

道路橋地震被災状況把握システム設置要領(案)

目 次

§ 1. 総則	81
1-1. 背景	81
1-2. 目的	82
1-3. 適用範囲	83
1-4. システム概要	84
§ 2. 対象橋梁の選定	86
§ 3. 設置計画	87
3-1 設置基準	87
3-2 被災状況把握システム」設計例	88
(1) 被害予測、システム設置の必要性の確認	88
(2) 事前調査	88
(3) 計測項目の選定，設置方法の検討	90
(4) システム材料供給・製作	102
(5) 橋台背面アプローチ部の段差計測機器	105
(6) 配線計画	108
(7) 監視局	110
(8) 電源確保	111
(9) 注意喚起装置	113
3-3 施工計画	114
(1) 施工方法	114
(2) 計測ユニットの設置手順およびチェックリスト	115
(3) 関係機関協議	117
3-4 維持管理計画	118
3-5 システム概要仕様例	119
(1) プログラム構成	119
(2) 正常確認プログラム	119
(3) 停電時のバッテリー切替え機能	119
(4) 無線機能（新緑橋のみ）	119
(5) トリガー機能	119
(6) 監視局プログラムフロー	120
(7) 使用機器	122
(8) システム配線図	123
3-6 被災状況把握システム 操作マニュアル	125

§ 1. 総則

1-1. 背景

東北地方太平洋沖地震では緊急輸送道路の早急な啓開の重要性が確認され、首都直下地震や南海トラフ巨大地震等の大規模地震に備えた緊急輸送道路の確実な確保・整備が必要であると再認識された。特に、現行の耐震基準レベルに適合せず、大規模地震による損傷の恐れのある橋梁については、耐震補強が急務である。すべての橋梁に対して、その対策完了するには長期間を要するため、橋梁の耐震補強対策の着実な推進に加え、道路啓開の迅速かつ効率的な対応を可能にするため、地震後の早急な被災状況把握が求められている。

一方、東北地方太平洋沖地震後の通行障害に関する主な原因は、橋梁と土工部の境界や桁端部の段差であり、約 8 割が橋台背面土の段差によるものであった（図 1-1）。これらの通行障害について、把握の遅れ（緊急点検の遅れ）が生じた場合、「人命救助・支援物資輸送の遅れ」「復旧・復興の遅れ」となり、道路啓開・応急復旧等の発災後の効果的・的確な災害対応が重要である。

以上から、通行障害を迅速に面的情報として遠隔に把握するために、橋台背面盛土や橋梁端支点部に計測装置を設置した被災状況把握システムを開発した。

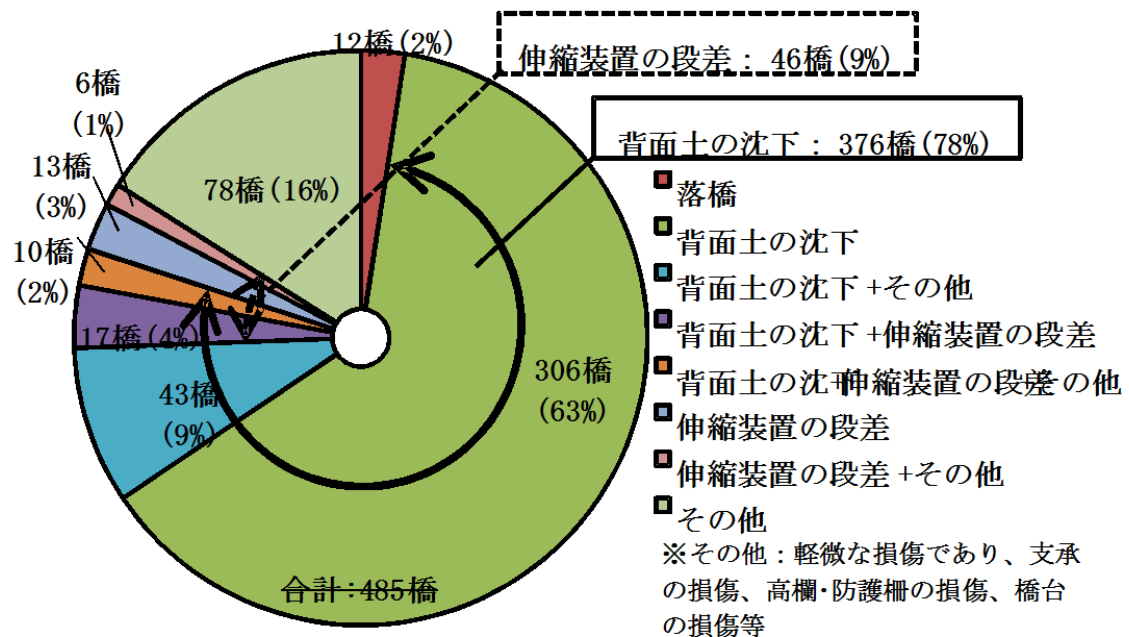


図 1-1 道路橋の被災原因

1-2. 目的

人命救助、消火活動等、効果的な現場対応を可能とするなど「助かる命を確実に助ける（政府 IT 総合戦略室 HP 防災・減災班）より」災害に強い社会を実現するため、橋台背面の盛土部と伸縮装置の段差に着目し、通行障害を迅速に面的情報として遠隔で把握することが目的である。

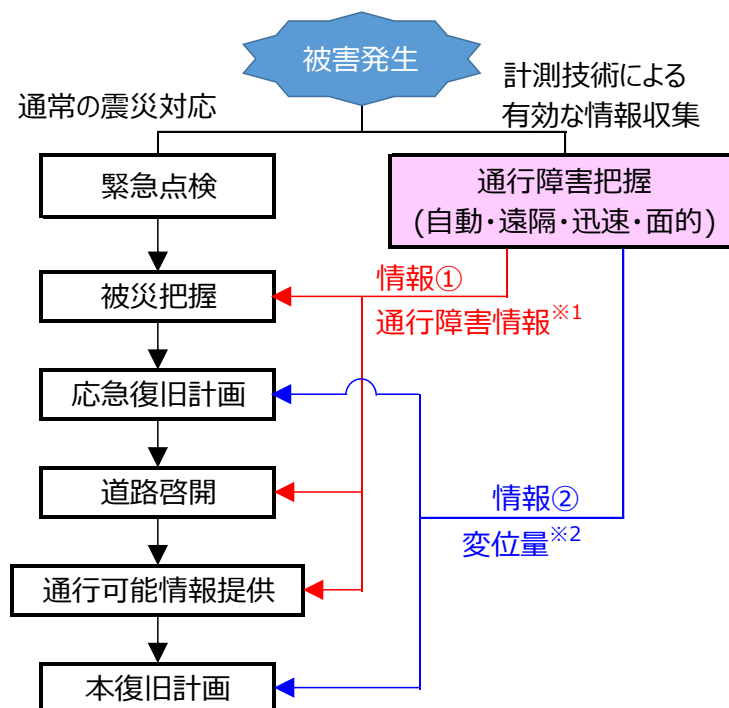
被災把握計測を設置するメリットは、下記のとおりである。

【情報①：通行障害情報】

- 長時間を要す緊急点検より前に、被災した位置を把握
- 迅速な道路啓開で、人命救助の効果が向上
- 危険施設を迅速に把握し、早急な通行止情報を発信可能
- 通行可能な情報提供で、計画的な支援物資輸送が可能

【情報②：変位置量】

- 常時観測データの保存により、経年的な変位置量の把握が可能であり、日常の維持管理への活用が可能
- 同じ監視局で、老朽化橋梁の常時モニタリングセンサーの追加が可能



※1 通行障害情報 ⇒ 危険な施設，通行不可など

※2 変位置量 ⇒ 段差量，桁移動量など

図 1-2 通常の震災対応と計測技術を利用した対応フロー

1-3. 適用範囲

(1) 現代の背景

社会インフラの老朽化が社会問題となっているが、道路や橋梁は人々の生活や経済活動だけでなく、災害時の救助や復旧・復興に不可欠なインフラである。しかしこれらの施設量は膨大で、十分な維持管理を実施できずにいる。このため、限られた予算の中で十分な精度を確保し、効率的かつ確実な監視体制の整備が求められている。このため、限られた予算の中で十分な精度を確保し、効率的かつ確実な災害に対する監視体制の整備が求められている。

このような現状から今回、維持管理に関わる省力化・省コスト化の視点で、道路橋の被災状況把握システムの開発に取り組んだ。

(2) 今後のシステム開発について

今回は、道路管理者の災害対応能力向上を目的として、道路橋の被災状況把握システムの開発に取り組んだが、更なる事例、知見の蓄積が必要である。本研究がその一つの参考資料となることを期待し、事例紹介するものであり、今後の調査研究により改善していくことを望む。

1-4. システム概要

橋台背面の盛土部、橋梁桁端部に地震時の異常変位を検知する計測装置（センサー）を設置し、閾値を超過する変位が発生した場合に、自動的にメール配信を行うとともに被災状況把握システムにも閾値超過の位置および計測データを配信するシステムである。

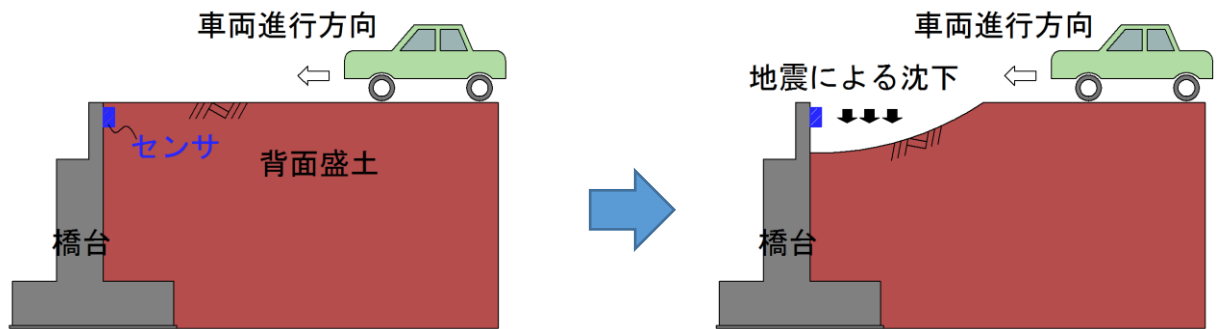


図 1-3 橋台背面盛土の基本パターン図



図 1-4 適用箇所 基本パターン図

橋台背面は、盛土の沈下に追従できる計測機器を設置する。

橋梁桁端部には、「段差、ずれ、開き」の3方向の異常を確認できる計測機器を設置する（橋梁端部は橋梁形式や橋梁規模に応じ計測方向を減じること可）。

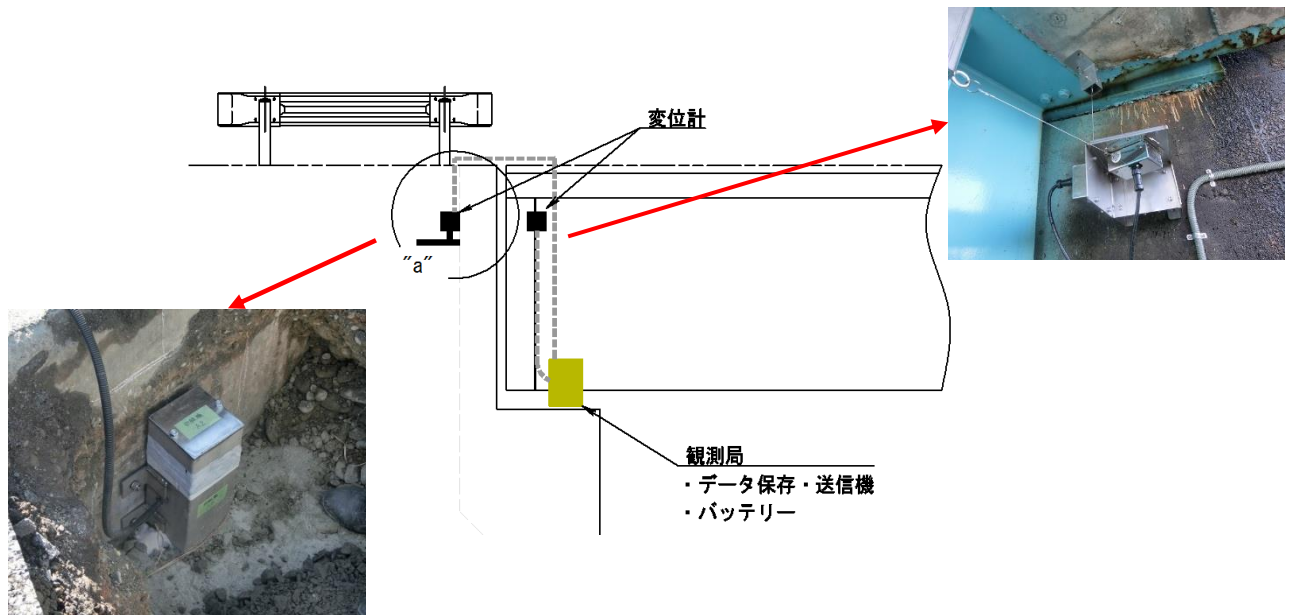


図 1-5 センサ設置概要図

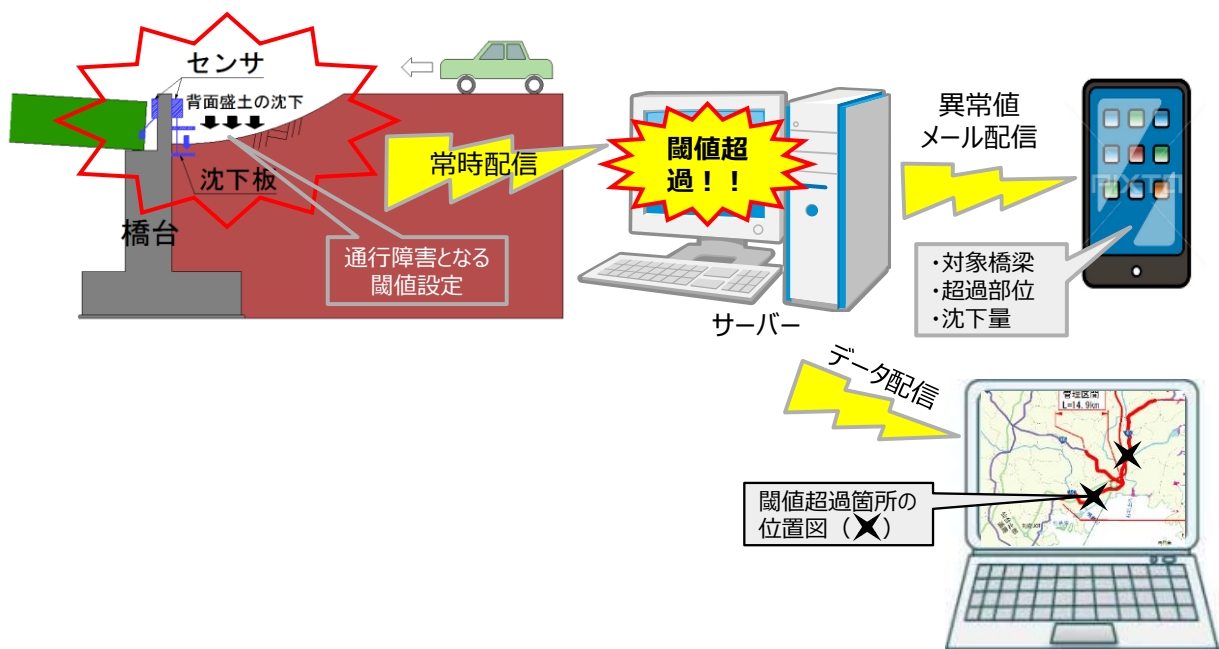


図 1-6 被災把握システム概要図

§ 2. 対象橋梁の選定

被災把握システムによる監視を行う対象橋梁は、表 2-1 に示すような架橋条件の場合は、本システムを設置することが望ましい橋梁である。対象橋梁の選定にあたっては、項目毎に優先順位をつけて、段差が生じたときに影響が大きな橋梁について選定を行う。

表 2-1 被災把握システムの対象施設の選定表

項 目	対象橋梁の状況
(1) 地域	・ 大規模地震が想定される地域，津波浸水地域 ・ 緊急時のアクセス性（時間を要する場所など）
(2) 路線	・ 緊急輸送道路 ・ 復旧の優先順位が高い路線 （重要施設への連絡路、1way ルート、）
(3) 施設構造	・ 踏掛版が設置されていない橋梁 ・ 古い構造の橋梁（パイルベント橋脚など）で耐震性が低い橋梁
(4) 供用年数 （適用基準）	・ 老朽化により耐荷力が低下している橋梁 （耐震補強も含めて）
(5) 架橋条件	・ 液状化が考えられる地盤上の橋梁
(6) その他	・ 外的な要因により変状の進行により常時観測が必要な橋梁

