

## 橋梁点検の心得

2014. 8. 28  
T. Y.

## 1. まえがき

橋梁点検・補修の業務が2件来た。

ひとつは「钣桁支点部の不具合部」、もう一つは「小形鉄道橋の架け替え」ある。当然、それぞれの業務において点検姿勢は異なるが、一度の点検において補修目的に適った計測結果を、漏れなく得るためには「事前の準備」が大切である。

## 2. 点検の心得

## (1) 初動対応

安全確保の立場から、現有機能が構造物の供用条件に適っているか、また、いつまでに補修の手を入れるかを判断しなければならないが、通常ここまでは客先が対応する。

## (2) 現地計測

不具合のある構造物を補修して、「要求性能」を取り戻すために現況を知る必要があり、このための現地計測を行う。

## ① 事前調査

- ・ 構造物のおかれた社会環境の調査（環境汚染・騒音規制 etc.）
- ・ 交通手段：必要機材の搬入方法の確認
- ・ 変状原因の推測・類似例の収集・関係者へのヒアリング・構造解析 etc.
- ・ 点検する構造物の性状に対する学習と「計測計画表」の作成

## ② 現地対応

- ・ 安全の確保：作業に先立って従事する全員が健康であることを確認するとともに、作業手順の確認と、安全に遂行するための注意喚起を行う。
- ・ 服装（安全にして作業しやすいもの）
  - ヘルメット：必携
  - 安全沓：必携
  - 安全ベルト：2.0 m 以上の高所作業
  - 安全チョッキ：暗所作業のとき
  - 防寒具
- ・ 環境保全：除去物の毒性に対する安全対策（従事者ならびに飛散範囲に対して）  
作業中で発生する騒音への対策（従事者ならびに近隣住民に対して）
- ・ 記録：「計測計画」に添って、もれなく正確に記録する。

## ③ 実測計画

現況を正確に把握するために必要な、計測器具・足場設置などを計画する。

- ・ 通常使用する計測機器（用途と機能をよく理解しておく）
  - 点検ハンマー：浮きサビ・剥離コンの確認ならびに除去
  - スクレイパー：浮きサビの除去
  - ペーパーヤスリ：サビの除去
  - ワイヤーブラシ：サビの除去
  - コンベックス：部材寸法の計測（鉄道敷では不電導性）
  - 直角定規：板の反り・侵食深さの計測
  - ノギス：板厚・孔食径の計測
  - 水準器：部材の鉛直度ならびに水平度の計測
  - 下げ振り：部材の鉛直度の計測
  - バネ秤：部材弾性度の計測
  - ペンチ・ニッパー：障害物の除去
  - 計測テープ：距離の計測
  - 双眼鏡：遠方の観察
  - ひび割れ計測具：カラーチェック・磁粉探傷・超音波探傷具
  - 防錆塗料：計測後のサビ進捗の防止
  - 照明灯：暗部の照明
  - 野帳：計測記録（予め点検項目・略図などを書き入れておく）
  - カメラ：計測結果の記録
- ・ 足場材
  - 梯子：対象物が高所にある場合など
  - ベント：仮支持材
  - ジャッキ：重量物の仮支え
  - レバーブロック：重量物の上げ下げ

## ④ 計測計画表

とかく漏れがちな計測業務の漏れを無くするために、計測計画表を用意する。同計画表は、作業手順と計測箇所を盛り込むが、後者は図化して予め既知の値を記載しておくこと計測値の大きな間違いを防ぐのに有効である。

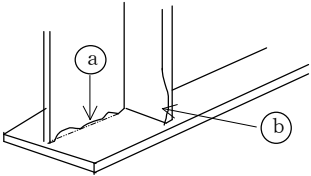
## ⑤ 報告書の作成

- ・ 正確性の維持：現況は極力正確に具体的に報告する。
- ・ 補修・補強対策：思い込みによる過ちを排除するため、有力な対策案を複数あげて施工性・安全性・耐久性などの面から比較検討するとともに、複数の人の目を通じてより確度の高いものとする。

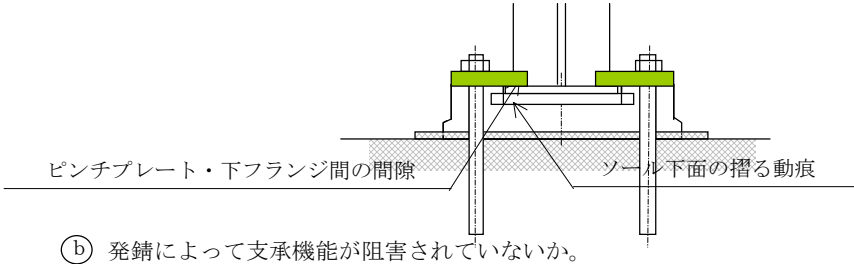
鈹桁端部の錆による「孔食」ならびに「支承移動」の事例

(1) 現況の分析  
入手した1枚の写真から現況を推測する。

不具合の位置図



- Ⓐ 桁端の腹板下端に孔食が見られる。
- Ⓑ 支点上補剛材に錆びによる断面欠損がある。



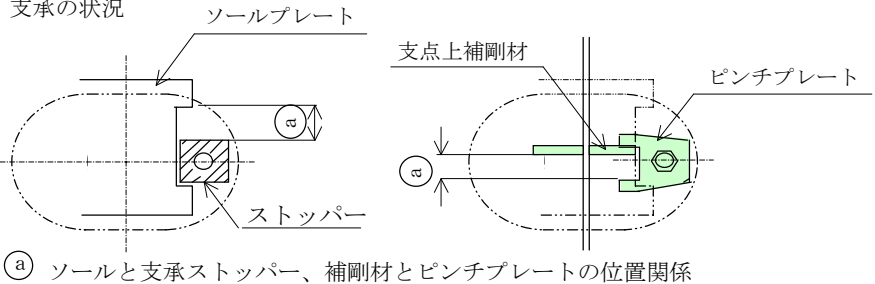
ソールプレート・ピンチプレートの移動位置 Ⓐ・機能性確認 Ⓑ の調査結果

・ 孔食部

写 真	計測前推定値
<p>記事 腹板ならびに支点上補剛材下方の発錆による断面の減少が著しく、特に腹板の下フランジ接合部では孔食（貫通サビ）に至っている。</p> <p>コメント 桁を支える支承形式が「線支承」であることから、支承線が孔食部下端となった場合には桁の耐力が不足することは明白で補強対策が不可欠なものとなる。</p>	

