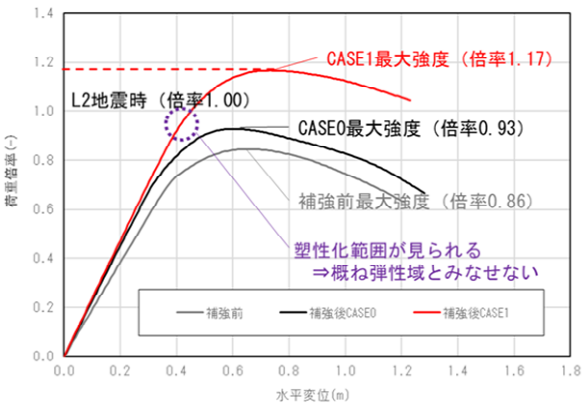
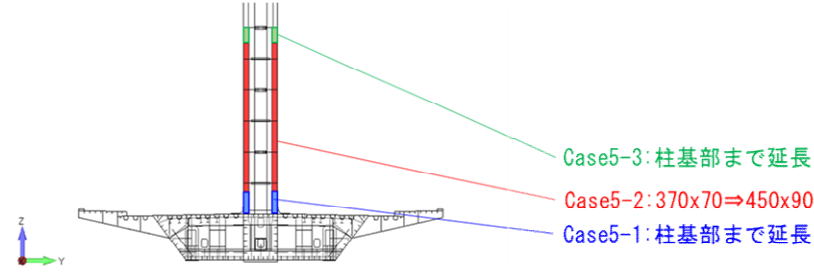
	新規部材による補強案 1 外側への縦リブ設置	新規部材による補強案 2 外側への当て板補強	新規部材による補強案 3 内側への縦リブ設置
補強断面			
評価	主塔断面の必要剛度、縦リブの必要剛度を満たさない。 ×	・補強部材の 1 部材あたり重量が補強案 3 に比べて、約 11 倍重く、施工性に劣る。 ・部材が大きいためクレーン施工となり、2 車線規制が必要となる。 ・ボルトは当てもみで施工することから、ボルト本数が補強案 3 に比べて約 2.3 倍多い。 △	・1 部材がダイアフラムと横リブ間隔であり、1 部材あたりの重量が補強案 2 より小さい ・部材が小さいためクレーンが不要で、1 車線規制となる。 ・ボルト本数が補強案 2 に比べて少ない。 ○

図 3.1 主塔の補強工法の比較

3.3 補強工法の詳細検討

補強縦リブ（赤色部材）の剛性、範囲を変更（CASE5-1、CASE5-2、CASE5-3）して補強効果を確認した。

	方向	応力状態	変更内容
CASE5-0	橋軸直角方向	主塔基部の最大応答時	初期値
CASE5-1			CASE5-0 に対して、縦リブ範囲延長(柱基部まで延長)
CASE5-2			CASE5-1 に加え、縦リブ剛度増加(370x70⇒450x90)
CASE5-3			CASE5-1、5-2 に加え、縦リブ範囲延長(上部を延長)



3.4 主塔の補強を考慮した弾塑性有限変位解析

3.4.1 解析ケース

橋補強後の解析ケースは、塑性化が確認された橋軸直角方向地震時とし、動的解析での決定ケースとなる時刻歴の断面力を再現する。

表 3.2 解析ケース

	方向	状態	応力状態	備考
CASE5	橋軸直角方向	補強後	主塔基部の最大応答時	—
CASE6		補強後	主桁の最大応答時	—
CASE7	橋軸方向	補強後	主塔基部の最大応答時	—
CASE8		補強後	主桁の最大応答時	—

3.4.2 CASE5 橋軸直角方向の照査結果（主塔基部の最大応答時）（初期たわみ有り）

荷重倍率-水平変位の関係より、最大強度（荷重倍率 1.231）が L2 地震時（荷重倍率 1.0）より十分大きいことを確認した。同結果によると、弾性域とみなせる範囲は荷重倍率 1.0 までの範囲は概ね弾性域とみなせる。

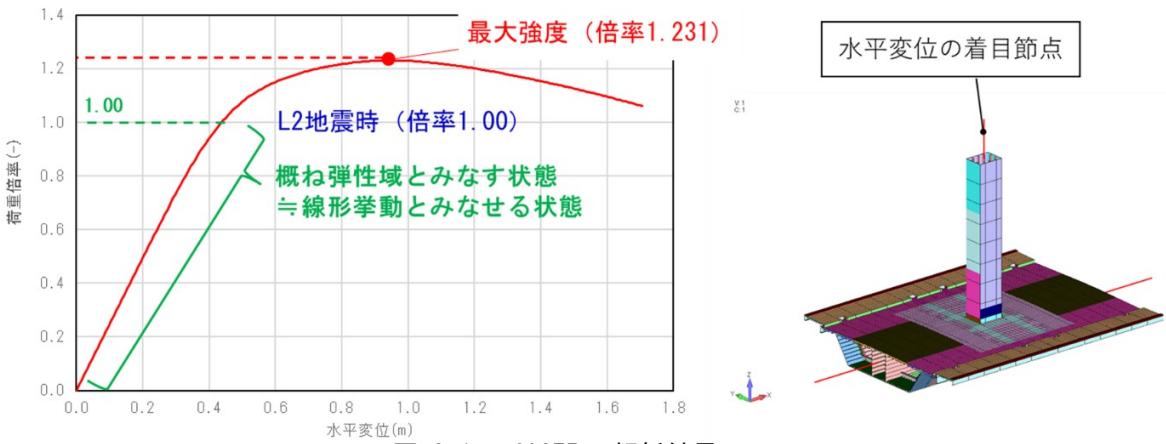


図 3.1 CASE5 の解析結果

3.4.3 CASE6 橋軸直角方向の照査結果（主桁の最大応答時）（初期たわみ無し）

荷重倍率-水平変位の関係より、最大強度（荷重倍率 2.14）が L2 地震時（荷重倍率 1.0）より十分大きいことを確認した。同結果によると、弾性域とみなせる範囲は荷重倍率 1.402 となり、主桁は弾性範囲内である。また、いずれの部材においても塑性化は生じない。弾性域とみなす限界時でも主桁は弾性範囲内であり、一部の部材（支点部）で塑性化が生じるが程度は小さい。

