

# 青葉大橋の計画と施工

黒木 英利\*1・若松 卓生\*2・秋月 敏政\*3・内田 浩道\*4

## 1. 計画概要

青葉大橋は宮崎県高千穂町に位置する鉄筋コンクリート固定アーチ橋である。架橋地点は天然記念物に指定された高千穂峡の急崖部を避け、歩道橋として流心部を跨ぐ青葉橋の直ぐ下流に位置する。橋面高は、河床より100mの位置にあり河床付近への工事用道路建設が不可能なことから、架橋地点が祖母傾国定公園内に位置し景観に配慮したこと等の理由から、単径間で谷を跨ぐアーチ橋を採用した。図-1に橋梁位置図を示す。図-2に一般図を、表-1に主要材料総括表を、写真-1に全景を示す。以下に橋梁諸元を、また表-3に国内コンクリートアーチ橋の施工実績を示す。

- 路線名 県道諸塚高千穂線
- 道路規格 第3種4級
- 設計速度 40km/h
- 橋格 一等橋
- 平面線形  $R = \infty$

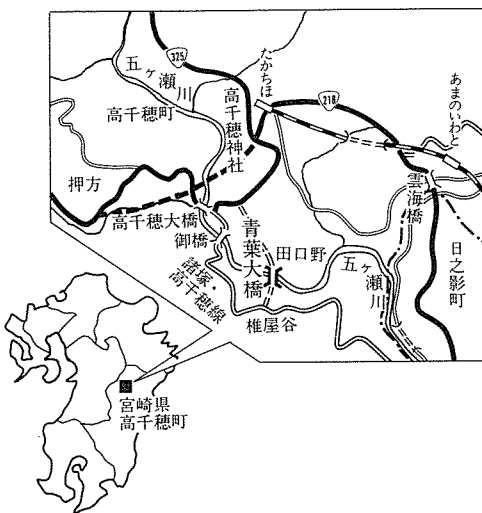


図-1 位置図

- 縦断勾配 1=6~2.5%
- 幅員構成 車道7.25m 歩道2.5m
- 橋長 270m アーチ支間 180m
- 上部工形式 鉄筋コンクリート固定アーチ橋
- 下部工形式 箱式橋台、逆T式橋脚、  
(全直接基礎) アーチ拱台、逆T式橋台

表-1 主要材料総括表

種別	仕様	上部工	下部工
コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$	4 200m <sup>3</sup>	
	$\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$		6 000m <sup>3</sup>
鉄筋	SD295A	690 t	360 t
鋼管	SM490	190 t	
	SEEE F230	96 t	
P C 鋼材	$\phi 36$	47 t	
	$\phi 8$	22 t	
グラウンドアンカー	SEEE F230TB		560m

## 2. 地形および地質概要

架橋地点は、五ヶ瀬川沿いの切り立った絶壁に象徴される阿蘇火砕流堆積物の分布地域である。阿蘇火砕流

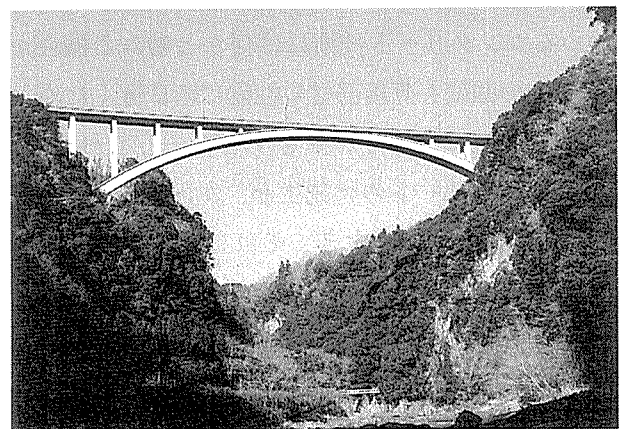


写真-1 青葉大橋全景

\*1 Hidetoshi KUROKI : 宮崎県土木部 道路建設課 課長補佐  
 \*2 Takuo WAKAMATSU : 宮崎県西臼杵支庁 土木課 道路建設係 技師  
 \*3 Toshimasa AKIZUKI : (株)ピー・エス 九州支店 土木部  
 \*4 Hiromichi UCHIDA : オリエンタル建設(株) 福岡支店 工事部