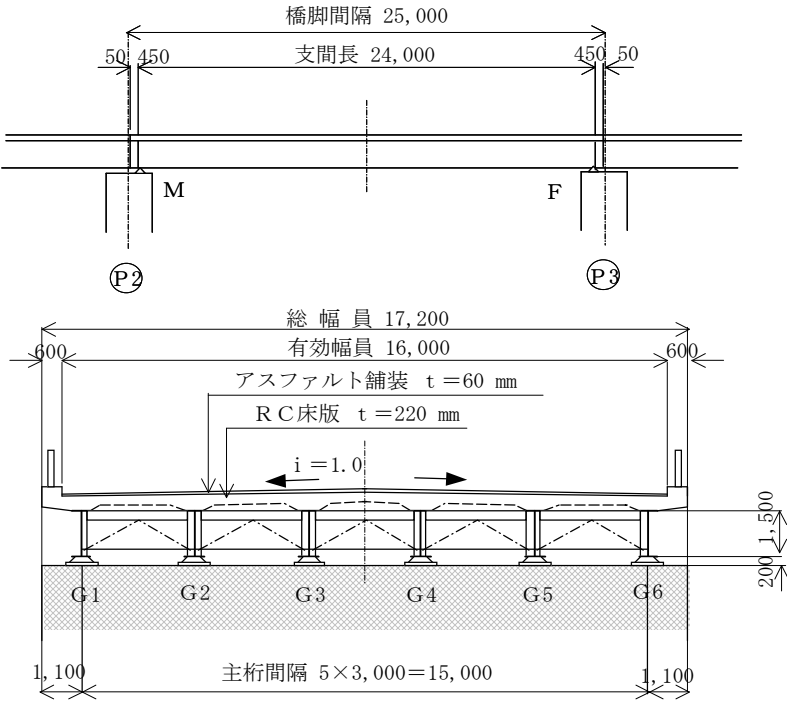
写 真	計測前推定値
<p>記事 主桁支点が径間部に移動し、ソールプレートの突起と支承ストッパーが接し、ピンチプレートと支点上補剛材が競っていてピンチプレートが回転している。もしくは、支点上補剛材が曲げられている。</p> <p>コメント 桁が収縮する寒い季節ではあるが、設計移動量+余裕代を越えた移動は、異常である。橋脚の倒れに起因するものと考えられるが、何らかの対策を講じなければならない。</p>	

・ 支承の状況



(2) 構造解析

支承部の補強設計が不可避な状態であるので、当該橋りょうの講師解析を実施して支点反力を求める。



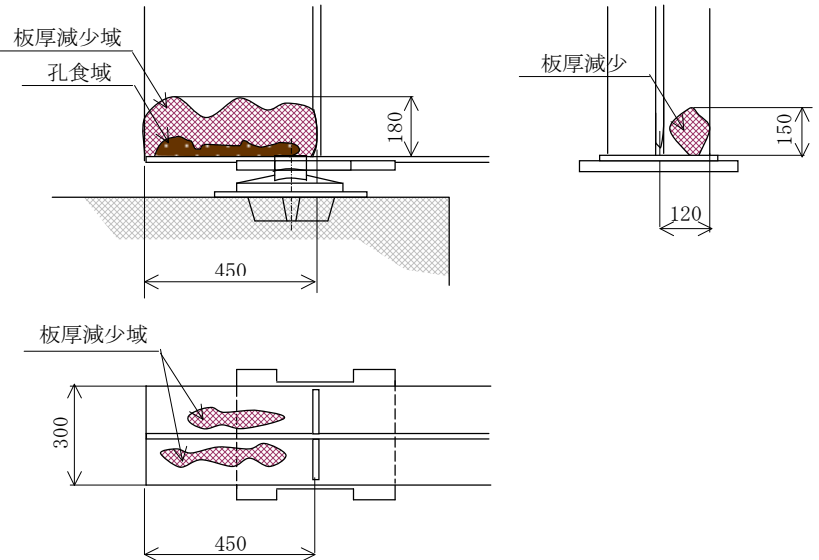
設計条件ならびに上記寸法形状を以て構造解析する。  
解析結果は別冊とするが、同結果 § 4 より、補強設計に用いる支点反力を下表に抽出する。

		死荷重	活荷重	死+活荷重	備考
G1	Rmax	377.03	394.93	771.97	
	Rmin	377.03	-29.71	347.32	
	Ru			317.62	> 0 — OK
(G6)	Rmax	355.07	452.04	807.11	
	Rmin	355.07	-10.73	344.34	
	Ru			333.60	> 0 — OK
G2	Rmax	374.55	462.17	836.72	
	Rmin	374.55	-3.94	370.61	
	Ru			366.68	> 0 — OK
(G4)	Rmax				
	Rmin				
	Ru				