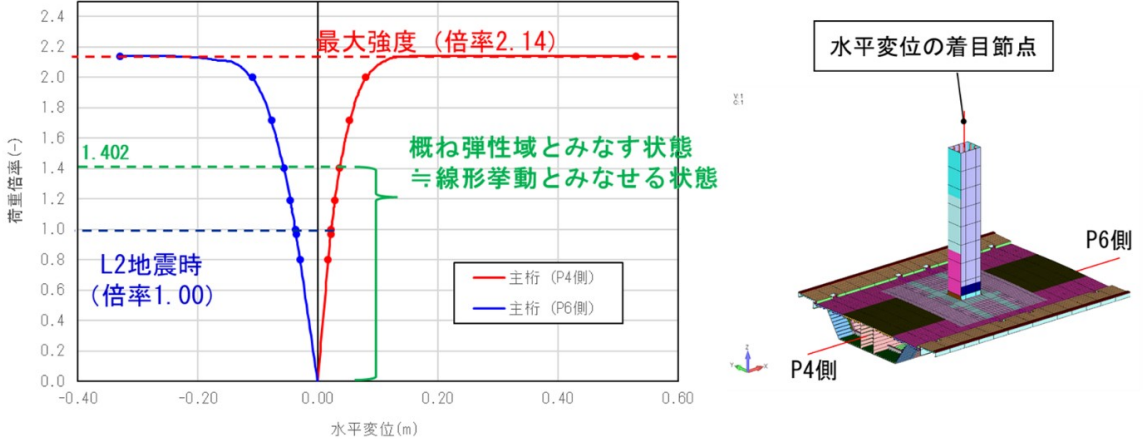


図 3.2 CASE6 の解析結果

3. 4. 4 CASE7 橋軸方向の照査結果（主塔基部の最大応答時）（初期たわみ有り）

荷重倍率-水平変位の関係より、最大強度（荷重倍率 3. 015）が L2 地震時（荷重倍率 1. 0）より十分大きいことを確認した。同結果によると、弾性域とみなせる範囲は荷重倍率 2. 518 となり、主塔は弾性範囲内である。

なお、主塔、主桁に座屈が生じず、最大荷重点が分かり難いため、主塔の荷重変位関係に加えて、主桁の荷重変位関係も掲載する。

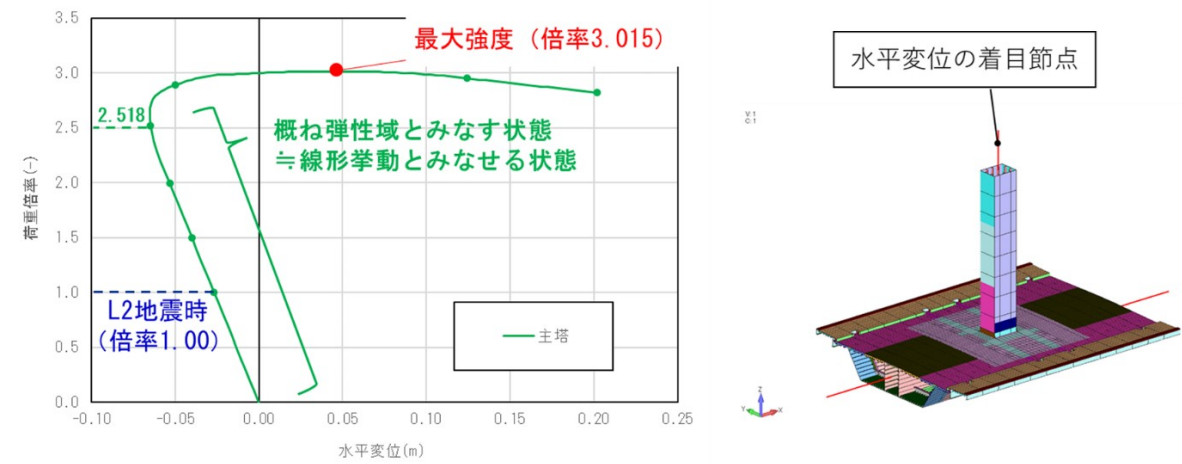


図 3. 3 CASE7 の解析結果（主塔着目）

3. 4. 5 CASE8 橋軸方向の照査結果（主桁の最大応答時）（初期たわみ無し）

荷重倍率-水平変位の関係より、最大強度（荷重倍率 2. 932）が L2 地震時（荷重倍率 1. 0）より十分大きいことを確認した。同結果によると、弾性域とみなせる範囲は荷重倍率 2. 001 となり、主桁は弾性範囲内である。