§ 3. 設置計画

3-1. 設置基準

計測機器設置～維持管理までの流れ

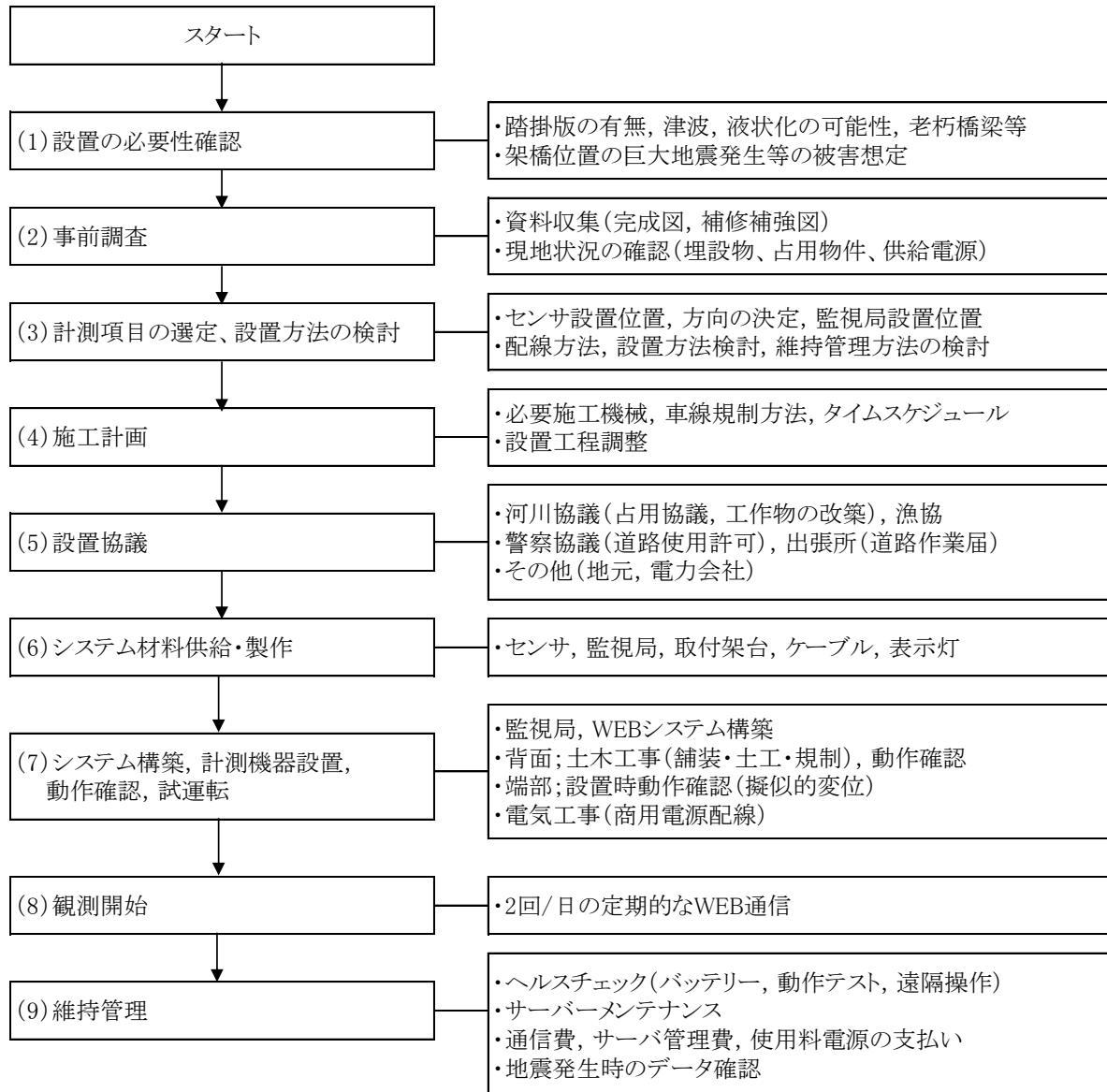


図 3-1 全体計画

3-2. 被災状況把握システム設計例

(1) 被害予測, システム設置の必要性の確認

「§ 2. 対象橋梁の選定」に記載された橋梁は、地震時に段差が生じた場合に被災状況を把握することが望ましい橋梁である。このような架橋状況の橋梁においては、被災状況把握システムの設置の必要性を検討する。

(2) 事前調査

被災状況把握システムの計測装置の設置に際し、現地状況の確認やセンサおよび監視局の設置位置、設置時の各種申請書類の作成などを行い、設置時に不具合が無いように、現地や既存資料などの事前調査を行う。

1) 現地状況確認事項

対象橋梁決定後、下記の項目について現地状況の確認を行う。

- | | |
|---------------|---|
| ① 橋梁形式 | : 橋梁形式により計測機器の設置方法が異なる |
| ② 橋梁下面 | : 杓座付近に計測機器の設置スペースが確保できるか、落橋防止装置や添架物などの支障物があるか |
| ③ 地覆 | : 杓座に計測機器の設置が不可能な場合計測機器の設置スペースが確保できるか |
| ④ 高欄形式・形状 | : 配線の障害とならないか |
| ⑤ 交差点形状および位置 | : 橋台背面の計測に障害となるような位置関係になってない |
| ⑥ 規制の可否 | : 計測機器の設置時に交通規制が行えるか |
| ⑦ 監視局・センサ設置位置 | : 設置箇所は確保できるか |
| ⑧ 電源供給 | : 電源供給（商用電源）の利用が可能な箇所か、自然エネルギー（太陽、風力）の併用が可能か |
| ⑨ 配線方法 | : 設置箇所は確保できるか |
| ⑩ 橋台背面状況 | : 橋台背面のセンサや配線と干渉する埋設物や踏み掛け版の有無を確認するためコアドリルやコアボーリングによる試掘 |
| ⑪ 交通量, 施工条件 | : 重交通路線であるか、河川上の橋梁においては水位など |

2) 必要な資料収集

橋梁と土工部の境界や桁端部の段差に計測装置（センサ）の設置計画を行うにあたり、現地状況確認では不明確な部分や詳細の寸法を確認するために、以下の資料を事前に収集する。

- | | |
|-----------|-----------------------------------|
| ① 道路台帳 | : 橋梁周辺の道路や施設確認のため |
| ② 橋梁台帳 | : 竣工年月や適用基準等の確認のため |
| ③ 橋梁一般図 | : 設置計画図作成用 |
| ④ 竣工図 | : 詳細寸法の確認のため |
| ⑤ 添架計画図 | : 計測装置設置計画や橋台背面の支障物件の確認のため |
| ⑥ 共同溝計画図 | : 橋台背面の支障物件の確認のため |
| ⑦ 現況埋設物 | : 橋台背面の支障物件の確認のため |
| ⑧ 補修・補強履歴 | : 損傷しやすい個所の特定、今後の補修等の妨害にならない計画の立案 |
| ⑨ 補修履歴 | : 損傷しやすい個所の特定、今後の補修等の妨害にならない計画の立案 |

(3) 計測項目の選定，設置方法の検討

1) 全体計画

本システムは、橋梁端部の段差を計測することを目的としたものであるが、大別すると橋台背面盛土部の段差と、上部工桁が支承から落下することで生じる桁端部の段差の2種類がある。

橋台背面盛土の計測は、踏掛版の有る橋梁や踏掛版が無くても沈下が生じにくい橋梁は、段差が生じないと考えられることから、計測は不要となる。

一方、桁端部については、支承が高い橋梁や地震時の回転が生じる恐れがある橋梁、津波により落橋する恐れがある橋梁などが考えられる。単純桁橋の場合、設置箇所は2箇所となるが、連続する単純桁橋などの場合は、設置箇所数が多くなり設置費用が増加することになる。このような場合は、下部工の損傷が著しい橋脚や基礎地盤が比較的悪い下部工位置など、損傷が生じる恐れが高い場所を厳選して設置場所を選定する必要がある。

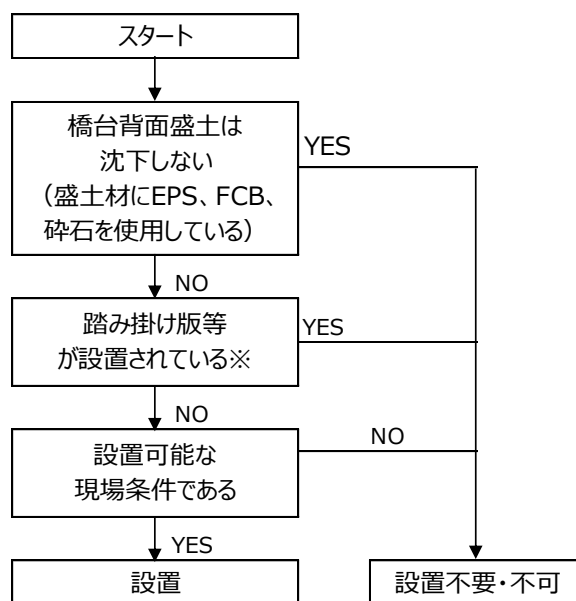
設置方法では、電気設備や通信状況，センサ設置位置などを検討し、場合によっては太陽光パネルによる電源の確保や子監視局から親監視局への無線化，センサ設置用固定治具形状の工夫などの検討が必要となる。

2) 橋台背面アプローチ部の段差計測

①計測部位の選定フロー

橋台背面盛土の段差計測は図 3-2 の設置フローにより、橋台背面に段差が生じる恐れがあるか否かを検討し、設置可否を決定することとした。これは、緊急点検結果により、踏掛版を有する橋台や橋台高の低い直接基礎橋台では、殆ど段差が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 3-2 橋台背面盛土部の計測装置設置の可否フロー

②設置箇所

鉛直方向のみ 1 橋台に 1 箇所の計測装置の設置を基本とするが、幅員が広い橋台で局部的な段差が考えられる場合は、複数の計測装置を設置も検討する。

橋軸方向や橋軸直角方向への盛土の変形についても、沈下板に十字のひだを設置していることから、盛土の変形に追従し橋軸方向や橋軸直角方向の変位量を把握できる構造とした。



写 3-1 沈下板



写 3-2 センサ設置状況

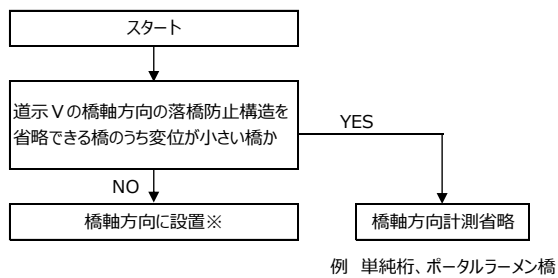
3) 橋梁桁端部計測

①計測部位の選定フロー

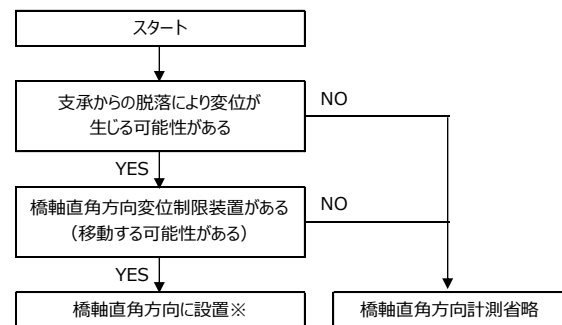
車両の通行に支障を与える橋梁端支点部の変形には、橋軸方向、直角方向、鉛直方向の3方向の変形がある。各方向に変形が生じる原因としては、鉛直方向には支承からの桁落下、橋軸方向には伸縮装置部の異常遊間、直角方向には上部工桁の回転等が考えられる。

橋梁構造によっては、移動が制限される構造、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。このため、図3-3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。

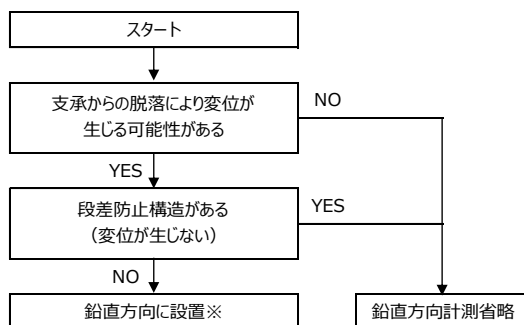
橋軸方向の設置フロー



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。

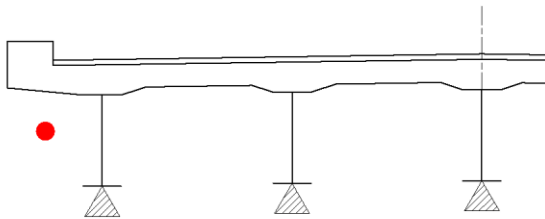
図 3-3 設置が不要となる構造選定フロー

②設置箇所

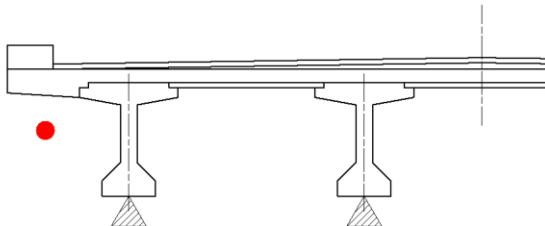
橋梁の構造によっては、移動が制限される構造や構造的に変位しないことから、計測装置の設置が不要となる方向がある。このため、現地確認や資料収集により、設置が不要となる構造であるか確認する必要がある。

センサ（変位計）設置位置は、上部工桁、橋台、支承が集まっており供用車両や自転車歩行者、既設部材などに影響を与えないこととするため、沓座周辺部を計測位置とする。また、センサ等の維持管理の行いやすさや雨風からの保護を考慮して、床版張出付近に設置することを前提とする。

<鋼桁橋>



<PC桁橋>



<スラブ橋>

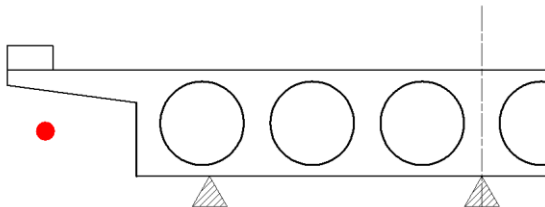


図 3-4 センサ設置位置（床版張出タイプ）

● センサ設置位置



写真 3-3 鋼桁橋



写真 3-4 PC 桁橋

下記の橋梁形式については、構造的に桁下の設置が困難であることが予想されるため、設置位置の検討が必要である。

PCプレテンションホロー桁の場合、床版張出構造ではないため、桁下の底の空間が無い場合、地覆部に設置するなどセンサや監視局の設置位置の確保に検討を要す。

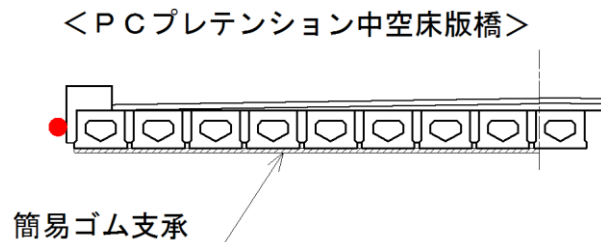


図 3-5 PCプレテンション中空床版橋

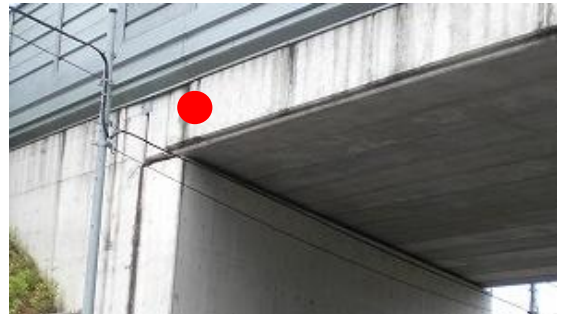


写真 3-5 PCプレテンション中空床版



写真 3-6 地覆部設置事例

垂直補剛材の無い鋼桁（1 支承の鋼箱桁）：垂直補剛材が無い場合、吊金具部に専用アングル等の設置など工夫が必要である。

鋼床版桁：RC床版や支承上の垂直補剛材が無い場合、床版ブラケットの設置や吊金具の利用などの工夫が必要である。



写真 3-7 鋼箱桁橋



写真 3-8 鋼床版箱桁橋

4) 橋梁桁端部の方向別のセンサ設置方法

①設置方法の基本方針

橋梁桁端部のセンサを鉛直・橋軸・直角方向の設置する場合は、上部工の段差やズレが確実に計測できるように、上部工桁と橋台パラペット部を接続する構造を基本とする。

その他、設置位置及び設置方法の基本方針は下記のとおりとする。

(i) 設置位置

- ・小動物の通過による不具合の発生や第三者によるいたずら防止のために、極力上側に設置することが望ましい。
- ・上部工の常時移動（温度変化など）を阻害しない位置とする。
- ・上部工が支承から外れ、落橋もしくはズレが生じて橋台パラペット側に固定した設置アングルに干渉しない位置とするため、設置アングル位置は橋座面から桁下高（支承高＋台座コンクリート）の空間分は確保する（図 3-11）。
- ・津波による上部工の流出や地震による落橋時でも、確実な計測ができるよう、センサ本体は下部工側に取り付ける。

(ii) 設置方法

- ・コンクリートに設置する場合は、コンクリートアンカー等で固定するが、この場合は鉄筋探査等を行い、既設鉄筋の干渉を避けた位置とする。
- ・コンクリートアンカー本数を極力減らすことや、現地でのアンカー位置の調整のために、設置位置を調整するために設置用アングルなどを用いる。
- ・コンクリートアンカー位置は、ひび割れやコンクリート剥離など損傷していない箇所を選定する。
- ・鋼桁橋の設置を現場溶接とした場合、鋼桁に熱を加えることによって、局部的に母材が塑性化することが考えられる。このため、応力部材には固定装置等で設置することを基本とする。

