

4. 試行フィールドにおける検証

4. 1 目的と検証内容

開発した道路橋被災状況把握システムを、通常の道路管理下に置かれている橋梁に、実際に、設置・観測することで、既存把握システムへの組み込み等を含めた、災害時の適用性を検証した（試行フィールドにおける検証）。

4. 2 設置橋梁の選定

国内に存する実橋の中から、実際に計測装置の設置が可能で、道路管理上、設置が必要な橋梁を全国から選定した。また、選定に当たっては、以下の条件を考慮して、各地方整備局（関東地方整備局、中部地方整備局、近畿地方整備局、四国地方整備局、九州地方整備局）より 1 橋、計 5 橋、選定した。

【選定条件】

- ① 今後、大規模地震の発生が懸念される津波浸水地域や緊急時のアクセスが困難な地域にある橋梁
- ② 緊急輸送路に指定されている路線上にある橋梁
- ③ 踏掛版が設置されていない橋梁、橋台背面盛土が沈下する可能性が大きい橋梁
- ④ 老朽化等により、常時観測を実施しており、地震時に変状する可能性が大きい橋梁
- ⑤ 液状化が考えられる地盤上の橋梁

選定された 5 橋と各橋の計測装置設置状況は、表 4-1 の通りである。

表 4-1. 試行フィールド選定橋梁と各橋の計測装置状況一覧

橋梁名		神宮橋		新緑橋		古座大橋		海部大橋		朝日橋						
地方整備局		関東		中部		近畿		四国		九州						
都道府県		茨城県		三重県		和歌山県		徳島県		大分県						
路線名		国道51号		国道42号		国道42号		国道55号		国道10号						
橋長（m）		950.00		90.00		324.00		329.20		34.16						
架設年（西暦）		1960		1967		1968		1967		1971						
橋齢（基準年：2016年）		56		49		48		49		45						
全幅員（m）		10.18		7.60		7.70		7.72		30.80						
径間数		76		2		10		9		2						
橋種		PC		鋼		鋼/PC/RC		PC		PC						
センサー設置箇所数	背面部（個）	—		2	A1・A2（鉛直）		—		2	A1・A2（鉛直）		4	A1・A2（鉛直）×2			
	桁端部（個）	4	A1・A2（橋軸）		4	A1・A2（橋軸・鉛直）		2	A1・A2（橋軸）		2	A1・A2（橋軸）		4	A1・A2（橋軸）×2	
	橋梁部（個）	12	P15・P19・P37・P42 P48・P50・P52・P55 P58・P73（橋軸）		—		8	P2・P4（橋軸） P5・P6 （橋軸・直角・鉛直）		4	P1・P3・P5・P7 （橋軸）		—			
			P48・P50（鉛直）×2													
電源種別		商用電源		太陽電池		商用電源		商用電源		太陽電池						
監視局設置位置	親局（個）	1	A1橋座		1	A1翼壁側面（山側）		2	A1翼壁側面（山側） A2翼壁側面（山側）		1	A2橋座		1	A2背面スペース（上り線）	
	子局（個）	1	A2橋座		1	A2翼壁側面（山側）		0			0			1	A1橋座（上り線）	

4. 3 センサの設置方針

(1) 橋台背面盛土の段差計測

橋台背面盛土の段差計測は、図 4-1 の設置フローにより、橋台背面アプローチ部に段差が生じる恐れがあるかどうかを検討し、設置要否を決定することとした。これは、緊急点検結果より、踏掛版を有する橋台や橋台高の低い直接基礎橋台では、殆ど段差を生じていなかったことに基づいて作成したものである。

橋台背面アプローチ部センサ設置フロー



※踏み掛け版以外のコンクリート版も含む

図 4-1. 橋台背面アプローチ部のセンサ設置要否決定フロー

センサの設置位置は、胸壁背面とし、1 橋台に 1 箇所設置することとした。ただし、道路幅員が広く、段差に大きな左右差が生じることが予想される場合には、複数のセンサを設置することとした。横断方向の設置位置は、道路中央付近を基本とするが、道路規制などが極力最小限と出来る位置を現地で確認した上で決定する。

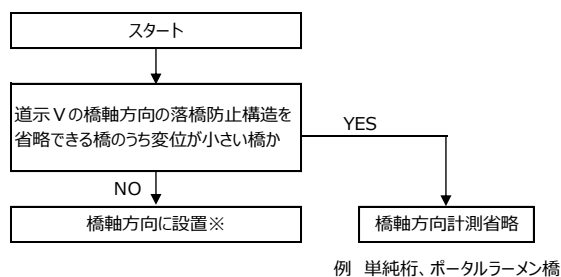
橋台背面盛土が沈下しても、アスファルト舗装や路盤工が沈下しないケースが想定される為、センサの設置高さは路盤工の下面付近とし、沈下板は、路盤工より深く、盛土内に設置することとした。

(2) 桁端部の計測

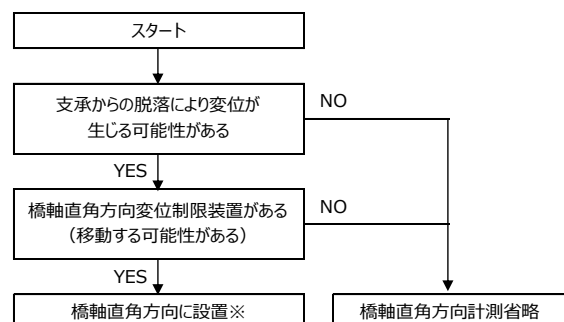
車両の通行に支障を与える桁端部の変位には、橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の 3 方向の変位がある。各方向に変位が生じる原因としては、鉛直方向には支承からの桁落下、橋軸方向には伸縮装置部の異常遊間、橋軸直角方向には上部工桁の回転等が考えられる。

橋梁構造によっては、変位が制限される構造、ある方向には変位が発生しない構造等があるため、予め、センサ設置が不要と判断出来る場合がある。本研究では、図 4-2 に示すフローに従って、センサ設置可否を決定することとした。³⁾⁴⁾

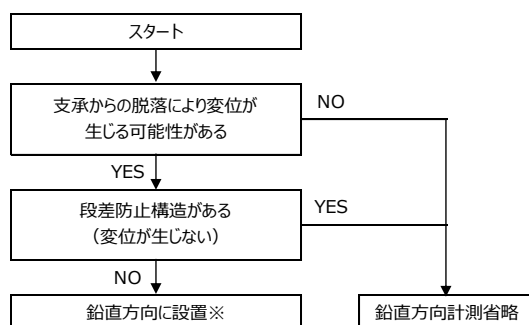
橋軸方向の設置フロー



橋軸直角方向の設置フロー



鉛直方向の設置フロー



※フローでは「設置」となった場合でも、隣接桁を計測することで省略できる場合もあるため、対象橋梁の架橋状況などに合わせて判断すること。

図 4-2. 桁端部のセンサ設置可否決定フロー

4. 4 閾値の設定

(1) 橋梁の変位方向

車両の通行に支障を与える桁端部の変位には、橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の3方向があり、その発生原因としては、橋軸方向は伸縮装置部の異常遊間、橋軸直角方向は上部工桁回転、鉛直方向は上部工桁が支承から落下したことによる段差などが考えられる。

(2) 通行障害を与える変位量の設定

通行障害を与える変位量は、各変位方向別に、表4-2のように設定した。

表4-2. 通行障害を与える変位量の設定^{12)～15)}

	通行障害の変位量		備 考
	通行注意	警告	
鉛直方向	2cm 以上	10cm 以上	被災時の状況から判断
橋軸方向	伸びる側：温度による 桁伸縮量+20mm 縮む側：20mm	伸びる側：温度による 桁伸縮量+100mm 縮む側：100mm	桁長が長い橋梁は別途検討
橋軸直角 方向	鋼製支承：橋軸方向 5mm (支承の橋軸直角方向 移動量より)	100mm 以上	支承部破壊による橋軸直角 方向のズレ

橋軸方向の閾値については、温度変化の影響を考慮する必要がある。そこで、標準温度時と計測装置設置時の温度変化分の桁の伸縮量を加味した閾値を算出した（図4-3参照）。⁵⁾⁶⁾

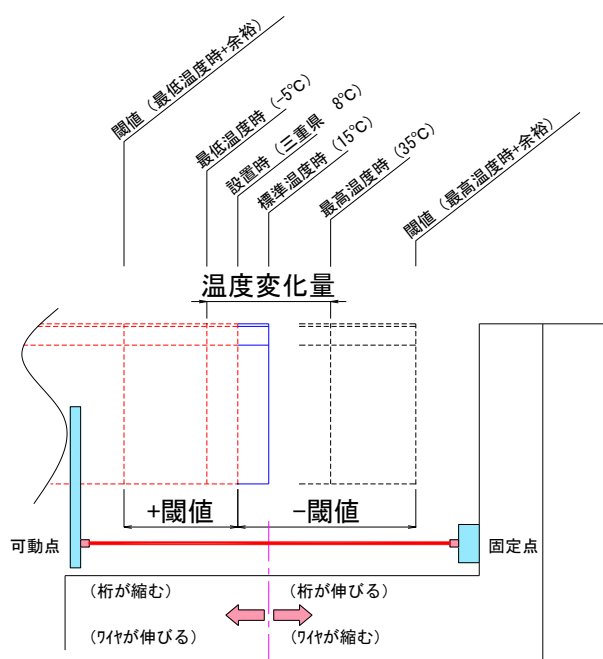


図4-3. 桁端部の温度変化イメージ

表 4-3、及び、表 4-4 に、各橋梁の閾値算出結果を示す。

表 4-2. 各橋梁の閾値算出結果①

橋梁名(場所)				新緑橋(三重)		古座大橋(和歌山)					
支承条件				F	M	F	MF	MF	M	F	M
構造物名称				A2(三重)	A1(和歌山)	A1(和歌山)	P2	P4	P5	P6	A2(三重)
伸縮桁長	L		m	0	89	0	34.65	34.65	85.8	0	37.5
最高温度	Th		°C	40	40	40	35	35	40	40	35
最低温度	Tl		°C	-10	-10	-10	-5	-5	-10	-10	-5
設置温度	Ts		°C	8	8	8	8	8	8	8	8
標準温度	TT		°C	15	15	15	15	15	15	15	15
温度差	Tss	TT-Ts	°C	7	7	7	7	7	7	7	7
温度変化量	Tsr	Th-Tl	°C	50	50	50	40	40	50	50	40
1/2温度変化量	1/2Tsr	1/2Tsr	°C	25	25	25	20	20	25	25	20
標準温度時伸縮量	ΔL_h	$1/2Tsr \cdot \alpha \cdot L$	mm	0.0	26.7	0.0	6.9	6.9	25.7	0.0	7.5
温度差伸縮量	ΔL_s	$Tss \cdot \alpha \cdot L$	mm	0.0	7.5	0.0	2.4	2.4	7.2	0.0	2.6
計算値(注意)	LLT	$\Delta L_h - \Delta L_s + 15$	mm	15.0	34.2	15.0	19.5	19.5	33.5	15.0	19.9
計算値(警告)	LLK	$\Delta L_h - \Delta L_s + 100$	mm	100.0	119.2	100.0	104.5	104.5	118.5	100.0	104.9
採用値 (桁縮む 十側)	注意	M: LLT or 20の大きい方、F: 20	mm	20.0	34.2	20.0	20.0	20.0	33.5	20.0	20.0
	警告	M: LLK、F: 100	mm	100.0	119.2	100.0	104.5	104.5	118.5	100.0	104.9
採用値 (桁伸びる 一側)	注意	M: LLT-2 ΔL_h -30, F: -20	mm	-20.0	-49.2	-20.0	-23.9	-23.9	-47.9	-20.0	-25.0
	警告	M: LLK-2 ΔL_h -200, F: -5.0	mm	-100.0	-134.2	-100.0	-109.4	-109.4	-132.9	-100.0	-110.1