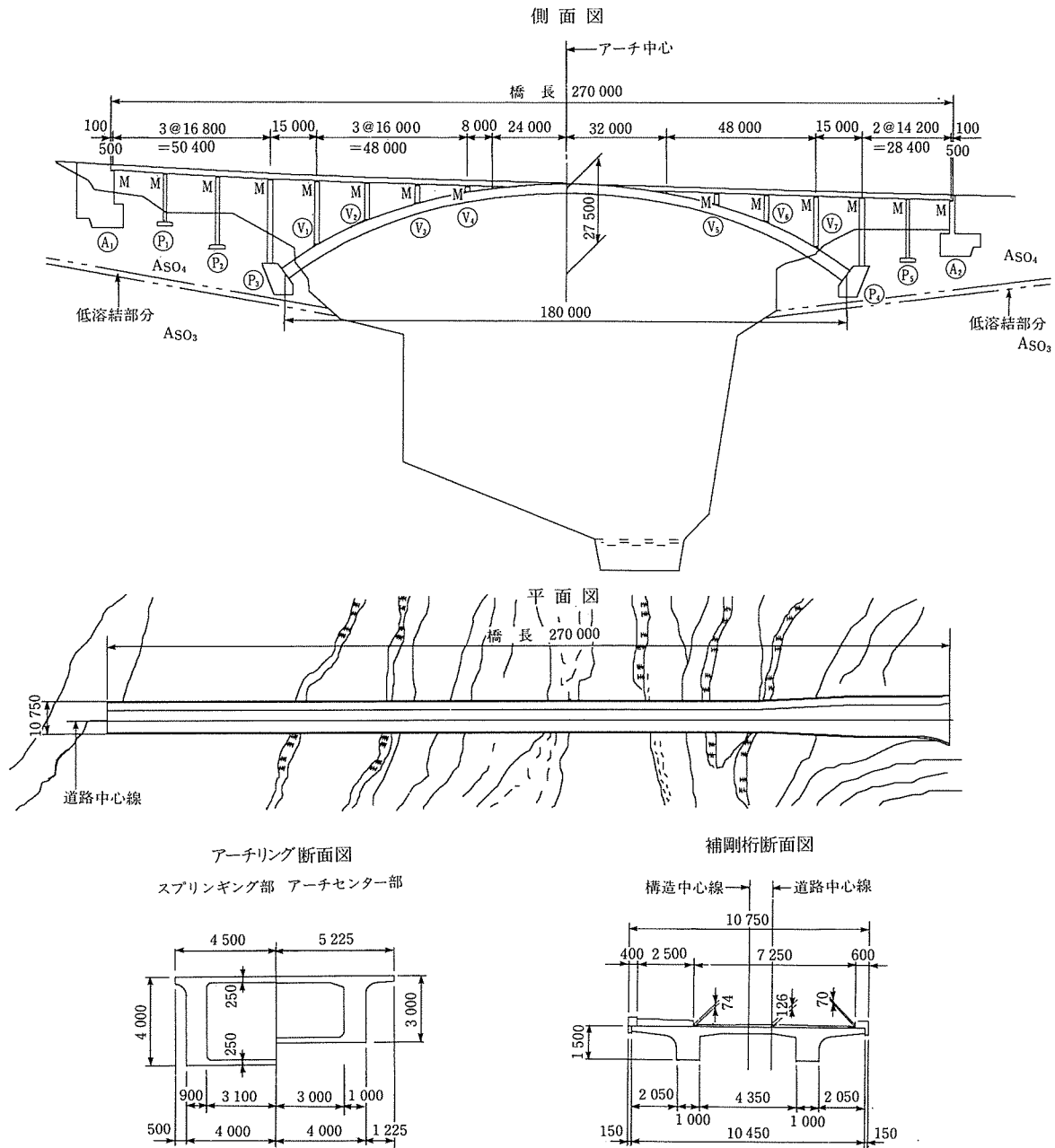


図-2 全体一般図

表-2 全体工程

	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度
土 木					
G アンカー					
下 部 工					
陸 上 部					
ト ラ ス 部					
銅 填 巻 立					
中 央 部					
解 体 工					
橋 面 工					

注): Gアンカーはグラウンドアンカーの略

は、4回の大きな噴火サイクルに分けられており、古い順にAso1~4と呼ばれている。また、これらの噴火サイクルの間には多数のより小さな降下堆積物の噴火サイクルがある。支持基盤はAso3~4に位置しており境界部

表-3 国内コンクリートアーチ橋実績表(1996.12)

橋 名	所在地	発注者	竣工年	橋 格	形式	橋 長	支 間
別府橋	大分県	道公団	1989	一等橋	固定上	411	235
宇佐川橋	広島県	道公団	1982	同上	同上	332.5	204
青葉大橋	宮崎県	宮崎県	1996	同上	同上	270	180
外津大橋	佐賀県	佐賀県	1974	同上	2ヒンジ上	252	170
帝釈橋	広島県	道公団	1978	同上	固定上	289.5	145

注): 道公団は日本道路公団、固定上は固定上路、2ヒンジ上は2ヒンジ上路の各々略、橋長・支間の単位はm

で非溶結の低強度部分があるものの他は比較的安定したC<sub>M</sub>~C<sub>H</sub>級岩盤となっている。本橋の端部アンカー体部、アーチアバット部が一部低強度部に位置したため地質調査を行い、掘削状況を注意深く観察し安全性を確認した。

### 3. 施工要領

全体工程表を表-2に示す。工事は平成4年末に開始し平成8年末に完成した。途中平成5年度の台風禍により数カ月の遅滞となった。トラス部の施工に先吊り方式の特殊大型移動架設車を用いた大ブロック工法を採用し工程短縮を図ったが、施工ブロック長と斜部材を考慮し1ブロック2ロット打設としたことで従来工法に比べ20%程度の工程短縮に留まった。

本橋の架設工法上の特徴を列記する。

- ① トラス・クルカ（合成アーチ）併用工法の採用
- ② 先吊り方式の特殊大型移動架設車を用いた大ブロック工法の採用
- ③ トラス部のアーチリング・鉛直材・補剛桁の完成系構造での架設

施工方法は図-3に示すとおり土工掘削に始まり端部アンカー体の一部となるグラウンドアンカーを施工して下部工に移る。続いてバックステーの施工を総支保工にて行う。バックステー支保工は解体まで存置する。次に端部からアーチアバットまでの補剛桁の施工を行う。スプリング部は総支保工施工にて行う。施工性を考慮して2ロットに分割して施工した。続いてスプリング部に特殊大型移動架設車（以下架設車）を設置する。斜材を架設し張力調整を行った後、架設車の前方を先吊りしアーチリングのコンクリートを打設する。架設車を前方に移動し鉛直材と補剛桁の施工に移る。これを繰り返してアーチ支間の2/3余りを施工する。中央部は鋼管を架設しアーチリングを仮閉合する。その後、鋼管内にコンクリートを充填し合成アーチを完成させる。この部分を更にコンクリートで巻き立てアーチリングを閉合する。その後中央部の補剛桁の施工、架設車・斜材・バックステー等の仮設材を撤去し橋面工を施工して完成する。