なお、主桁、主塔に座屈が生じず、最大荷重点が分かり難いため、主桁の荷重変位関係に加えて、主塔の荷重変位関係も掲載する。

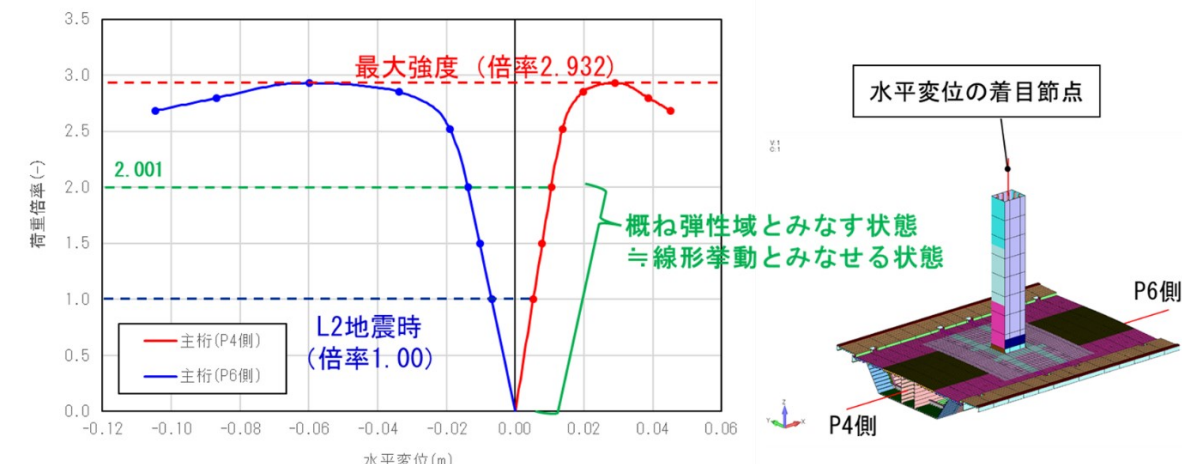


図 0 CASE8 の解析結果（主桁着目）

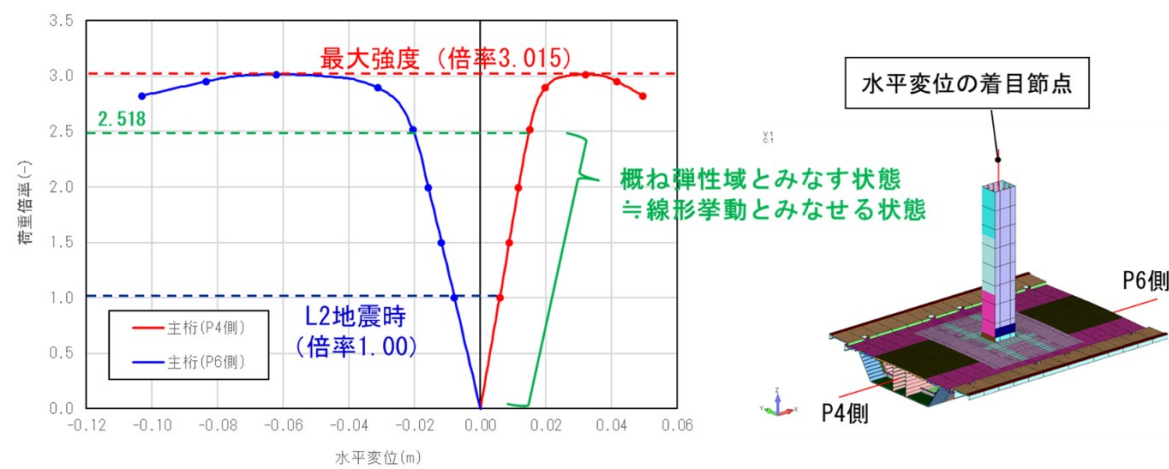


図 3. 4 CASE7 の解析結果（主桁着目）

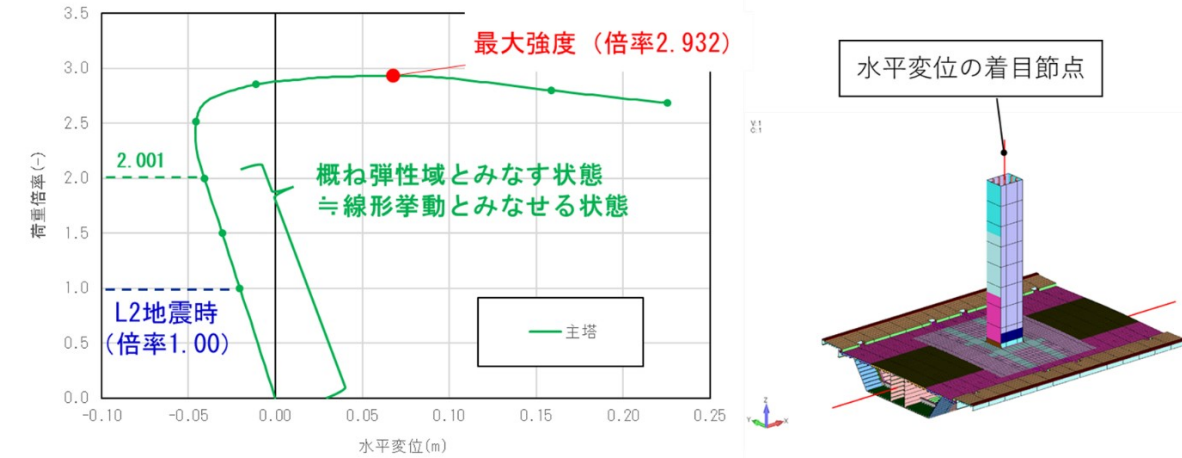


図 3. 6 CASE8 の解析結果（主塔着目）

④対策案に対する予備設計計算

4.1 検討概要

耐震補強結果を動的解析モデルに反映し、耐震性能照査を行った。解析に反映した内容は以下のとおりである。

- ・主塔の補強を考慮した（橋軸直角方向）
- ・RC 巻き立て補強を考慮した（橋軸・橋軸直角方向）
- ・ダンパーを考慮した（橋軸方向）
- ・ストッパーの重量を考慮した（橋軸・橋軸直角方向）
- ・P5 橋脚の橋軸方向のストッパーを考慮した（橋軸方向）

4.2 解析モデル

解析モデルを以下に示す。P5 橋脚については、規模の大きい水平力分担構造の設置を計画している。このため、橋軸方向は現状ピン支持条件となっているのに対して、水平力分担構造により橋軸方向の回転が拘束され、固定に近い条件となることが考えられた。以上を踏まえ、橋軸方向加振時においては、水平力分担構造による拘束をモデル化して評価した。

P5 橋脚の橋軸方向の水平力分担構造は、上部工側に鋼製ブラケットを取り付け、橋脚梁の前背面で接触させる構造としている。このため、上部工および橋脚梁部の橋軸方向の幅を模擬した剛な梁要素を設け、その接触位置に鋼製ブラケットを模擬した非線形ばね要素を設けた。非線形ばねについては、鋼製ブラケットの FEM 解析を別途実施し、ばね値を算定した。鋼製ブラケットは P5 橋脚の前背面に挟み込む形で設置するため、圧縮側はばね値で抵抗し、引張側には抵抗しない特性とした。