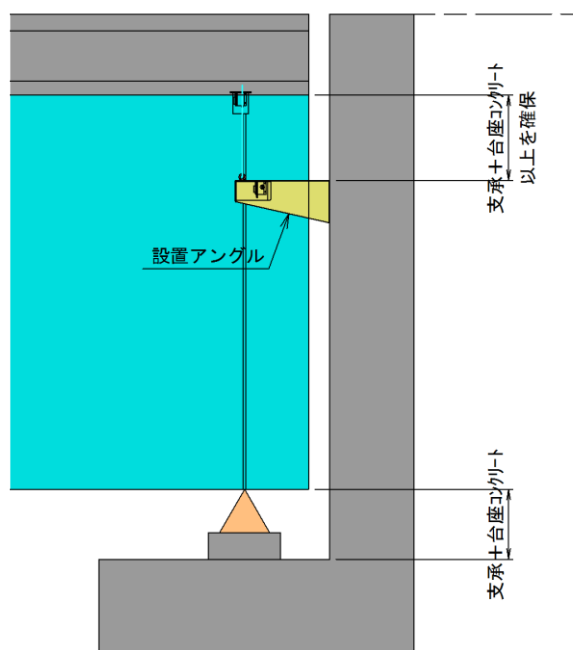


図 3-6 設置アングルの設置高さ

②鉛直方向

上部工桁と橋台の橋座面を変位計で接続し、段差が生じたことがわかる構造とする。

設置位置は、極力上側に設置することが望ましいため、床版と橋台パラペット部に設置アングルを介して設置する。なおP C桁へのアンカー設置は、鉄筋探査を実施して鉄筋やP C鋼線等の切断をしないように注意する。

表 3-1 鉛直方向の計測装置設置位置

	上部工桁側		下部工側	
	設置位置	設置方法	設置位置	設置方法
鋼桁	R C床版	アンカーボルト	パラペット	アンカーボルト (設置用アングル)
P C桁	主桁	アンカーボルト	橋座面	アンカーボルト (設置用アングル)

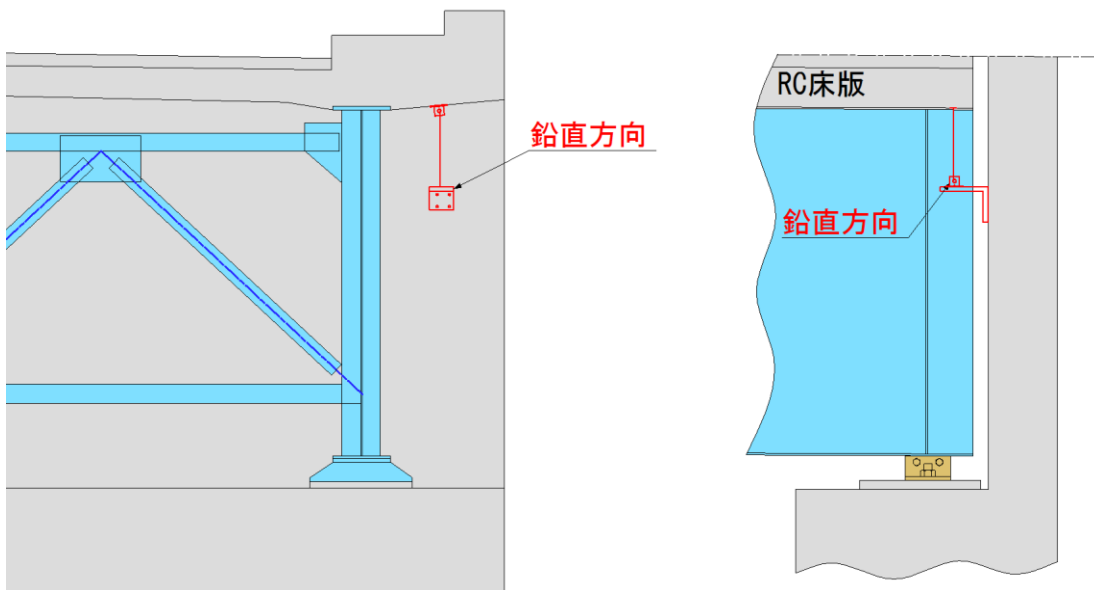


図 3-7 鉛直方向変位計設置方法

③橋軸方向

上部工桁と橋台パラペットを変位計で接続する。

地震等による被害は、上部工が移動することが多いが、地震時の液状化や圧密沈下による側方移動で橋台が傾斜することもある（図 3-8）。この場合、上部工桁の下方は変位量が生じていないが、上方のみ変位量が大きくなる。このため変位計の設置位置は、図 3-9 のように極力上側に設置する。

また P C 橋の場合、一般的には主桁取付が考えられるが、可能であれば床版下面側に吊り下げる形で設置することが良い（図 3-10）。

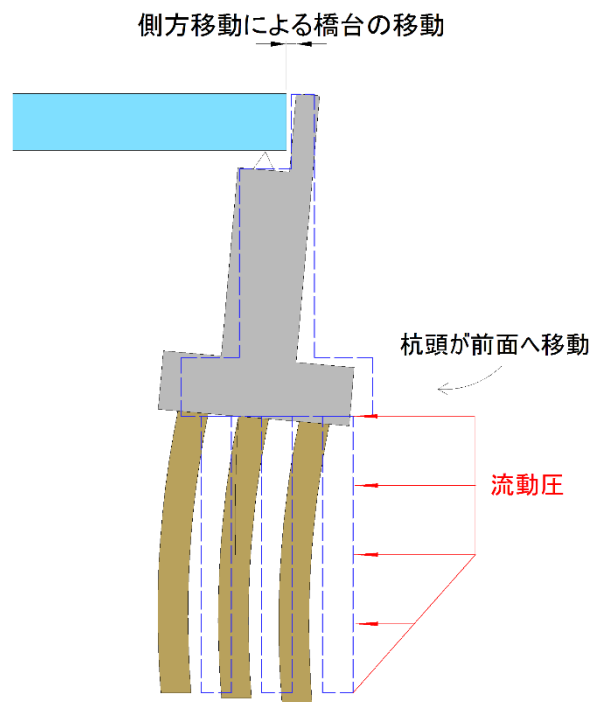


図 3-8 橋台の移動による橋軸方向の変位

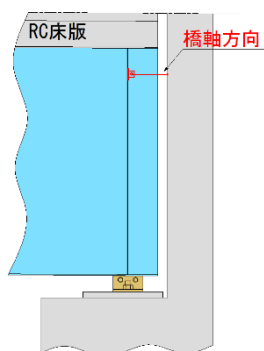


図 3-9 鋼橋の場合の設置方法

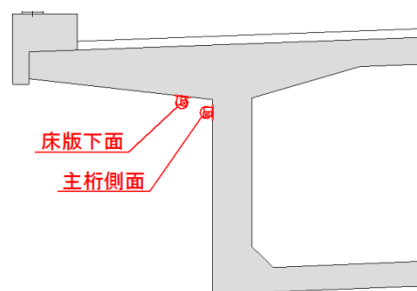


図 3-10 P C 橋の場合の設置方法

④橋軸直角方向

直角方向は、上部工桁と橋台パラペットまたは橋座面に設置することを基本とする。変位制限構造など、下部工側に突起がある構造では、地震時の変位方向などに留意して設置位置を決定する。

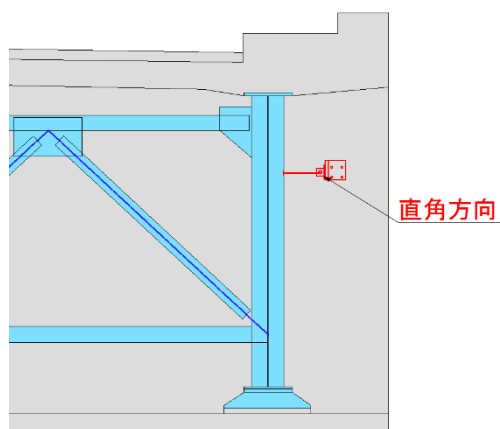


図 3-11 橋軸直角方向の設置方法（鋼橋）

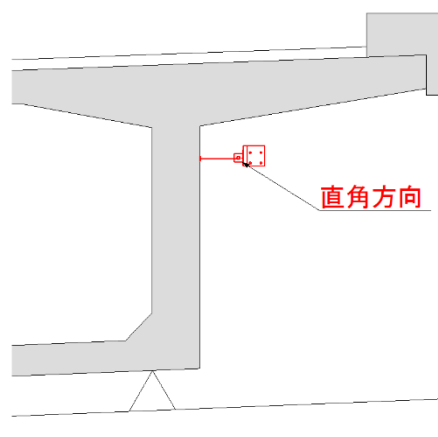
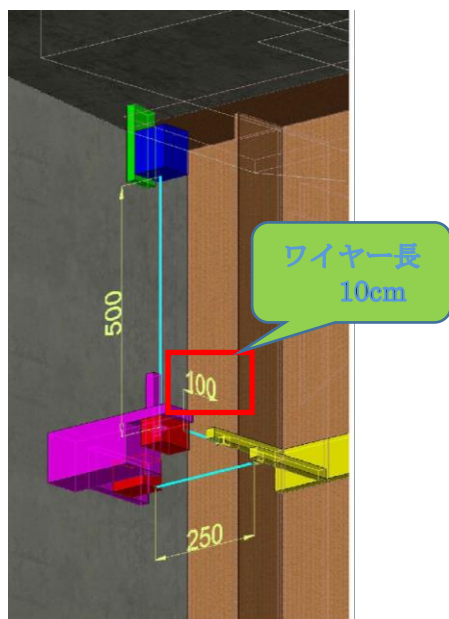


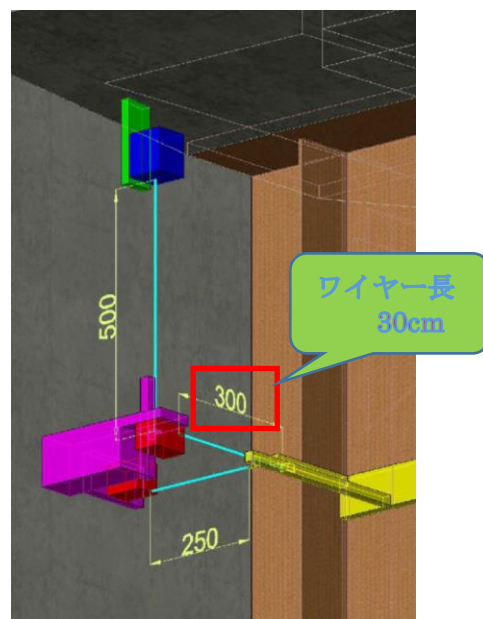
図 3-12 橋軸直角方向の設置方法（P C 橋）

なお直角方向のワイヤーは、図 3-18 のようにワイヤー長が短いと温度変化等で橋軸方向に桁が伸縮するため、橋軸方向の常時移動量が橋軸直角方向の移動量把握に大きく影響しないように、極力ワイヤー延長を温度変化量の 10 倍程度以上に長くして配置することが望ましい。



【望ましくない例】

図 3-13 直角方向のワイヤー長 10cm



【望ましい例】

図 3-14 直角方向のワイヤー長 30cm

ワイヤー長が 10cm, 30cm について、橋軸方向に上部工が移動した場合、直角方向のワイヤー移動量を 3D-CAD によるシミュレーションで確認した。その結果、ワイヤー長 10cm では温度変化で 1.2cm 程度の移動量となり直角方向の移動量に大きく影響する。一方、ワイヤー長を 30cm とすることで、移動量は 0.4cm となり、影響が少なくなる。

表 3-2 橋軸方向が移動した場合の直角方向の移動量

	温度変化量 5cm 移動 (-10℃～40℃)	地震時 20cm 移動 (支承損傷)	地震時 40cm 移動 (支承から桁落下)
ワイヤー長 10cm	11. 2cm	22. 4cm	47. 9cm
ワイヤー長 30cm	30. 4cm	36. 1cm	55. 6cm

※温度変化量 5cm は、鋼 3 径間連続鈑桁橋を想定して設定した。

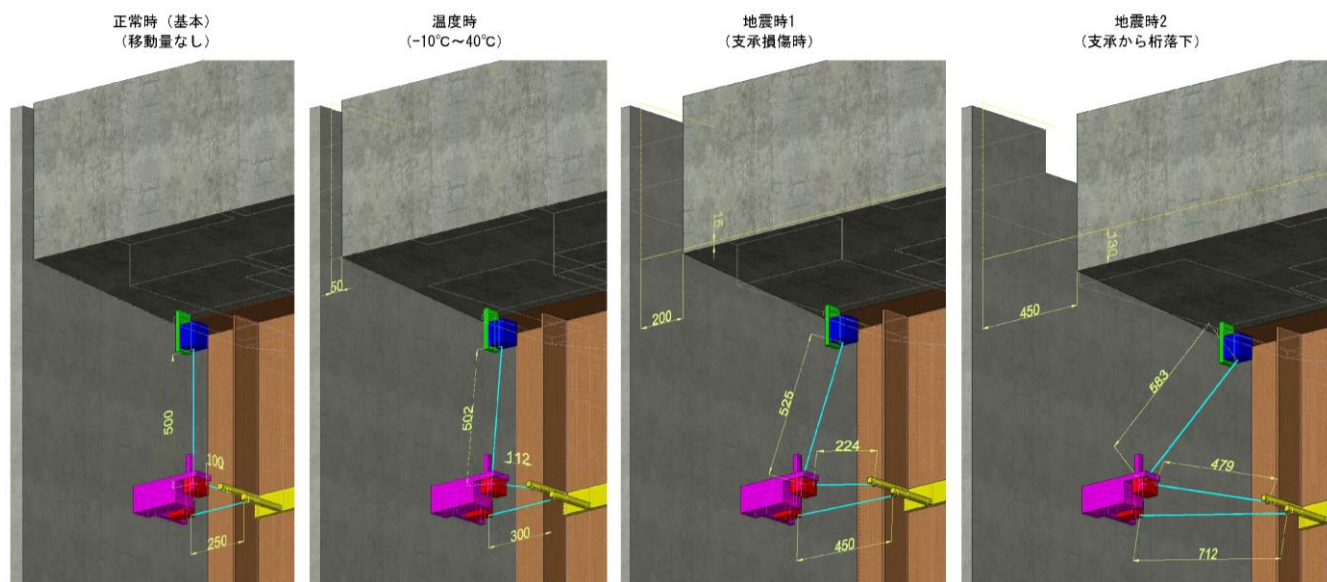


図 3-15 3D-CAD による直角方向のワイヤー長確認 (直角方向 10cm)

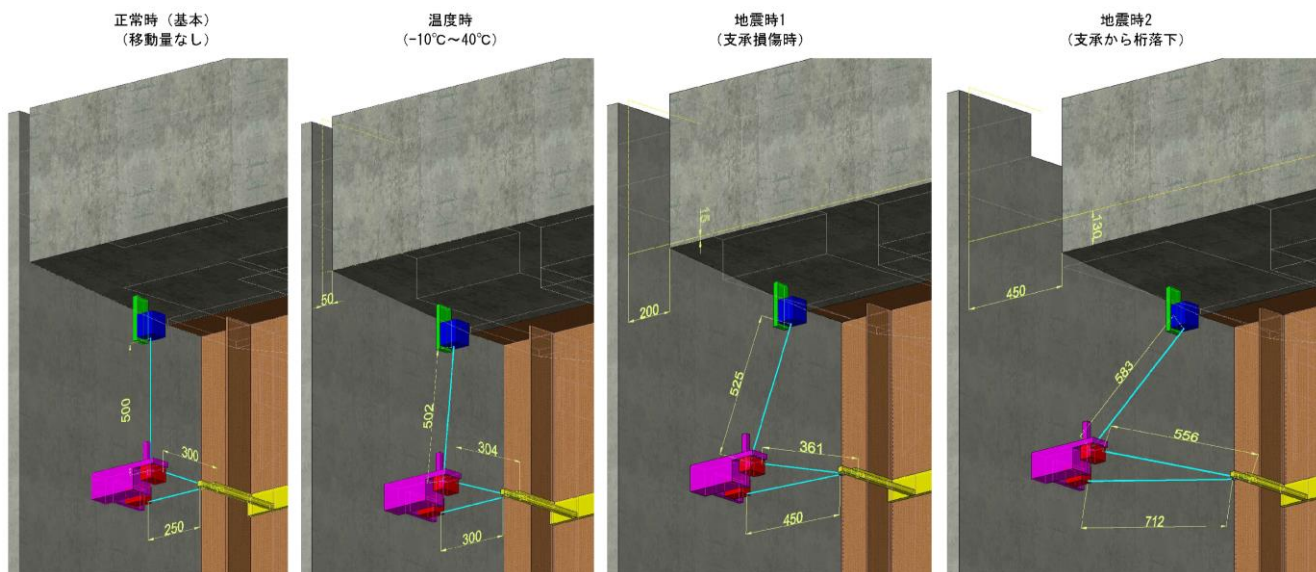


図 3-16 3D-CAD による直角方向のワイヤー長確認 (直角方向 30cm)

5) 橋台背面アプローチ部のセンサ設置位置および設置方法

センサ（変位計）設置位置は橋台パラペット背面とし、1橋台に1か所設置とする。ただし、道路幅員が広く段差量に大きな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もある。横断方向の設置位置は道路中央付近とするが、既設橋に設置することを考慮して、道路規制など極力最小限にできる位置を現地にて確認する必要がある。設置高さは、橋台背面盛土が内面で沈下してもアスファルト舗装や路盤工が残り沈下しないことが考えられるため、センサを路盤工の下面付近に設置し沈下板は路盤工より下側の盛土内に設置することとする。