表 4-4. 各橋梁の閾値算出結果②

橋梁名(場所)				神宮橋(茨城)		海部大橋(徳島)		朝日橋(大分)		備考
支承条件				F	M	F	M	M	M	
構造物名称				A1(潮来)	A2(鹿嶋)	A1(徳島)	A2(高知)	A1(北九州)	A2(大分)	
伸縮桁長	L		m	0	12.5	0	36.46	17.083	17.083	
最高温度	Th		°C	35	35	35	35	35	35	
最低温度	Tl		°C	-5	-5	-5	-5	-5	-5	
設置温度	Ts		°C	8	8	8	8	8	8	
標準温度	TT		°C	15	15	15	15	15	15	
温度差	Tss	TT-Ts	°C	7	7	7	7	7	7	
温度変化量	Tsr	Th-Tl	°C	40	40	40	40	40	40	
1/2温度変化量	1/2Tsr	1/2Tsr	°C	20	20	20	20	20	20	
標準温度時伸縮量	ΔL_h	$1/2Tsr \cdot \alpha \cdot L$	mm	0.0	2.5	0.0	8.8	3.4	3.4	
温度差伸縮量	ΔL_s	$Tss \cdot \alpha \cdot L$	mm	0.0	0.9	0.0	3.1	1.4	1.2	
計算値(注意)	LLT	$\Delta L_h - \Delta L_s + 15$	mm	15.0	16.6	15.0	20.7	17.0	17.2	
計算値(警告)	LLK	$\Delta L_h - \Delta L_s + 100$	mm	100.0	101.6	100.0	105.7	102.0	102.2	
採用値 (+側)	注意	M: LLT or 20の大きい方、F: 20	mm	20.0	20.0	20.0	20.7	20.0	20.0	
	警告	M: LLK、F: 100	mm	100.0	101.6	100.0	105.7	102.0	102.2	
採用値 (-側)	注意	M: LLT-2 ΔL_h -30, F: -20	mm	-20.0	-20.0	-20.0	-26.8	-20.0	-16.8	
	警告	M: LLK-2 ΔL_h -200, F: -5.0	mm	-100.0	-103.4	-100.0	-111.8	102.0	-104.6	

4. 5 試行フィールドにおける検証から得られた課題と反映内容

試行フィールドにおける検証を踏まえて、システムの運用方法（機能性・操作性）について、各事務所にヒアリング調査を行い、現状の課題と反映内容を整理した（表 4-5）。

表 4-5. 現状の課題と反映内容（ヒアリング結果）

現状の課題		反映内容
1	システムはシンプルな方が良い。	計測箇所、計測項目が一目で判る様、単純・明解な表現を使用し、簡単なシステムとした。
2	マニュアルが判りにくいと使いづらい。	マニュアルを読まずとも、視覚的に作動させることが出来るシステムを構築した。
3	数値だけでは計測内容が理解出来ない。計測状況が不明であれば、変位の方向などの計測値の評価が的確に出来ない。 被災状況と併せて、関連資料（一般図や点検調書等）と照らし合わせる事が出来れば、有用な情報となる。	計測している箇所を解り易く表現し、専門家でなくても理解出来る様、凡例を充実させた。 システム内に一般図、橋梁台帳、点検結果などを収録出来る機能を付加した。
4	被害が進行途中なのか停滞しているのかが判る様にして欲しい。	時刻歴変位量等を判断し、被災度を評価出来る様にした。
5	あまりに過敏に反応するシステムは現場確認の回数が増えるので困る。	誤作動による異常値を判断するシステムとした。 短期的な平均値との比較により、計測値の異常性を判断出来るシステムとした。

4. 6 被災状況把握システムの設置計画及び設置状況

(1) 神宮橋（関東地方整備局、常陸河川国道事務所、茨城県）

本橋は、PC 単純プレテン方式 T 桁橋（76 連）であり、A1 橋台と A2 橋台に、2 方向（橋軸方向・鉛直方向）のセンサを設置した。橋台付近には、変位制限装置が設置されているため、変位制限装置のコンクリートブロックにセンサを設置し、主桁側に固定点を設けて変位計を設置した。

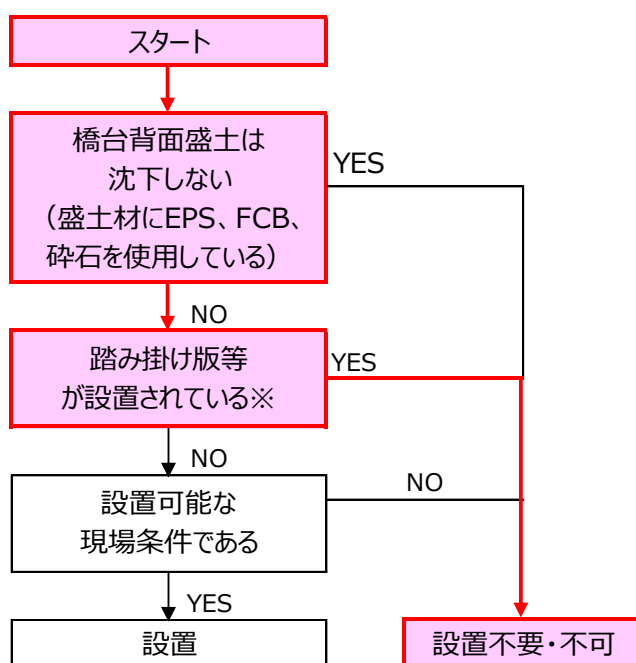
また、75 基の掛け違い橋脚のうち、液状化層にある橋脚、地盤変位をきたしている橋脚、沈下量が最大となる橋脚、基礎断面が変化している橋脚、下部工の損傷が著しい橋脚、構造が異なる橋脚等、10 基を選定し、T 桁の下フランジに変位計を設置した。

監視局（子局・親局）の設置は、下部工ひび割れに対するモニタリング監視局を設置している CCTV 支柱とした。

電源は、下部工ひび割れをモニタリングのための商用電源を、監視局近傍に引いているため、電圧を確認した上で、利用することとした。

通信は、施工性から、無線通信が望ましいが、橋長が長く（L=950.0m）、無線通信が届かない範囲となるため、すべて有線で接続する方針とした。

橋台背面アプローチ部センサ設置フロー

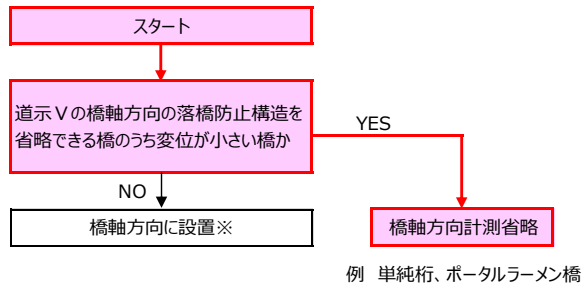


※踏み掛け版以外のコンクリート版も含む

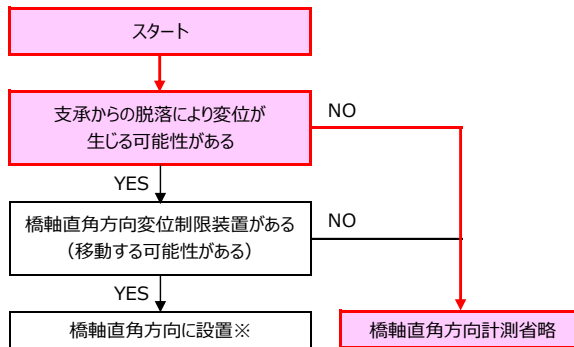
※本橋の基礎形式はケーソン基礎

図 4-4. 橋台背面アプローチ部の計測装置要否フロー

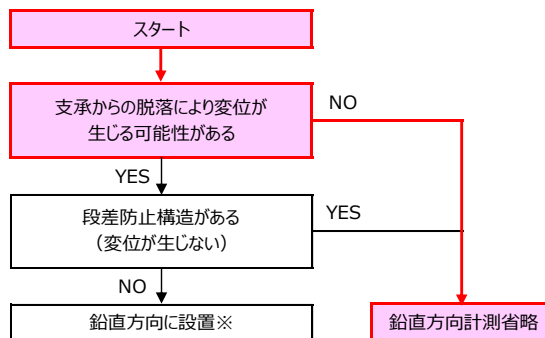
橋軸方向の設置フロー (A1・A2)
(P15・P19・P37・P42・P48・P50・P52・P55・P58・P73)



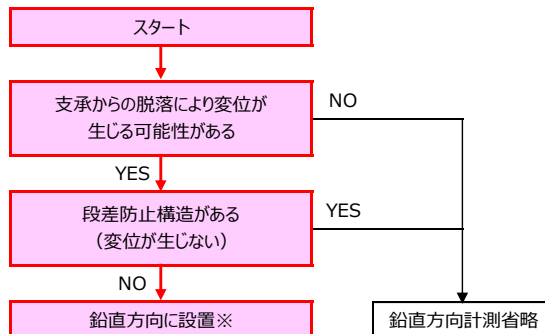
橋軸直角方向の設置フロー (A1・A2)
(P15・P19・P37・P42・P48・P50・P52・P55・P58・P73)