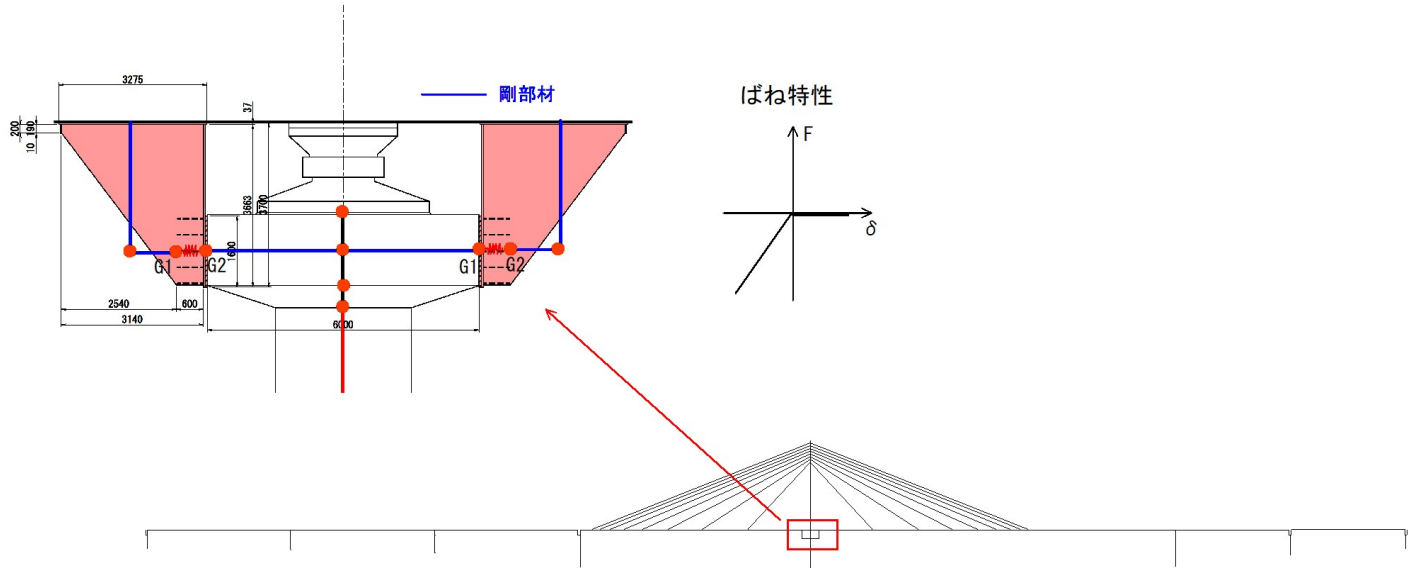


図 4.1 解析モデル

4.3 耐震性能照査

耐震性能照査の結果、固定支承以外はすべて耐震性能を満足した。固定条件の支承にたいしては水平力分担構造で補うものとした。P4 橋脚基礎については、L1 地震動と L2 地震動のどちらも許容値を満足しなかったため、別途 FEM 解析を実施し、許容値を満足することを確認している。

⑤側径間の現況耐震性能照査

5.1 検討概要

対象橋梁全体をモデル化し、側径間の現況の耐震性能を照査した。

5.2 解析モデル

解析モデルは、全体モデルとし、側径間（P1～P4、P7～P8）の耐震性能照査を行った。

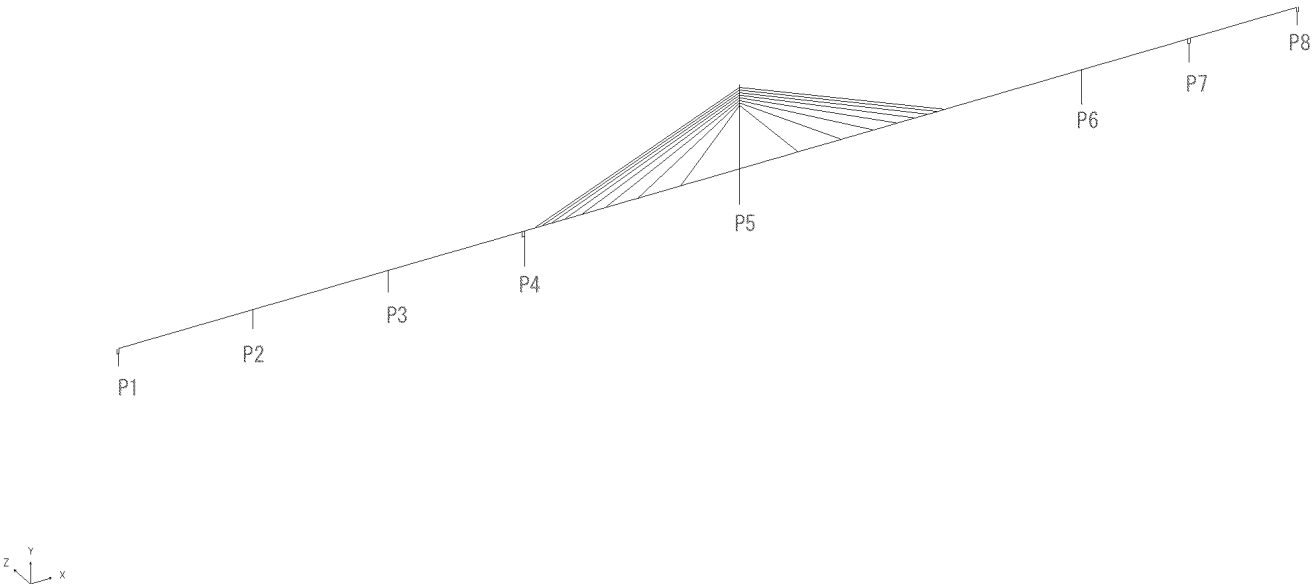


図 5.1 解析モデル

5.3 耐震性能照査結果

鳥飼仁和寺大橋の側径間の現況耐震性能照査を行った。以下に耐震性能照査結果を示す。

橋脚：P2、P3 が曲げ、せん断で許容値を超過した。

支承：P1～P4、P7～P8 のすべての支承が許容値を超過した。

基礎：L2 地震時については許容値を超過したが、L1 地震動についてはいずれも許容値を満足した。

以上の結果より、橋脚および支承に対して、補強検討を行う必要がある。

⑥側径間の耐震補強予備設計

6.1 検討概要

対象橋梁全体をモデル化し、側径間の現況の耐震性能を照査した結果、P2、P3 橋脚、および支承が耐震性能を満足しない結果となった。このため、耐震補強予備設計を実施した。