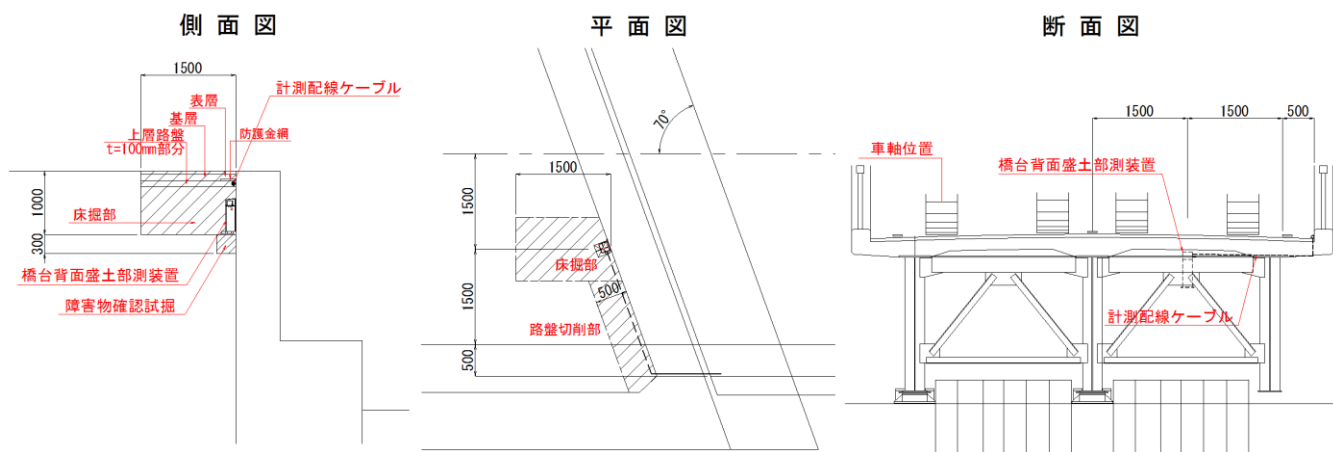


図 3-17 計測装置設置図（寸法は参考値）

<その他の留意点>

橋台背面の干渉物の調査は、既設資料や事前調査では限りがあり完璧な確認が不可能である。

このため、現場での計画変更や手戻りをなくすため、橋台前面側に添架管や落橋防止構造など無いか確認する必要がある。また必要に応じ、事前にコアボーリングやコアドリルにより削孔し、橋台背面盛土部内の干渉物件の有無を確認することが望ましい。

変位計の下方面については、沈下板の動きを阻害するもの（落橋防止装置や添架物など）が無いか試掘にて確認する必要がある。

盛土内部の配線場所や地上部への配線出口については、舗装打替えに影響が無い箇所や近隣交差点の車両通行方向など考慮して、維持管理のしやすい箇所を選定すること（センサ設置位置は、直接輪荷重が载荷されない配置とする）。

標準的な片側 1 車線と片側 3 車線の配置例を以下に示す。

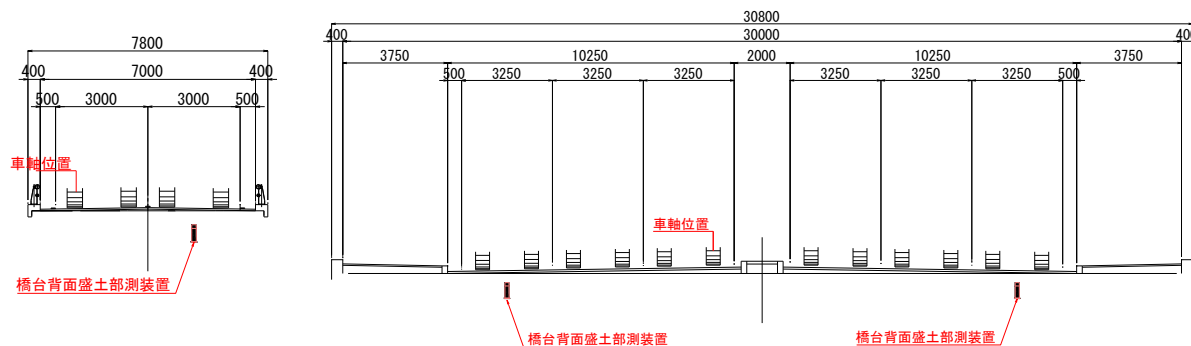


図 3-18 計測装置設置例

歩道がある場合の対応については、埋設物が設置されていることが多く、配線のために歩道部を掘削することが困難となることが想定される。そのため、歩車道境界部から歩道部の表面に溝を構築してそこに鋼管などで保護した配管を設置することが有効と考えられる。

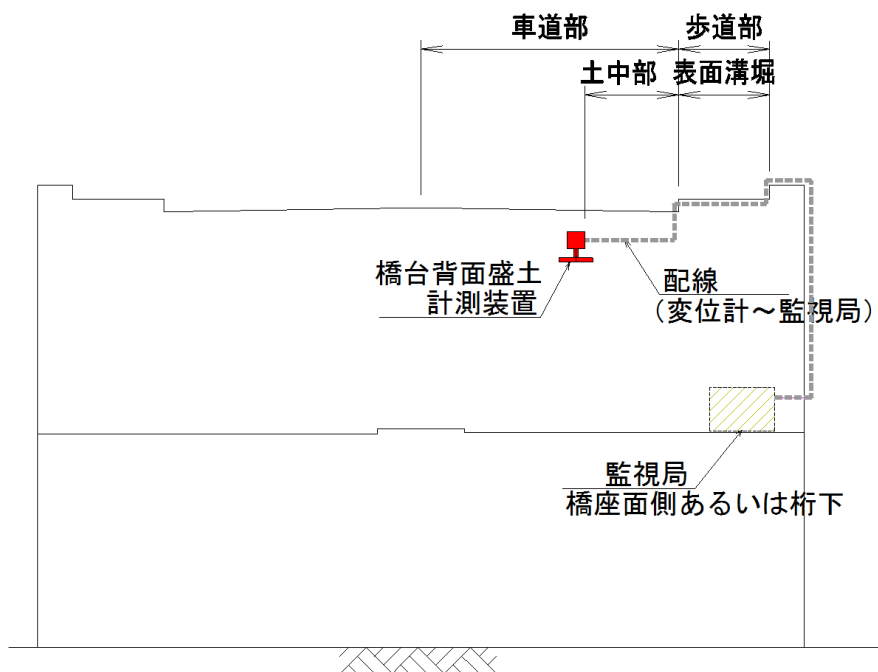
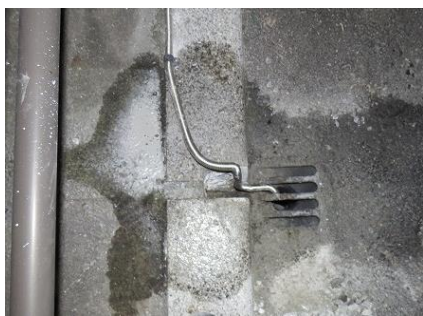


図 3-19 歩道がある場合の対応



写 3-9 歩車道境界部 溝掘り事例



写 3-10 歩車道境界部 溝掘り復旧事例

【工夫すべき事項】

- ・土中部の配線ケーブルは防水に配慮する。
- ・センサのワイヤー引出口が上向きとなる場合は、上からの水が浸入しないように水切りを設置する。
- ・埋設ケーブル上は舗装打ち直し時に切断することが無いように、ケーブル保護板を設置する。
- ・塩害環境の橋梁では、センサの金属部に錆対応として防錆処理を行う。
- ・電気防食など実施中の橋梁には、絶縁対策などを施して配線する。
- ・配線を行わないで無線を使用する場合には、無線の送受信環境を考慮した配置とする。

(4) システム材料供給・製作

1) センサ（変位計）

端支点部の段差および変位量を把握するための計測機器（センサ）は、支承の沈下もしくは桁の落下（鉛直方向），水平移動量（橋軸方向），上部工桁の横移動もしくは回転量（直角方向）が測定できる機器として、コスト面で有利となるワイヤー式の変位計を採用する（橋台背面盛土の段差計測センサと同じ）。

設置位置により計測する変位量が変わるが、計測位置や方向にとらわれず自由な位置に設置できるように、50cm 程度の変位量が計測できる容量のものを使用する。

①センサ本体

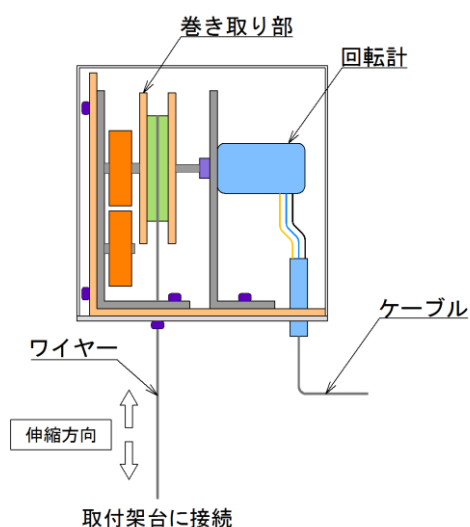


図 3-20 センサ（変位計）設計例



写真 3-11 センサ（内部と外形）

表 3-3 センサ仕様（案）

主な用途	大きな変位測定
特 長	大容量，可変抵抗式
取付方法	橋台背面の保護 BOX に固定
ワイヤー長	0～1000mm
出力抵抗	0～10k Ω
精 度	1mm
サイズ	□50mm 程度
ケーブル長	20m 程度
許容温度範囲	-10 ～ +60℃（結露を除く）
外形箱	ステンレス
防水処理	ワイヤー付け根に完全防水処理

②センサ取付アングル

3方向のワイヤー式変位計の設置が網羅できるセンサ取付アングルを製作・設置することで、ワイヤー式変位計を容易に設置することができ、橋台等の既設構造物へのアンカー数を減らすことができる。なお、この取付アングルを製作するために、設置前に現地確認と取付アングルの設計が必要となる。設置事例を以下に示す。

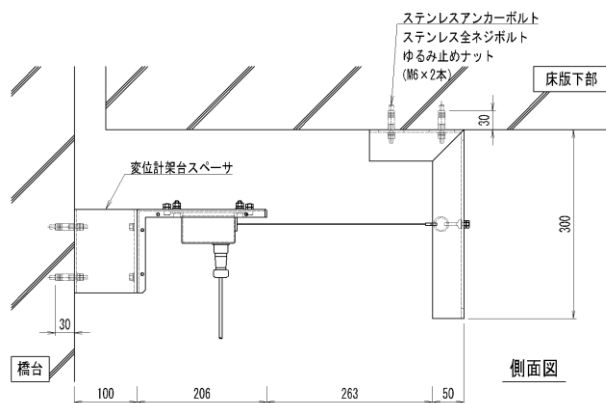


図 3-21 橋台パラペット設置用 1 方向アングル
(センサー橋軸方向)



写 3-12 1 方向アングル事例

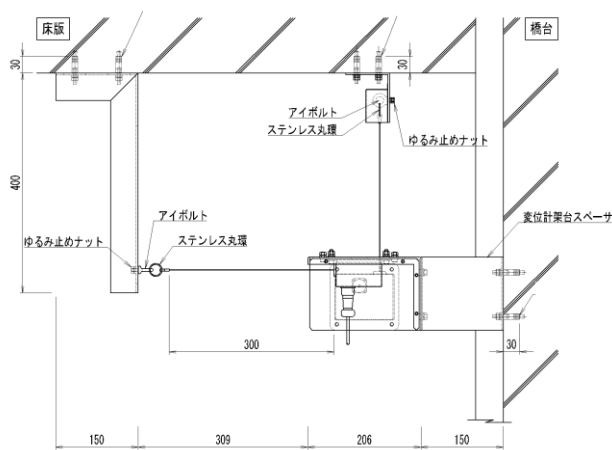


図 3-22 橋台パラペット設置用 2 方向アングル
(センサー橋軸方向、鉛直方向)



写 3-13 2 方向アングル事例

鉛直方向，橋軸方向，直角方向の3つのワイヤー式変位計が設置できる取付アングルの製作・設置事例を以下に示す。

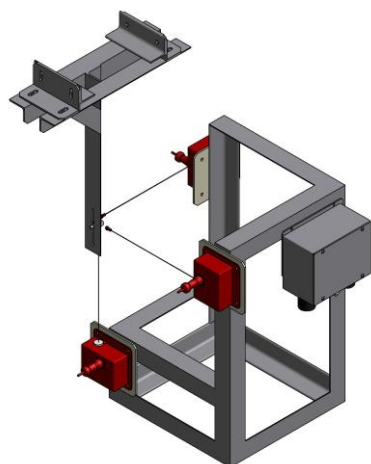
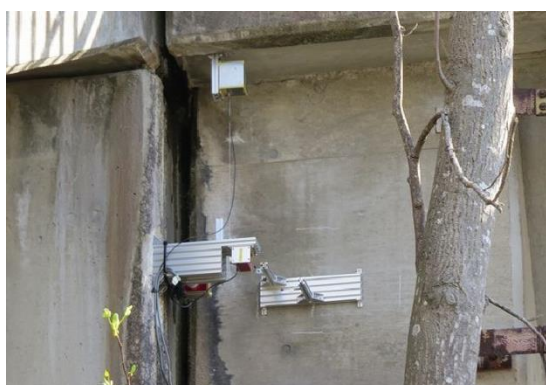


図 3-23 橋台パラペット設置用 3 方向アングル
(センサー橋軸方向,鉛直方向, 直角方向)



写 3-14 3 方向アングル事例
(鋼橋用)



写 3-15 3 方向アングル事例全景 (1)
(P C 橋用)



写 3-16 3 方向アングル事例 (2)
(P C 橋用)

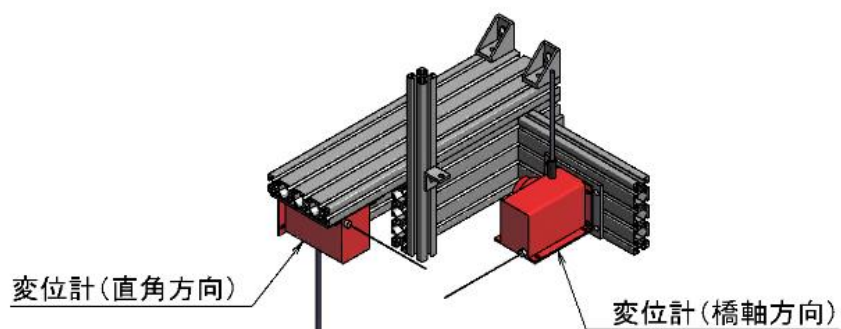


図 3-24 3 方向設置用アングル 詳細図

(5) 橋台背面アプローチ部の段差計測機器

1) センサ（変位計）

橋台背面盛土内に設置する段差計測機器（センサ）は、被災発生箇所を鉛直方向の段差に絞り込むことで、通常より取得データ量を極力少なくする計測機器であり低コスト化となる、ワイヤー式変位計を採用しワイヤーの先端に沈下板を設置する。

鉛直方向の段差では、10cm 以上であるとスムーズに通行できず、すりつけ補修工事を実施していることも踏まえ、50cm 程度の変位量が計測できる容量のものを使用する。

①センサ本体

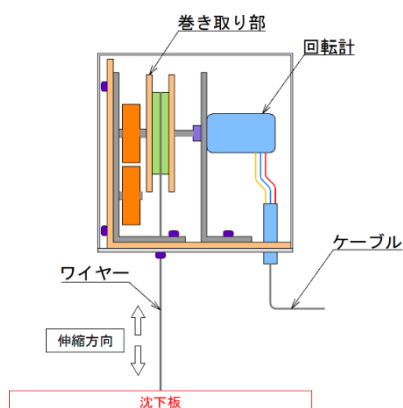


図 3-25 橋台背面アプローチ部のセンサ（変位計）



写 3-17 センサ（外形）



写 3-18 センサ（内部）



写 3-19 センサ（保護 box）

表 3-4 センサ仕様

主な用途	大きな変位測定
特 長	大容量，可変抵抗式
取付方法	橋台背面の保護 BOX に固定
ワイヤー長	0～1000mm
出力抵抗	0～10k Ω
精 度	1mm
サイズ	□50mm 程度
ケーブル長	20m 程度
許容温度範囲	-10 ～ +60℃ (結露を除く)

②センサ保護BOX

センサは盛土内に設置することから、センサ本体には保護BOXで保護して、直接土砂や盛土内の水に触れないように配慮する。また、ワイヤー部分は鋼製防水タイプのジャバラ管で保護する。