鉛直方向の設置フロー (A1・A2)
(P15・P19・P37・P42・P52・P55・P58・P73)



鉛直方向の設置フロー (P48・P50)

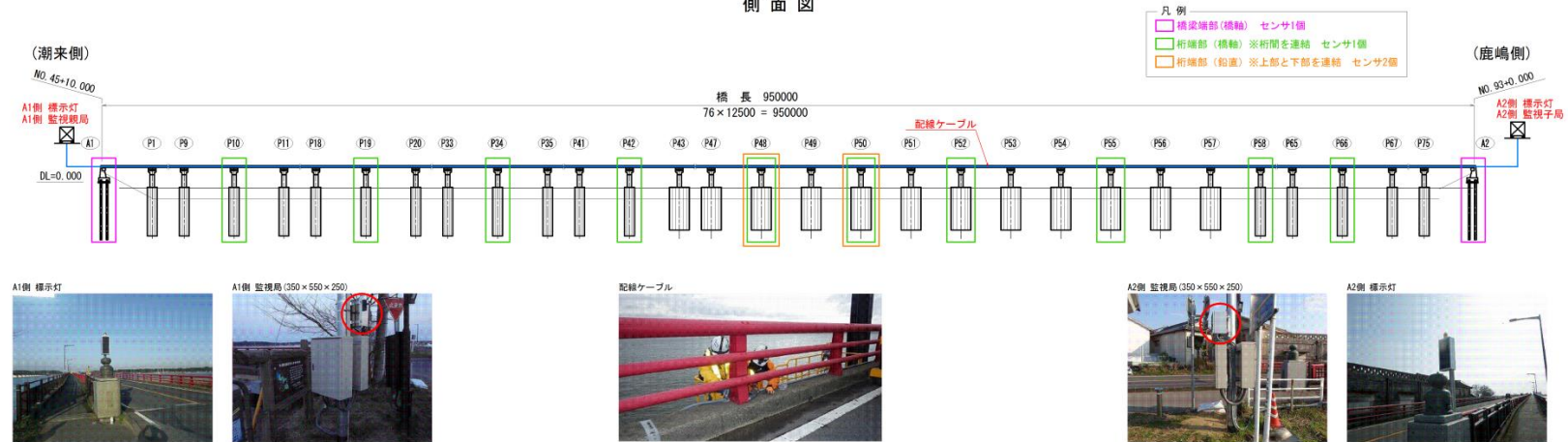


※フローでは「設置」となった場合でも、隣接桁を計測することで省略できる場合もあるため、対象橋梁の架橋状況などに合わせて判断すること。

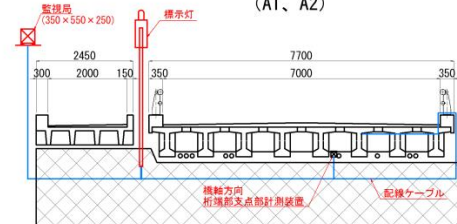
図 4-5. 桁端部の計測装置要否フロー

神宮橋 計測装置配置図

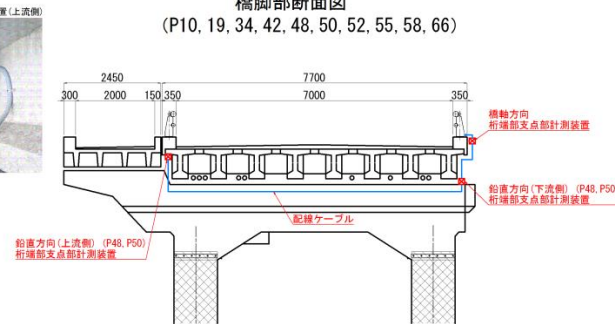
側面図



橋台部断面図 (A1、A2)



橋脚部断面図 (P10、19、34、42、48、50、52、55、58、66)



設置機軸	センサ数	設置理由	設置理由
A1	1	桁梁部(橋軸)	・橋軸方向の式、地盤による橋脚傾斜
P10	1	桁梁部(橋軸)	・液状化後、1段橋梁部の橋脚が傾く箇所
P19	1	桁梁部(橋軸)	・地盤変化橋脚
P34	1	桁梁部(橋軸)	・液下支脚部の橋脚
P42	1	桁梁部(橋軸)	・液下支脚部の橋脚
P48	3	桁梁部(橋軸、鉛直)	・P47～P48が27.5mの連続あり、その中間橋脚
P50	3	桁梁部(橋軸、鉛直)	・P51～P54が下部支の接合が重なるため、当該部13mの連続あり
P52	1	桁梁部(橋軸)	・P51～P54が下部支の接合が重なるため、当該部13mの連続あり
P55	1	桁梁部(橋軸)	・P51～P54が下部支の接合が重なるため、当該部13mの連続あり
P58	1	桁梁部(橋軸)	・液下支脚部の橋脚が傾く箇所
A2	1	桁梁部(橋軸)	・橋軸方向の式、地盤による橋脚傾斜
合計	18		



図 4-6. 神宮橋 計測装置配置図

神宮橋桁端計測器詳細設置図

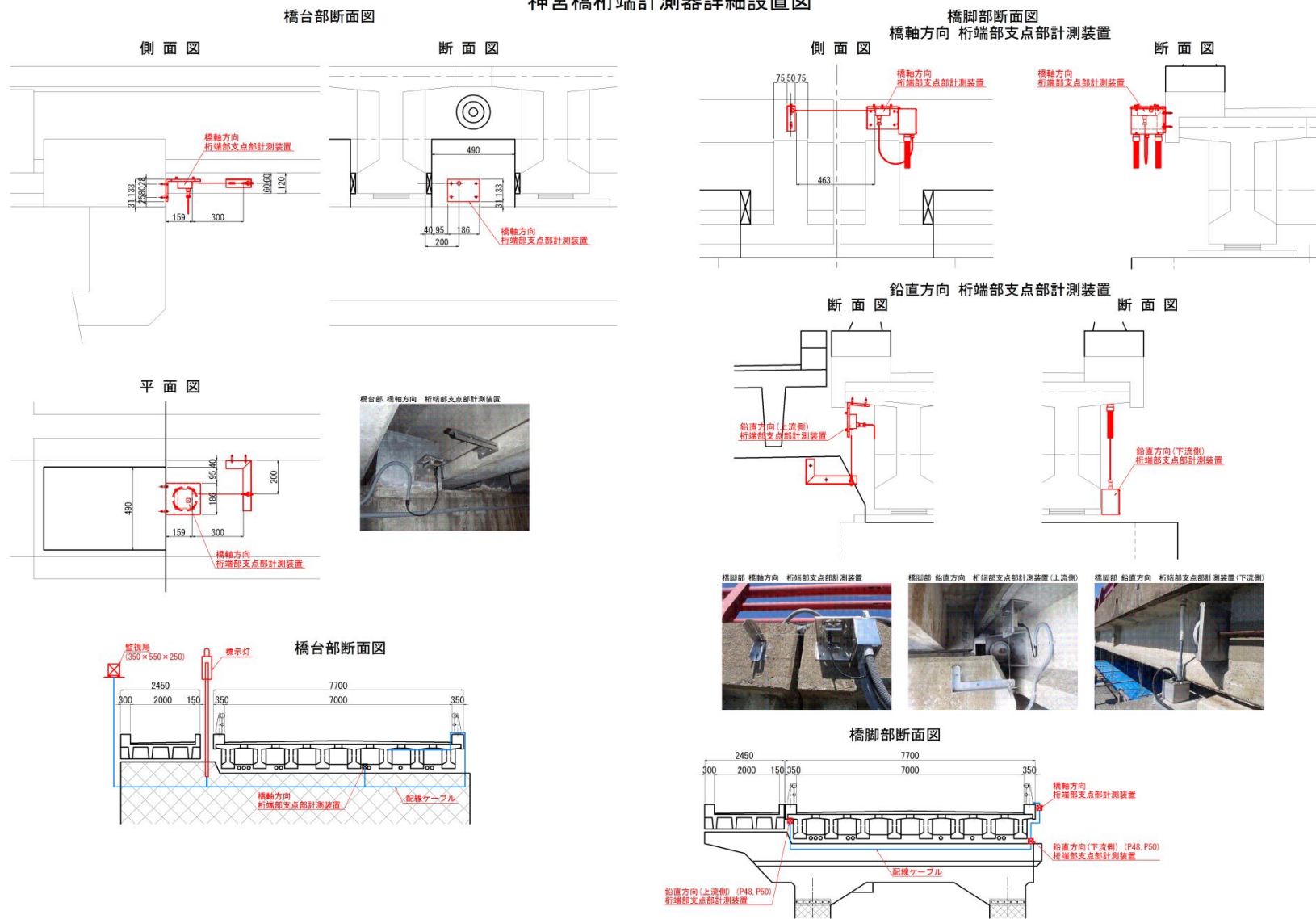


図 4-7. 神宮橋 桁端部計測装置詳細設置図

(2) 新緑橋（中部地方整備局、紀勢国道事務所、三重県）

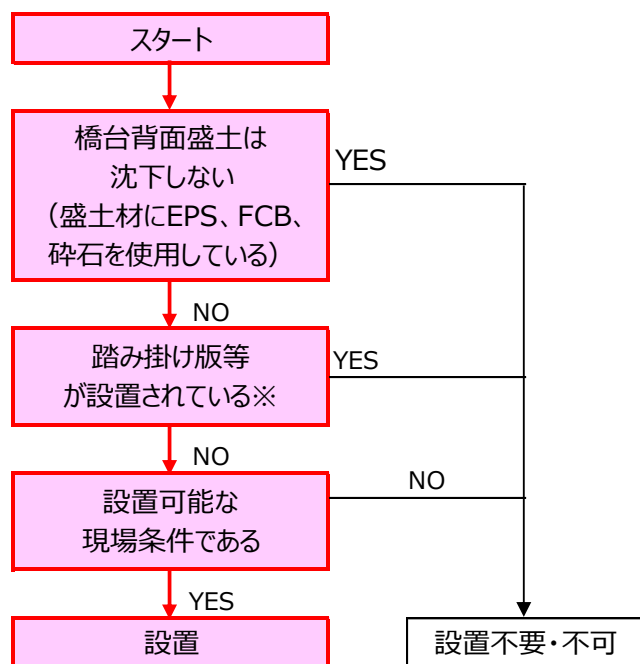
本橋は、鋼2径間連続非合成鈹桁であり、A1橋台、A2橋台の胸壁に、2方向（橋軸方向・鉛直方向）のセンサを設置し、張出床版下の桁端部に固定点を設けて変位計を設置した。