※ 表中のRu は、 $2R(\theta+i)+Rd$  を示す。

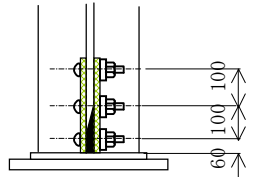
(3) 主桁の補強

主桁腹板の孔食部の間詰め補修はもとより板厚の減少分も補う補修案を以下に掲げる。

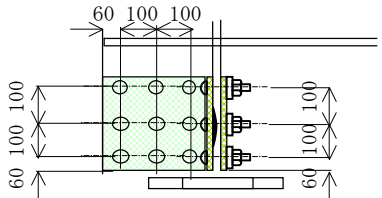


補強 3 案の選定

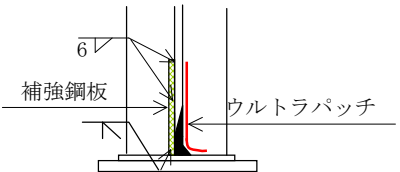
- ① A 案 (鋼板による腹板挟み込み案)  
腹板の断面欠損部に金属パティを充填し、これを2枚の鋼板で挟み込み、貫通ボルトで締め付けるもの。なおこの鋼板と下フランジは密着させて、孔食による支圧耐力の不足分を補うものとする。



- ② B 案 (鋼板による腹板・補剛材挟み込み案)  
A案の腹板補強に加えて、補剛材についても鋼板挟み込みによる補強を行う。



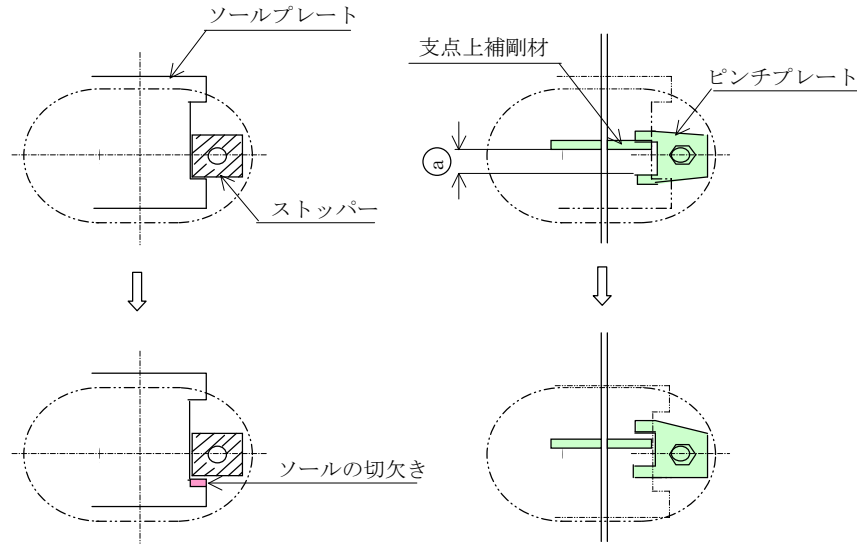
- ③ C 案 (ウルトラパッチ案)  
腹板孔食部裏側に鋼板を溶接して、孔食部に充填剤を施し、この表面をウルトラパッチで保護する。



(4) 支承の機能改善

桁の過大变位によって機能障害が発生している支承の改善策を以下に示す。

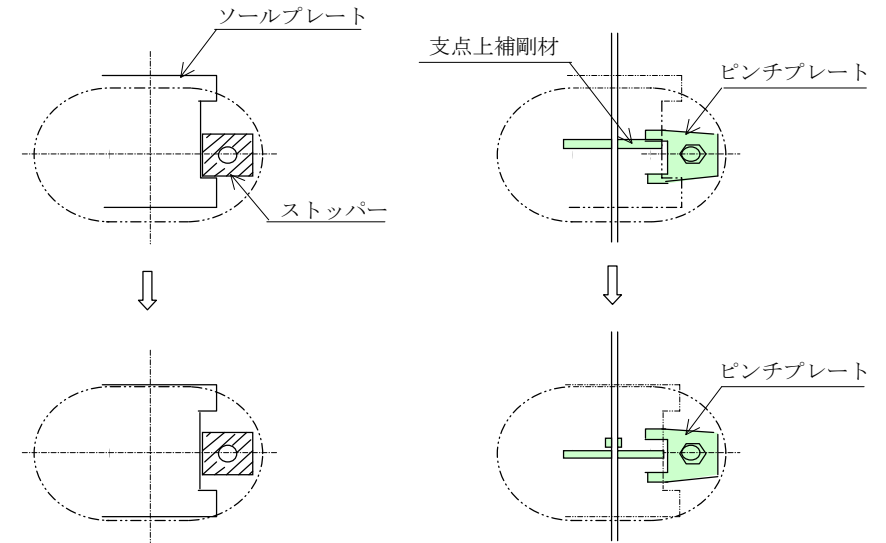
① A 案 (ソール・ピンチプレートの改造案)



現状において上段図のような状態にあるソールプレートならびにピンチプレートを下段図のごとく改造して桁の移動を可能にする。

- ・ ソールプレートの改造  
現状のソールプレートの片当りしている所の突起を最低限の移動ができるように溶断する。
- ・ ピンチプレートの改造  
現状において垂直補剛材と競っているピンチプレートの形状を変えて、桁の移動を拘束しないようにする。

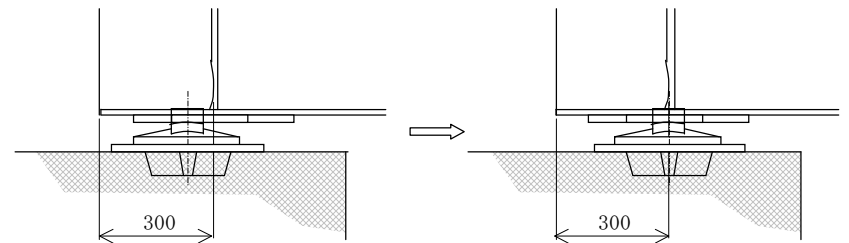
② B 案 (ソール・スティフプレートの改造案)