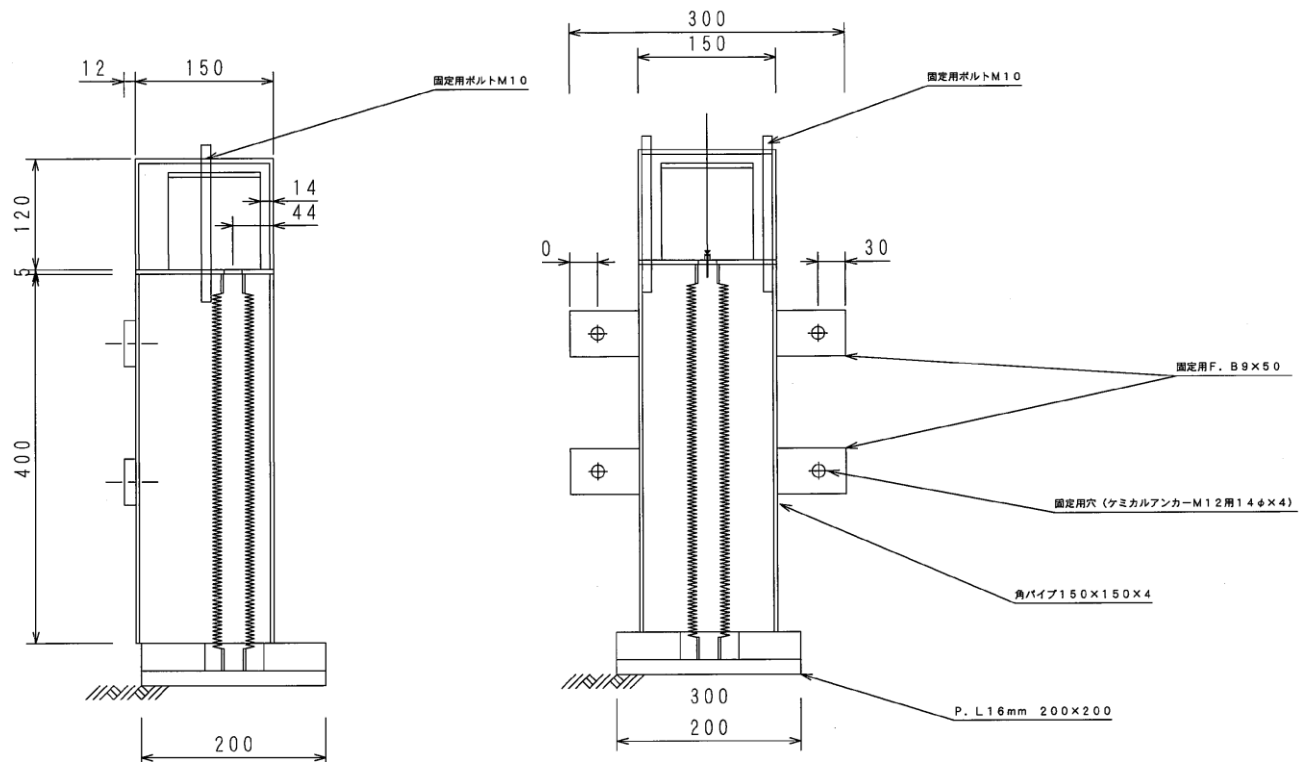


図 3-26 保護BOX参考図

<変位計保護BOX>

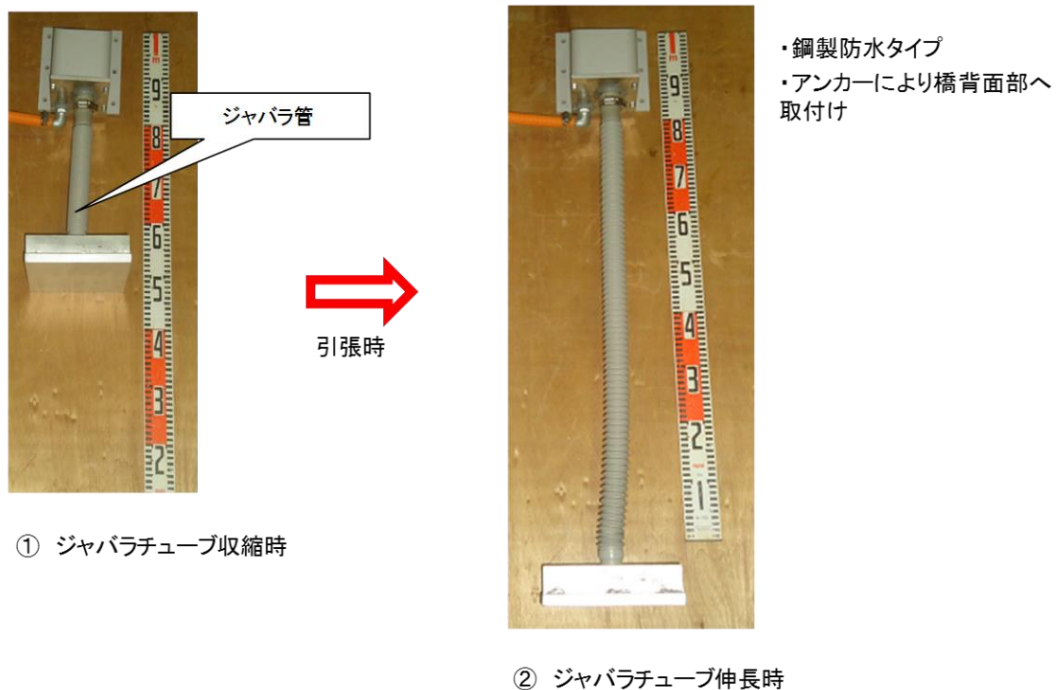
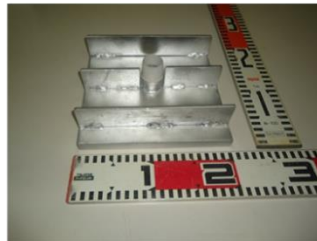


図 3-27 変位計保護BOXとジャバラ管

③沈下計測板

実証実験の結果、鉛直・橋軸・橋軸直角方向に追従できる十字ひだ付き板（200mm×200mm， $t=16\text{mm}$ ，重量 5.0 kg以上）とする。板厚は、ジャバラ管の伸縮可能重量が 5.0 kgであるため、5.0 kg以上となる板厚を確保する。



③ 角型ひだ付き
20cm×20cm
 $t=16\text{mm}$
 $W=5.0\text{kg}$

図 3-28 沈下計測板

④ケーブル保護管

盛土内の変位計BOXから監視局に接続する配線を保護するために、ケーブル保護管にて防護する。ケーブル保護管は、橋台パラペット等にコンクリートビスにて固定する。



- ・変位計BOXからの配線保護に使用
- ・波型ポリエチレン製，内径16mm
- ・橋台背面部に配管し、U字金具にて固定

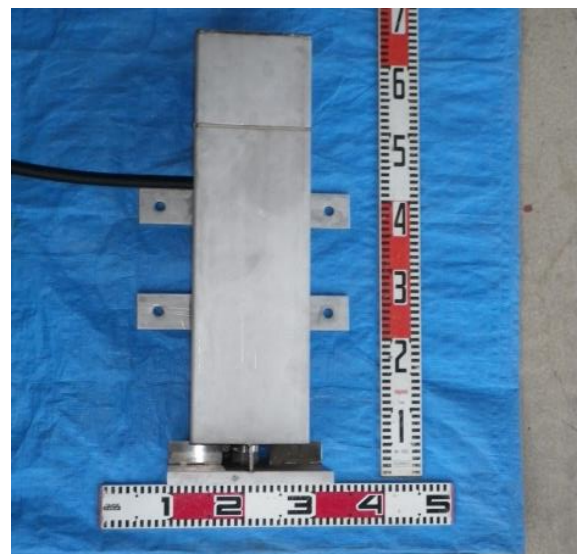
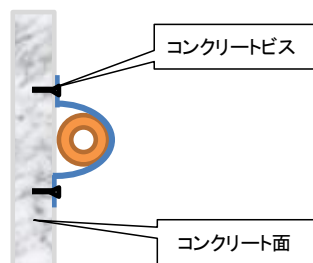


図 3-29 ケーブル保護管

(6) 配線計画

監視局（子局→親局）が有線の場合や、変位計～監視局～商用電源（または太陽光パネル）は配線が必要となる。橋台背面盛土内の計測装置は、橋台背面センサをパラペット背面土中部に沿わせて配線する。この場合、ジャバラ管をパラペットにアンカー等で固定してその中に配線する方法が良い。橋台背面から端部は、ウイングや地覆、壁高欄など配線の支障となる構造物が存在するため、現地調査を行い最適となる配線方法を検討する必要がある。

以下に橋台背面盛土および橋梁端部～監視局および監視局～商用電源までの全体配線計画例を示す。

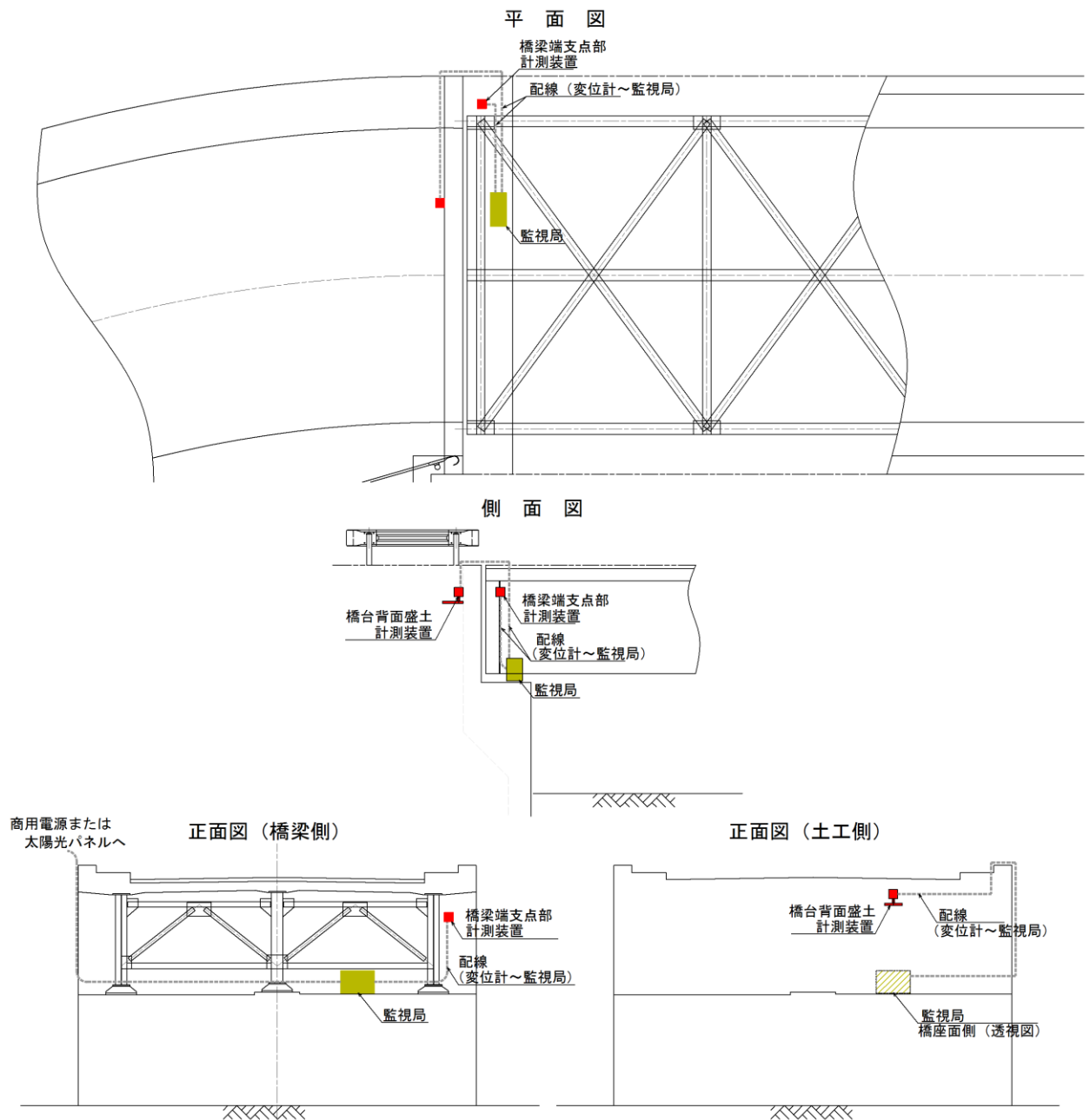


図 3-30 全体配線計画図



写 3-20 橋台背面配線事例（壁高欄）



写 3-21 橋台背面配線事例（壁高欄）



写 3-22 歩道部配線事例（排水管から桁下へ）



写 3-23 歩道部配線事例（排水管から桁下へ）

【工夫すべき事項】

- ・ 地中から配線を立ち上げる場合は、清掃車などに巻き込まれないように切欠きなども受ける。
- ・ 配線が多い場合は、極力配線をまとめる。

(7) 監視局

橋台背面の盛土部、橋梁桁端部に地震時の異常変位を検知するセンサから有線で監視局に接続し、閾値を超過する変位が発生した場合に、自動的にメール配信を行うとともに被災状況把握システムにも閾値超過の位置および計測データを配信するシステムである。

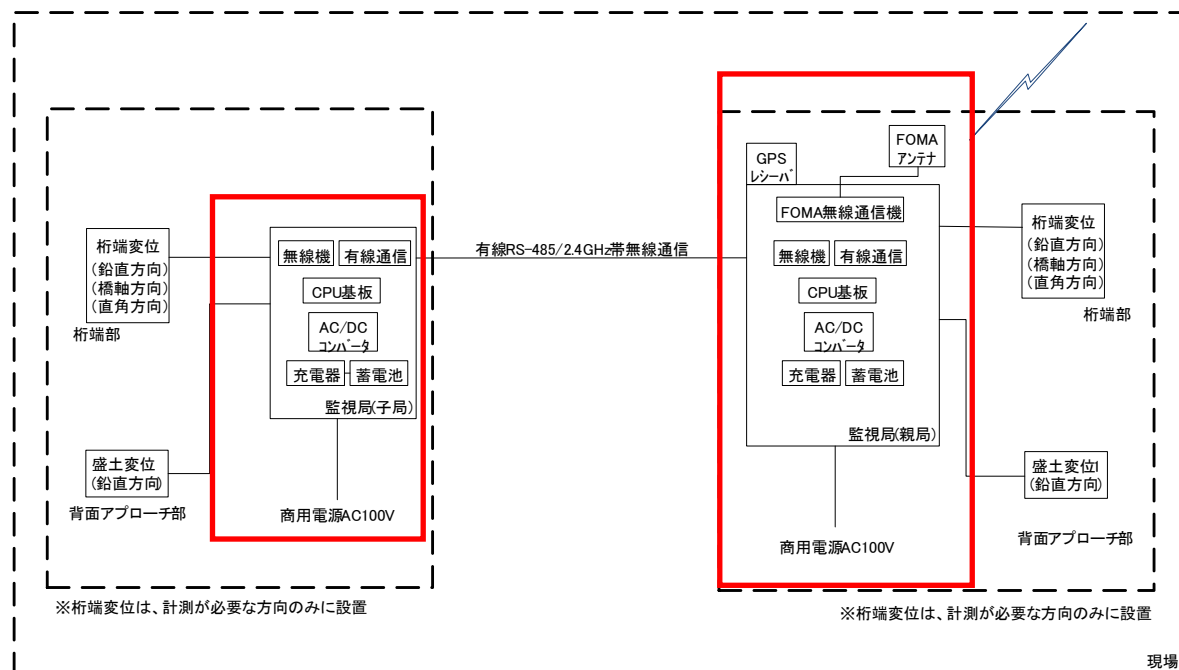


図 3-31 監視局

センサにより計測・収集した各種データを保存する装置であるデータロガーは、送信機器と一体化された計測ユニットを採用する。

計測ユニットの特徴は以下のとおり。

表 3-5 仕様

用途	長期無人計測
測定点数	アナログ入力 6ch 以上
サイズ	桁下空間の沓座面に設置することを想定し、極力小さな形状が望ましい（参考寸法；W55cm×D35cm×H25cm 程度）
使用温度範囲	-10～50℃（結露除く）

【工夫すべき事項】

- ・監視局は、点検やバッテリー交換など必要であるため、点検等ができない場所に設置した場合は検査路などを設置する。
- ・バッテリーは、5年毎に交換が必要となるため、橋梁点検毎に交換を行う必要がある。

(8) 電源確保

供給電源の確保は、安定した電源確保のため、基本的には商用電源を採用する。

計測対象となる橋梁近隣まで商用電源が供給されていない場合、①商用電源を準備する方法と②太陽光パネルによる方法が考えられる。

①商用電源を準備する方法は各地区の電力会社との協議によるが、電柱設置可能な範囲までは電気工事の依頼が可能である。しかしながら申し込みから工事実施まで時間を要することが考えられ、スケジュール調整が必要である。近隣電柱から引き込み柱までは一般的には原因者負担となる。

②太陽光パネルは初期投資が必要であるものの、他の関連機関との協議が不要であり計画が立てやすい。ただし、他の建物の陰にならない環境であることが求められる。なお、太陽パネルの仕様案は、表 3-7 に示す。

計測対象となる橋梁近隣もしくは橋梁施設まで商用電源が供給されている場合には、近隣引き込み柱から占用電線により分電させることとなる。



写 3-24 太陽光パネル事例



写 3-25 太陽光パネル事例



写 3-26 引き込み柱（照明）から引電事例



写 3-27 引き込み柱（監視カメラ）から引電事例

【太陽光パネルを採用する場合の工夫すべき事項】

- ・ 運転者への反射がない場所に配置する。
- ・ 日当たりが良好な場所などに配置する。

表 3-6 太陽パネル仕様

名 称		規 格	備 考
太陽電池パネル	公称最大動作電力	32W +15%、-5%	
	公称最大動作電圧	17.4V	
	公称最大動作電流	1.84A	
	開放電圧	21.7V	
	短絡電流	1.99A	
	寸法(参考)	517×512×17(mm)	
	重量(参考)	2.8kg	
固 定 材		ステンレス	参考図-1

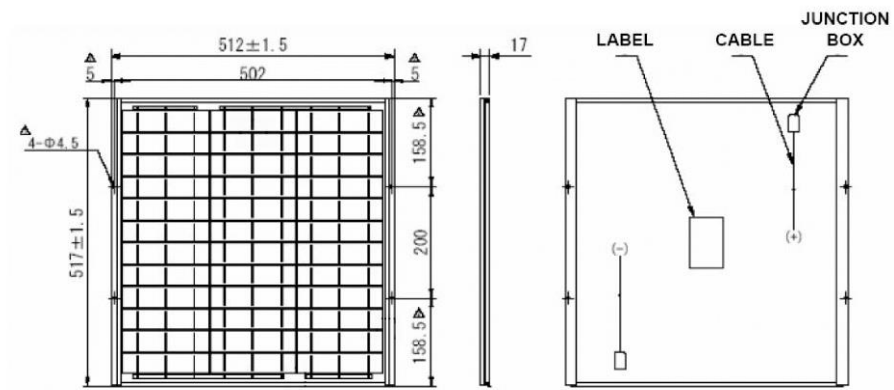


図 3-32 太陽パネル形状図（参考）

※本システムに必要な電力は約 30W である。

(9) 注意喚起装置

大規模地震等により段差等が生じた場合に、道路管理者が現地に行くまでのタイムラグを埋めるために、表示灯を点灯させて運転者や歩行者に注意喚起するものである。表示灯の文字は、現地で起きている事象を表示することとし、「通行止め」などの表示避けた。