監視局（子局・親局）の設置は、供用車両などに影響を与えない、沓座周辺部とした。A1橋台沓座へのアクセスが困難であったため、検査路を設置することとした。また、津波による影響を考慮して、山側に設置した。

電源は、近隣に商用電源がないため、太陽光パネルによる電源供給とした。周辺環境に太陽光パネルの障害となるものはなかったが、反射光がドライバーの運転に影響しない向きに配置した。

通信は、信頼性から有線配線を基本としたが、本橋は無線通信が可能な環境であったため、施工性を重視して、無線通信とした。無線通信の採用に当たっては、草木の繁茂により通信阻害されることがないように、ブラケットを設けた上で設置した。また、上向きに配置したセンサは水滴がセンサ内に侵入しない様、防滴対策を行った。

橋台背面アプローチ部センサ設置フロー

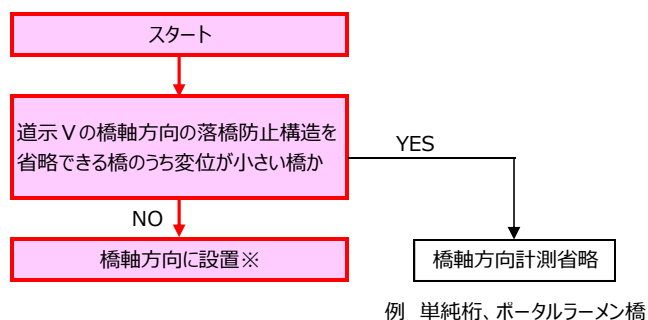


※踏み掛け版以外のコンクリート版も含む

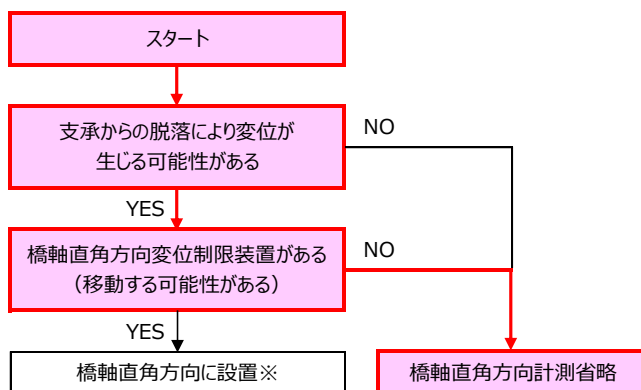
※本橋の基礎形式はケーソン基礎

図 4-8. 橋台背面アプローチ部の計測装置要否フロー

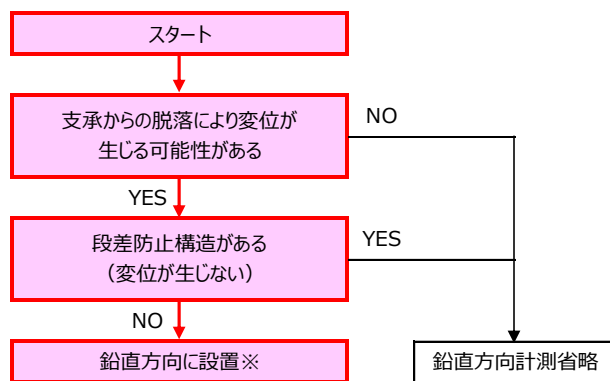
橋軸方向の設置フロー (A1・A2)



橋軸直角方向の設置フロー (A1・A2)



鉛直方向の設置フロー (A1・A2)

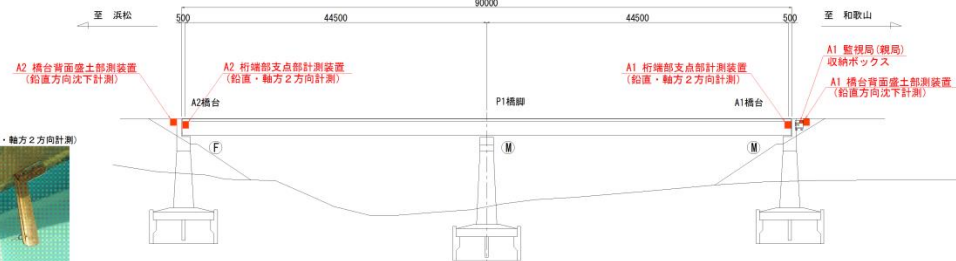


※フローでは「設置」となった場合でも、隣接桁を計測することで省略できる場合もあるため、対象橋梁の架橋状況などに合わせて判断すること。

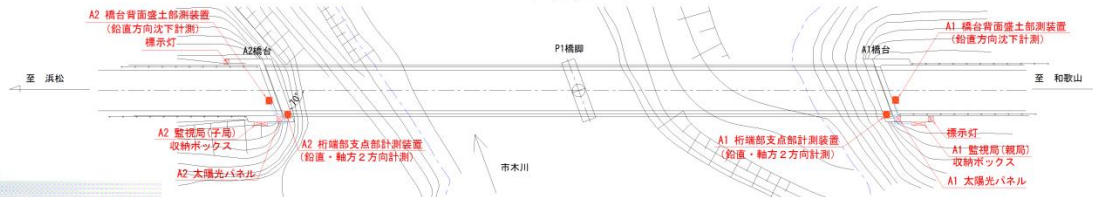
図 4-9. 桁端部の計測装置要否フロー

新 緑 橋 橋梁一般図

側面図

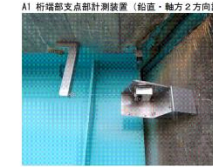
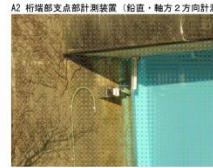
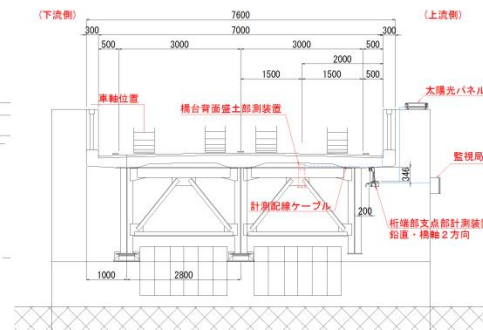
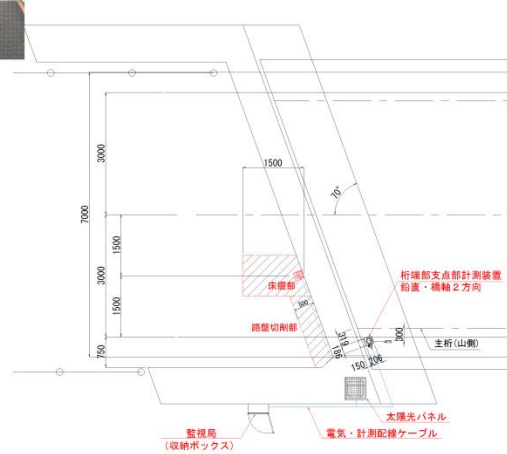


平面図 S=1/300



計測装置配置図

平面図



側面図

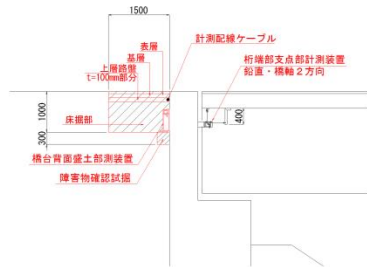


図 4-10. 新緑橋 計測装置配置図

(3) 古座大橋（近畿地方整備局、紀南河川国道事務所、和歌山県）

本橋は、PC5 径間単純 T 桁橋+鋼単純ランガー桁橋+RC4 径間連続中空床版橋であり、A1 橋台、P2 橋脚、P4-6 橋脚、A2 橋台の 6 箇所にセンサと変位計を設置した。（P1 橋脚、P3 橋脚への設置を省略したのは、有事が生じた場合でも、単純桁のもう一方側で異常を検知出来るとの判断による。）ランガー部以外は、胸壁と地覆（A1）、桁と桁（P2、P4）、胸壁と張出床版（A2）に、各々、センサと変位計を設置した。計測方向は橋軸方向のみとした。ランガー部は、横桁と橋座を連結する方法とし、計測方向は、橋軸・橋軸直角・鉛直の 3 方向とした。

橋台背面盛土内のセンサ設置を計画していたが、実際に現場を掘削した際、踏掛版ではないが、無筋のコンクリート版が見付かったため、センサを設置することが出来なかった。

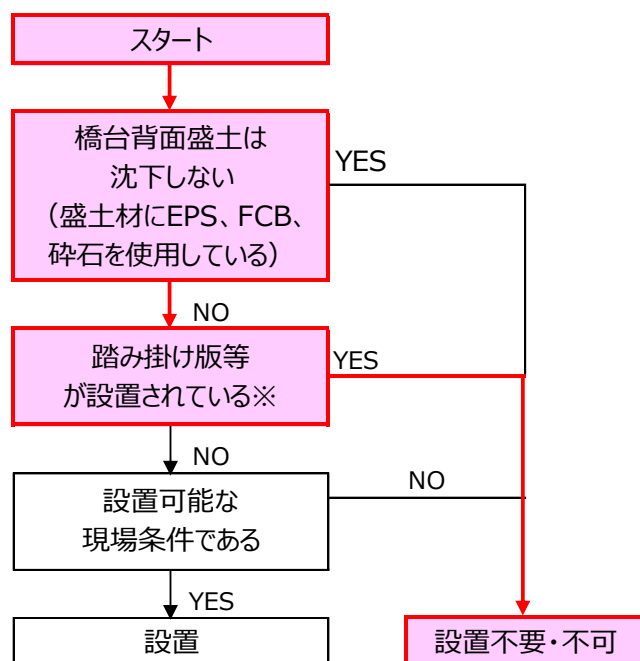
監視局（子局・親局）の設置は、供用車両などに影響与えない沓座周辺部を基本に、維持管理可能な高さに設置した。また、津波による影響を考慮して、山側に設置した。その他、電源供給の関係で、A1 橋台と A2 橋台の両方に親局を設置した。