### 4. 設計概要

設計計算は主に平面骨組解析により進めた。動的解析、斜材定着等の局部解析は別途立体骨組解析、FEM解析等を用いた。これらについては、すでに報告済みである<sup>9)</sup>。ここでは、主に合成アーチについての検討結果について報告する。

#### 4.1 合成アーチ長に関する考察

本橋の合成アーチの配置を基本に併用工法に合成アーチを用いる場合の最適配置長に関する検討を行った。合成アーチ長は図-6に示す3ケースについて検討することとする。

アーチリング閉合後の挙動については3ケースで大差ないためアーチリング閉合前の検討により比較する。

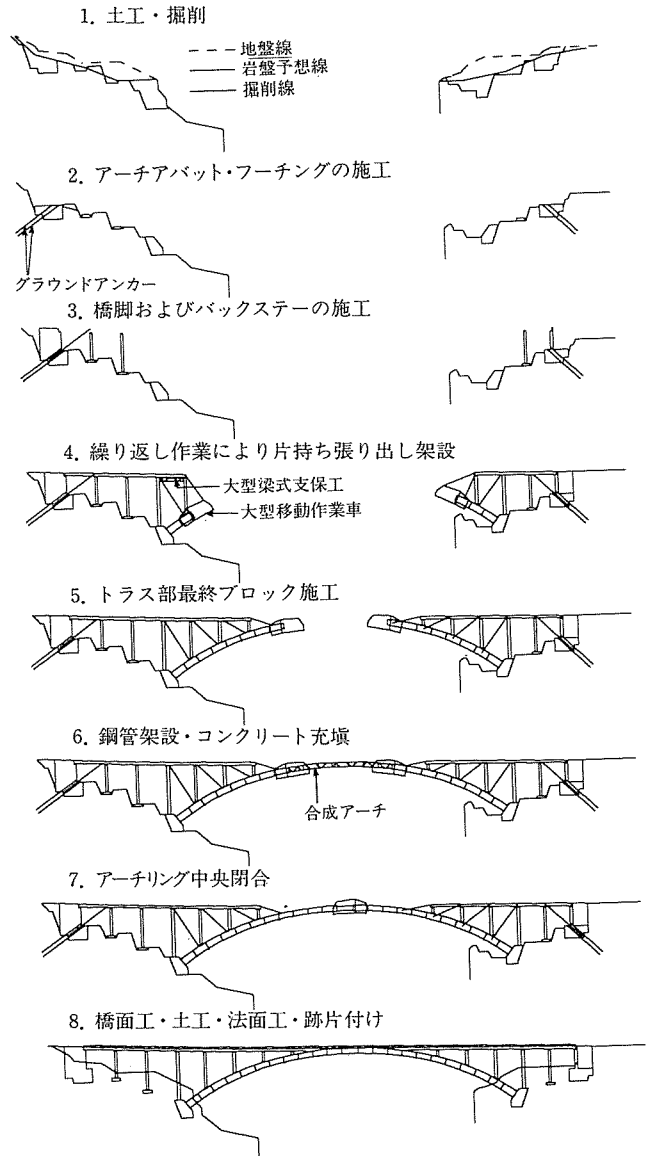


図-3 施工要領図

架設時の各部材種別は、アーチリング・鉛直材についてはPRC構造、補剛桁についてはPC構造として試設計する。

各ケースの鋼管重量、必要PC鋼材重量（グラウンドアンカー・バックステー・補剛桁・斜材）の比較表を表-4に示す。同様にグラフ化したものを図-5に示す。

合成アーチ長が長くなると鋼管重量は増える。逆にPC鋼材重量はトラス部施工区間が短くなるため少なく

表-4 鋼管・PC鋼材重量比較表(t)

ケース	鋼管	PC鋼材				合計
		補剛桁	斜材	BS	G・A	
1	180	97	25	49	9	180
2	270	72	15	28	4	120
3	360	45	8	16	0	70

注)：BSはバックステー、GAはグラウンドアンカー各々略

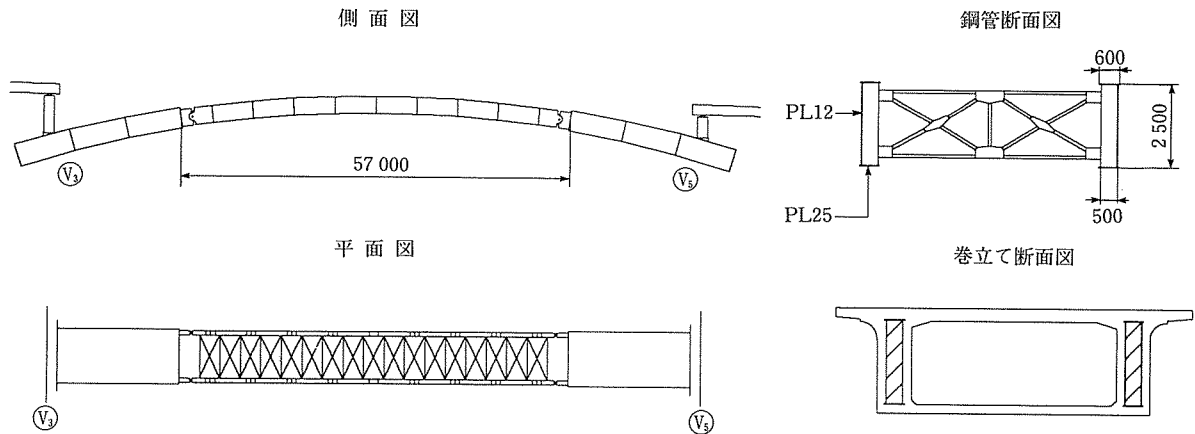


図-4 合成アーチ配置図

なる。

ケース3ではグラウンドアンカーが不要になっており施工性の向上が期待できる。

以上の検討から以下の結論が得られる。

- ① アーチ支間180m程度の規模のRCアーチ橋では鋼管重量は合成アーチ長に比例する。
- ② トラス部長が短いほどアンカー体の負担が軽く、小規模のアンカー体で施工が可能になる。
- ③ 合成アーチ長が長くなるに従い鋼管架設時の面外方向荷重に対する補強が多く必要になってくる。

