

## 俣野川橋の計測工とグラウンドアンカー

都田 稔\*1・山口 宗雄\*2・白石 紀之\*3・梶原 勇二\*4

### 1. ま え が き

俣野川橋は、中国横断自動車道岡山・米子線のうち、中国地方最高峰「大山」の南西にあたる鳥取県日野郡江府町に建設された橋長 164.5 m、幅員 20.4 m、アーチ支間 119.0 m の PC 補剛桁を有する逆ランガーアーチ橋である。また、図-1 の全体一般図に示すように、平面線形  $R=750$  m をもつ曲線橋である。

本橋は、平成元年 12 月に着工し、平成 4 年 11 月竣工した（写真-1）。

本橋の設計と施工の概要については、本誌“Vol. 34 No. 4”にすでに紹介しているので、今回は、施工に際して実施した計測工とグラウンドアンカーの設計と施工について報告する。

### 2. 施 工 要 領

本橋は、側径間を支保工にて施工した後、PC 補剛桁とアーチリブを一体施工可能な特殊ワーゲンに、仮設斜吊り材を併用して補剛桁、アーチリブ、鉛直材を施工し、順次張出し架設した。図-2 に施工要領を示す。

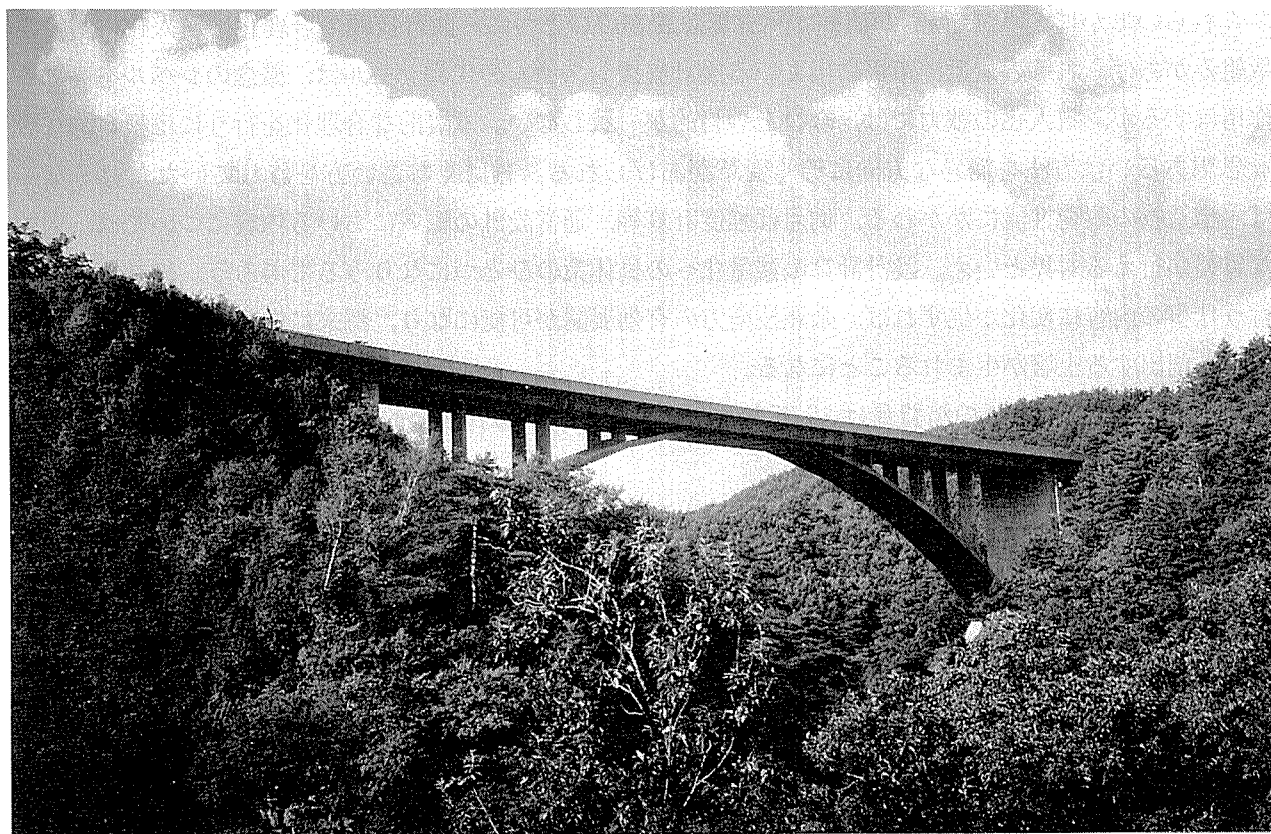


写真-1 完成写真

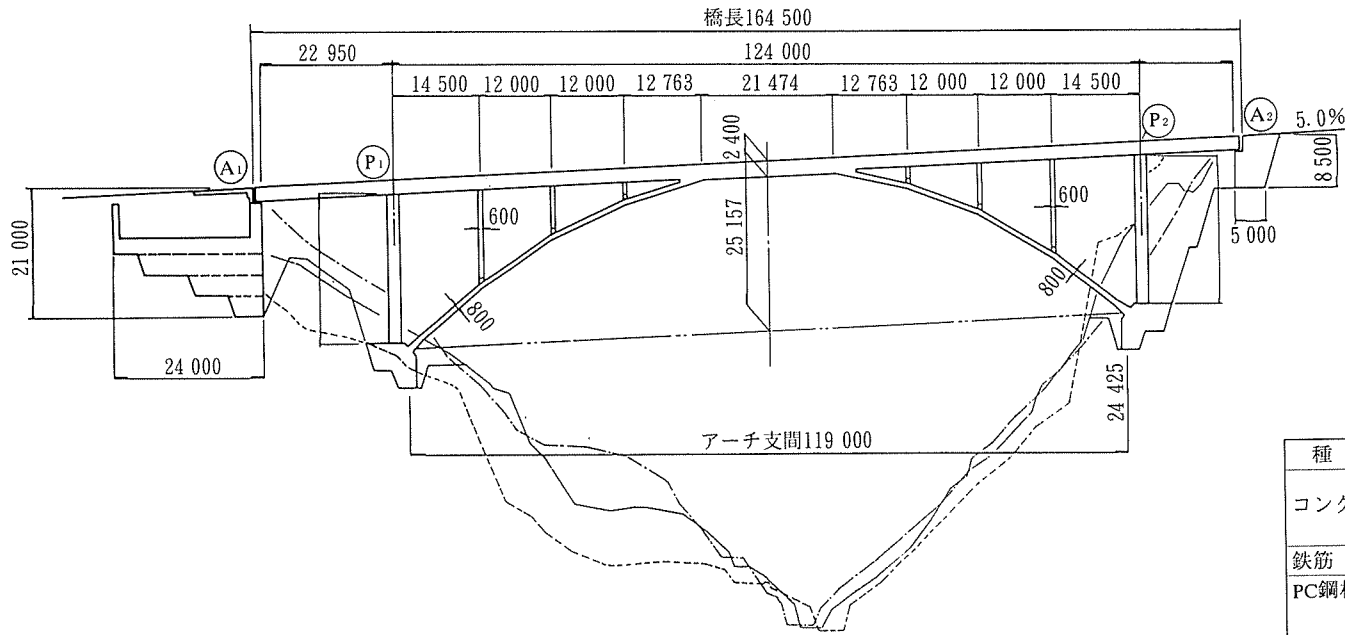