6.2 耐震補強

実施した斜張橋区間（P4～P7）の耐震補強工法の検討結果を反映することを基本とした。

全体系の対策：ダンパー（橋軸方向）

橋脚の補強：RC 巻き立て工法（橋軸・橋軸直角方向）

支承：水平力分担構造（橋軸・橋軸直角方向）

表 6.1 ダンパーと RC 巻き立て

			【補強案①橋脚補強案②斜張橋							
地震動タイプ			タイプⅡ							
対象橋脚			P1橋脚	P2橋脚	P3橋脚	P4橋脚	P5橋脚	P6橋脚	P7橋脚	P8橋脚
支承条件			M/M	F	M	M/M	F	M	M/F	M/M
橋脚補強量	巻き立て厚(mm)		-	250	250	250	500	250	250	-
	補強主鉄筋		-	D38 〇300	D26 〇300	D38 〇300	2段 D51 〇270	D51 〇150 (橋軸方向) D51 〇300 (直角方向)	D38 〇300	-
	定着・非定着		-	定着	定着	定着	定着	1本おき定着 (橋軸方向) 非定着 (直角方向)	定着	-
	補強帯鉄筋		-	D26 〇100	D26 〇100	D26 〇100	D26 〇100	D26 〇100	D26 〇100	-
	中間貫通PC鋼棒 制震ダンパー		-	考慮	-	-	考慮	-	-	-
橋軸 方向 入力 方向	耐曲 力げ	段落下部 $\phi d/\phi y$	-	-	-	-	0.727	0.452	-	-
		基部 $\phi d/\phi u$	0.463	0.940	0.665	0.813	0.480	0.366	0.478	0.268
	せん断 耐力 S/Pu	せん断耐力 S/Pu	0.709	0.861	0.492	0.520	0.944	0.654	0.992	0.673
		可動支承、ベンダルの変形 $\delta/\delta u$	P1 (P2側)	-	-	P4 (P3側)	P4 (P5側)	-	P7 (P6側)	P8橋脚
			0.785	-	0.561	0.996	0.997	-	0.632	0.976
方橋 軸 向 入 力 角	耐曲 力げ	段落下部 $\phi d/\phi y$	-	-	-	-	0.942	0.764	-	-
		基部 $\phi d/\phi u$	0.001	0.944	0.970	0.637	0.907	0.984	0.901	0.992
	せん断耐力 S/Pu		0.941	0.478	0.463	0.449	0.204	0.582	0.314	0.388

6.3 補強後の耐震性能照査

補強後の解析モデルは斜張橋部の照査時と同様のものとした。

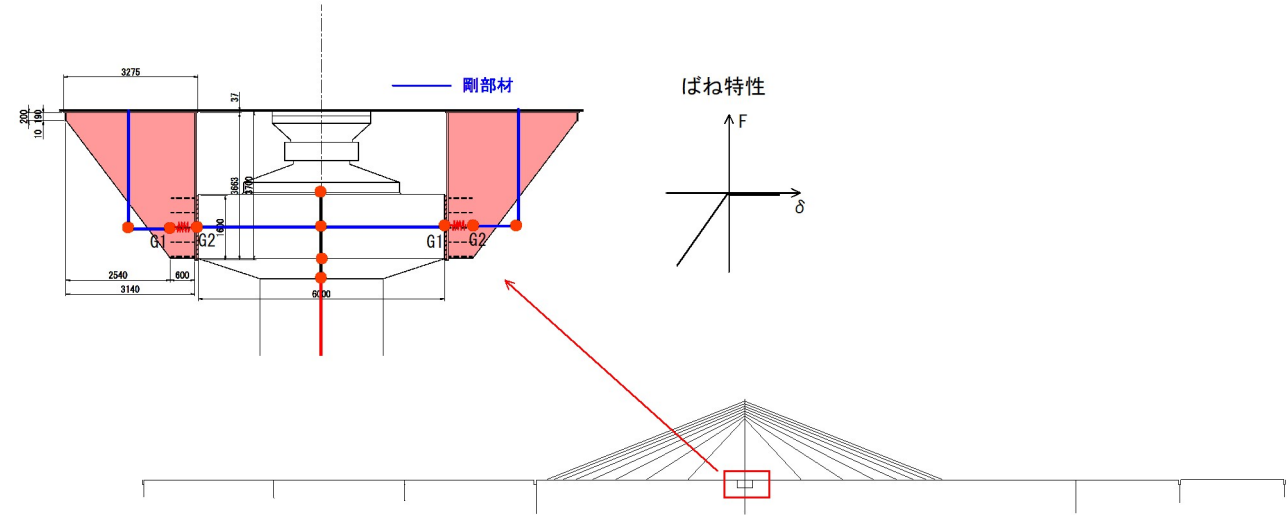


図 6.1 補強後解析モデル

鳥飼仁和寺大橋の側径間の耐震補強予備設計を行った。

橋脚：P2、P3 に対して RC 巻き立て工法による補強を行った。

支承：P1～P4、P7～P8 に対してストッパーによる補強を行った。

上記に加え、可動支承の移動量を抑制するために P3 橋脚に粘性ダンパー（1000kN×2 基）を設置した。

以上の補強を考慮した動的解析を行い、側径間は耐震性能を満足した。

⑦耐震補強後の耐震性能照査

表 7.1 斜張橋区間 (P4~P7) 現況耐震照査結果と補強後耐震照査結果

部材項目			主桁		主塔	ケーブル	橋脚								支承								基礎															
							P4		P5		P6		P7		P4		P5		P6		P7		P4			P5			P6			P7						
			鋼材	鋼材			鋼材	RC	RC	RC	RC	橋軸M直角F	橋軸F直角F	橋軸M直角F	橋軸M直角F	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	ケースン	フーチング	杭											
照査項目			曲げ	遊間	曲げ	張力	曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	安定	側壁	頂版	安定	側壁	頂版	安定	側壁	頂版	曲げ	せん断	曲げ	せん断	安定		
今年度	道示L1地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向	OK	—	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	—	—	OK	—	—	—	—	—	OK	OK	—	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	—	OK		
		直角方向	OK	—	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	NG	—	OK	—	NG	—	NG	—	NG	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	—	—	OK			
	道示L2地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	NG	OK	OK	NG	OK	—	NG	NG	—	—	NG	—	NG	OK	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	—		
		直角方向	OK	—	NG	OK	NG	NG	OK	OK	NG	NG	OK	OK	NG	—	NG	—	NG	—	NG	—	NG	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	NG	OK	NG	—	OK	NG	—

耐震補強工法

部材項目			主桁	主塔	ケーブル	橋脚						支承								基礎																
						P4		P5		P6		P7		P4		P5		P6		P7		P4			P5			P6			P7					
			鋼材		鋼材	鋼材	RC		RC		RC		RC		橋軸M直角F		橋軸F直角F		橋軸M直角F		橋軸M直角F		ケーソン			ケーソン			ケーソン			フーチング		杭		
照査項目			曲げ	遊間	曲げ	張力	曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	安定	側壁	頂版	安定	側壁	頂版	安定	側壁	頂版	曲げ	せん断	曲げ	せん断	安定
今年度	道示L1地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向	耐震性能を満足する (固定条件の支承に対しては、水平力分担構造で補うものとする)																			OK	OK	—	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	—	OK	
		直角方向																				NG	OK	—	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	OK		
	道示L2地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向																				NG	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	—		
		直角方向																				NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	OK	NG	—	NG	OK	—	