表 3-7 表示灯仕様案

名 称		規 格	備 考
被災標示パネル	視野距離	36m以上	
	電 源	12Vバッテリー(10KW)	
	標示文字	2系統、LED点灯	4文字、赤・黄2系統
	定格電圧	DC12	
	放電容量	500mah	
	放電圧	6. 6V	
	寸法(参考)	420×150×100(mm)	
パトライト	パトライト	LED点滅方式	

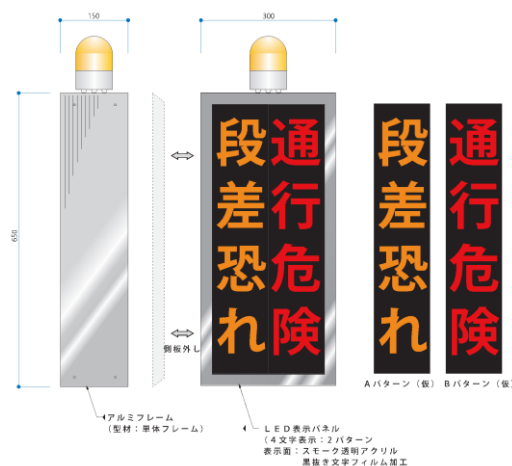


図 3-33 表示灯案



写 3-28 表示灯設置例

3-3. 施工計画

(1) 施工方法

配線時およびセンサ設置時、監視局取付け時に必要となる施工機械を選定する必要がある。一般的には配線およびセンサ設置ともに、橋梁点検車や橋梁補修工事の施工業者の足場を一部利用して設置する。また橋面高が低い橋梁は、橋面もしくは橋梁下からの梯子で橋座面に降りて設置することも可能である。



写 3-29 点検車による設置



写 3-30 補修工事の足場を利用した設置



写 3-31 簡易足場による設置

なお点検車を使用する場合は、片側交互通行などによる道路規制を行い設置する。また、橋梁点検車の運転では、高所作業車運転特別教育修了書の資格を得たものが必要となる。

また舗装など撤去した際に発生したガラなどの産業廃棄物は、マニフェスト制度による適正な処理が必要である。

(2) 計測ユニットの設置手順およびチェックリスト

1) 橋梁桁端部

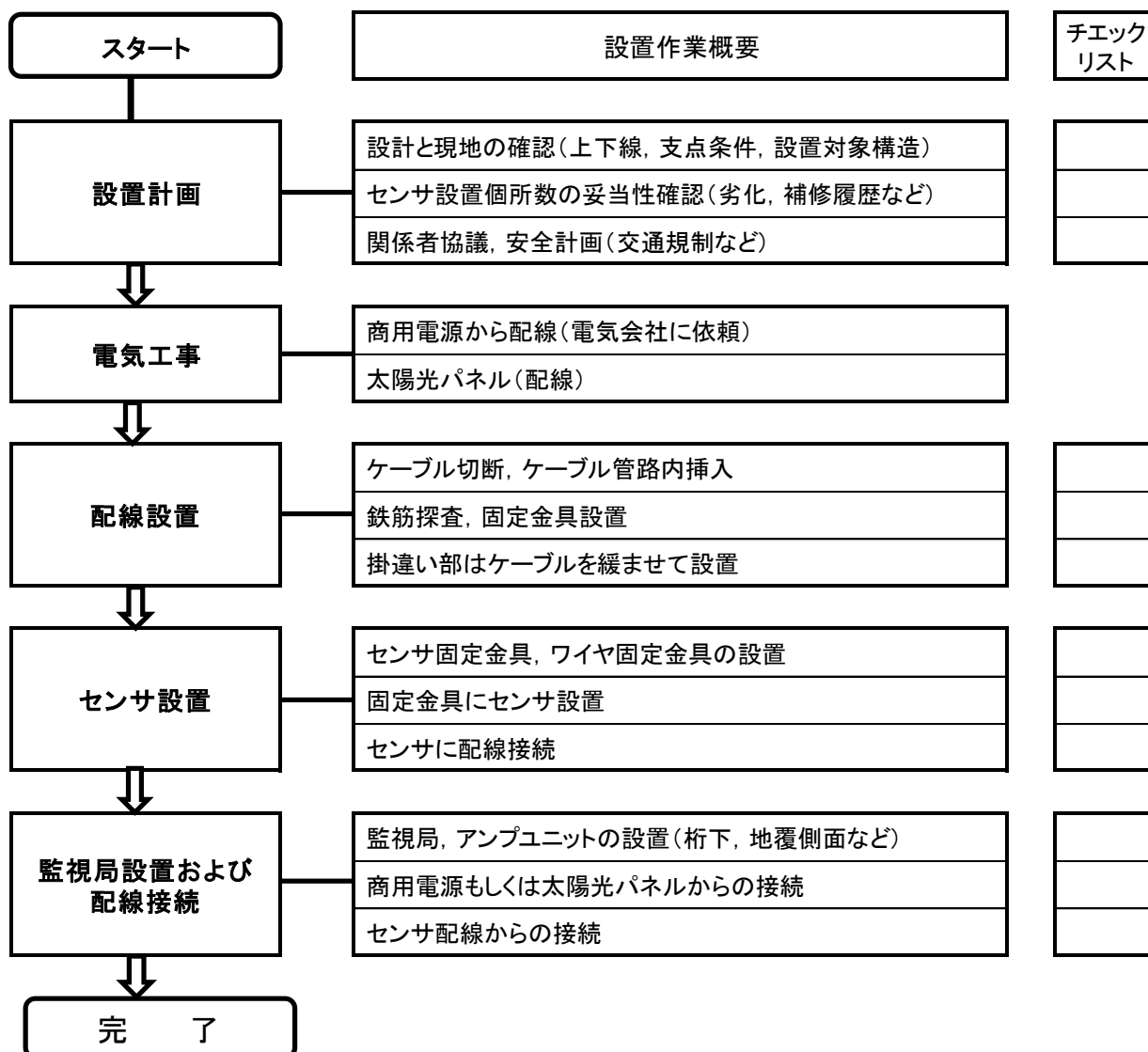


図 3-34 橋梁桁端部の設置手順フロー

【設置計画および設置時の留意すべき事項】

- センサ設置箇所が劣化や補修済みの箇所(再劣化の恐れ)でないか確認
- センサ設置付近や配線部の水の流れ
- 添架物, 落橋防止システムなどの干渉
- 設置時の規制方法

2) 背面アプローチ部

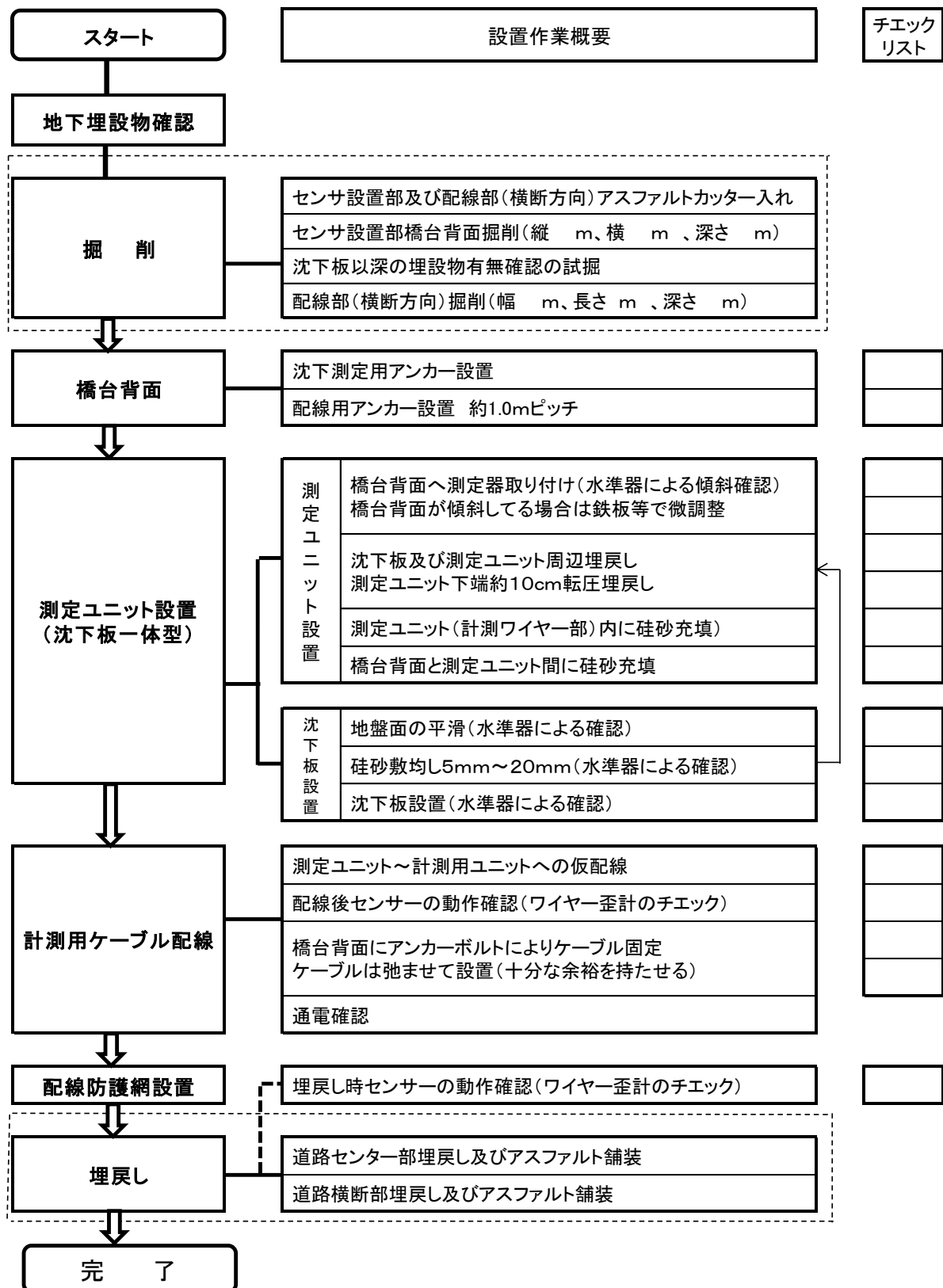


図 3-35 背面アプローチ部の設置手順フロー

【設置計画および設置時の留意すべき事項】

- 埋設物および添架物位置のチェック (橋台背面防護コンクリートなど設置の可能性有)

➤ 落橋防止および耐震補強等への配慮

(3) 関係機関協議

河川を跨ぐ橋梁では、河川区域内に配線やセンサ等を設置する場合は、河川法に基づき河川協議の占用協議（河川法 24 条）および工作物の改築（河川法 26 条）を実施する必要がある。また、工事時に地元の人が利用している官地への立ち入りをするために、村役場や自治会長への挨拶も必要となる。

ケーブル配線や橋脚部のセンサを設置するとき道路上での作業が必要となるため、道路使用許可申請書（道路法 32 条）を所轄の警察署および道路管理者に作業届（道路法 33 条）など提出しなければならない。申請書類には、施工方法やタイムスケジュール、工事工程など記載する。また、道路上を規制する場合には規制方法や交通保安員の配置、看板設置などを記載した図面を提出する。

商用電源を近接電柱から引く場合は、電灯申込書を作成し電力会社に提出する必要がある。

河川上の工事となる場合、河川内の作業が不要なことなど、漁協に工事内容の説明を行う必要がある。

3-4. 維持管理計画

常時監視において重要なことは、各種測定機を長期間安定して稼働させることであり、精度及び性能を高い水準で観測するために維持管理を行う。

本計測機器は、精密機械や連続にかつ動的に計測している機器ではないため、環境基準による常時監視結果の評価においては、1日平均値に関しては1日20時間以上の測定時間を有する「有効測定日」には該当しない。そのため、常時管理体制の維持管理までは必要ない。

しかしながら、計測機器本システムは、今後発生するシステムの不具合や、外的要因（鳥・小動物など）によるセンサーワイヤーの伸縮が考えられる。このため、WEB上で計測履歴を確認し正常稼働しているかなど確認する必要がある。

異常を感知する（閾値以上の変位）とメールが発報される仕組みであるため大きな動きに対しては管理下にはあるものの、ワイヤー部の高温・低温による不具合により可動部が動かなくなるなどの突発的なトラブルを回避するために、1回/年程度はセンサ部の稼働状況確認、監視局内の環境確認（結露など）する必要がある。

また、センサは野外に設置されており設置箇所の周辺環境によっては植物の繁茂により太陽光パネルが被覆され発電環境が阻害される可能性もあるため、一般的な道路管理と同様に除草作業も確認する必要がある。

本システムは、商用電源、太陽光パネルともに停電時に対応するためバッテリーを介したシステムを構築している。バッテリーは一般的には5年程度が寿命であるため、橋梁定期点検時に交換することが合理的であると考えられる。

- 1) 予防保全：故障及び事故が発生するおそれのある部分について予防措置を取る方法であり、日常点検、定期点検、オーバーホール等がこれに当たる。
⇒データ履歴確認、ワイヤー部の作動確認、植物、小動物による阻害（1年/回程度）、バッテリー交換（5年/回程度）
- 2) 事後保全：故障や事故が発生した後にその原因を究明し、対策を取る方法であり、緊急点検がこれに相当する。
⇒専門業者に委託する。

表 3-8 維持管理一覧表

日常管理	定期管理
①WEBによる計測値正常稼働確認	①ワイヤー作動確認 (1回/1年)
②センサ、監視局、太陽光パネル周辺の除草、樹木伐採	②監視局内環境確認 (1回/1年)
	③バッテリー交換 (1回/5年)

3-5. システム概要仕様例

(1) プログラム構成

センサによる計測値を保存および WEB サーバに送信する監視局（データ保存・送信部）、非常電源用バッテリーから構成されている。

監視局からのデータ送信は、携帯電話網および光回線を利用できる仕様とする。

(2) 正常動作確認プログラム

監視局は随時起動（数秒間に 1 回）し、閾値の逸脱や電源ラインをチェックし正常か否かを判断する。正常の場合、1 日数回の WEB 通信を行い正常動作の定期報告を行うが、正常でない場合、報告間隔を短くし、随時 WEB に送信する（異常データは 10 分毎にメール配信）。

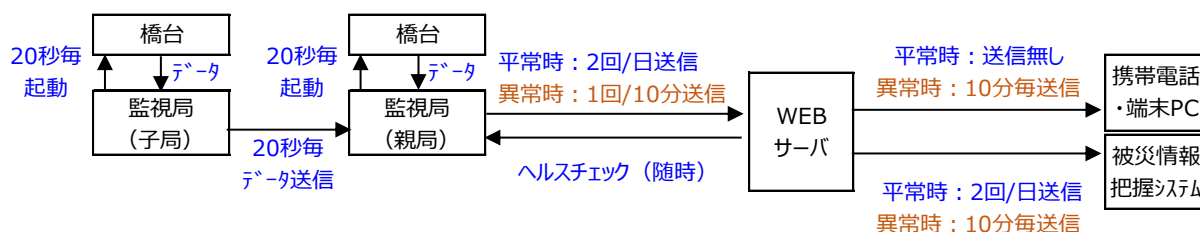


図 3-36 正常時・異常時のデータ通信

(3) 停電時のバッテリー切替え機能

正常時の電源設備が商用電源の場合は、被災時の停電等にはバッテリーに切り替わる機能が必要である。なお、太陽光パネルを採用した場合についても

(4) 無線機能

有線による配線が困難な場合のセンサは、監視局を介して無線通信が可能である（障害物等で通信状態が悪い場合は監視局を複数設置した有線となる）。ただし、半径 300m 程度を超える場合は、データ通信が困難となる。