現状において上段図のような状態にあるソールプレートならびにスティフプレートを下段図のごとく改造して桁の移動を可能にする。

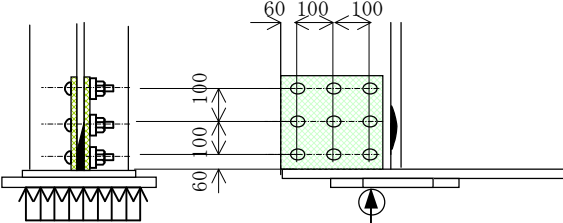
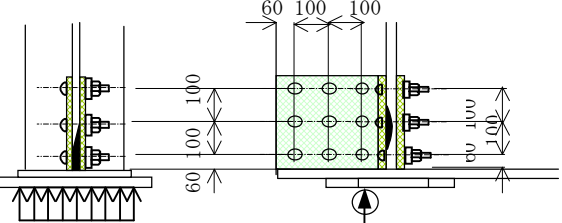
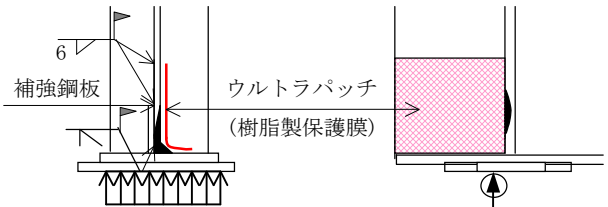
- ・ ソールプレートの改造 (前案と同じ)  
現状のソールプレートを撤去して、新たなものを正規の位置に取り付ける。
- ・ スティフプレートの改造  
現状においてピンチプレートと競って変形を来たしている支点上補剛材を溶断し、ピンチプレートと干渉しない位置に付け直す。

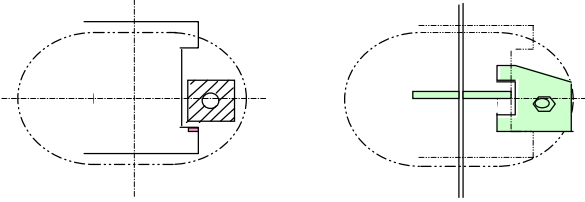
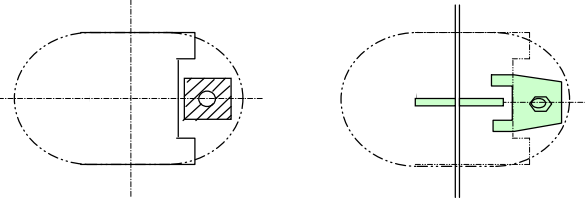
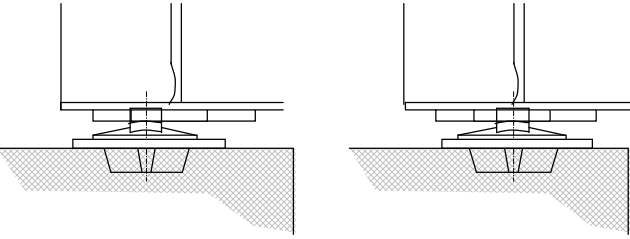
③ C 案 (支承の移設案)



(5) 3案の構造比較

① 腹板の孔食対策

	A 案 (鋼板による腹板挟み込み案)	B 案 (鋼板による腹板・補剛材挟み込み案)	C 案 (ウルトラパッチ案)
構造特性	 <p>腹板の断面欠損部に金属パティを充填し、これを2枚の鋼板で挟み込み、貫通ボルトで締め付ける。 なおこの鋼板と下フランジは密着させて、孔食による支圧耐力の不足分を補うものとする。</p> <p>垂直補剛材の断面減少を直接補うことはできないが、腹板部の支圧・圧縮力に対する面積が倍加されているので、実強度としては十分なものが確保できる。</p>	 <p>A案の腹板補強に加えて、補剛材についても鋼板挟み込みによる補強を行う。</p> <p>垂直補剛材の機能を復活させることができるが、支承ピンチプレートとの干渉回避が一層難しくなる。</p>	 <p>腹板孔食部裏側に鋼板を溶接して孔食部に弾性充填剤を施しこの表面をウルトラパッチ膜で保護する。</p> <p>現橋腹板に見合う補強板を配置することで、支圧・圧縮強度を確保することができるが、振動ならびに偏載荷重に対する充填剤の変形性能の劣化が避けられない。</p>
施工性	既設桁腹板への削孔を伴うが、充填剤の施工、ボルト締め付けなど、単純な作業のみである。 ○	左案と同様な作業となるが、補剛材の湾曲を矯正するために、支点の仮受け・支承の改造が必須の条件となる。 △	現場溶接を伴うが、作業は比較的容易である。充填剤の挿入・パッチの貼り付けも容易である。 ◎
耐久性	鋼板添接によって十分な耐力を確保できている。また同部位に防錆処置を施すことによって、長期的な耐力を保障できる。 ◎	同 左 ◎	補強された鋼板のみにて、十分な耐力を有するものであるが、弾性シール材の劣化が避けられない。 ○
経済性	削孔・添接の単純な作業に限られるので、所要工期も短く経済的である。 ◎	現場での作業量が左案の倍となり、内容的にも難しく不経済なものとなる。 ○	現場溶接を伴うが、その後は比較的容易な作業で済み経済的である。 ◎
景観性	通常用いないところにボルトが配置されているが目につく所でもないので問題ない。 ○	同 左 ○	補修箇所は目立たないものとなる。 ◎
総合評価	経済的にして、十分な機能復旧が期待できる。 ◎	主桁単独の補修に収まらず、支承の補修を伴い不経済なものとなる。 ○	経済的な手法であるが、耐久性に問題が残る。 △