※P4基礎については、別途FEM解析により許容値を満足していることを確認

表 7.2 隣接区間 (P1~P4, P7~P8) 現況耐震照査結果と補強後耐震照査結果

部材項目			橋脚								支承										基礎																	
			P1		P2		P3		P8		P1		P2		P3		P4		P7		P8		P1				P2				P3				P8			
			RC		RC		RC		RC		橋軸M直角F		橋軸F直角F		橋軸M直角F		橋軸M直角F		橋軸F直角F		橋軸M直角F		フーチング		杭		ケーソン				ケーソン				フーチング		杭	
照査項目			曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	曲げ	せん断	曲げ	せん断	安定	安定	側壁	頂版	安定	側壁	頂版	曲げ	せん断	曲げ	せん断	安定
今年度	道示L1地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	—	—	OK	—	—	—	—	OK	—	—	—	—	—	—	—	OK	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	—	—	OK
		直角方向	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	—	—	OK	—	NG	—	OK	—	OK	—	OK	—	—	—	OK	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	—	—	OK
	道示L2地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	OK	—	NG	NG	—	—	NG	—	OK	NG	—	—	NG	NG	—	OK	OK	—	NG	NG	OK	OK	OK	OK	NG	—	OK	OK	—
		直角方向	OK	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	NG	—	NG	—	NG	—	NG	—	NG	—	NG	—	NG	—	OK	NG	—	OK	OK	NG	OK	OK	OK	NG	—	OK	NG	—

耐震補強工法

部材項目			橋脚								支承								基礎																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			P1		P2		P3		P8		P1		P2		P3		P4		P7		P8		P1				P2				P3				P8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			RC		RC		RC		RC		橋軸M直角F		橋軸F直角F		橋軸M直角F		橋軸M直角F		橋軸F直角F		橋軸M直角F		フーチング		杭		ケーソン				ケーソン				フーチング		杭																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
照査項目			曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	曲率	せん断	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	耐力	移動量	曲げ	せん断	曲げ	せん断	安定	安定	側壁	頂版	安定	側壁	頂版	曲げ	せん断	曲げ	せん断	安定																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
今年度	道示L1地震動 ★隣接橋モデル化	橋軸方向	耐震性能を満足する。 (固定条件の支承に対しては、水平力分担構造で補うものとする)																			—	—	—	—	OK	OK	OK	—	OK	OK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