電源は、A1 橋台は、監視カメラなどに使用している引き込み柱から分電し、A2 橋台は、照明などが使用している橋台背面の商用電源（引き込み柱）から分電した。

通信は、電源設備が A1 橋台と A2 橋台に別れたため、各々の親機に独立した通信機能を持たせる計画とした。

本橋は電気防食が実施されているため、該当箇所に取り付ける際には、非金属金具を使用した。

橋台背面アプローチ部センサ設置フロー

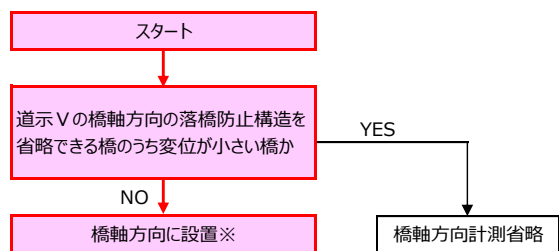


※踏み掛け版以外のコンクリート版も含む

※本橋の基礎形式はケーソン基礎

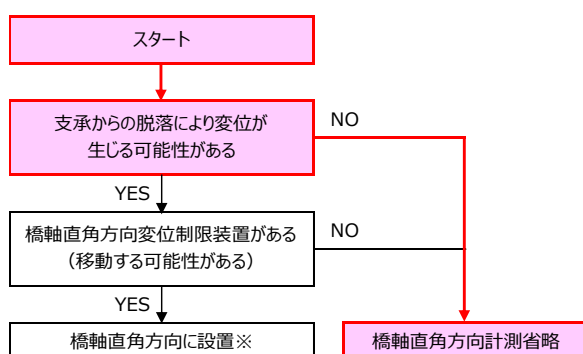
図 4-11. 橋台背面アプローチ部の計測装置要否フロー

橋軸方向の設置フロー (A1・A2)
(P2・P4・P5・P6)

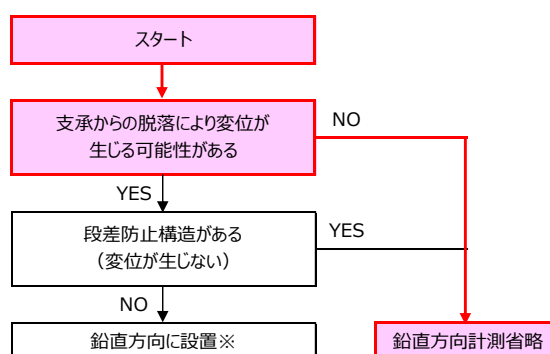


例 単純桁、ポータルラーメン橋

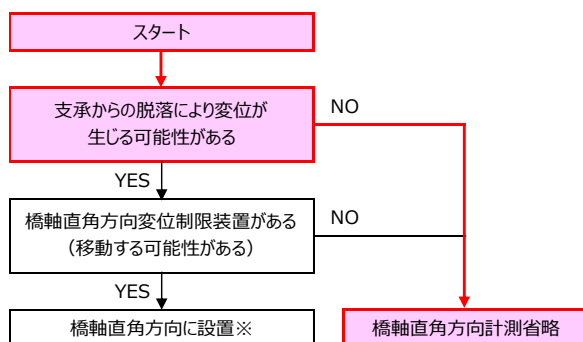
橋軸直角方向の設置フロー (A1・A2)
(P2・P4)



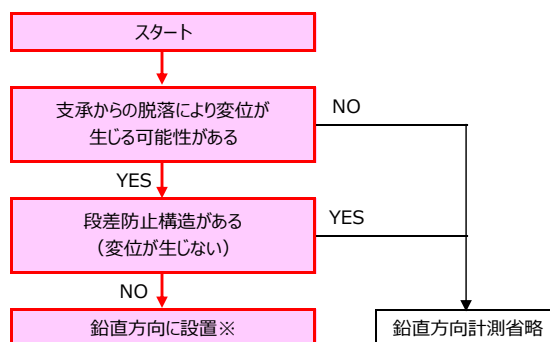
鉛直方向の設置フロー (A1・A2)
(P2・P4)



橋軸直角方向の設置フロー (P5・P6)



鉛直方向の設置フロー (P5・P6)



※フローでは「設置」となった場合でも、隣接桁を計測することで省略できる場合もあるため、対象橋梁の架橋状況などに合わせて判断すること。

図 4-12. 桁端部の計測装置要否フロー

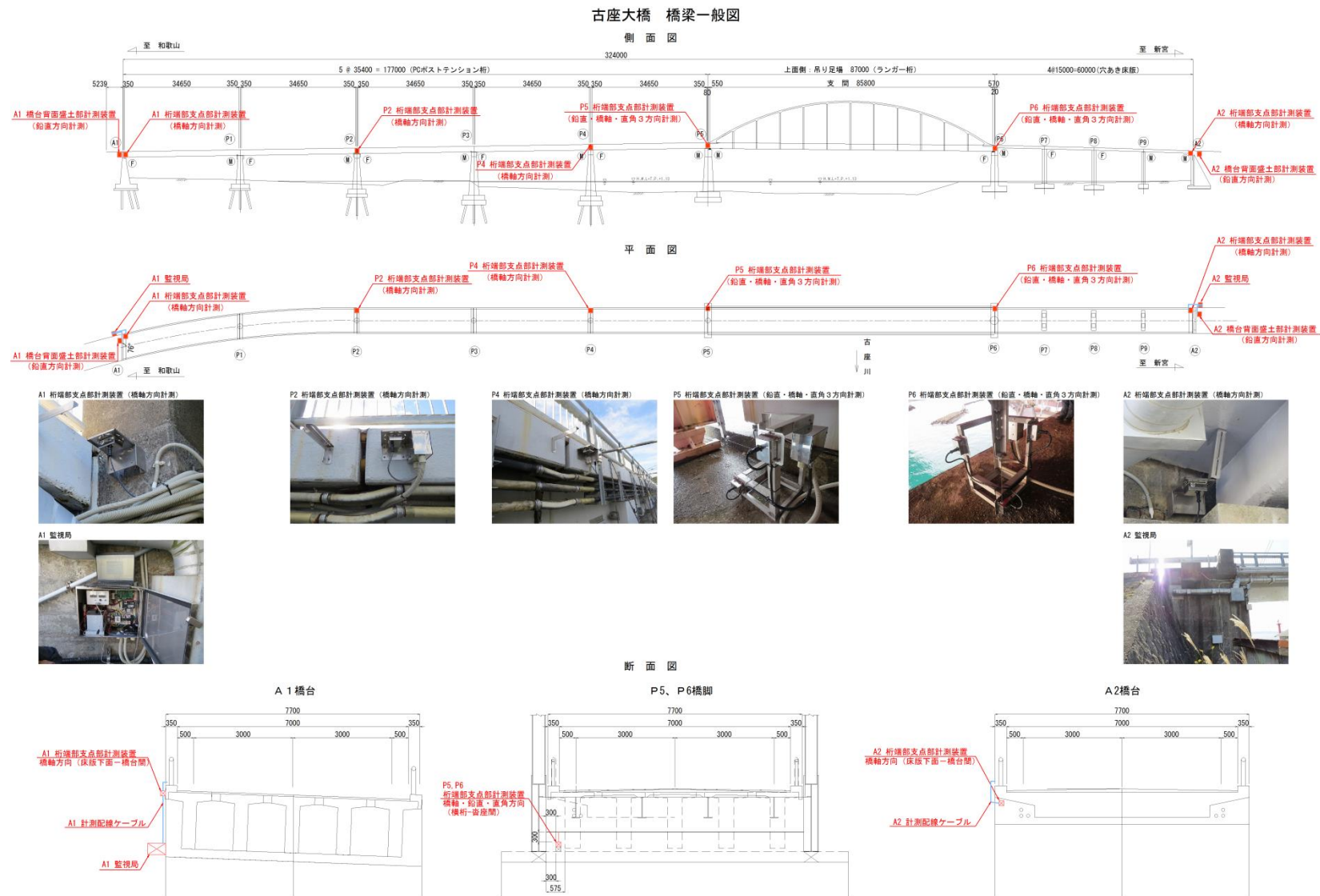


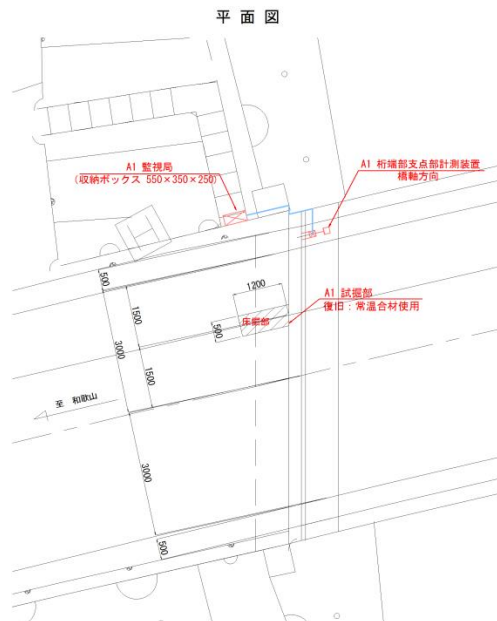
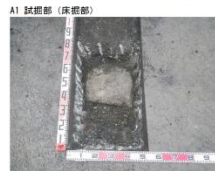
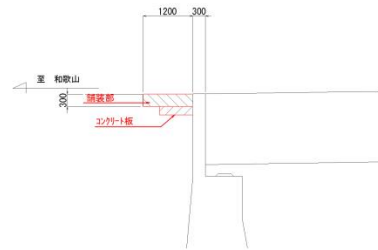
図 4-13. 古座大橋 計測装置配置図

古座大橋 橋台背面部計測装置配置図

古座大橋の背面盛土部は、コンクリート板が埋設されており計測装置の設置が不可能であった

A 1 橋台（和歌山側）

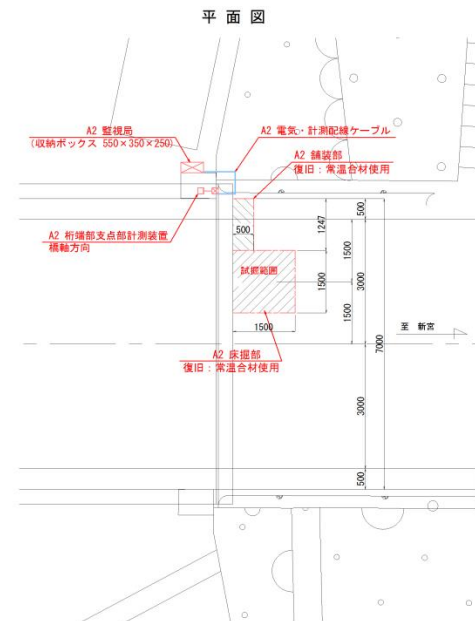
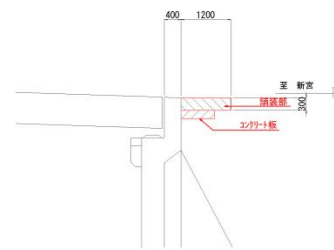
側面図