\*1 Minoru MIYAKODA：日本道路公団 広島建設局米子工事事務所 所長

\*2 Muneo YAMAGUCHI：日本道路公団 福岡建設局下関管理事務所（前：日本道路公団 広島建設局米子工事事務所江府工事区 工事長）

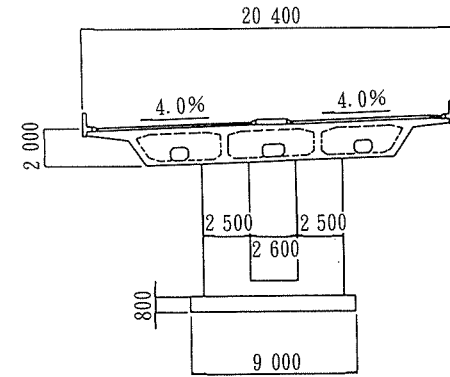
\*3 Noriyuki SHIRAISHI：ピーシー橋梁（株）本社技術部

\*4 Yuuji KAJIWARA：鉄建建設（株）エンジニアリング本部 PC 部

側面図



断面図



主要材料

種別	規格	概要
コンクリート	$\sigma_{ck} = 400 \text{ kgf/cm}^2$	橋体工
	$\sigma_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$	地覆・高欄・橋台
鉄筋	SD345	
PC鋼材	SBPR930/1 180 $\phi 32$	主鋼棒
	SBPR930/1 180 $\phi 32$	せん断鋼棒
	SBPR930/1 180 $\phi 32$	バックステイ鋼棒
	SBPR930/1 180 $\phi 32$	斜吊り鋼棒
	SBPR930/1 180 $\phi 26$	横桁せん断鋼棒
	SWPR7A 12 $\phi 12.4$	鉛直材鋼棒
	SWPR1 12 $\phi 7$	横桁横締め 床版横締め