⑧概略設計図面作成及び概算数量算出

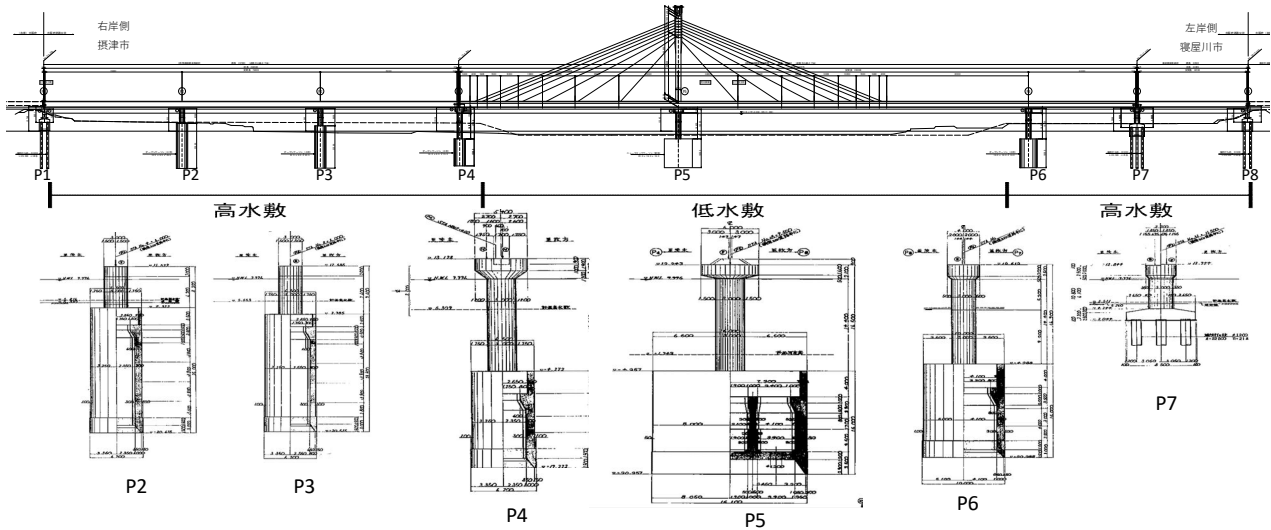
8.1 概略設計図面

概略設計図面を作成した。以下に目録を示す。

図 番	図 面 名
1 ～ 6	鳥飼仁和寺大橋（P1～P4、P4～P7、P7～P8区間）補強一般図（その1）～（その6）
7 ～ 9	鳥飼仁和寺大橋（P1～P8区間）RC巻き立て補強概略図（その1）～（その3）
10	鳥飼仁和寺大橋 P1 橋脚 補強部材配置図
11	鳥飼仁和寺大橋 P2 橋脚 補強部材配置図
12	鳥飼仁和寺大橋 P3 橋脚 補強部材配置図
13	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 補強部材配置図
14	鳥飼仁和寺大橋 P5 橋脚 補強部材配置図
15	鳥飼仁和寺大橋 P6 橋脚 補強部材配置図
16	鳥飼仁和寺大橋 P7 橋脚 補強部材配置図
17	鳥飼仁和寺大橋 P8 橋脚 補強部材配置図
18 ～ 19	鳥飼仁和寺大橋 P1 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
20 ～ 22	鳥飼仁和寺大橋 P1 橋脚 終点側 落橋防止構造図（その1）～（その3）
23	鳥飼仁和寺大橋 P1 橋脚 終点側 段差防止構造図
24 ～ 25	鳥飼仁和寺大橋 P2 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
26 ～ 27	鳥飼仁和寺大橋 P3 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
28 ～ 29	鳥飼仁和寺大橋 P3,P6,P7 橋脚 ダンパー構造図(1000kN)（その1）～（その2）
30 ～ 31	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
32 ～ 34	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 起点側 落橋防止構造図（その1）～（その3）
35	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 起点側 段差防止構造図
36 ～ 38	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 終点側 落橋防止構造図（その1）～（その3）
39 ～ 41	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 終点側 上揚力対策構造図（その1）～（その3）
42	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 終点側 段差防止構造図
43 ～ 44	鳥飼仁和寺大橋 P4 橋脚 終点 ダンパー構造図(750kN)（その1）～（その2）
45 ～ 46	鳥飼仁和寺大橋 P5 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
47 ～ 48	鳥飼仁和寺大橋 P5 橋脚 主塔 補強構造図（その1）～（その2）
49 ～ 50	鳥飼仁和寺大橋 P6 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
51 ～ 52	鳥飼仁和寺大橋 P7 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
53 ～ 55	鳥飼仁和寺大橋 P7 橋脚 起点側 落橋防止構造図（その1）～（その3）
56	鳥飼仁和寺大橋 P7 橋脚 起点側 段差防止構造図
57 ～ 59	鳥飼仁和寺大橋 P7 橋脚 終点側 落橋防止構造図（その1）～（その3）
60	鳥飼仁和寺大橋 P7 橋脚 終点側 段差防止構造図
61 ～ 62	鳥飼仁和寺大橋 P8 橋脚 水平力分担構造 構造図（その1）～（その2）
63 ～ 65	鳥飼仁和寺大橋 P8 橋脚 起点側 落橋防止構造図（その1）～（その3）
66	鳥飼仁和寺大橋 P8 橋脚 起点側 段差防止構造図

8.2 概算数量算出

概算数量を算出した。



箇所		P1	P2	P3	P4		P5	P6	P7		P8
上部工 （主塔 橋軸直角方向）		—	—	—	—	—	リブ補強	—	—	—	—
支承部関係 （橋軸直角方向）		水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造	水平力分担構造
支承部関係 （橋軸方向）		補強無	水平力分担構造	制震ダンパー	補強無	制震ダンパー	水平力分担構造	制震ダンパー	制震ダンパー	水平力分担構造	補強無
橋脚		補強無	RC巻き立て	RC巻き立て	RC巻き立て		RC巻き立て	RC巻き立て	RC巻き立て		補強無
落橋防止	落橋防止構造	PCケーブル	補強無	補強無	PCケーブル	PCケーブル	補強無	補強無	PCケーブル	PCケーブル	PCケーブル
	段差防止	段差防止ブロック	補強無	補強無	段差防止ブロック	段差防止ブロック	補強無	補強無	段差防止ブロック	段差防止ブロック	段差防止ブロック
	浮き上がり防止	補強無	補強無	補強無	補強無	PCケーブル	補強無	補強無	補強無	補強無	補強無

⑨耐震技術検討委員会の審議

9.1 検討概要

耐震技術検討委員会による審議を行った。委員会は3回実施し、実施日は下記のとおりである。

- 第1回検討委員会（令和4年1月19日開催）
- 第2回検討委員会（令和4年3月29日開催）
- 第3回検討委員会（令和4年8月29日開催）

9.2 委員会審議を踏まえた対応

右表のとおり、委員会意見を踏まえた検討方針の立案および成果への反映を行い、鳥飼仁和寺大橋の耐震補強工法に係る委員会審議を完了させた。主塔を新規部材（内側への縦リブ）により補強する方針、橋脚をRC巻き立て工法で補強する方針、ダンパー設置により全体の変形量を低減する方針等を確認した。

表 9.1 委員会審議を踏まえた対応

		委員会審議を踏まえた対応	報告書該当箇所
1	令和4年1月19日 第1回委員会	<u>P5橋脚の支承交換の可否について</u> P5 支承の弾性支承への交換について検討した結果、上部工の変位量が抑えられないこと、最大規模のゴム支承を用いたとしてもせん断ひずみが許容ひずみを満足しないことから、弾性支承への交換を不採用とした。	第1編 第3章 3.7
		<u>弾塑性有限変位解析時の初期不整について</u> 部材の初期不整のうち、局部座屈強度に影響するパネル間の初期たわみによる耐力力への影響を検討した。初期たわみの有無が強度低下に影響するため、初期たわみを考慮することとした。	第1編 第2章 2.4
		<u>主塔、主桁の耐力力の評価方法について</u> 耐力力の評価方法は、道路橋示方書の圧縮部材の耐力力評価方法を参考に、弾塑性有限変位解析で得られる最大強度（座屈強度）に対して、L2地震時の応答が必要な安全余裕を有するものとした。なお、鋼部材の局所的な塑性化は許容し、L2 地震時の挙動がおおむね弾性域とみなす状態に留まることとした。	第1編 第2章 2.4
2	令和4年3月29日 第2回委員会	<u>P5の水平力分担構造による回転変位の拘束について</u> 橋軸方向加振時においては、水平力分担構造による拘束をモデル化して評価した。	第1編 第5章 5.2
3	令和4年8月29日 第3回委員会	<u>落橋防止装置と浮き上り防止構造の設置要否について</u> それぞれ機能が異なるので、落橋防止構造、浮き上り防止構造の両構造を設置することを基本とした。 詳細設計では、落橋のメカニズム等を整理し、落橋防止システムを検討することが必要である。	第1編 第3章 3.9 第1編 第11章 11.2
		<u>主塔の補強量の縮小について</u> 既設縦リブへの補強と新設縦リブを兼用し、新設縦リブにもフランジを設けた断面で概略検討を行い、軽量化が図れることを確認した。 詳細設計では、リブ形状の最適化や既設リブ補強と追加リブを組み合わせた設計を行うことで、補強量の縮小や施工性の向上を図ることが必要と考えられる。	第1編 第4章 4.5 第1編 第11章 11.2
		<u>基礎の耐震性能照査について</u> 地震時の橋の状態や過去の被災事例等を参考に、耐震性能や考え得る事象を把握しつつ、対策優先度に応じて段階的に対策を行うといった方針を示すことが必要である。	第1編 第2章 2.3
		<u>水平力分担構造の設計方針について</u> 詳細設計では、水平力分担構造の規模縮小を目的に、既設支承にも水平力を分担させる構造を採用することもある。この場合は、詳細設計で支承と水平力分担構造が同時に働くことを評価する方法について、詳細に検討する必要がある。	第1編 第11章 11.2
		<u>水平力分担構造による拘束の影響について</u> 詳細設計では、水平力分担構造の詳細構造の設計を進める中で、常時を含めた水平力分担構造の拘束による影響の検討が必要である。	第1編 第11章 11.2