(5) トリガー機能

1 方向で 2 段階（通行注意、通行不可）の閾値を設定できる機能を有する。

- ・通行注意：計測値のデータ送信（メール）、注意喚起通知
- ・通行不可：計測値のデータ送信（メール）、注意喚起通知、エラーフラグ（メール）

また、閾値を超えた場合には、現地の通行車両に注意喚起通知を行う機能を有する（具体事例：閾値を超えた場合、現地付近に設置したパトライトを起動）。

(6) 監視局プログラムフロー

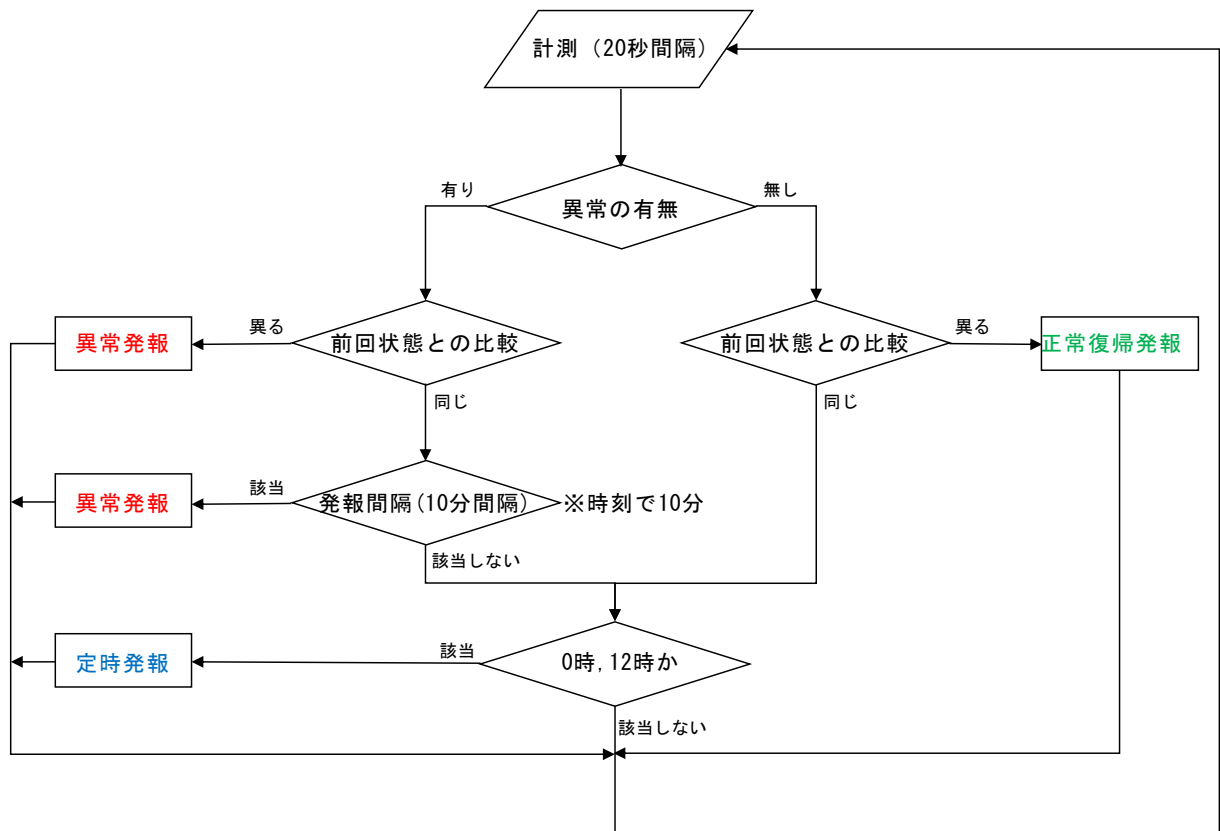


図 3-37 監視局プログラムフロー

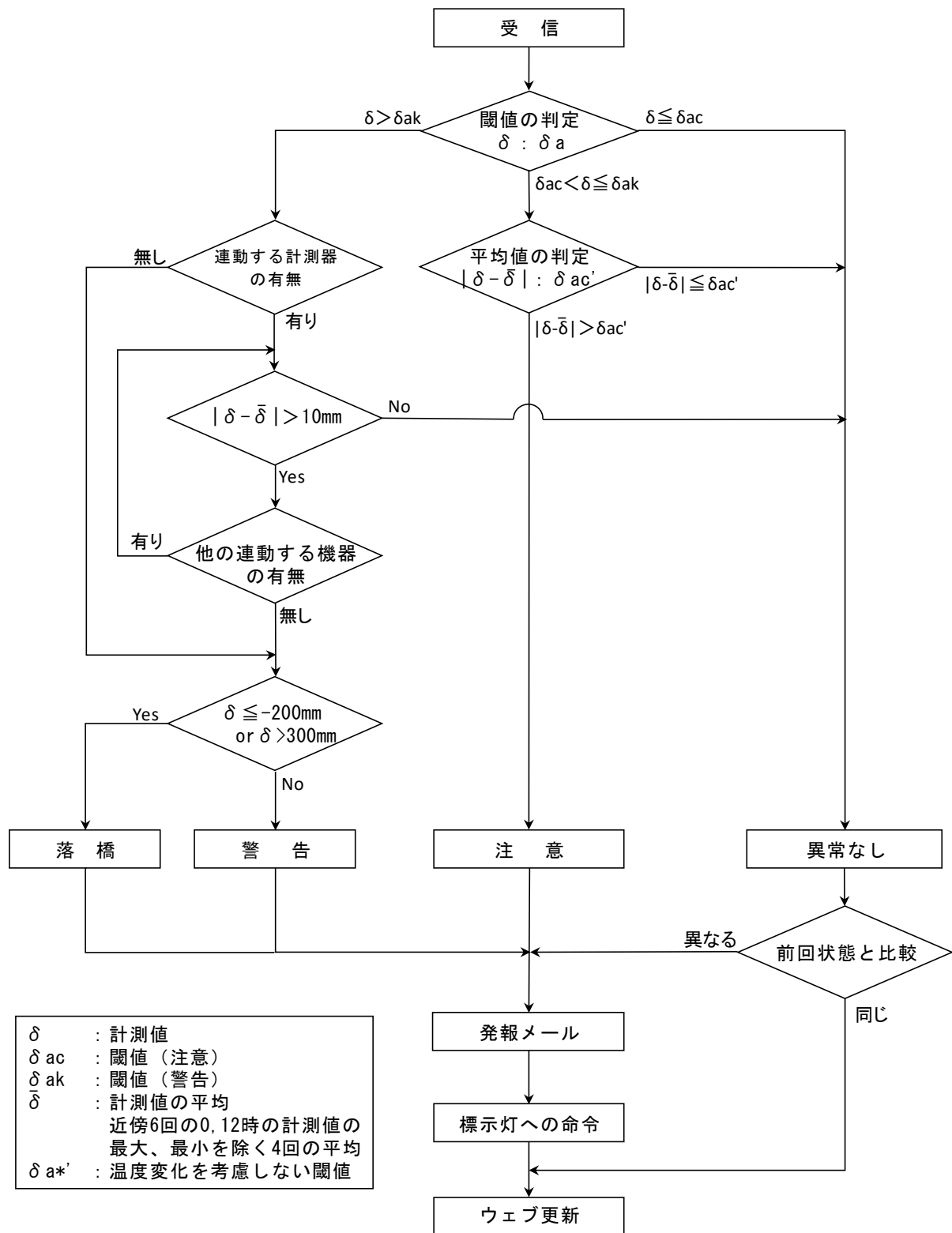


図 3-38 閾値およびシステムプログラムフロー

(7) 使用機器

使用機器例を下記に示す。

表 3-9 使用機器一覧表（参考）

項目	名称	仕様
観測機器 (桁端部)	大容量ワイヤ式変位計	可変抵抗式, 0～1000mm=0～10K Ω , ケーブル長20m
	3方向同時取付架台	SUS304製
観測機器 (背面盛土)	大容量ワイヤ式変位計	可変抵抗式, 0～1000mm=0～10K Ω , ケーブル長20m
監視局 (子局)	CPU基板	ADC10bit以上, アナログ入力6ch以上, 外部電源制御2ch以上
	省電力無線機	2.4GHz帯
	無線機用アンテナ	
	有線通信機	RS-485双方向通信
	AC/DCコンバータ	DC12V2A
	停電検知回路	AC100V遮断検知
	密閉型鉛蓄電池	DC12V30Ah
	蓄電池充電器	トリクル充電式
	防水コネクタ	IP65以上
	防水筐体	IP65以上
監視局 (親局)	CPU基板	ADC10bit以上, アナログ入力6ch以上, 外部電源制御2ch以上
	省電力無線機	2.4GHz帯
	無線機用アンテナ	
	回転灯(黄色)	閃光XXLx以上
	3G無線機	NTTDoCoMoFOMA用
	3G無線機用アンテナ	
	有線通信機	RS-485双方向通信
	GPS受信機	
	AC/DCコンバータ	DC12V2A
	停電検知回路	AC100V遮断検知
	密閉型鉛蓄電池	DC12V30Ah
	蓄電池充電器	トリクル充電式
	防水コネクタ	IP65以上
	防水筐体	IP65以上

(8) システム配線図
監視局配線図

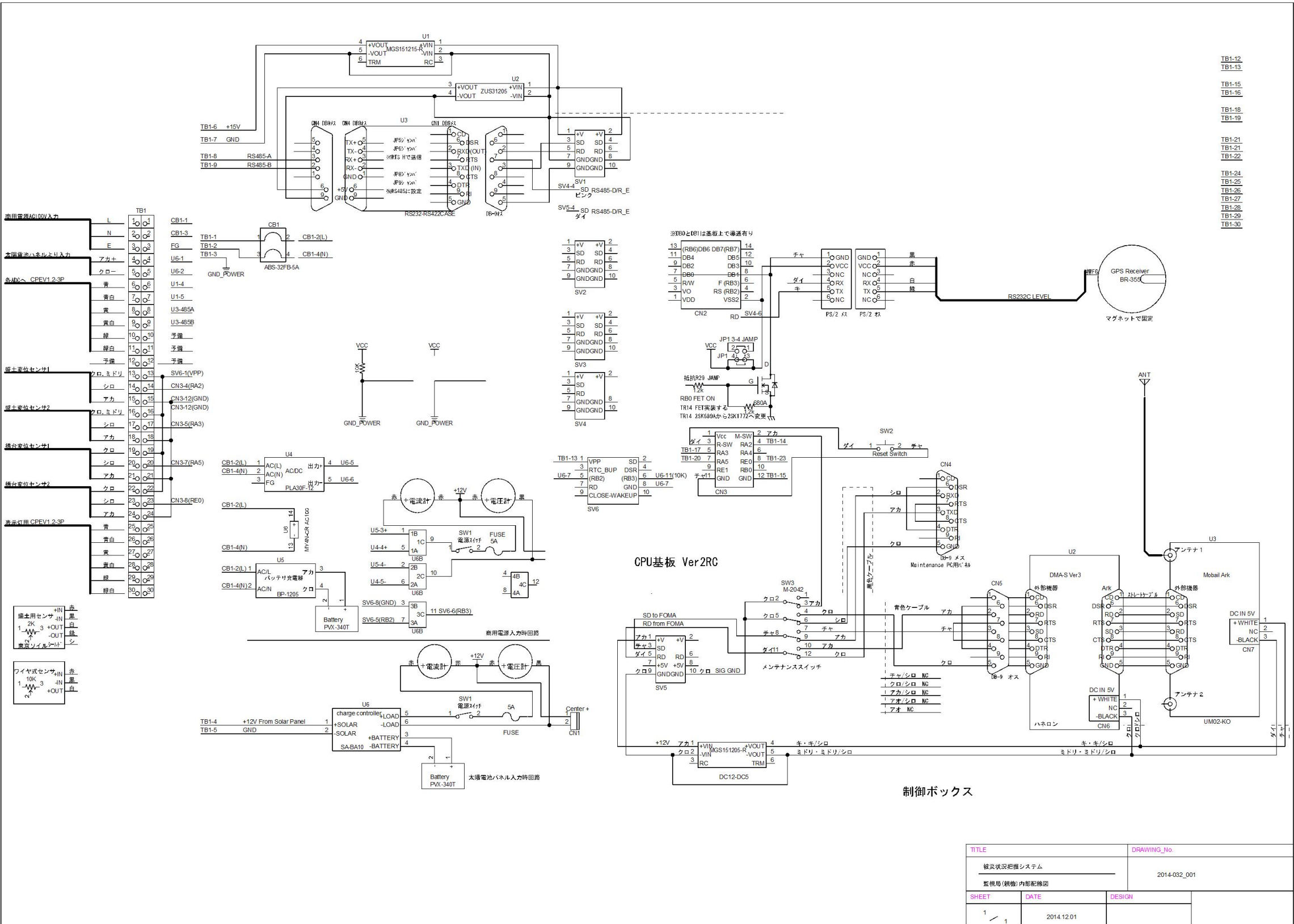


図 3-39 監視局配線図

ADCBOX 配線図

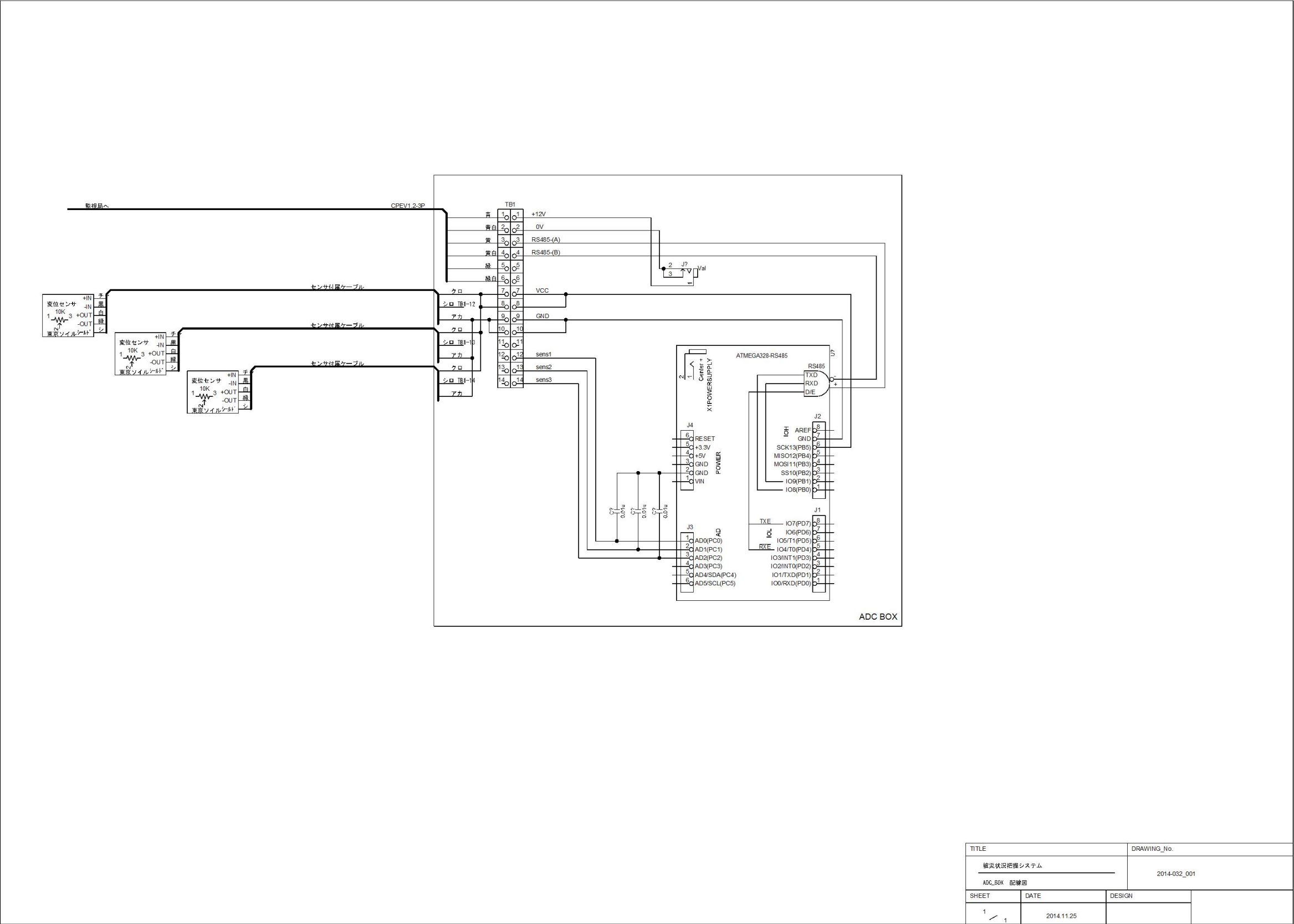


図 3-40 ADCBOX 配線図

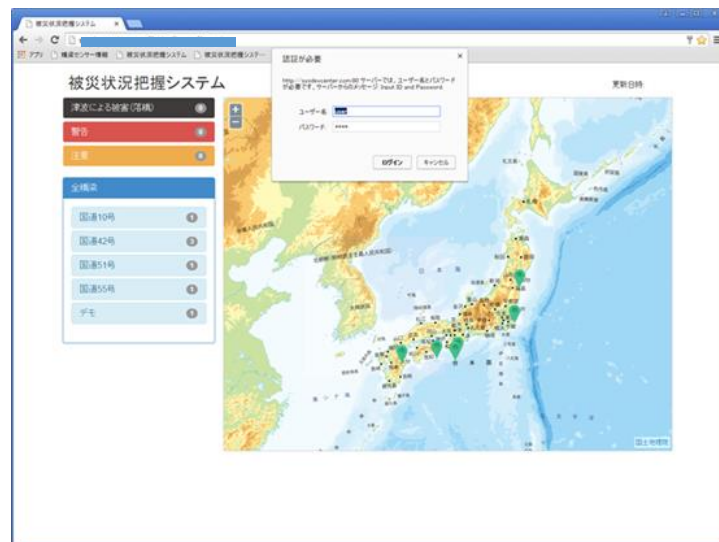
3-6. 被災状況把握システム 操作マニュアル

計測対象を含む橋梁の地図を表示し、計測データが閾値を超えていた場合、津波による被害（落橋）・警告・注意の3段階に分け、計測対象橋梁位置を地図上に位置させ、その表示フラグ色を変化させて表現する。

全橋梁のリストを表示する機能を付加している。リストから平面図へのリンク機能があることから手早く周辺状況の把握が行うことができ、橋梁のマーカーをクリックすることで計測値（詳細情報）を確認することができる。