平面図

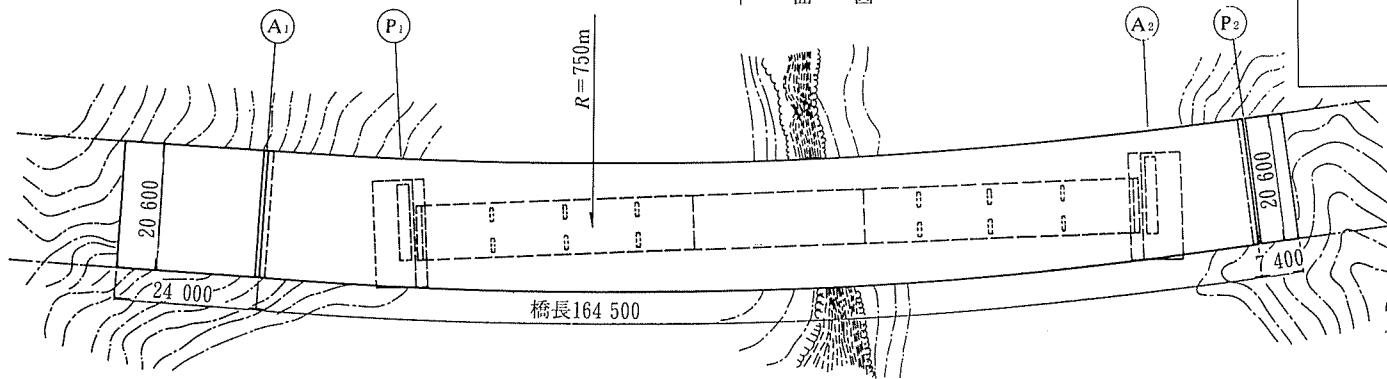
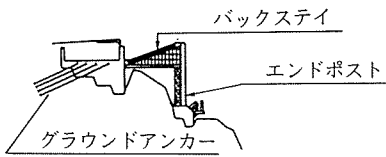


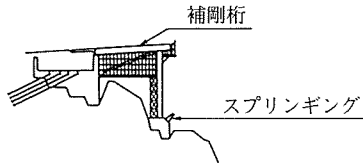
図-1 全体一般図

◇工事報告◇

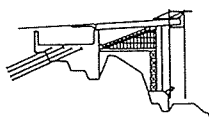
- ① グラウンドアンカー・エンドポスト施工→  
バックステイ・スプリング部施工



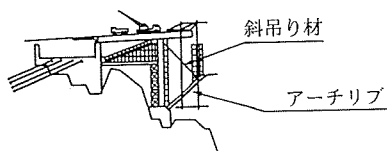
- ② 側径間・柱頭部施工→ワーゲン組立



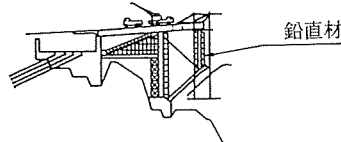
- ③ 1, 2ブロック (補剛桁) 施工



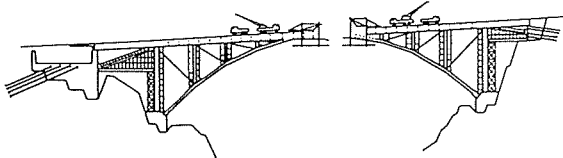
- ④ アーチリブ施工→斜吊り材セット→1次緊張→  
鉛直材施工→2次緊張



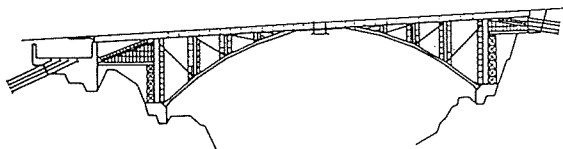
- ⑤ 3, 4ブロック (補剛桁) 施工→3次緊張  
以下③～⑤を繰り返し作業



- ⑥ 14ブロック (補剛桁) 施工→ワーゲン解体



- ⑦ 中央閉合



- ⑧ バックステイ・斜吊り材・グラウンドアンカー解放→  
橋面工施工→完成

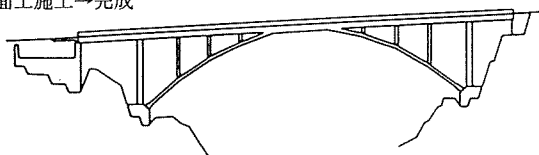


図-2 施工要領図

3. 計測工

3.1 計測概要および目的

本橋は、アーチ支間 119.0 m であり、トラス張出し工法で架設されたアーチ橋としては国内最大である。また、4車線一体の広幅員であり、補剛桁には円曲線の平面線形を有することから、施工中の安全性確認のために各種計測を実施した。また、地盤の状況把握のために変位測定を実施した。

計測項目は以下のとおりである。

〔上部工〕

- 1) バックステイ張力
- 2) 斜吊り材張力
- 3) コンクリート応力度

〔下部工〕

- 1) 橋台、アーチアバット変位量
- 2) グラウンドアンカー張力
- 3) 地盤変位量

3.2 管理基準値の設定

実際の施工では各種誤差要因により、設計値と実測値は必ずしも一致しない。計測管理を行うにあたり、これらの要因による変動を考慮した管理基準値の設定が必要である。

本橋の施工は、各施工ステップごとに荷重、構造系の変化を伴い、各種誤差が部材応力度に複雑に影響する。このため、誤差要因解析を行い管理基準値を設定し、かつ管理を簡略化するために管理項目の絞り込みを行った。

(1) 施工時誤差要因解析

施工時の誤差要因として以下の項目について誤差量を想定し、施工ステップを追って解析を行った。

- ・荷重強度誤差 (コンクリート重量, プレストレス)
- ・斜吊り材張力誤差
- ・断面剛性誤差 (形状寸法, コンクリート弾性係数)
- ・温度の影響 (温度変化, 温度差)
- ・支点沈下の影響

