

# 変状原因はいろいろな視点から推定しよう！

## ～橋台の変位抑制対策～

不二総合コンサルタント株式会社 設計部 内山久仁晃

### 1. はじめに

我が国の橋梁は、昭和 40 年度からの高度成長期以降にかけて数多く建設されており、急速な高齢化が生じている。限りある時間や予算の中で維持管理をしていくために、5年に1度の定期点検により道路橋の状態を把握し、補修が必要と判断された橋梁に対して補修設計が行われている。

構造物の長寿命化対策を効果的に実施するためには、最適な補修工法の選定が不可欠であり、補修が必要と判断された変状の原因を架橋位置の地形や利用状況等様々な視点から検証、推定することが重要である。

### 2. 設計概要

対象橋梁である焙烙沢橋<sup>ほうろくさわはし</sup>が架橋している(一)渋川都田停車場線は、引佐湖の湖畔の山岳地帯に位置しており、多くの橋梁が架橋されている。浜松市が路線全体で補修設計を進めており、本業務も定期点検結果及び損傷調査結果を踏まえ補修設計を行う委託であった。

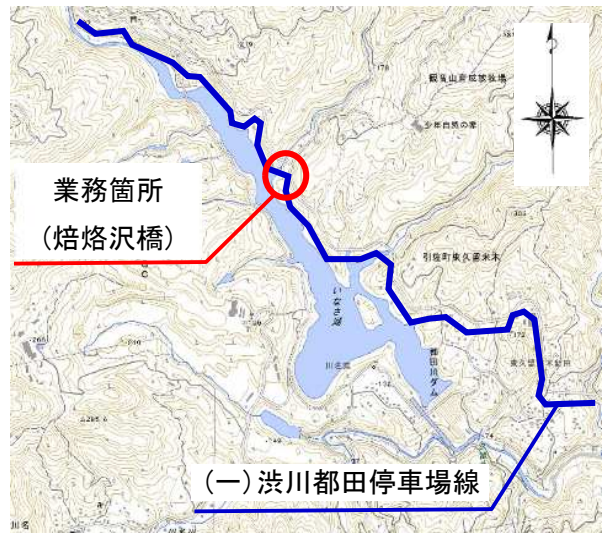


図 2-1 位置図

表2-1 橋梁諸元

	諸元
竣工年度	昭和48年(1973年)
橋長	L=66m(23m+43m)
橋種	鋼単純鈹桁橋
支承条件	A1橋台：Mov(可動支承)・P1橋脚Fix+Fix(固定支承)・A2橋台Mov(可動支承)
基礎形式	A1橋台：単列深礎杭・P1橋脚：直接基礎 A2橋台：単列深礎杭(φ2000)

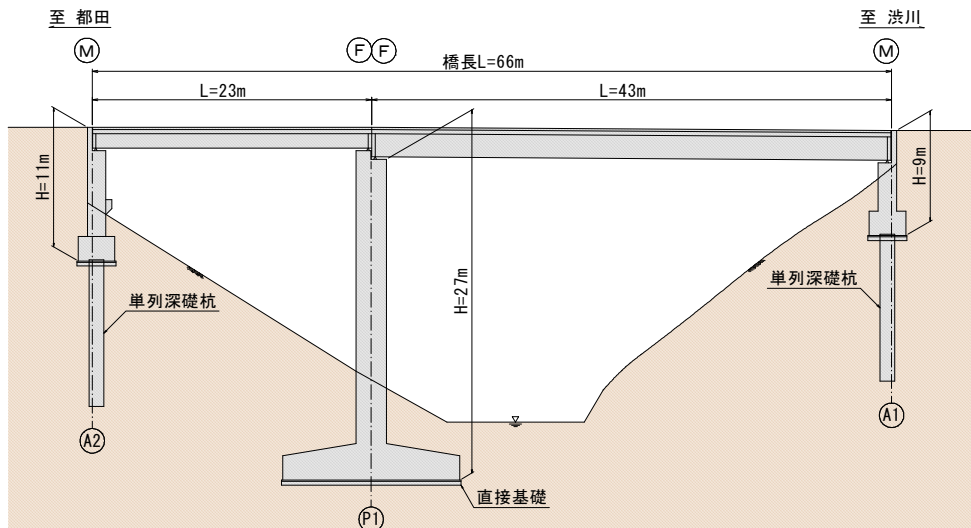


図 2-2 橋梁一般図

### 3. 変状原因の推定

#### 3-1. 変状の種類と状況

定期点検結果及び損傷調査結果より、早期対策が必要と判断した変状は、「①主桁の遊間異常、②支承の変形(本体の傾斜及び上査ストッパーの変形)、③伸縮装置の遊間異常」の3種類である。