⑩まとめ、詳細設計への申し送り事項

10.1 まとめ

- 鳥飼仁和寺大橋（P1～P8）の耐震性能照査および耐震補強概略設計を行った。
- 現況の耐震性能照査を行った結果、主塔（橋軸直角方向：曲げ）、支承（固定：耐力、可動：移動量）、橋脚（橋軸・橋軸直角：曲げ、せん断）、基礎（橋軸・直角）が許容値を超過した。
- ・主塔については、主塔の内側にリブを増設する補強工法を適用した。なお、主塔の補強検討については、弾塑性 FEM を用いた。
 - ・支承については、可動支承の移動量に対してはダンパーを適用し、耐力に対しては水平力分担構造を採用した。
 - ・橋脚の補強については、RC 巻き立て工法を採用した。
 - ・落橋防止システムについては、掛け違い部の橋脚（P1、P4、P7、P8）に以下の構造を設置した。落橋防止構造として PC ケーブルを採用した。段差防止構造として段差防止ブロックを採用した。P4 橋脚の浮き上がり防止として、PC ケーブルを採用した。
 - ・基礎については、まず L2 地震動による耐震性能照査を行ったが、許容値を満足しない箇所があったため、L1 地震動による耐震性能照査を行った結果、P4 橋脚基礎以外は許容値を満足することが確認できた。また、P4 橋脚基礎においては、別途 FEM 解析を実施した結果、L2 地震動において許容値を満足することが確認できた。

10.2 詳細設計への申し送り事項

本検討では、 3 径間連続鋼斜張橋および側径間の箱桁橋を対象に、現況の耐震性能の照査結果に基づき耐震補強工法を検討し、選定した補強工法に対して概略設計を行った。

詳細設計にあたり、主に斜張橋部に関する申し送り事項等を以下に記載する。

- (1) 水平力分担構造の設計方針について（耐震検討委員会におけるご意見）
- 委員会審議を踏まえ、水平力分担構造については、安全側の観点より、既設支承の耐力は期待せず、全反力に対して抵抗可能なように設計した。その際、P5 橋脚については、下部天端に十分なスペースがなく、特に橋軸方向については下部工側面にブラケットを当てる構造となり、2 個所で計 42 t の鋼材を要する非常に規模が大きいものとなった。そのため、詳細設計では、水平力分担構造の規模縮小を目的に、既設支承に負担させる方針を採用することも考えられる。ただし、この場合は、支承と水平力分担構造が同時に働くことを評価する方法について、詳細検討が必要である。また、本業務では水平力分担構造の形式についてはブラケット（鋼材）と緩衝材（ネオプレンゴム相当）を組み合わせたオーソドックスなものであるため、新たな構造の詳細検討を行うことにより規模縮小が図られる可能性もある。
- (2) 水平力分担構造による拘束の影響について（耐震検討委員会におけるご意見）
- 固定条件の支承に対して緩衝材を介して本体構造物と接する水平力分担構造を計画した。特に P5 橋脚については水平力分担構造の規模が大きく、水平力分担構造により橋軸方向の回転が拘束され、固定に近い条件となることが考えられた。そのため、全体系の動的解析に P5 橋脚の水平力分担構造による橋軸方向の回転の拘束をモデル化して、地震時における検討により照査を満足することを確認した。引き続き、詳細設計では、水平力分担構造の詳細構造の設計を進める中で、常時を含めた水平力分担構造の拘束による影響の検討が必要と考えられる。
- (3) 主塔の補強について（耐震検討委員会におけるご意見）
- L2 地震時に対して主塔が概ね線形挙動となるための追加リブの補強規模を算定した。しかし、追加リブの

一部材が 6 3 0 k g 程度の重量を有するなど、施工条件が非常に厳しい設計となっているため、詳細設計では、リブ形状の最適化や既設リブ補強と追加リブを組み合わせた設計を行うことで、補強量の縮小や施工性の向上を図ることが必要と考えられる。なお、既設縦リブへの補強と新設縦リブを兼用し、新設縦リブにもフランジを設けた断面で概略検討を行い、軽量化が図れることを確認した。

- (4) 落橋防止システムについて（耐震検討委員会におけるご意見）
- 委員会審議を踏まえ、本業務では、水平方向の移動への対策として落橋防止構造を設置し、桁の浮き上がりへの対策として上揚力対策構造を設置する設計とした。また、P4、P7 橋脚の掛け違い部において段差防止構造を設置した。一方で、斜張橋の既往事例では落橋防止構造がないものや主塔直下に段差防止構造が設置されているものがある。そのため、詳細設計において落橋防止構造等を省略する場合は、落橋のメカニズム等を整理し、落橋防止システムを検討することが考えらえる。
- (5) 補強部材の設置による主桁の補強について
- 主桁に設置可能な位置でダンパーや落橋防止構造、水平力分担構造の配置を検討したが、これらの補強部材の設置による主桁の補強については考慮していない。そのため、詳細設計では、主桁への補強の要否について検討する必要がある。P5 橋脚の水平力分担構造のように規模が大きいものについては、別途 FEM 解析による詳細検討が必要になる可能性も考えられる。
- (6) 下部工との取り扱いについて
- 水平力分担構造、ダンパー、落橋防止システムについては、設置位置における下部工の既設配筋との干渉の有無や縁端距離などは考慮していない。そのため、詳細設計では、設置位置の既設配筋状況等を踏まえ構造詳細を検討する必要がある。また、補強部材の設置による下部工への補強についても検討する必要がある。
- (7) 施工時の検討について
- 施工計画についても検討を行う必要がある。
- (8) 各種協議の実施
- 概略設計では、河川協議などの協議は実施していない。橋脚を RC で巻き立てることや、橋脚前面に設置するダンパー、落橋防止等について、協議を行う必要がある。
- (9) 補強後の動的照査について
- 詳細設計により、上部工の補強の重量増や水平力分担構造の見直すこと等により、重量が変わることが考えられる。この場合は最終補強設計に対して耐震性能を満足することを確認する必要がある