(2) 管理基準値の設定

1) 上部工

要因解析を行った結果、各種誤差要因に対して、斜吊り材、鉛直材、補剛桁の応力変動が大きくなっている。特に、斜吊り材の張力誤差が各部材応力度に与える影響は大きい。

また、補剛桁、鉛直材などの応力度の計測では、コンクリートひずみ計、有効応力計などを用いる。この計測データは各種の補正が必要となる。一方、斜吊り材の張力測定は、直接ロードセルによって測定できるためリアルタイムに管理できる。これより、計測管理は、斜吊り

材張力管理を主として行い、応力度の計測値は部材応力度の変動傾向の確認に使用した。

管理基準値は、要因解析結果に基づき、施工中および完成系以降も応力度上問題とならないように、以下の誤差要因の組合せによって決定した。

- ① 荷重を±5%変動させる。
- ② 斜吊り材張力を±5%変動させる。

2) 下部工

下部工変位の管理基準値は、下部工変位の上部工に与える影響、想定できる地盤バネ定数内での変位量を考慮して±10 mmと設定した。

3.3 各部材の計測と結果

各計測機器の配置を図-3に示す。計測は、測点が多く、施工期間が長期に及ぶため自動計測とした。測定回数は、温度の影響が少ない早朝4時の1回とし、荷重変動がある場合はその前後に行った。

(1) グラウンドアンカー

グラウンドアンカーは、施工時の橋台に作用する水平力を地盤に導くアンカーであり、バックステイとともに本橋においては重要な構造部材である。施工中の経時変化を測定するため、ロードセル(A<sub>1</sub>側 300 tf, A<sub>2</sub>側 200 tf)を配置した(写真-2)。

アンカーの機能が正常であること、またアンカー張力は鋼材のリラクゼーション、岩盤のクリープ変形等により減少するため合計量が作用荷重に対して安全であるこ

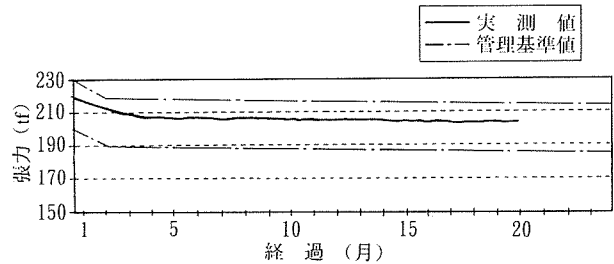


図-4 グラウンドアンカー張力の経時変化

とを確認するために、計測を行った。図-4に施工中のアンカー張力の経時変化を示す。張力導入後、数か月間は多少の減少が見られるものの、施工期間中の必要張力は確保できた。

(2) 橋台、アーチアバットの変位

施工中の荷重変化による橋台、アーチアバットの变位測定を行った。橋台は支持地盤が均一でなく、バックステイを介して作用する荷重が偏心するため、3次元的な変位の発生が予測された。このため、変位計、標準型傾斜計を用いて橋軸、橋軸直角および鉛直方向の変位を計測した。また、橋台、アーチアバットとも急峻な斜面上に位置しており、載荷荷重による斜面全体の変形が予測された。このため、各橋台、アーチアバットの近くにケーシングパイプを埋め込み、挿入型傾斜計により地盤変位を測定した。図-5にA<sub>1</sub>側の変位計、傾斜計の配置を示す。