	A 案 (ソール・ピンチプレートの改造案)	B 案 (ソール・スティフプレートの改造案)	C 案 (支承移設案)
構造特性	 <p>ソールプレートならびにピンチプレートを改造して桁の移動を可能にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ソールプレートの改造 現状、片当りしている部分を溶断して、温度変化ならびに活荷重たわみによってソールとストッパーが干渉しないようにする。</li> <li>ピンチプレートの改造 現状において垂直補剛材と競っているピンチプレートの形状を変えて、桁の移動を拘束しないようにする。</li> </ul>	 <p>ソールプレートならびにスティフプレートを改造して桁の移動を可能にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ソールプレートの改造 現状のソールプレートを撤去して、新たなものを正規の位置に取り付ける。</li> <li>スティフプレートの改造 現状においてピンチプレートと競っている垂直補剛材を溶断して干渉しない位置に取り付ける。</li> </ul>	 <p>現状において支点上補剛材からずれた位置にある支承を、垂直補剛材直下に据え変える。</p>
施工性	ソールプレートの溶断ならびにピンチプレートの取替えは至って容易である。 ◎	ソールプレートの撤去・復旧には桁の仮受を伴い、かなりの難作業となる。また対傾構と一体となった補剛材の移動には隣接桁との調整も不可避である。 ○	支承の移設となると、橋台沓座コンクリートを大きくはつり、支承設置後に打設する大仕事となる。 △
耐久性	各部位の原状の機能復旧が適う。支承と支点の芯ズレは解消できていないが、耐久的には許容できる範囲である。 ○	ソールプレート・垂直補剛材を付け替えることで、支承位置と桁支点を完全に一致させることができる。 ◎	支承の耐久性については解消されるが、支承縁端距離確保のための検討が欠かせない。 △
経済性	他案に比べて作業量が少なく経済的である。 ◎	左案に比べて工種が多く、作業工程も長くなり、数倍の経費を要する。 ○	主げたの仮支持、沓座コンクリートの打替えに伴い膨大な費用が発生する。 △
その他	支点構造の芯ずれならびにソール切欠き後の耐力の裏付け計算を行う必要がある。 ○	桁を仮支えするためのジャッキ設置スペースを確保することが難問となる。 ○	すべての対策案に共通することであるが、補修の対象が一点にとどまらない可能性が大である。 ○
総合評価	最低限の機能回復が図れる中で、最も経済的である。 ◎	施工難度が高く不経済である。 ○	施工量が大きく、施工難度も高いため、きわめて不経済である。 △



## 鉄道小橋梁の「点検」ならびに「架替のための設計」

鉄道では、支間長：1.5mであっても橋梁と言う。

下図のような小支間橋りょうの架替など、いとちやしく思ふ節があるがさにあらず。

当該業務は下図に示す所の鋼桁の架替えであるが、現橋台・沓座の健全度を確認するとともに、新設橋梁の沓座位置を選定しなければならない。また時として沓座の補強が必要なこともある。そのためには現況を調査・実測する必要があるが、同作業を効率よく精度よく進めるためには入念な前準備が欠かせない。

調査前に手持ち資料を分析し、適切な作業手順を構築し、計測器具を準備することは作業効率を高めるばかりでなく安全確保の面でも大事なことである。

また、新設橋の設計に際しては、現軌道線形あるいは修正線形に合うべく、レールレベルから沓座までの高さを正確に施工するための構造を選定する必要がある。

マクラギならびにマクラギ受けの形状・配置、既設橋台へのアンカー方法についても悩む所であるが、特に曲線区間における「カント」の設置については幾つもの手法があることから、施工性・耐久性を考慮した構造を幾つか示し、監督員の承認を得る必要がある。

このような過程を経て、「現況一般図」「計画一般図」を確定させて、詳細設計に入る訳だが、小さくても橋は橋。性能照査型の設計を取り入れる必要がある。

また、鋼桁ゆえに防錆対策についても入念な検討が求められることになる。



図-1 T橋りょう

線路等級	: 4級線
交差物件	: 水路
添加物	: 電力線
構造物形式	: 単線開床式 単純上路プレートガーダー
桁長	: 1.830 m
支間長	: 1.670 m
線路線形	: 曲線: R = 400 m
列車荷重	: EA-17
最高速度	: V = 110 km/h
設計通過トン数	: 500 万 t/年
耐用年数	: 100 年
設計方法	: 性能照査型設計