(1) アクセス方法

当該アドレスにインターネットブラウザでアクセスすれば、下図の画面が表示される。



認証要求があります。以下の通り入力しログインする。

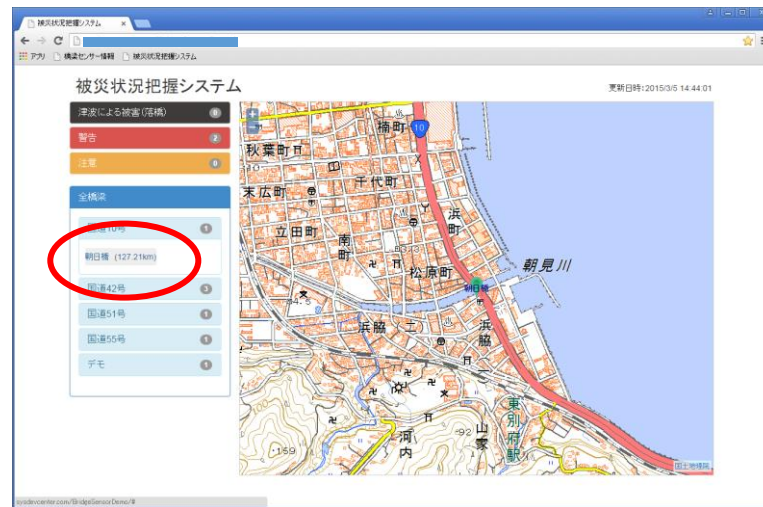
ユーザー名：****

パスワード：****

(2) 基本操作

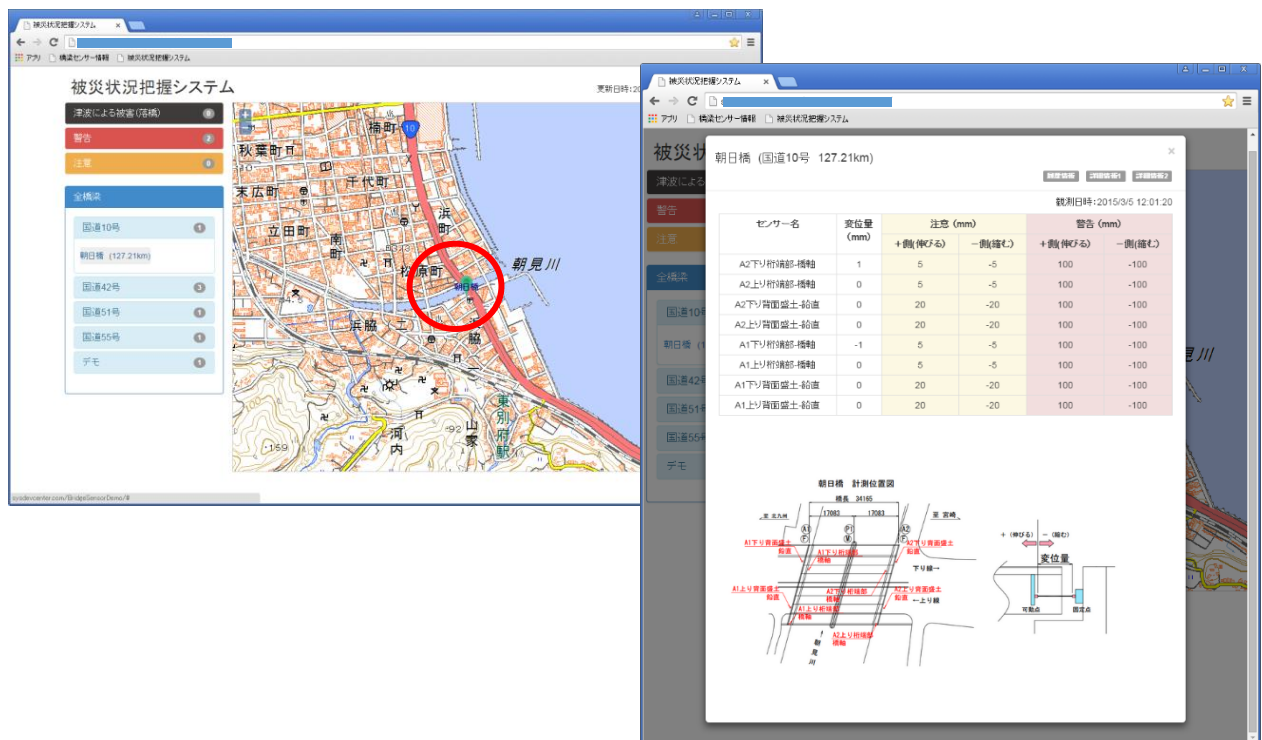
地図上でホイールを回転させれば、地図が拡大され橋梁名も表示される。

また、左の橋梁名をクリックすれば対象橋梁までジャンプする



(3) 計測値の確認

地図上の橋梁のアイコンをクリックすれば計測値情報が表示される。



(4) 履歴情報および詳細情報機能

「計測値情報」画面の右上に「履歴情報」、「詳細情報1」「詳細情報2」がある。

「履歴情報」、「詳細情報1」「詳細情報2」をクリックすることで計測履歴、一般図、橋梁台帳などが閲覧できる。

The screenshot shows a web application for bridge monitoring. The main window displays a table of sensor data for '朝日橋 (国道10号 127.21km)'. The table has columns for sensor name, displacement (mm), and notes. A red circle highlights the '観測日時: 2015/3/5 12:01:20' timestamp. A blue arrow points from this timestamp to a callout box on the right. The callout box contains three buttons: '履歴情報', '詳細情報1', and '詳細情報2'. Below these buttons, the timestamp '観測日時: 2015/3/5 12:01:20' is displayed, followed by a '警告 (mm)' section.

センサー名	変位量 (mm)	注意 (mm)			
		+側(伸び)	-側(縮み)	+側(伸び)	-側(縮み)
A2下り桁端部-橋軸	1	5	-5	100	-100
A2上り桁端部-橋軸	0	5	-5	100	-100
A2下り橋面盛土-鉛直	0	20	-20	100	-100
A2上り橋面盛土-鉛直	0	20	-20	100	-100
A1下り桁端部-橋軸	-1	5	-5	100	-100
A1上り桁端部-橋軸	0	5	-5	100	-100
A1下り橋面盛土-鉛直	0	20	-20	100	-100
A1上り橋面盛土-鉛直	0	20	-20	100	-100

観測日時: 2015/3/5 12:01:20

履歴情報 詳細情報1 詳細情報2

観測日時: 2015/3/5 12:01:20

警告 (mm)

(5) 履歴情報の使用方法

1) ログイン

履歴情報をクリックすると以下の画面が現れる

必要に応じ、ユーザーコード、パスワードを入力する。

MERDAS(Metocean Environment RemoteData Acquisition System)

*ユーザーコード、パスワードを入力して、「ログイン」ボタンを押してください。

ユーザーコード	
パスワード	
ログイン	

2) センサ情報の表示画面

センサのデータを表示する。

MERDAS(Metocean Environment RemoteData Acquisition System)

記録日時	ユニットID	機器名	ソーラーパネル電圧	バッテリー電圧	空き容量	観測周期	データ送信間隔	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	ErrNo	
2015/03/05 12:01:20	110	asahi	14000	14020	2004221952	20min	02	Analog						0000	グラフ比較
															過去履歴

3) データ範囲、表示データの選択

データ範囲を入力し、データを閲覧する場合は「抽出」、グラフを閲覧したい場合は「Graph」をクリックする



センサ情報 - Google Chrome

asahi CH1 [Analog]

データ記録範囲は「2015/02/13 11:37:00」～「2015/03/05 12:01:20」です

2015 年 03 月 05 日 ~ 2015 年 03 月 05 日 抽出 元データ Graph

No	記録日時								
1196547	2015/03/05	369.000	324.000	419.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1196742	2015/03/05 12:01:20	371.000	325.000	420.000	395.000	350.000	325.000	399.000	381.000

データを閲覧する場合は「抽出」



センサ情報 - Google Chrome

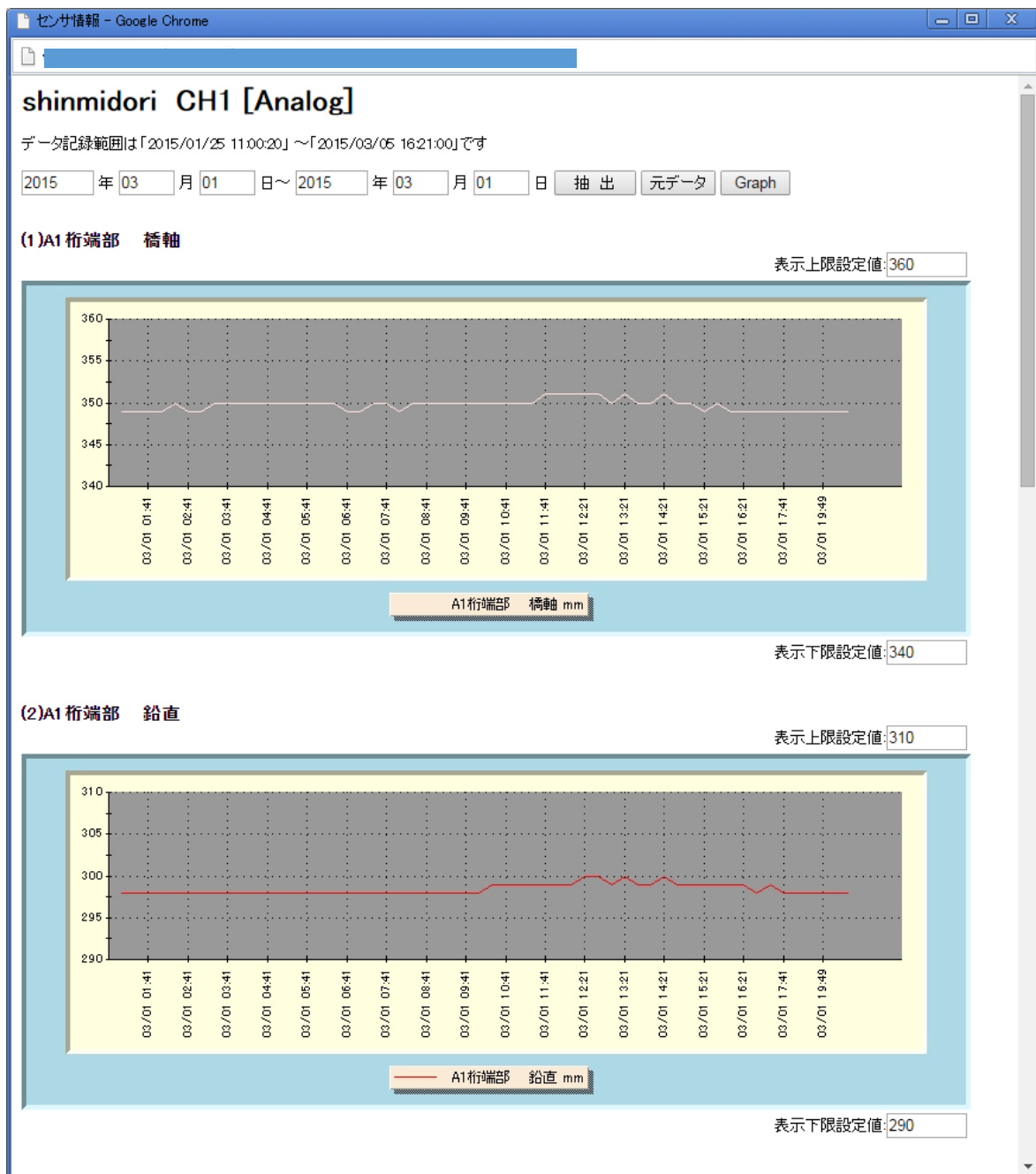
asahi CH1 [Analog]

データ記録範囲は「2015/02/13 11:37:00」～「2015/03/05 12:01:20」です

2015 年 03 月 01 日 ~ 2015 年 03 月 05 日 抽出 元データ Graph

No	記録日時								
1195001	2015/03/01 00:00:40	369.000	324.000	419.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1195198	2015/03/01 12:00:00	370.000	325.000	420.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1195383	2015/03/02	369.000	324.000	419.000	394.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1195545	2015/03/02 12:01:00	371.000	325.000	421.000	395.000	350.000	325.000	399.000	381.000
1195740	2015/03/03	369.000	324.000	420.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1195940	2015/03/03 12:01:00	371.000	325.000	420.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1196144	2015/03/04	369.000	323.000	419.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1196347	2015/03/04 12:00:20	371.000	325.000	420.000	395.000	350.000	325.000	399.000	381.000
1196547	2015/03/05	369.000	324.000	419.000	395.000	351.000	325.000	399.000	381.000
1196742	2015/03/05 12:01:20	371.000	325.000	420.000	395.000	350.000	325.000	399.000	381.000

グラフを閲覧したい場合は「Graph」

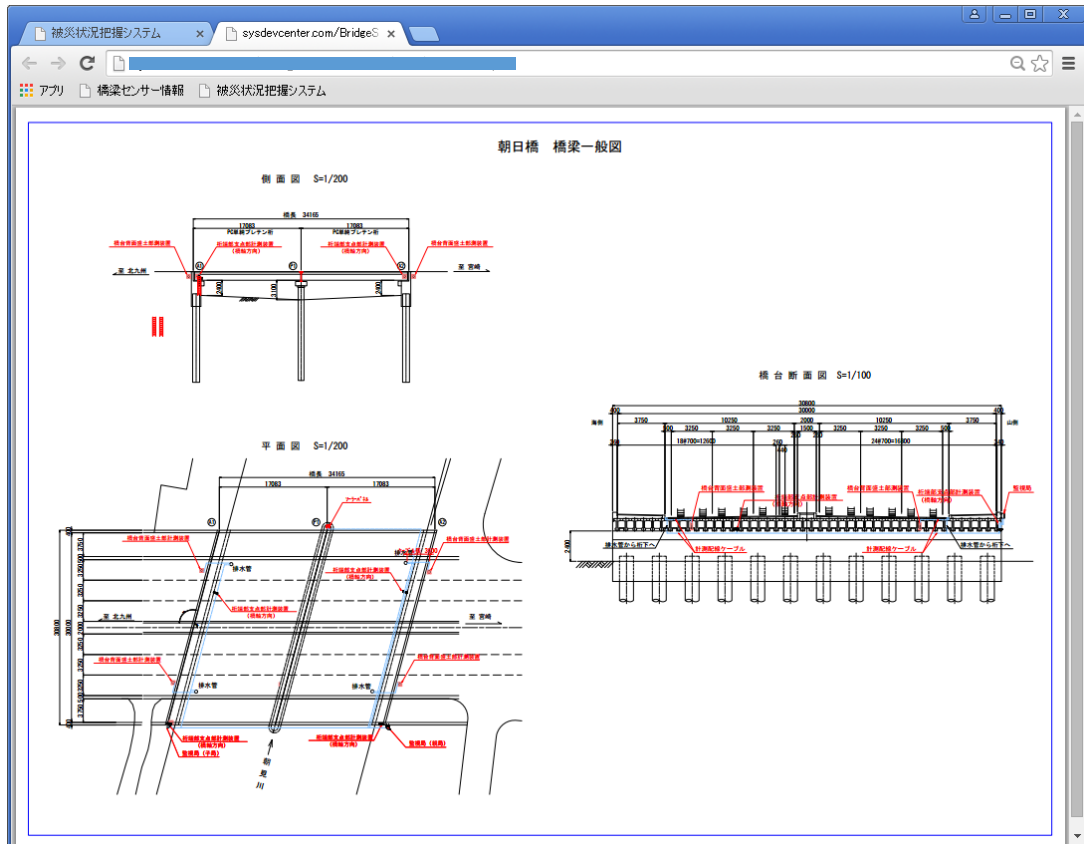


※表示上限設定値、表示下限設定値を入力したら、再度「Graph」をクリック

(2) 詳細情報の使用方法

1) 詳細情報 1

クリックすると以下の画面が現れる（一般図）



2) 詳細情報 2

クリックすると以下の画面が現れる（橋梁台帳）

橋梁台帳		九州		大分河川国道		大分維持	
名称	朝日橋	路線名	0010	現道	整備番号 1	00160	
所在地 (自)	別府市浜脇	距離標	(自) 127.2	106	調査年月日	19960331	
(至)	*	(至)	127.3	39	改訂年月日	20010630	
【基本諸元】							
橋梁区分	本線橋	橋長	34.16 m		架設竣工年	1971	
橋梁種別	橋	総径間数	2		橋の等級	1等橋	
上部工分種・橋脚	一体構造の別 *	橋面積	1024.8 m ²		適用示方書	昭和39年	
分割区分	上下線一体	平面形状	斜橋		設計経緯	T L = 2.0	
事業区分	一般道路	最小半径	* m		水平変位	k h = 0.21	
路線名 (名称)	国道10号	縦断勾配	1.719 %		【特殊荷重】		
【交通規制】	通行制限 無し	【舗装】	種別	排水性A系	1 : *		
通行制限	無し	面積	678.0 m ²	厚さ	上層	4.0 cm	2 : *
制限	高さ *	下層	3.5 cm	【照明】	有無	無し	3 : *
制限	幅 *	多道路架の有無	無し	点検施設	有無	無し	4 : *
迂回路の有無	無し	点検施設	有無	排水施設	有無	無し	5 : *
交通状況	渋滞がほとんど生じない	遮音壁の有無	無し	遮光壁の有無	無し	無し	6 : *
【地域関係】	起終点区分 *	遮音壁の有無	無し	踏切の有無	無し	無し	【基本耐荷力】
他城橋長	* m	凍結防止装置	敷布回数	敷布しない	主桁・主橋、174橋		
【橋梁接続】	起点橋	【消音タイプ】	有無	無し	縦断法 *		
起点橋	市町村 *	【ロードヒーティング】	有無	無し	その他 *		
橋梁種別	*	【床版防水工】	種別	シート系	床及び床組 *		
事務所→*	*	範囲	車道のみ全面	面積	床版 *		
出張所→*	*	面積	678.0 m ²	敷設地域区分	C・(3)		
橋梁→*	*	幅員	0.1 km	幅員地域別	幅員 *		
終点橋	市町村 *	高さ	0.00 m	延長	延長 *		
橋梁種別	*	延長	0.00 m		備考 *		
事務所→*	*						
出張所→*	*						
橋梁→*	*						
分割番号	*						