写真-2 グラウンドアンカー設置状況

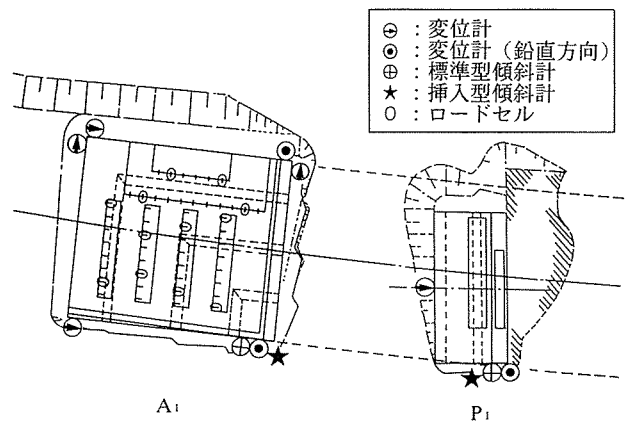


図-5 A<sub>1</sub>側の変位計・傾斜計の配置図

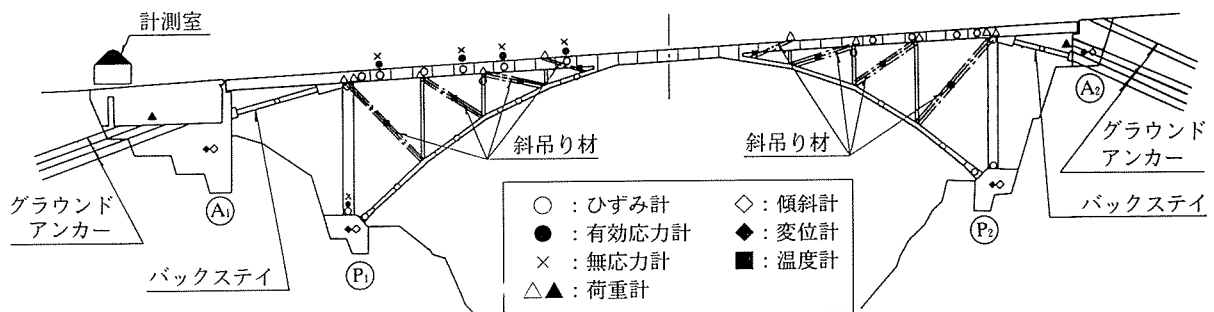


図-3 計測機器配置図

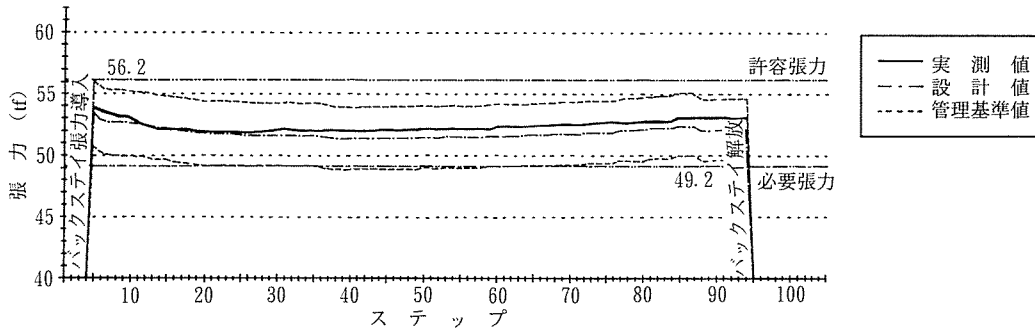


図-6 バックステイの張力変動

両計測結果とも、測定値の変動に異常はなく、管理基準値内で推移した。

(3) バックステイ

バックステイはプレキャストブロックをPC鋼棒で緊張したPC部材である。このため、ロードセルによりPC鋼材の張力、埋込み型ひずみ計によりコンクリートのひずみを計測した。図-6に各架設ステップごとの張力変動の計測値を示す。

PC鋼材張力は、クリープ・乾燥収縮により徐々に減少したが、計測結果の減少量は計算値より小さく、施工中の安全性は確保できた。

(4) 斜吊り材

斜吊り材の張力管理は本橋の施工においては、重要な管理項目の1つである。張力測定はPC鋼棒にロードセルを取り付けて行った。図-7に各斜吊り材のロードセル

の配置を示す。

斜吊り材の管理は以下の2つに大別される。

① 緊張時の張力管理

② 張力変動管理

1) 緊張時の張力管理

各斜吊り材の緊張は、各フレームのアーチリブ打設後(1次緊張)、鉛直材打設後(2次緊張)、フレーム完成後(3次緊張)の3回行った。

各斜吊り材は多くのPC鋼棒(最大48本:第3斜吊り材)で構成されており、PC鋼棒全数で必要な張力を確保でき、かつ構造物に付加曲げモーメントを発生させないような均等な緊張力の導入が必要であった。

1次、2次緊張は、緊張力に対して部材の変形量が大きいため、高さ管理を主に緊張した。また2次緊張は、1次緊張の張力の測定結果をもとに、各々の斜吊り材の緊張力を設定し、張力の均等化を図った。

2次緊張終了後の斜吊り材張力は、ほぼ計算値どおりであった。

3次緊張はフレーム完成後に行い、この時に導入する緊張力によって、補剛桁の曲げモーメントが低減される。このため、緊張力は直前までの張力計測値に必要な緊張力(3次分)を加えた値とした。

3次緊張は、導入緊張力が大きく、弾性変形による引張力の減少が大きくなるため、緊張作業は2~3回に分けて行った。作業中の計測データは、減少量を考慮した計測値とほぼ一致した。