3種類の変状すべてが、経年劣化等の橋梁の高齢化によるものとは考えにくく、何らかの外力が生じた！？生じている！？ことによるものと考えられる。



写真 3-1 主桁の遊間異常



写真 3-2 支承の変形



写真 3-3 伸縮装置の遊間異常

#### 3-2. 外力の発生時期

外力が生じた時期は、以下の理由より下部工施工後から上部工施工の間と考えられる。

➤ 写真 3-4 に示すように主桁上フランジと伸縮装置の取付け部分において、本来設置すべきボルトが設置されていない。

➤ 写真 3-5 に示すように橋台パラペットの一部を切り込んで伸縮装置が設置されている。

上記の状況から下部工間の距離が短くなっていることが確認できたことから、橋台が橋脚側に変位していることが考えられる。

さらに、写真 3-6 に示すように補修の時期は不明であるが、橋座部の断面修復後にせん断ひびわれが生じていることから、補修後も継続的に外力が作用していることが考えられる。



写真 3-4 P1 橋脚主桁上部



写真 3-5 A2 橋台遊間部



写真 3-6 P1 橋脚補修形跡

上記の事象により、橋台は建設当時から何らかの外力を受けて、現在も継続的に変状が進行していることが考えられる。

#### 3-3. 外力の推定

外力の原因は、「①地震によるもの、②地すべり等の地盤によるもの、③構造的な問題」が考えられるが、以下の理由により「③構造的な問題」が原因であると推定した。

##### ①地震によるもの

建設当時から 50 年程度経過していく中で、小規模地震(レベル 1)は生じているが、大規模地震(レベル 2)は発生していない。焙烙沢橋は震度法による耐震設計を行っていることから、地震による変位の影響は小さいと考えられるため原因から除外した。

## ②地すべり等の地盤によるもの

「地すべり等の地盤によるもの」を検証することを目的として、孔内傾斜計観測及びボーリング調査の追加調査を行った。孔内傾斜計観測は、2ヶ月程度と短期間ではあるが、誤差範囲の変位しか確認できなかったことから、「地すべり等の地盤によるもの」は原因から除外した。

## ③構造的な問題

焙烙沢橋の橋台基礎形式は単列深礎杭であり、現行基準では採用されない基礎形式である。単列の深礎杭からなる橋台は、地震や降雨等による基礎前面斜面の不安定化に伴う被災事例が確認されていることを受け、現行基準では4本以上の組杭構造を基本としている。橋台基礎構造が単列深礎杭であることや橋台前面の土砂が流出していることが原因で橋台が変位し、変状が生じたと推定した。

# 4. 補修方針と課題

## 4-1. 補修方針

### a) 主桁端部の改修による遊間確保

支承受替えや伸縮装置の取替えを行うことにより温度収縮等による移動が可能となっても、桁端部の遊間がないことが支障となるため、「支承の移動量、伸縮装置の伸縮量」以上を確保するために主桁端部の改修(切断)及び橋台の切欠きを行う。