※A2側でコンクリート板が埋設されていたため
A1側は口500の掘削範囲にとどめ、コンクリート板の確認を行った。

A 2 橋台（新宮側）

側面図



※A2側で計画通り掘削を試みたがコンクリート板が埋設されていたため
掘削（途中まで実施）・計測装置の設置は不可能であった。

図 4-14. 古座大橋 橋台アプローチ部計測装置配置図

(4) 海部大橋（四国地方整備局、徳島河川国道事務所、徳島県）

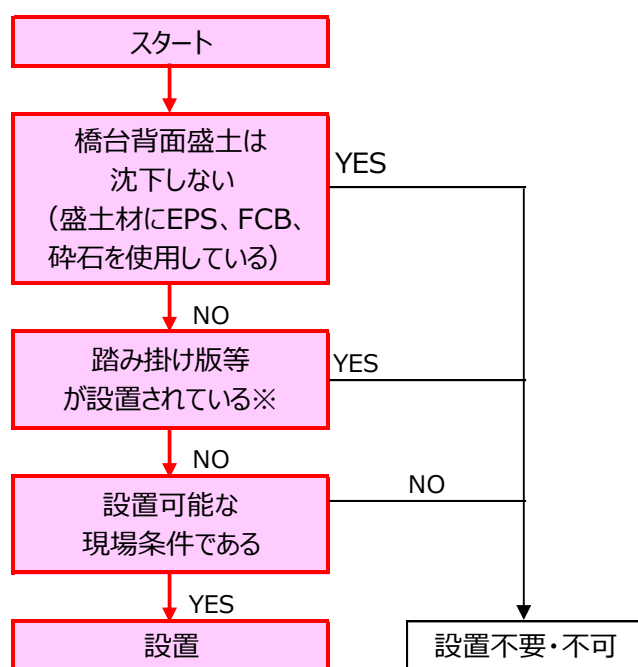
本橋は、PC 単純ポステン方式 T 桁橋（9 連）であり、A1 橋台、P1 橋脚、P3 橋脚、P5 橋脚、P7 橋脚、A2 橋台の 6 箇所、橋台部は、胸壁と主桁、橋脚部は、掛け違いの主桁部に、各々、センサと変位計を設置した。パッドゴム支承であることから、橋軸方向のみの設置とした。（P2 橋脚、P4 橋脚、P6 橋脚への設置を省略したのは、有事が生じた場合でも、単純桁のもう一方側で異常を検知出来るとの判断による。）

監視局（子局・親局）の設置は、供用車両などに影響与えない沓座周辺部を基本に、桁下空間が比較的広く、維持管理可能な高さである側道橋（歩道）の桁下とした。また、津波による影響を考慮して、山側に設置した。監視局は、電源供給を A2 橋台近傍の電柱としたため、A2 橋台に監視局を設置することとした。

電源は、海部大橋の照明電源へも引き込んでいる、A2 橋台近傍の商用電源（電柱）から供給することとした。公民館下側擁壁への添架、BOX カルバートへの添架、擁壁部への添架、地中埋込み、護岸への添架等を行い、商用電源から引き込んだ。

通信は、施工性から、無線通信が望ましいが、橋長が長く（L=950.0m）、無線通信が届かない範囲となるため、すべて有線で接続する方針とした。

橋台背面アプローチ部センサ設置フロー

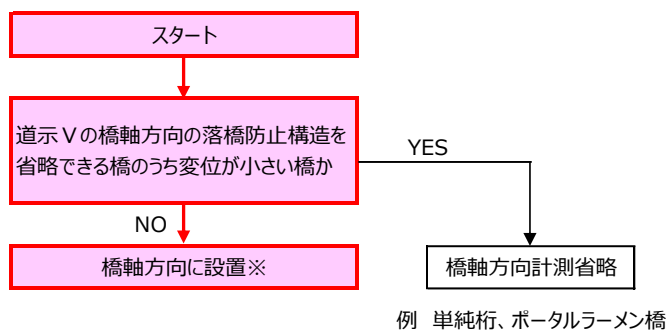


※踏み掛け版以外のコンクリート版も含む

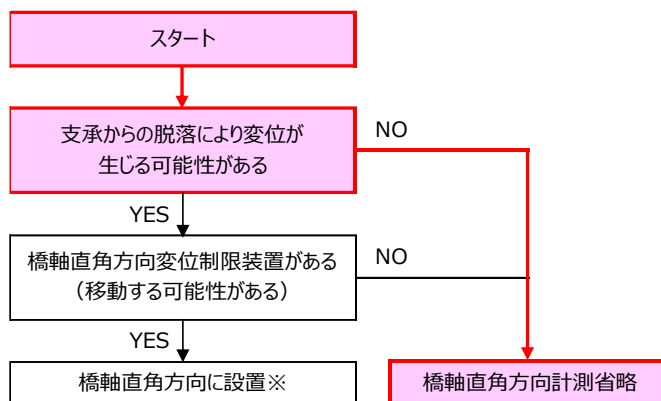
※本橋の基礎形式はケーソン基礎

図 4-15. 橋台背面アプローチ部の計測装置要否フロー

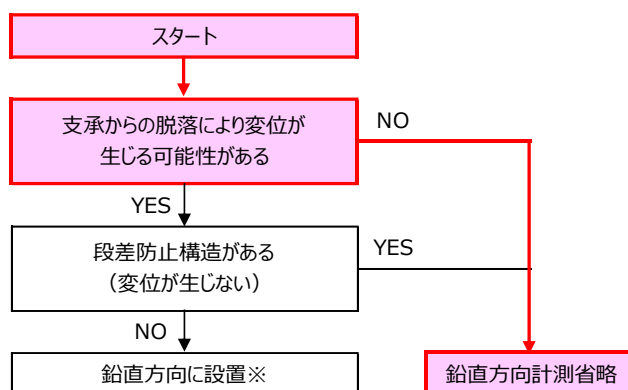
橋軸方向の設置フロー (A1・A2)
(P1・P3・P5・P7)



橋軸直角方向の設置フロー (A1・A2)
(P1・P3・P5・P7)



鉛直方向の設置フロー (A1・A2)
(P1・P3・P5・P7)

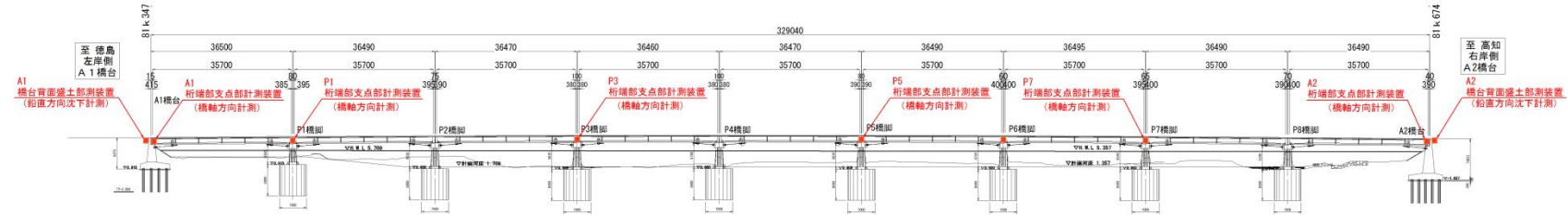


※フローでは「設置」となった場合でも、隣接桁を計測することで省略できる場合もあるため、対象橋梁の架橋状況などに合わせて判断すること。

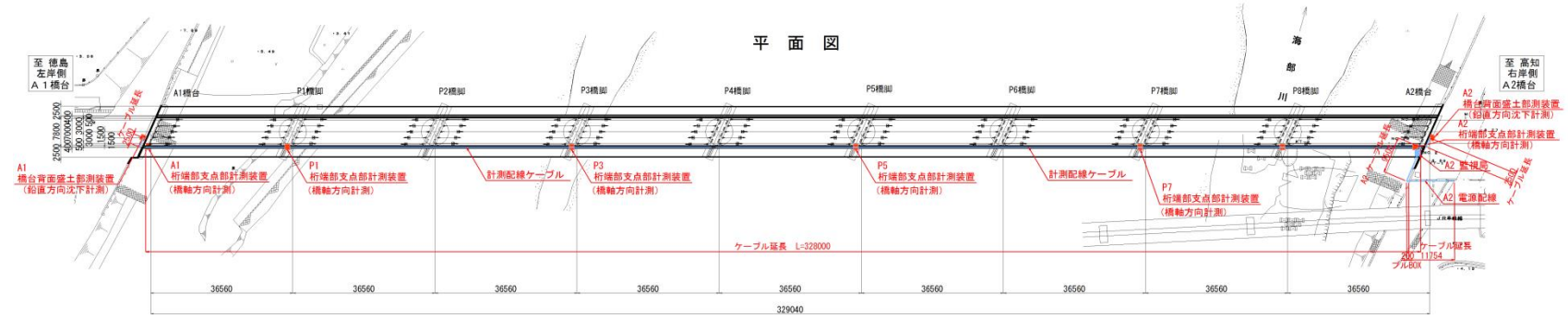
図 4-16. 桁端部の計測装置要否フロー

海部大橋 橋梁一般図

側面図



平面図



A1 橋台背面座土部測装置 (鉛直方向沈下計測)

P1 桁端部支点部計測装置 (横軸方向計測)

P3 桁端部支点部計測装置 (横軸方向計測)

P5 桁端部支点部計測装置 (横軸方向計測)

P7 桁端部支点部計測装置 (横軸方向計測)

A2 橋台背面座土部測装置 (鉛直方向沈下計測)

A2 桁端部支点部計測装置 (横軸方向計測)