2) 張力変動管理

図-8に各架設ステップごとの張力変動の計測値を示す。

計測値と設計値はよく一致しており、各施工ステップでの誤差は管理基準値内であった。

斜吊り材解放時にも、張力変動を計測管理しながら行った。

(5) コンクリート応力管理

コンクリート応力度を測定するため、ひずみ計、有効応力計、無応力計を主要断面に配置した。計測結果を図-9に示すが、計測値と設計値に大きな誤差はなく、ほ

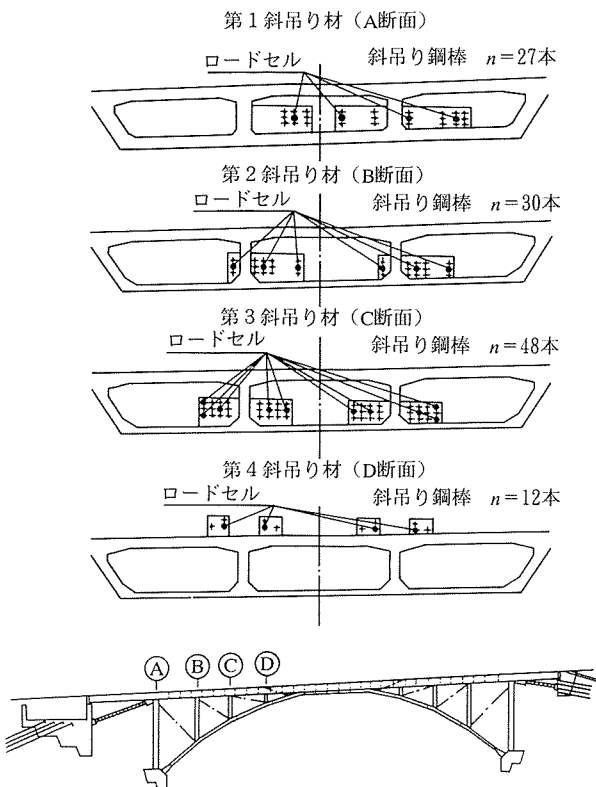


図-7 斜吊り材のロードセル配置図

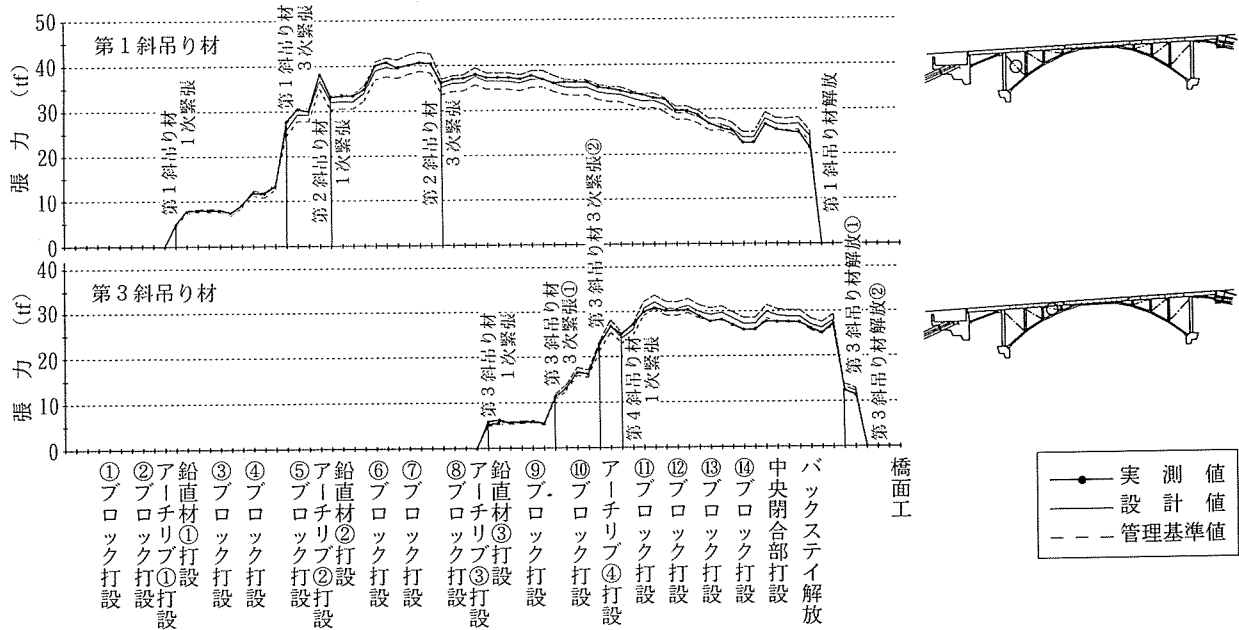


図-8 斜吊り材張力変動 (平均値)