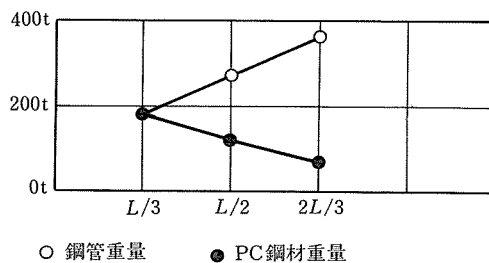


図-5 鋼管・PC鋼材重量

RCアーチ橋の長大化に伴い今後とも併用工法が多用されると考えられる。今回の検討で併用工法に合成アーチを使用した場合について合成アーチ長の比較をした結果、アーチ支間180m程度の場合、合成アーチ長は、 $2L/3$ 程度以上が望ましいと考えられる。

#### 4.2 架設補助材料比較

本橋と国内主要RCアーチ橋の架設補助材料を図7に示す。構造形式、施工条件等の違いがあるため一概には結論づけられないが他橋に比べ架設補助材料を軽減できたように思われる。

#### 4.3 合成アーチに関する今後の課題

本橋の施工により併用工法に合成アーチを用いることの有用性が確認できたが今後解決すべき課題も残った。

- ① 鉛直材・補剛桁をコンクリート構造としたた

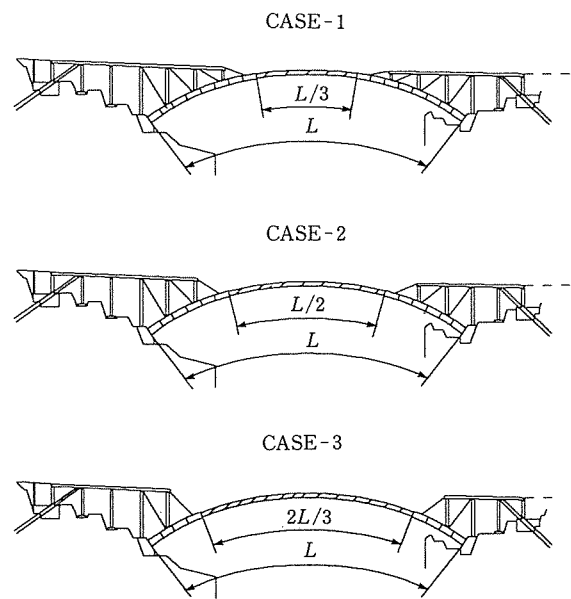


図-6 合成鋼管配置長

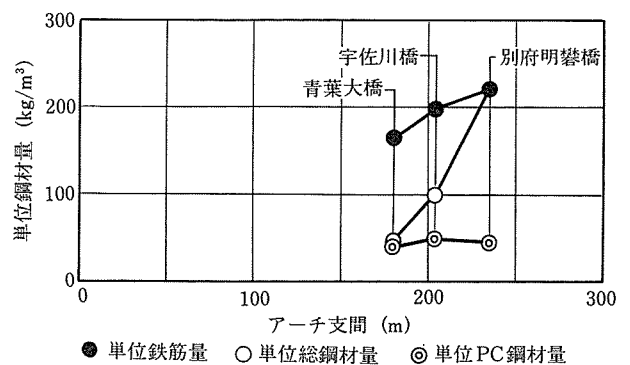


図-7 架設補助材料比較

め、架設時応力調整が煩雑で、補剛桁上の定着突起の解体の施工性は良くなかった。

- ② 施工途中で架設工法が変わるため準備工が必要で工程短縮に結びつきにくい。
- ③ 全部材現場打ちコンクリートであり工程短縮が

◇工事報告◇

難しい。

このような課題に対して一つの可能性としてクルカ工法単独工法による施工がより有効と考えられるが、以下のような課題を今後検討する必要がある。

- ① 合理的限界アーチ支間の設定
- ② 全プレキャスト化による急速施工の可能性
- ③ 鋼管重量軽減策

これらを検討中であるがアーチ支間が200 m程度までは十分合理的に施工できるものと思われる。

## 5. 土工・掘削工

架橋地点が国定公園内であることおよび架橋地点下には自然遊歩道があることから溪谷内に掘削岩塊を落とせないため岩盤の掘削は発破併用機械掘削とした<sup>4)5)</sup>。

## 6. アンカー体の計画・施工

### 6.1 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> 橋台

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> 橋台は、架設時アンカー体となり背面にグラウンドアンカーを設置する。アンカー体の安定は、躯体自重とグラウンドアンカーの共同耐力により成り立っている。安定計算結果を表-5に示す。

### 6.2 グラウンドアンカーの施工

グラウンドアンカーはPC鋼より線SEEE F230TBをA<sub>1</sub>側18本、A<sub>2</sub>側22本配置した。グラウンドアンカーは躯体自重と共同で架設時片持ち張出し荷重を支持する重要な部材である。また、岩盤に配置したグラウンドアンカーの全体耐力の特定が難しく引き抜き試験を実施しこれを明らかにすることとした。