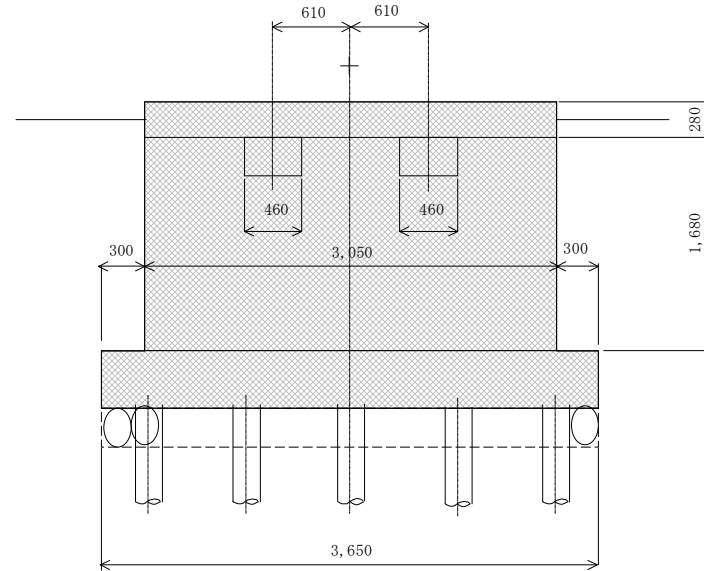
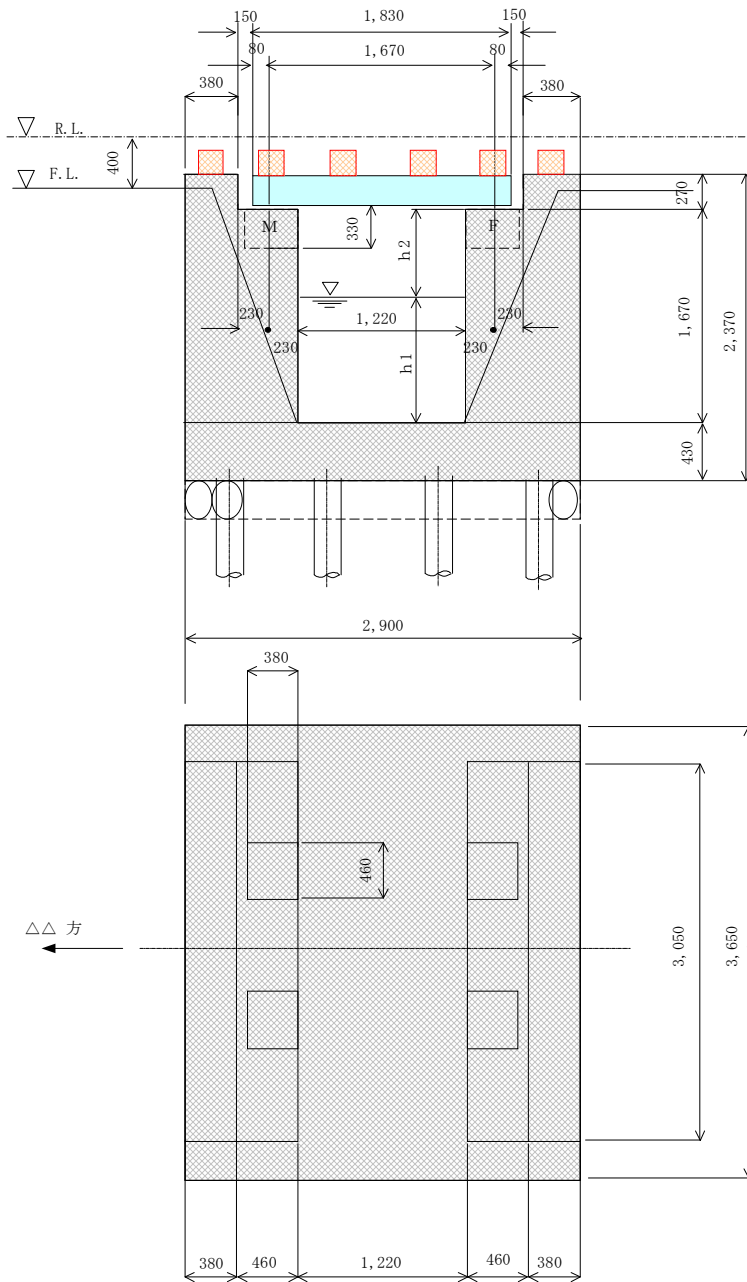


図-2 M橋りょう

線路等級	: 4級線
交差物件	: 水路
添加物	: 電力線
構造物形式	: 単線開床式 単純上路プレートガーダー
桁長	: 1.680 m
支間長	: 1.440 m
線路線形	: 直線
列車荷重	: EA-17
最高速度	: V = 110 km/h
設計通過トン数	: 500 万 t/年
耐用年数	: 100 年
設計方法	: 性能照査型設計

全体形状図

T橋りょう：1/2



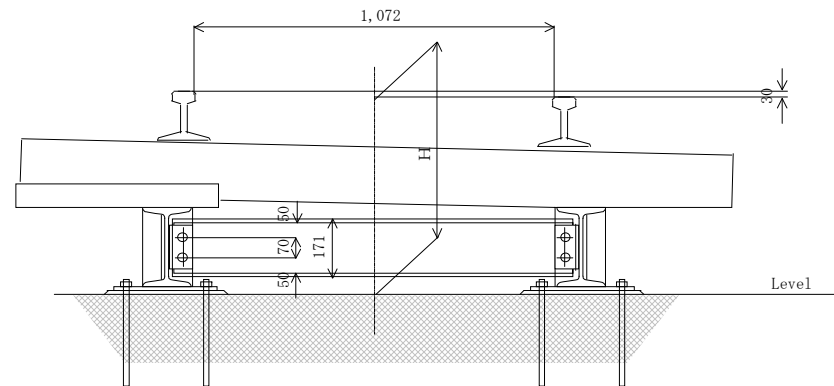
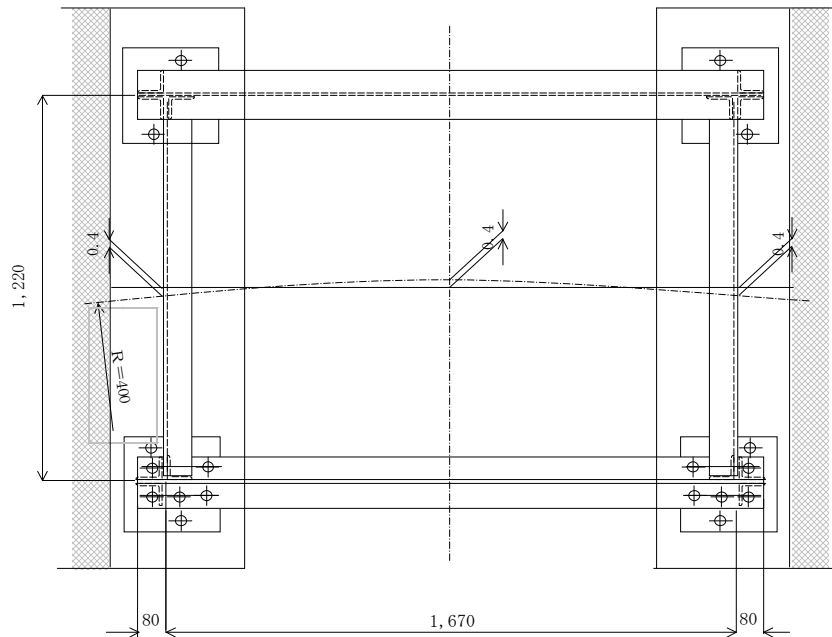
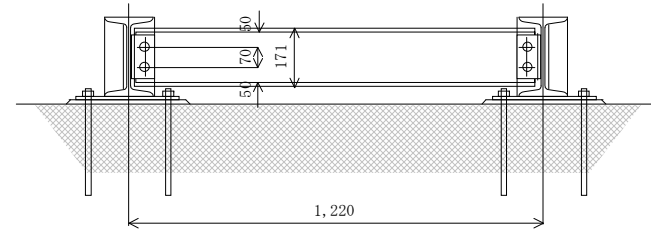
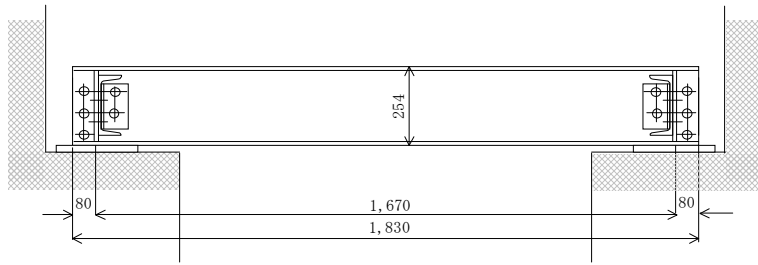
設計条件