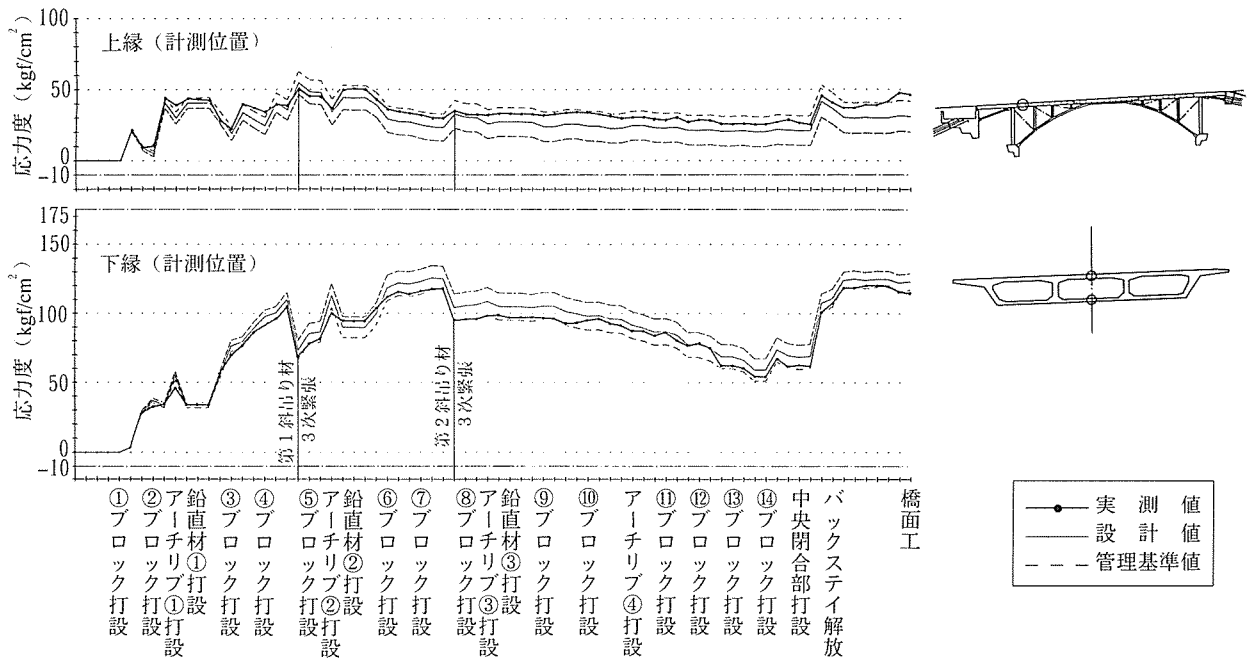


図-9 補剛桁コンクリート応力変動

は管理基準値内で変動した。

### 3.4 上げ越し管理

本橋は各構成部材の剛性は小さいが、構造系全体としては大きな剛性を持っている。さらに、施工時は斜吊り材によってトラス構造を形成するため、補剛桁の上げ越し量は、通常の桁構造の張出し架設工法等に比べて少ない(最大 90 mm)。

測定結果を見ると、補剛桁の変位は、ほぼ計算値どおりであり、図-10 に完成直後の測定結果を示す。

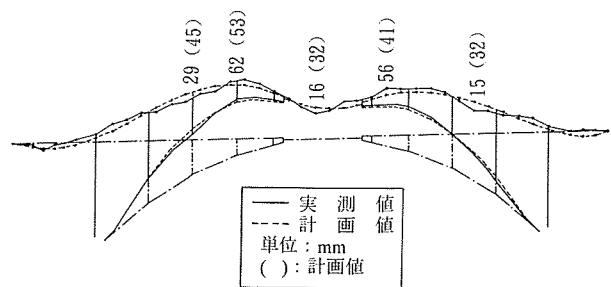


図-10 出来形図 (橋体完成時)

#### 4. グラウンドアンカーの設計と施工

橋台には、張出し架設時に作用する水平力に対処するため、グラウンドアンカーを設置している。アンカーは強固な岩盤に定着する必要があるため、事前に岩盤調査を実施した。岩盤調査から完成までのフローチャートを図-11に示す。