端横桁がフルウェブ構造であったため、端横桁にマンホールを設置して主桁の改修(切断)を行う。

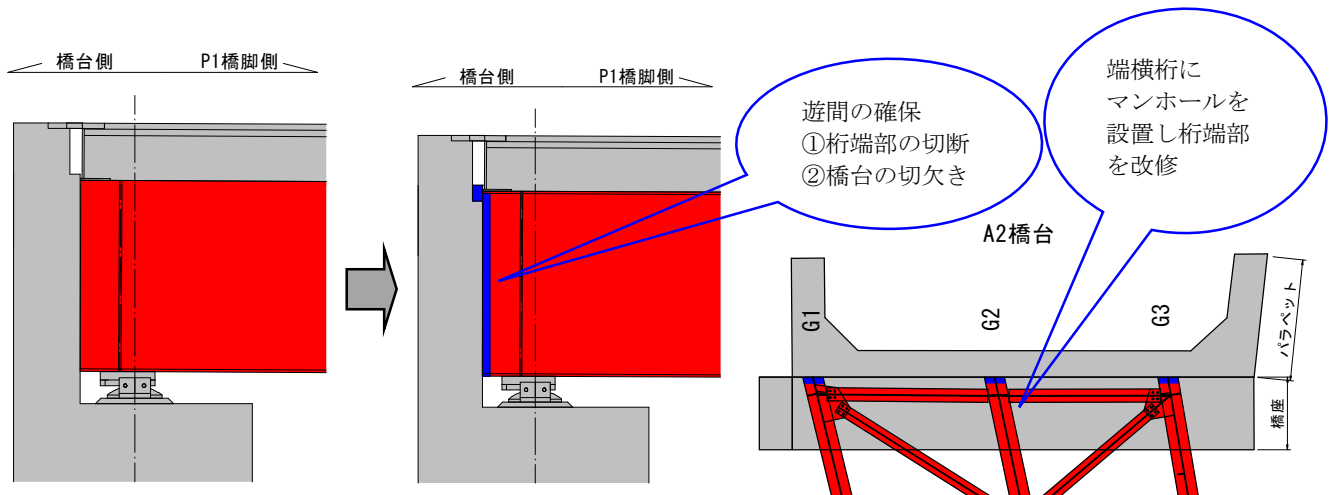


図 4-1 A2 橋台桁端部改修

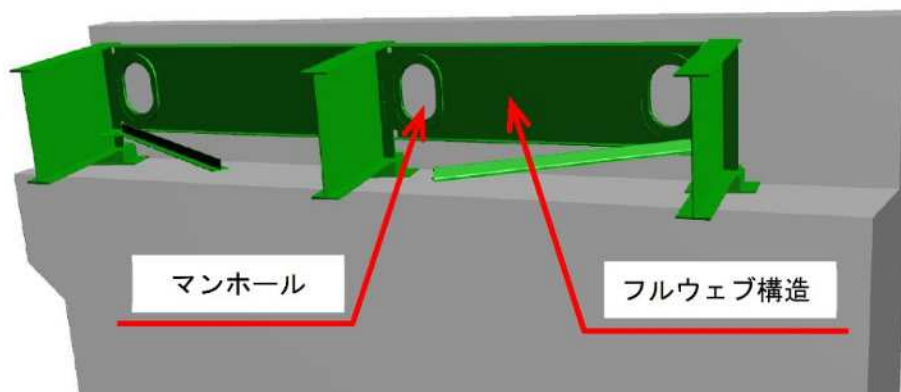


図 4-2 マンホール設置計画

## b) 支承取替え

外力が作用したことにより、上沓ストッパーの変形及び支承本体の浮上がりや傾斜が生じており、支承の機能を消失しているため、支承取替えを行う。

支承の配置は既設支承と同じ位置が望ましいが、新設支承の形状が既設支承よりも大きくなりパラペットと干渉するため、既設支承位置への設置は困難である。上部構造のガセットに干渉してしまうため、既設位置よりも橋台前面側にずらした位置とした。支承を橋台前面側にずらしたことにより支承縁端距離が不足したため、縁端拡幅を行う。