A1 ケーブル延長

A2 ケーブル延長

A2 電源配線

A2 監視局

計測配線ケーブル

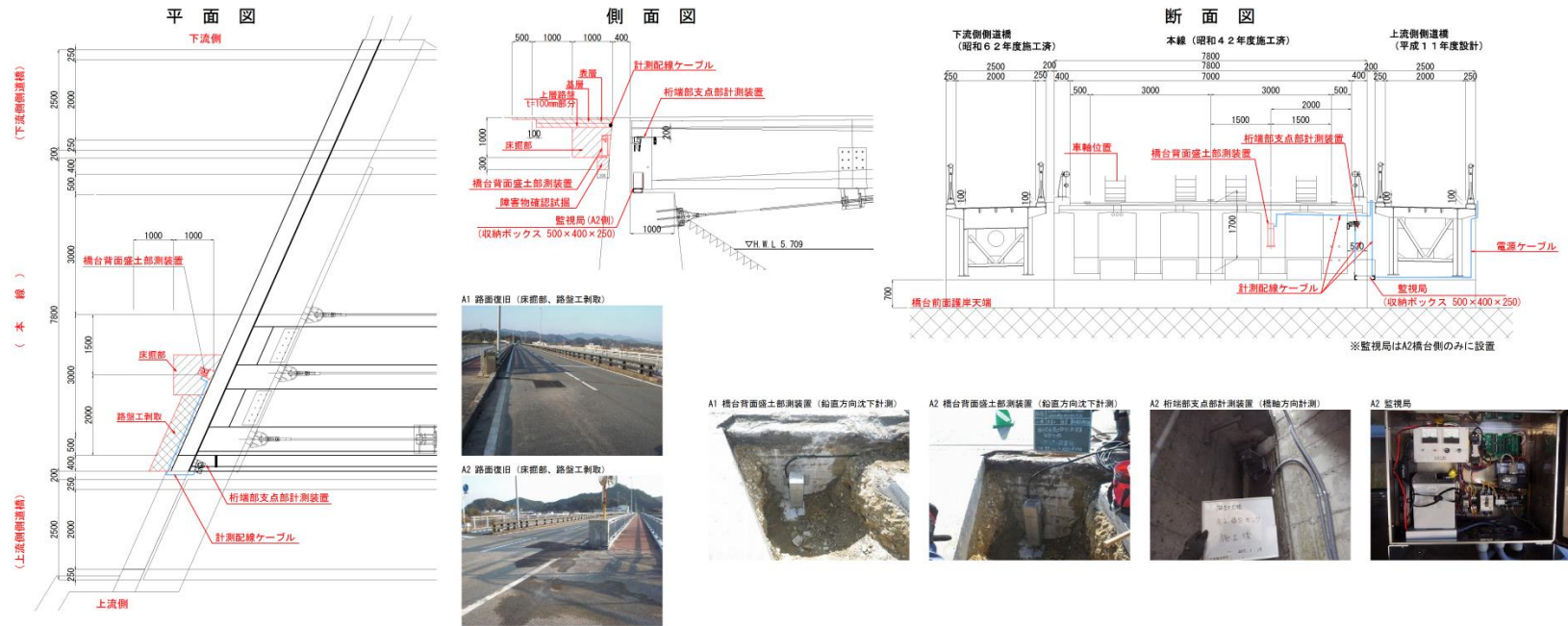
設置数量一覧表

監視局設置工	1箇所
センサー設置工 (橋台背面)	2箇所
センサー設置工 (桁端部)	6箇所
ケーブル配線	354.454m (2.5+328+9.5+0.2+11.754+2.5)

図 4-17. 海部大橋 計測装置配置図

海部大橋 計測装置配置図

A1橋台 (A2橋台)



橋脚部 (P1, P3, P5, P7)

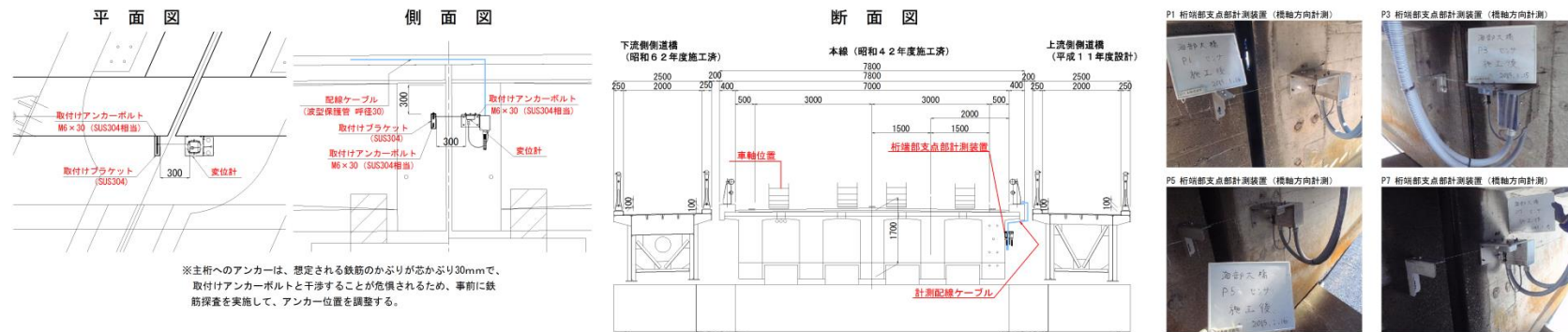


図 4-18. 海部大橋 橋台アプローチ部/桁端部計測装置配置図

(5) 朝日橋（九州地方整備局、大分河川国道事務所、大分県）

本橋は、PC 単純プレテン方式 T 桁橋であり、A1 橋台と A2 橋台の上下線それぞれに、計 4 箇所、センサと変位計を設置した。下り線は、桁下に橋台前面と連結する方法とし、上り線は、胸壁と桁側面を連結する配置とした。計測方向は、橋軸方向のみとした。

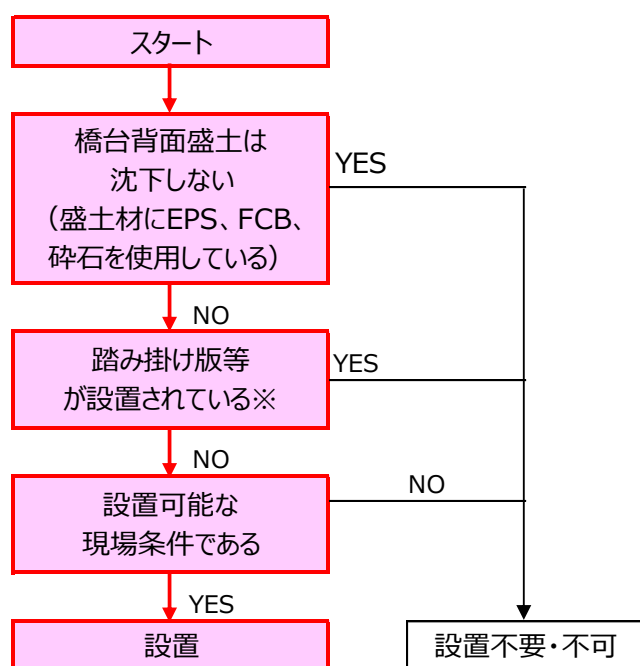
監視局（子局・親局）の設置は、供用車両などに影響与えない沓座周辺部を基本に、維持管理可能な高さに設置した。また、津波による影響を考慮して、山側に設置した。その他、電源供給の関係上、A2 橋台に親局、A1 橋台に子局を設置することとした。

電源は、P1 橋脚に設置した太陽光パネルより供給することとした。太陽光パネルの設置に当たっては、ビルの陰の影響を考慮して設置方向を決定した。

通信は、橋長が短く（ $L=36.16\text{m}$ ）、橋軸直角方向幅が広い橋梁（6 車線+中央分離帯+両側歩道）で、センサ数が多くなるため、子局で配線を取り纏め、そこから親局に接続する方法とした。

橋台背面アプローチ部が傾斜していることから、背面取付ユニットにも傾斜を付け、センサが鉛直に作動するよう工夫した。

橋台背面アプローチ部センサ設置フロー

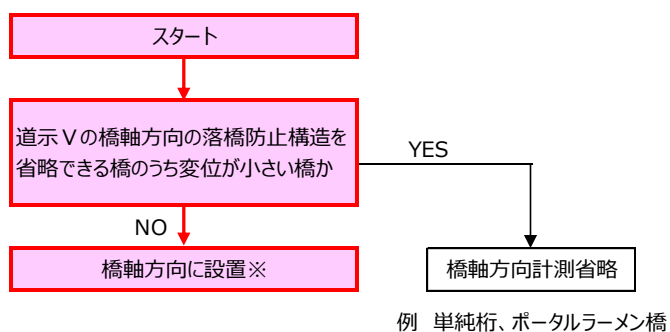


※踏み掛け版以外のコンクリート版も含む

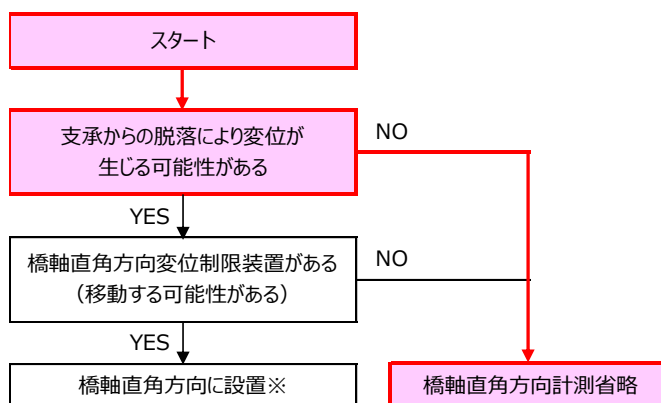
※本橋の基礎形式はケーソン基礎

図 4-19. 橋台背面アプローチ部の計測装置要否フロー

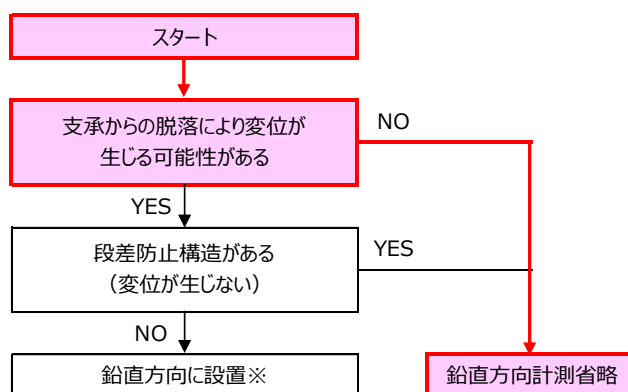
橋軸方向の設置フロー (A1・A2)



橋軸直角方向の設置フロー (A1・A2)