##### 4.1 岩盤調査

基礎岩盤の性状確認を目的として、掘削面の岩盤精

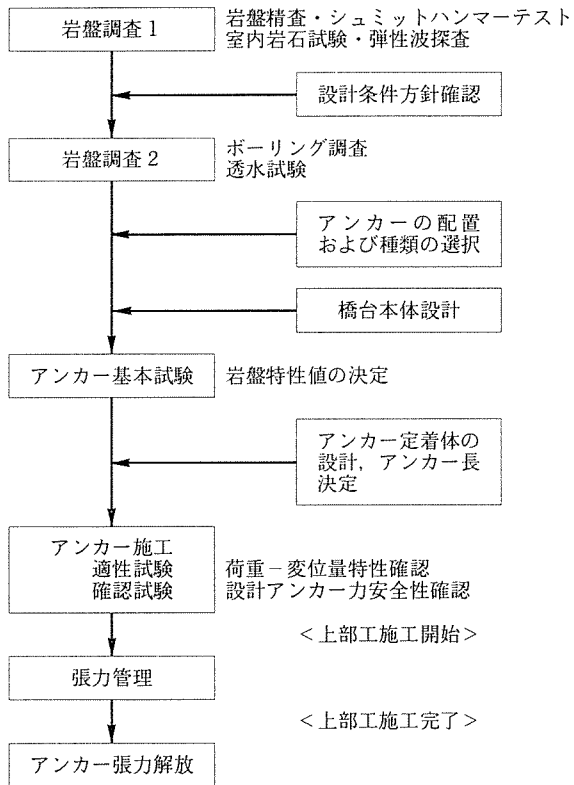


図-11 フローチャート

査, シュミットハンマーテスト, 一軸圧縮試験, 弾性波探査を行い, その後ボーリング調査および透水試験を行いアンカーの配置等を決定した。

掘削面で観察された節理の方向を図-12にステレオ投影図として示す。また, ボーリング調査結果とアンカー定着位置を図-13に示す。

##### 4.2 アンカー施工

使用アンカーの諸元を表-1に示す。

施工は, ①アンカー孔削孔(ロータリーパーカッション方式), ②引張鋼材の挿入, ③ドリルパイプを引き抜きながらグラウト材を加圧注入, ④アンカーを緊張・定

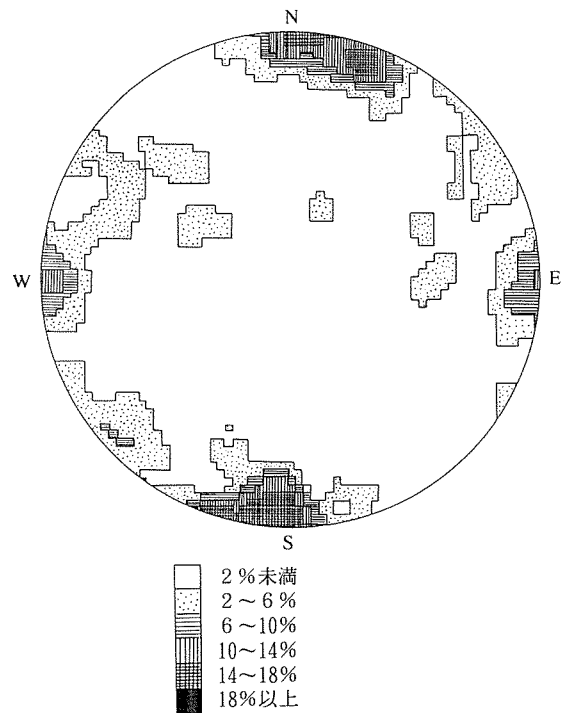


図-12 ステレオ投影図

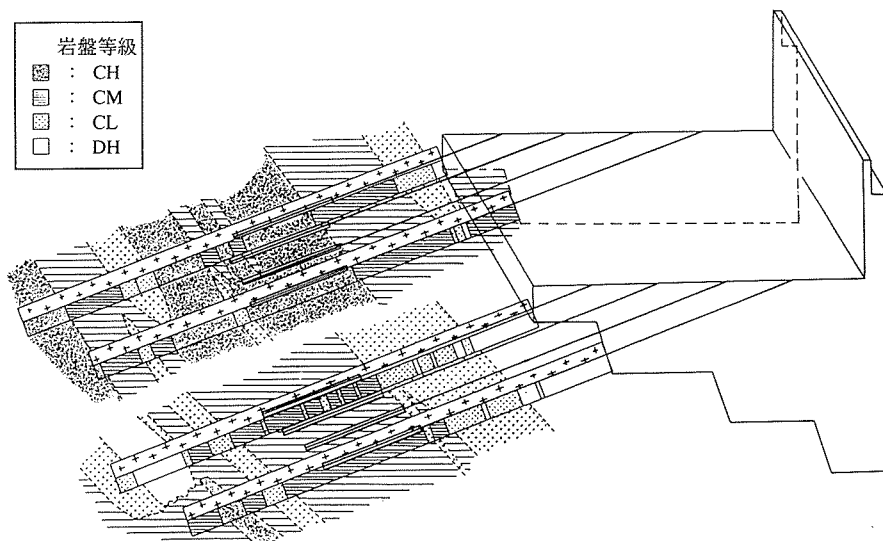


図-13 ボーリング調査結果とアンカー定着長

表-1 アンカー諸元

	A <sub>1</sub> 橋台	A <sub>2</sub> 橋台
使用アンカー	F 360	F 230
材質	PC鋼より線	PC鋼より線
構成	19φ12.7	19φ10.8
本数	橋軸方向30本	橋軸方向41本
アンカー設計耐力	200tf/本	150tf/本

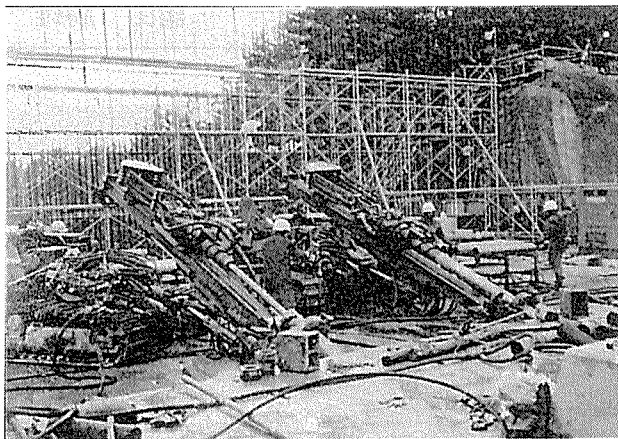


写真-3 削孔状況

着の順序で行った。写真-3に削孔状況を示す。

アンカーの初期緊張力は、鋼材のリラクゼーション、地盤のクリープ変形等による張力の減少を考慮して、設計アンカー力の10%増と設定した。また緊張に際し、近接アンカーの影響を考慮して、緊張力を3回に分けて導入した。

## 5. おわりに

俣野川橋は、PC逆ランガーアーチ橋として、アーチスパン、幅員とも国内最大であり、施工に際しては、施工管理、安全管理の両面において万全を期し、無事完成することができた。本橋の実績が今後、同形式の橋梁の設計、施工に何らかの参考になれば幸いである。

最後になりましたが、本橋の設計、施工にあたり貴重な御指導をいただいた関係各位に厚く感謝の意を表する次第です。

【1993年1月30日受付】

## ◀刊行物案内▶

### PC技術の役割と発展

<第20回PC技術協会講習会テキスト>

(平成4年2月)

頒布価格：4500円(送料：450円)

内 容：プレストレストコンクリートの国際動向と役割 [池田尚治] / プレストレス導入理念の拡大と応用 [六車 熙] / 最近におけるPC構造の展開と新材料 [山崎 淳, 近藤真一, 石橋悦治, 材寄 勉] / 都市内PC橋計画の手引—PC橋のフォルム— [池田尚治] / 各地における注目すべき構造物 [各開催地域の講師] / PC連結げたの設計・施工について [西川和廣, 箕作光一, 杉山 純, (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会]