### 6.3 アンカー引き抜き試験

#### (1) 試験ケース

引き抜き試験は表-6に示した2ケースについて行った。定着部のひずみは鋼材にひずみゲージを貼り付け、自由長部1ヶ所、定着部3ヶ所(ケース1)および4ヶ所(ケース2)について計測を行った。

#### (2) 地盤の条件

試験対象地盤は一軸圧縮強度 $q_u=277\sim702\text{kg f/cm}^2$ の凝灰岩である。削孔はロータリーパーカッションにより行った。

#### (3) 荷重荷重方法

荷重荷重は多サイクル方式を採用し、最大荷重まで6段階の繰り返し荷重を行った。

#### (4) 試験結果

荷重履歴～ひずみ曲線を図-8, 9に示す。ケース1の異形PC鋼棒ではひずみは定着部全体に生じているが、ケース2では定着部2 m区間のみにひずみが分布している。

表-5 アンカー体安定計算結果

	偏 心	支 持	滑 動	上揚力
A 1	1.211 m	49 tf/m <sup>2</sup>	2.02	3.40
A 2	0.790 m	43 tf/m <sup>2</sup>	1.97	2.90
許容値	≤2.5 m ≤2.2 m	≤100tf/m <sup>2</sup>	≥1.5	≥1.5

表-6 試験ケース

ケースNo	テンドン	呼び径	最大荷重	削孔径	定着量
1	異形PC鋼棒	D36	87tf	φ 80mm	100cm
2	PC鋼より線	F230TB	176tf	φ 165mm	1 000cm

### (5) ま と め

試験結果の詳細については文献を参照していただきたい<sup>2)</sup>。

本試験のようなグラウトモルタルより強度の大きい岩盤にグラウンドアンカーを設置する場合、テンドンの引き抜き抵抗、アンカー体の引き抜き抵抗は設計基準値より大きい抵抗が期待できる。今後、硬岩に設置されるアンカーの合理的設計法の確立のため、試験結果の蓄積および3次元モデルによる弾塑性解析を実施し支持機構を明らかにすることが望まれる。

### 6.4 アンカー体終局耐力の推定

グラウンドアンカーの個々の耐力は上記試験、地質調査、掘削効率等を総合的に評価することで精度良く推定できる。躯体自重とグラウンドアンカーからなるアンカー体全体の耐力の推定は支持地盤が阿蘇溶結凝灰岩で柱状節理を有し破壊機構の解析が難しく特定するには至らなかった。グラウンドアンカーか躯体自重かの単独アンカーとする方が構造的には単純で挙動変化の確認も追跡し易かったのかもしれない。アンカー鋼材にひずみ計を設置し挙動変化を追跡したが、計測器の耐久性に問題があり十分な計測値を得ることができなかった。

## 7. アーチアバットの施工

下部工の施工はフーチングがマッシュブなためコンクリート打設後の温度上昇に注意しながら行った<sup>1)</sup>。

温度解析と実測値の相関性については、現状では十分な整合性があるとは言えない。今後、解析手法の改善を行い合理的手法を提案していきたい。表-7に配合表を示す。

表-7 配合表(kg/m<sup>3</sup>)