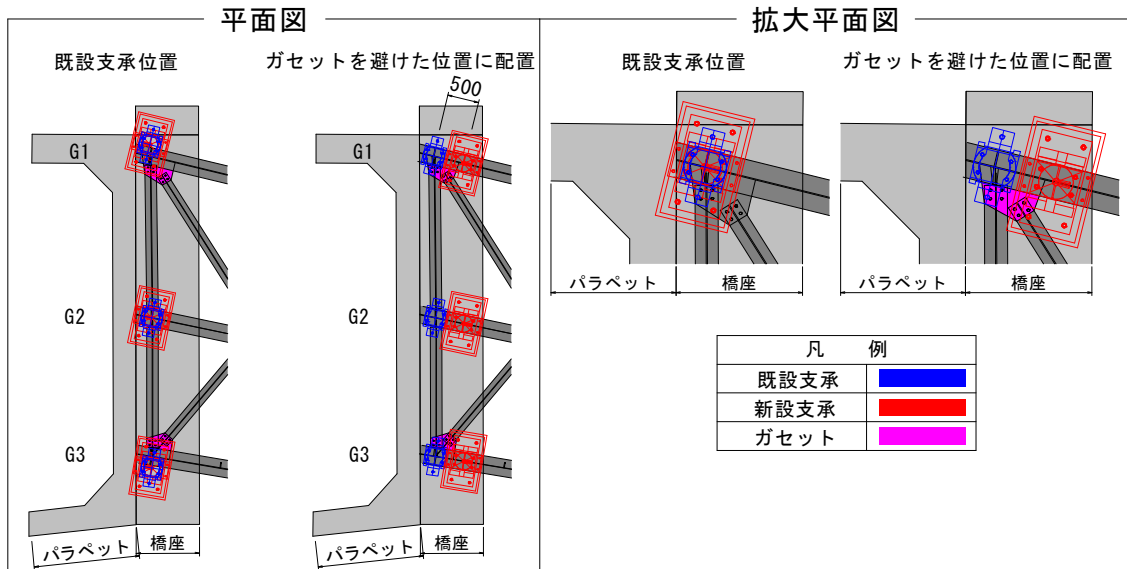


図 4-3 支承配置計画図

## c) 伸縮装置取替え

適切な遊間が確保できておらず、バックアップ材が欠損したことによる橋台や橋脚への漏水が見られることから伸縮装置の取替えを行う。



写真 4-1 伸縮装置遠景



写真 4-2 伸縮装置近景

a)～c)の補修を行うにあたり以下の問題点がある。

- 橋台の変位が継続的に生じている可能性があることから、移動の力が定常的に生じている懸念がある。
- ストッパーとなっている可能性のある変状(主桁の遊間異常、支承の変形、伸縮装置の遊間異常)を補修することにより遊間が確保されるため、橋台の変位が進行する懸念がある。

## 4-2. 課題

前項の問題点を解決するにあたり以下の課題がある。

- ①現在も定常的に生じていると考えられる作用力の推定
- ②施工時の安全担保を目的とした、橋台変位抑制対策の立案

## 5. 作用力の推定と橋台変位抑制対策

### 5-1. 作用力の推定

作用力の考え方の着目点として、以下の図に示す実際に生じている事象からどの程度の力が作用しているかを推定(手法①)し、橋台変形との関係からも妥当性の検証(手法②)を行った。

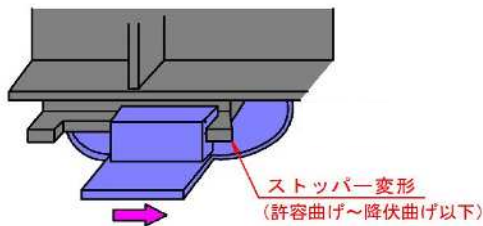


図 5-1 A2 橋台支承変状概略図

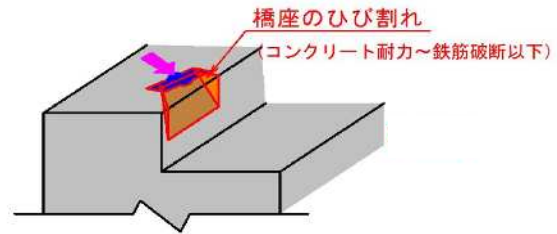


図 5-2 P1 橋脚橋座変状概略図

#### 【手法①】変状からの推定

A2 橋台及び P1 橋脚で生じている事象から変状を生じさせるための作用力の範囲を算出した。

表 5-1 損傷原因より推定される作用力

	変 状	変状から推定される作用力
A2 橋台 (Mov)	支承部のストッパーの変形あり 橋座部の変状(ひび割れ)なし	A2 ストッパーの鋼材の曲げ許容値～降伏未満 (360kN～590kN)
P1 橋脚 (Fix)	支承部のストッパーの変形なし 橋座部の変状(ひび割れ)あり	P1 橋座コンクリート耐力～鉄筋破断未満 (830kN～1200kN)

上記で生じた作用力(P1～P4)のつり合いから、 $P=1190\text{kN}\sim 1790\text{kN}$  の範囲内にあると推定した。

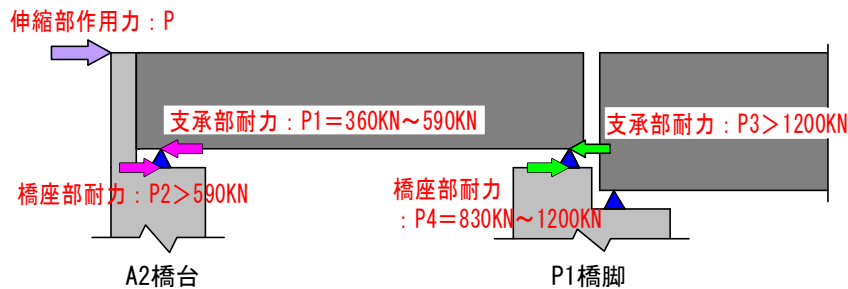


図 5-3 橋台変形により生じる力のつり合い関係

#### 【手法②】橋台変形の作用力を推定

A2 橋台の遊間は 0mm であるため、上部工の接触後に橋台が 20mm 橋脚側に変位したと推定した。この状態で骨組計算を行い、橋台が 20mm 変形する作用力を算出した結果、 $P=1350\text{kN}$  であった。