- 線区名 : ◇線 △△町・□□町間
- 線路等級 : 4 級線
- 交差物件 : 水路
- 構造物形式 : 単線開床式 単純上路プレートガーダー
- 桁長 : 1.830 m
- 支間長 : 1.670 m
- 線路線形 : 曲線: R = 400 m
- 斜角 : 90°
- 線路勾配 : -2.0 ‰ (終点側に向かって下り勾配)
- 列車荷重 : EA-17
- 最高速度 : V = 110 km/h
- 設計通過トン数 : 500 万 t / 年
- 耐用年数 : 100 年
- 軌道線数 : 単線
- まくら木 : 木マクラギ : BHL = 200 × 200 × 2100
- 支承形式 : 鋼製プレートシュー



構造寸法図

T橋りょう：2/2



R.L. から橋座面

	始点側	終点側
レール (50N)	153	153
タイププレート	23	23
マクラギ	200	200
マクラギ受	0	0
主桁高さ	254	254
ソールプレート	28	28
ベッドプレート	22	22
調整モルタル厚	10	13
	690 mm	693 mm

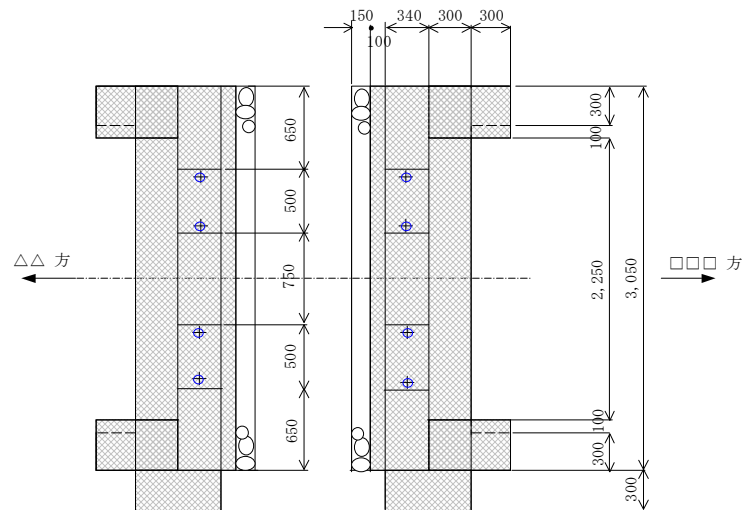
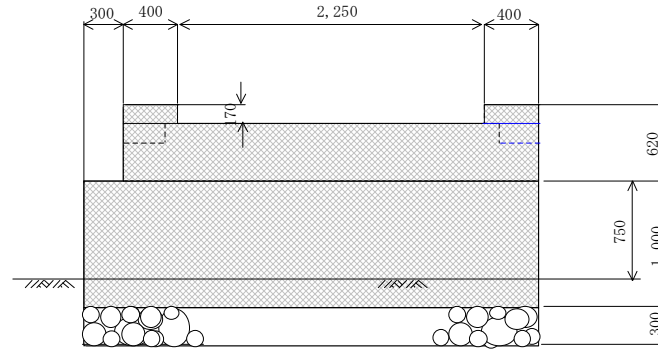
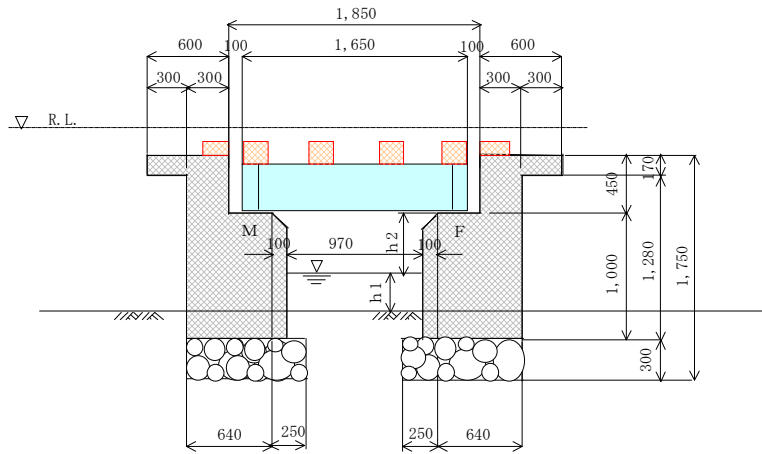
※ マクラギ形状 BHL = 200 × 162 × 2,100