呼び方	C	W	W/C	細骨材	粗骨材	混和剤
21-8-40-88	261	146	56%	733	1 170	0.653

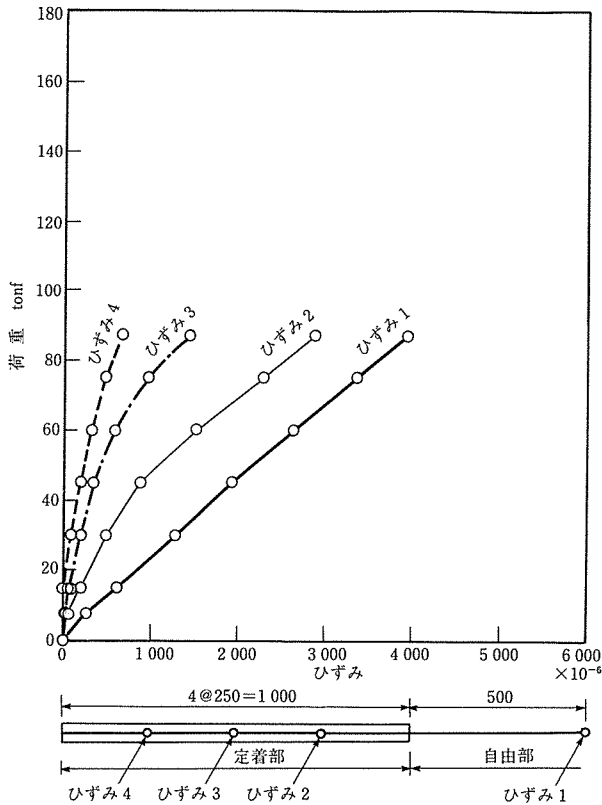


図-8 ケース1荷重履歴-ひずみ曲線

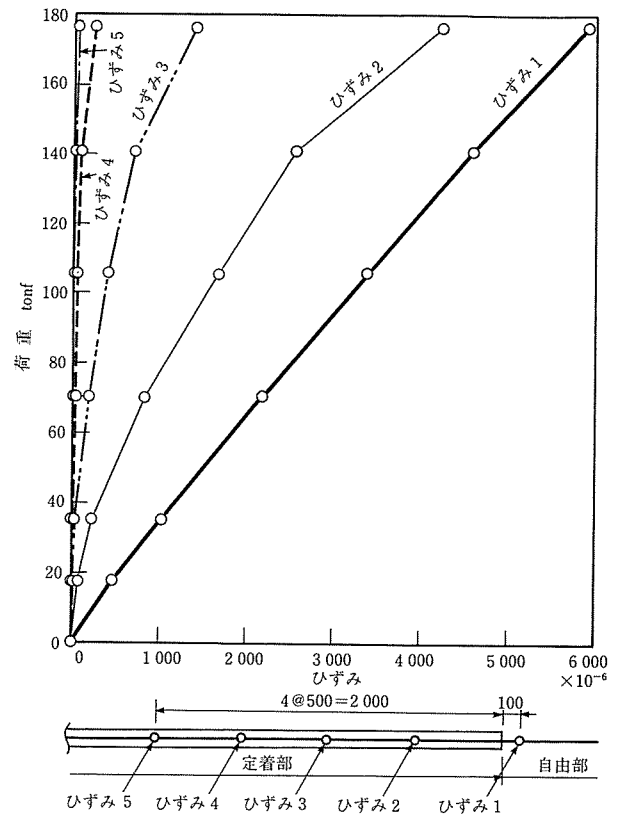


図-9 ケース2荷重履歴-ひずみ曲線

### 8. バックステー

バックステーは総支保工にて施工する<sup>4)</sup>。

長期の大型支保工の使用、後述する解体作業等を考慮すると、これらをより簡便にすることが重要と考えられる。アンカーの負担の少ない架設工法、バックステーのプレキャスト化等が改善策として考えられる。写真-2にバックステーの施工状況を示す。

### 9. 補剛桁

補剛桁の施工は一径間毎の施工であり高所、傾斜面で設置式支保工の設置が困難なことから梁式支保工により行った(写真-3)<sup>5)</sup>。

アーチリング閉合前の補剛桁の施工は工程管理上は必ずしも望ましいものではない。支保工施工であり工程短縮は望めない。アーチリングの先行施工による閉合後、プレキャスト部材を架設する方法が工程短縮の有効な手段の一つであると考えられる。

### 10. スプリング部

スプリング部は設置式支保工にて施工する(図-10)<sup>6)</sup>。

アーチリングの施工は斜部材の場所打ち施工であり、確実なコンクリートの充填については細心の注意

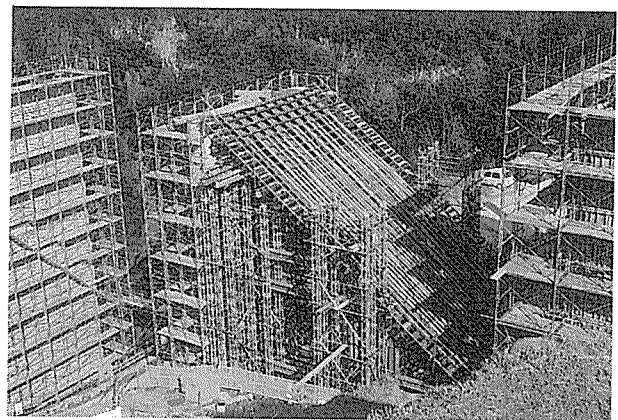


写真-2 バックステーの施工

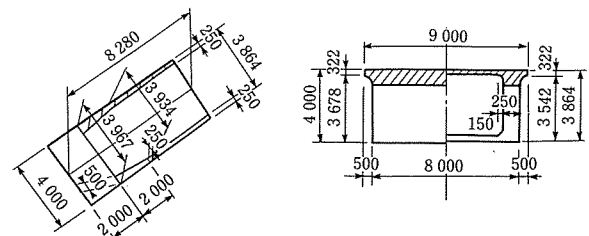


図-10 スプリング部

が必要であることは言うまでもないことであるが、施工性はよくない。工程短縮、工費の削減策としてはプレキャスト化が望ましいが今後の課題と思われる。

## 11. 特殊大型移動架設車

アーチ部の片持張出し架設は、特殊大型移動架設車を用いたトラス工法としている。(写真-4) 図-11に構造一般図を示す。1ブロック長8.0～9.0mを一回打設で20日程度の施工で計画したが、スプリング部の施工状況、架設車重量等を考慮し、確実なコンクリート充填を優先して2回分割打設とした。このため1ブロック30日程度の日数を要し、当初見込んでいた工程短縮効果を十分発揮するには至らなかった。

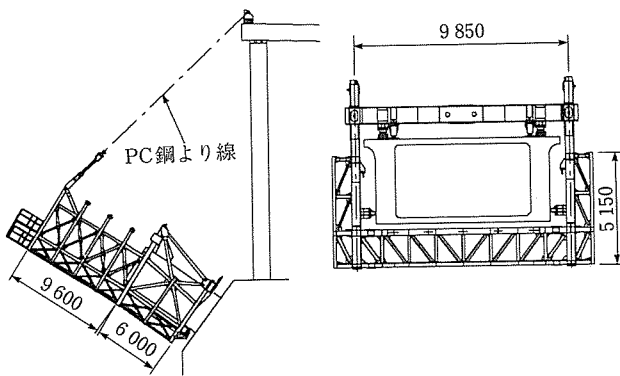


図-11 特殊大型移動架設車

## 12. 斜材の張力調整

斜材のプレストレス量は、アーチリング・鉛直材・補剛桁の各部材を目標応力度内に収めるように設定した(写真-5)<sup>5)</sup>。

鉛直材・補剛桁を完成系構造で架設したことで各部材の応力調整が難しくなった。そのために斜材のプレストレス管理が極めて煩雑なものとなった。工程短縮、施工性改善、経済性改善等を実現するには合成アーチ長を極力長くすることも一つの選択肢であると考えられる。トラス部の施工状況を写真-6に示す。