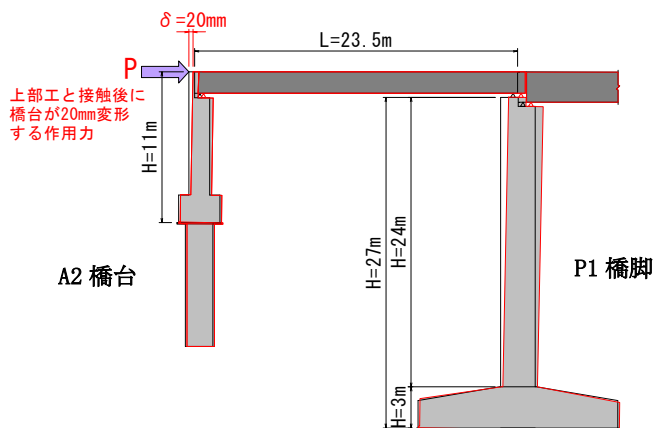


図 5-4 モデル図

表 5-2 力と変位の関係

	単位	結果
作用力	kN	1350
変位	mm	20

手法②で算出した作用力  $P=1350\text{kN}$  は、手法①より、 $P=1190\text{kN}\sim 1790\text{kN}$  の範囲内にあることから妥当であると判断した。

## 5-2. 橋台変位抑制対策

橋台の変位抑制対策として「既設橋梁の耐震設計事例集（財）海洋架橋・橋梁調査会」に示されている事例より、当現場で適用可能な2案を抽出して比較検討を行い、施工時に規制が不要であり、経済的に優れる「第1案 橋台アンカー定着による変位抑制工法」を採用した。

### 【第1案】：橋台アンカー定着による変位抑制工法

- 橋台前面方向への荷重に抵抗するために、橋台背面土にアンカーを打設する工法。
- 既設の構造物にアンカーを打設するため、橋台の鉄筋等の切断が生じる。

### 【第2案】：控え杭による変位抑制工法

- ウイング部に片側ずつ、控え杭を打設する工法
- 橋台背面での杭施工を行こなうため、片側交互の交通規制が必要となる。

表 5-3 橋台変位抑制対策比較表

	【1案】 橋台アンカー定着による変位抑制工法	【2案】 控え杭による変位抑制工法
概要図		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 工法概要 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンカー設置によるアンカー一体の定着力により前面への変形に対し抵抗させる案</li> <li>・ 施工の際、交通規制は不要である。</li> </ul> </li> <li>○ 補造諸元 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンカー規格…K5-3×3本(許容荷重118.9kN/本)</li> </ul> </li> <li>○ 概算工事費(経費込) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2,220,000円</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 工法概要 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ウイングの端部に控え杭を打設、一体化することで前面への変形に対し抵抗させる案</li> <li>・ 施工の際、片側交通の規制が必要となる。</li> </ul> </li> <li>○ 補造諸元 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 場所打ち杭φ1000、L=5.50m、n=4本</li> </ul> </li> <li>○ 概算工事費(経費込) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5,480,000円</li> </ul> </li> </ul>
評価	◎(採用)	△

## 6. おわりに

本業務は単に変状に対して補修を行うだけでなく、その変状について様々な視点から原因を明確にしたことで、安全性を担保した仮設計画を実現し、昨年度無事に工事を完了することができました。

橋梁の変状は、様々な劣化要因（架橋位置の環境、構造的特性、使用状況等）が複合的に関係しており、単一的な視点では変状の要因を正確に特定できない場合も多く、損傷の原因についてより多くの情報を収集し、推測・検証して対策を講じることが重要となります。

今後はさらに視野を広げて ICT や新工法等の新技术を積極的に活用していくことで、より精度の高い補修設計を実現していくことが求められます。