※ カント C = 30 mm

※ スラック S = 5 mm

全体形状図

M橋りょう：1/2

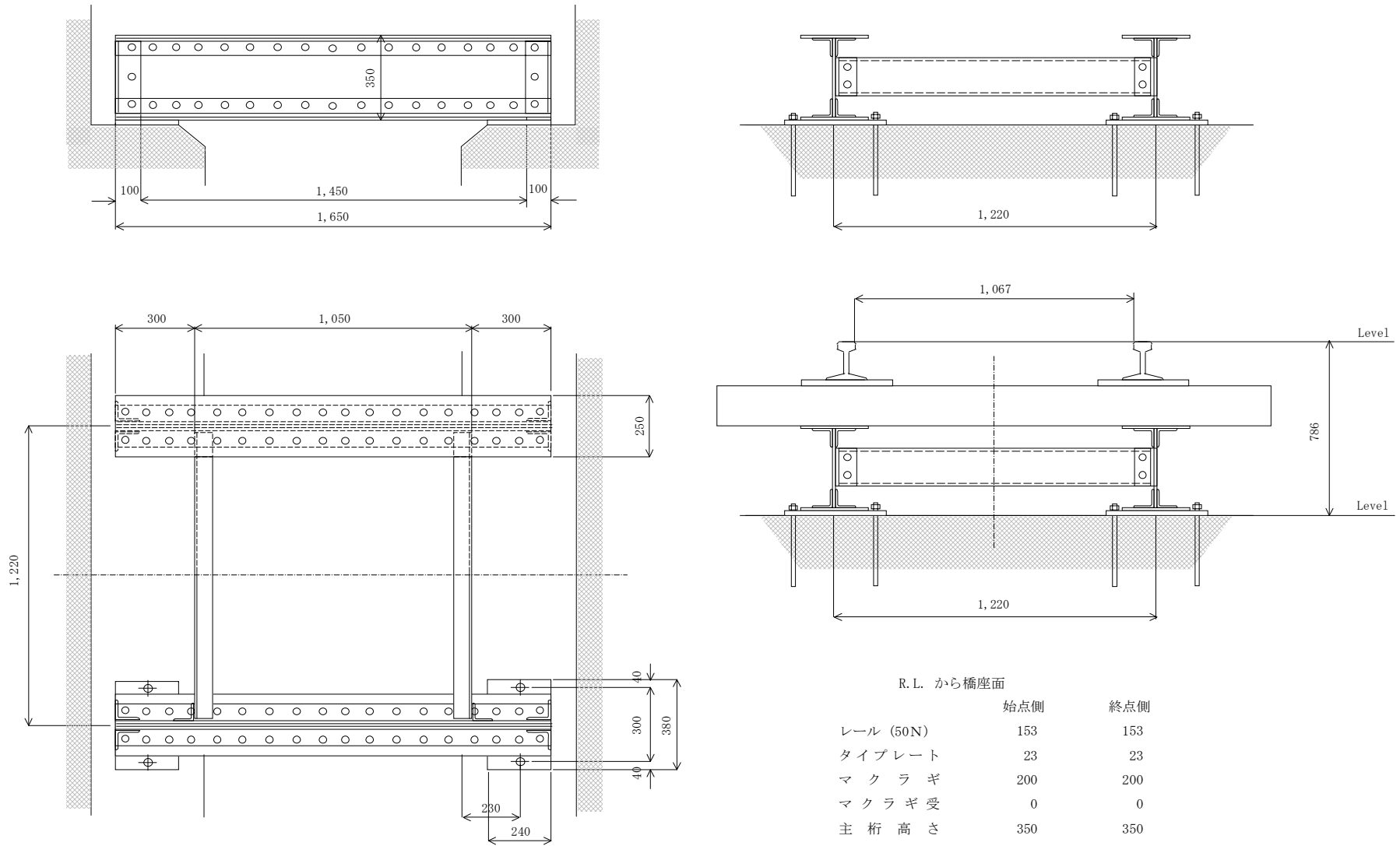


設計条件

- 線区名 : ○線 △△町・□□町間
- 線路等級 : 4級線
- 交差物件 : 水路
- 構造物形式 : 単線開床式 単純上路プレートガーダー
- 桁長 : 1.680 m
- 支間長 : 1.440 m
- 線路線形 : 直線
- 斜角 : 90°
- 線路勾配 : -2.0‰ (終点側に向かって下り勾配)
- 列車荷重 : EA-17
- 最高速度 : V = 110 km/h
- 設計通過トン数 : 500万t/年
- 耐用年数 : 100年
- 軌道線数 : 単線
- まくら木 : 木マクラギ : BHL=200×200×2100
- 支承形式 : 鋼製プレートシュー

構造寸法図

M橋りょう：2/2



- ※ マクラギ形状 BHL = 200 × 200 × 2,100
- ※ カント C = 0 mm
- ※ スラック S = 0 mm

R. L. から橋座面

	始点側	終点側
レール (50N)	153	153
タイプレート	23	23
マクラギ	200	200
マクラギ受	0	0
主桁高さ	350	350
ソールプレート	28	28
ベッドプレート	22	22
調整モルタル厚	10	10
	786 mm	786 mm