## 13. クルカ部の施工

合成アーチは2主構タイプとした(図-4)<sup>5)</sup>。

### 13.1 基部支承ブロックの架設

本橋は鋼管と既設部との接合条件をピン接合とした。基部支承ブロックの架設精度が鋼管架設精度に与える影響は大きい。ピン支承位置は日変化の影響、鋼管閉合時の温度、閉合後の変位等を考慮して製作したが、中央閉合ブロックの架設を落とし込み方式とし、高力ボルトによる摩擦接合としたため厳しい精度を必要とした。

設計条件と架設条件とは温度設定については必ずしも一致しないため、無応力状態での鋼管閉合のために添接版の閉合直前の製作も選択肢の一つであるが、工程



写真-3 補剛桁

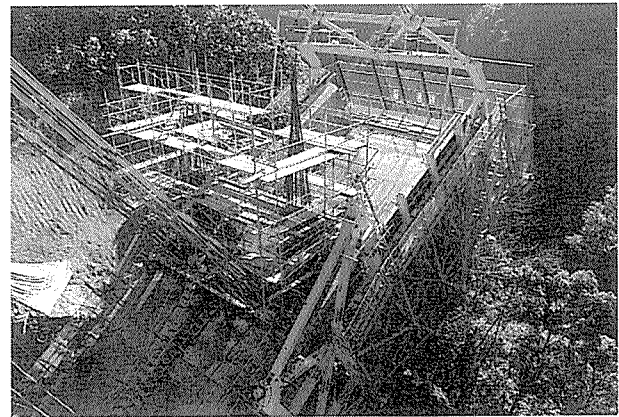


写真-4 特殊大型移動架設車

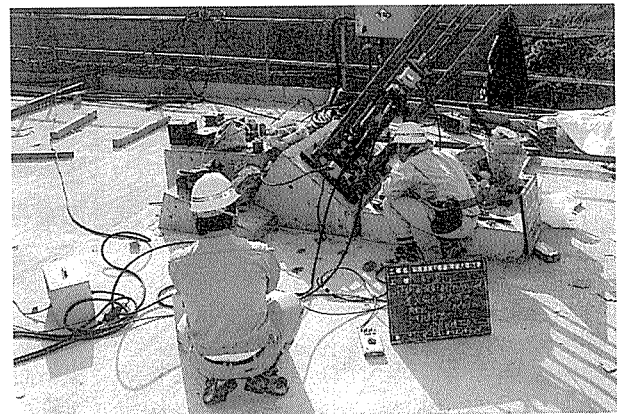


写真-5 斜材のプレストレス導入状況

遅滞を招かない工夫が必要である。鋼管の架設状況を写真-7に示す。

### 13.2 張力調整

鋼管の閉合完了後、トラス部の斜材、鋼管部の斜吊りワイヤーの張力調整を行い、鋼管の応力改善を行った。荷重計を設置して張力管理したが施工性は良くなかった。ワイヤーをPC鋼材にする等の改善が必要である。

### 13.3 コンクリートの巻立て

合成アーチ部の横構・対傾構は、施工ブロック長が8mと長い為、存置したままコンクリート打設し、ブ

ロック完成後撤去した。箱桁内の狭所作業であり、荷役設備の設置が難しく施工性は良くなかった。横構・対傾構を完成系構造として存置することも選択肢の一つであったかもしれない。合成アーチの巻き立て状況を写真-8に示す(図-12)。

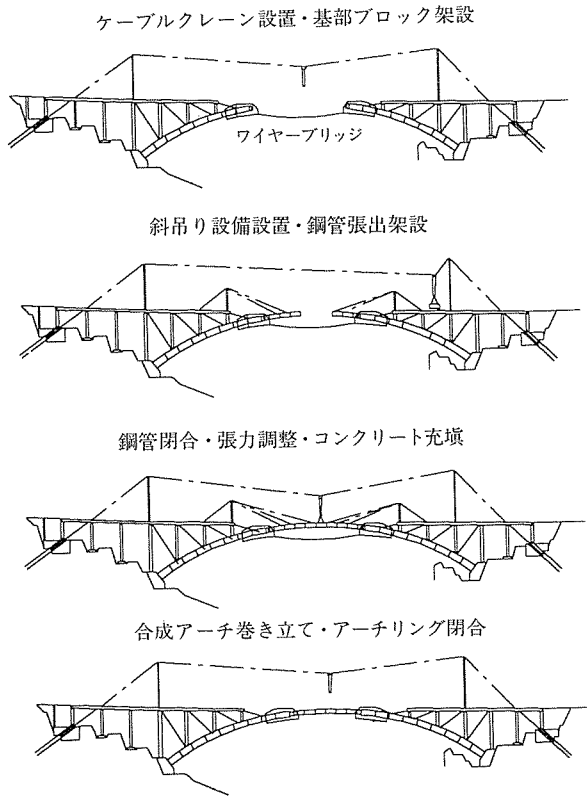


図-12 合成アーチ部施工要領

#### 14. バックステーの解体

本橋のバックステーは、現場打ちであり支保工上に存置する構造となっており、補剛桁・フーチングと剛結構造となっていたため、解体は両部材を傷つけないよう慎重に行った(図-13)。斜部材の高所・狭所作業であり施工性は良くなった。架設時の安定を考慮すると、本計画が最も安定した構造の一つと考えられるが、解体を考慮すると改善の余地があるように思われる。本橋の場合比較的支保地盤が安定していたため端アバット内にアンカーを設け解体をしない構造とすることも有力であ