鉛直方向の設置フロー (A1・A2)

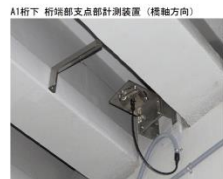
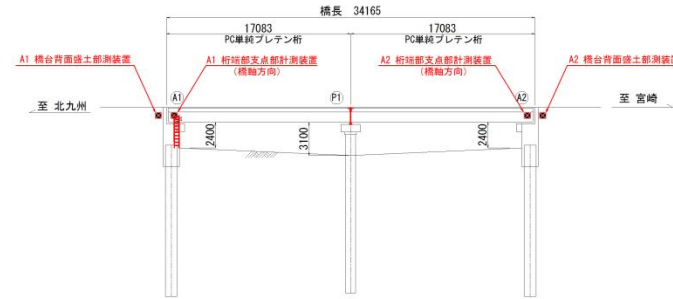


※フローでは「設置」となった場合でも、隣接桁を計測することで省略できる場合もあるため、対象橋梁の架橋状況などに合わせて判断すること。

図 4-20. 桁端部の計測装置要否フロー

朝日橋 橋梁一般図

側面図



平面図

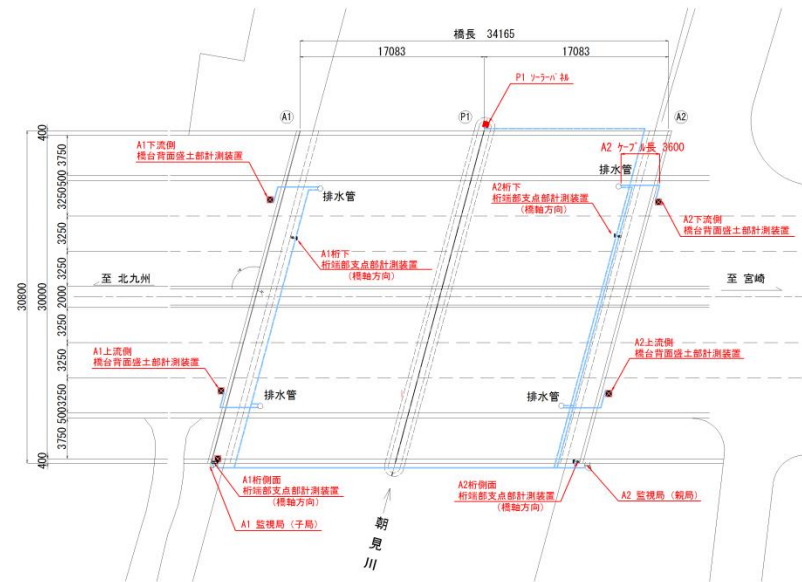
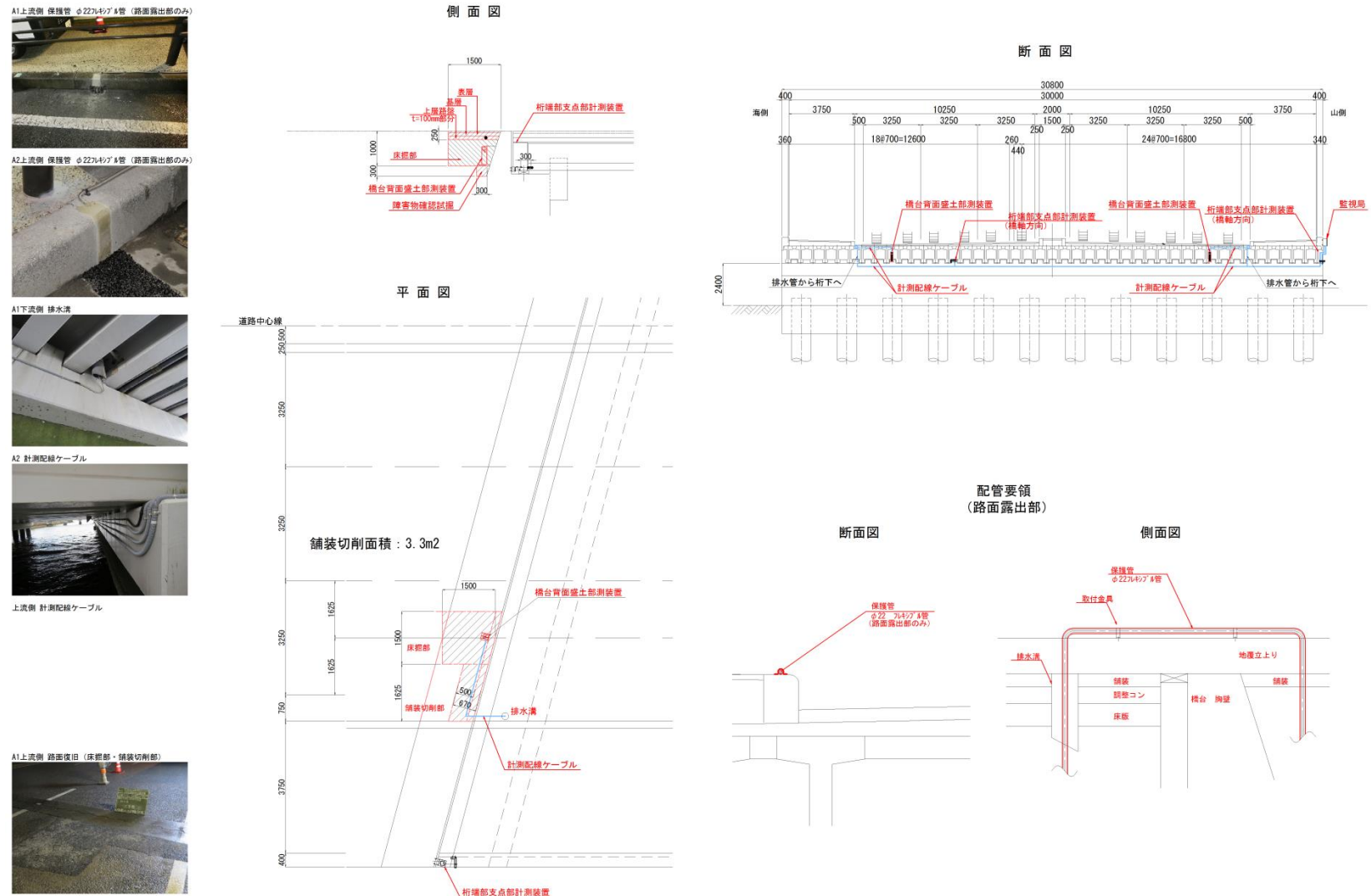


図 4-21. 朝日橋 計測装置配置図

朝日橋 計測装置配置図



4. 7 今後の課題

本研究において、実橋 5 橋の試行フィールドに本システムを設置し、試行運用を開始した。その過程で、明らかとなった今後の課題を以下に示す。

(1) 閾値超過に対する判断方法

複数のセンサが設置されている箇所では、センサが閾値を超えたことに対する注意・警告メールの発報情報の信頼性を高める為、他のセンサの変位状況を詳細に評価して発報するシステムについて、さらに、検討を進める必要がある。

(2) 閾値と温度変化

橋梁は気温により桁が温度伸縮を繰り返している。そのため、温度変化に対する桁の伸縮量を考慮した閾値（閾値+年間の桁伸縮量を考慮した値）を設定するのが望ましい。

(3) ウェブカメラ機能

トリガー機能を活用して、安価に追加出来る、ウェブカメラ機能の検討を実施するのも効果的と考えられる。CCTV と比べ、簡単に実用化、設置箇所の増加の実現性が高いと思われる。

(4) 計測装置の機能兼用

橋梁端部に設置する変位計は、1 箇所当たり 3 つ設置する必要があるため、1 つでも設置個数を減らすことが出来れば、設置手間、維持管理、消費電力などの負担を軽減出来る。レーザー等による反射を利用した手法も案としては挙げられるが、変位計に比べて高価であるため、当該システムに使用した計測装置の改良が適していると思われる。1 つの変位計で 2 方向以上の変位を計測出来る装置等の開発が有効と思われる。

(5) 計測値を各方向成分に変換するプログラムの追加

橋梁の挙動を正確に把握するためには、計測値から各方向成分変位を算出する必要があるが、そのためには、計測値を計測システムに抽出する前段階で、各方向成分に変換するプログラムの追加が必須となる。

(6) 他機能を有する計測装置との併用、及び、効率化

システム設置前に、各地方整備局や事務所に対してヒアリング調査を行った結果、橋台背面の段差以外に、落橋に対しても、被災状況が把握出来るようなシステムの開発を求める要望が多かった。単純桁のように径間数が少ない橋梁では、桁端部に設置したセンサで把握することが可能となるが、多径間橋梁の場合、各掛け違い部にセンサを設置することは、非効率、かつ、不経済となる。このため、ケーブルタイプのセンサなどの開発を併せて行う必要があると思われる。

(7) 標示灯

今回、被災状況把握システムを設置した 5 橋梁を管理する各事務所に、標示灯の設置要否を確認したところ、設置要請は 2 事務所のみであった。設置しなかった理由として、誤作動を起こした場合の維持管理方法が難しいとの意見があり、今後は、さらなる作動内容の信頼性向上、誤作動時に遠隔操作が行えるような機能の開発が必要と思われる。

(8) 監視局

1 つの監視局で複数の橋梁を監視できるような改良の検討が必要と考えられる。

（９）背面盛土内の支障物件確認方法

古座大橋、及び、朝日橋は、既存資料、及び、鉄筋探査による事前調査では、踏掛版を有しない橋梁となっていたが、実際に掘削した際に、無筋のコンクリート床版が見付かり、センサを設置することが出来なかった。計画段階で、非破壊試験を実施する等の対策を講じる必要があると思われる。

（１０）ケーブル無線化

計測装置の設置において、最も時間を要した現場作業は、ケーブル配線であった。特に、神宮橋、古座大橋については、片側交通規制を行いながら、橋梁点検車での設置となったが、供用車両の走行時間や走行燃費の増加、交通事故に対する安全管理等、課題が残る結果となった。

ケーブル配線を少なくするには、無線通信を採用することとなるが、平成 26 年 7 月時点の実証実験では、無線距離は 300m が限度であった。中継点を設けた無線化の検討などが、今後は必要と思われる。

（１１）システムの維持管理

老朽化の進展や外的要因（鳥・小動物等）によるセンサワイヤーの伸縮に対して、システムの効率的な維持管理方法、不具合時の対処方法等を検討しておく必要がある。