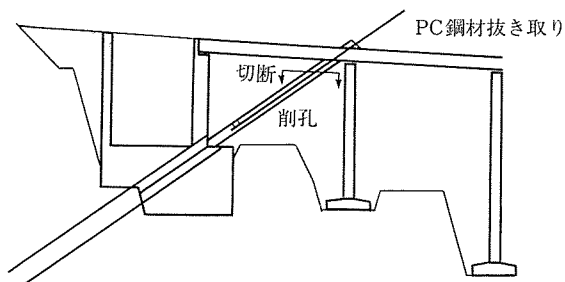


図-13 バックステー解体要領

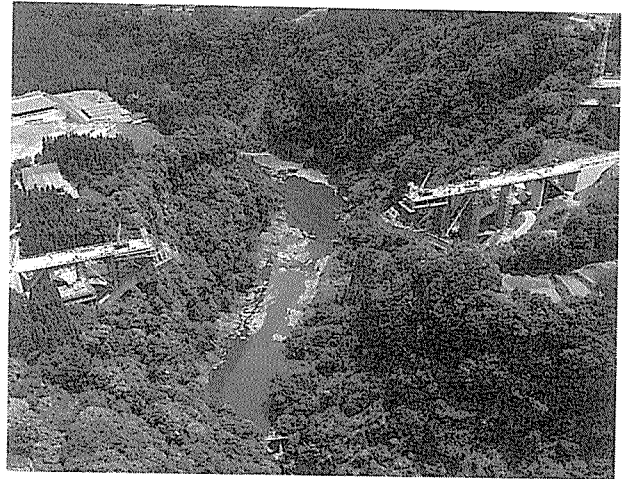


写真-6 トラス部の施工

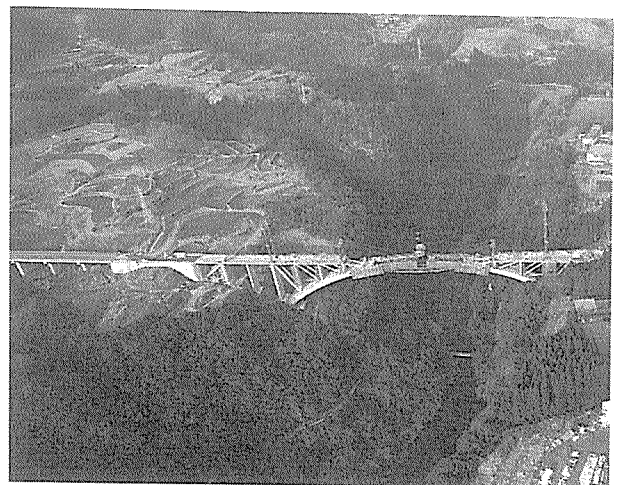


写真-7 鋼管の架設状況

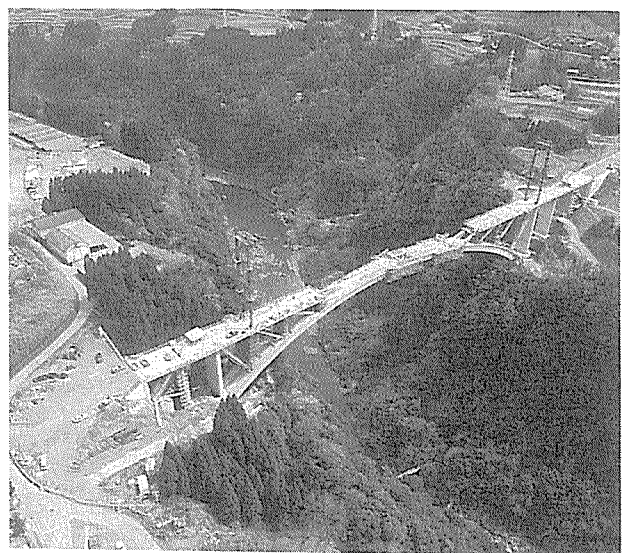


写真-8 合成アーチ巻き立て状況

ったと考えられる。この場合、架設中のアンカー体の挙動変化の確認が難しくなることも予想されるため注意が必要と思われる。アンカー体の負担を軽減できる架設工法を選定することも重要な課題と考えられる。



### 15. 特殊大型移動架設車の解体

架設車の解体要領、解体状況は文献<sup>8)</sup>で述べているので、ここでは架設車解体工の問題点と改善策について記述する。架設車解体工の問題点を列記すると以下の通りである。

- ① アーチ中央部での解体は高所での空中作業となることから困難である。
- ② 重量軽減を優先して後退設備を持たない構造とした。

このため、架設車の解体は図-14に示すように降下装置・引き戻し装置を設置してスプリング部の構台上にて行った。重量の増加を最小限に抑えながら後退を可能とする構造を検討すべきであったのかも知れない。

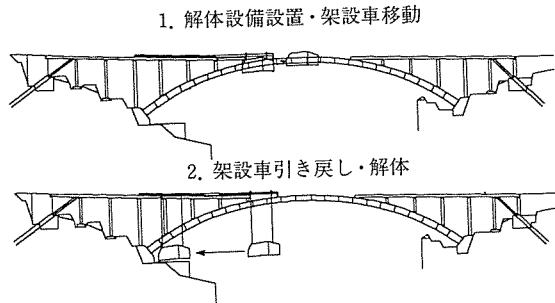


図-14 架設車解体要領

### 16. 計測計画と実測値

すでに幾つかの項目について計測値を掲載した<sup>7)</sup>。ここでは、未報告の部分について記述する。

#### 16.1 計測目的

本橋は架設時の構造系が刻々変化し極めて複雑な構造系の変化を繰り返す。計測目的は上記架設時の構造系変化を追跡し、各施工段階の応力状態、変形状態と計画値を比較することで実挙動の把握に努め、架設時の安全性確保と完成構造物の耐久性確保を目的とした。

#### 16.2 計測結果

##### (1) グラウンドアンカー

図-15にグラウンドアンカーに設置した荷重計の計測結果を示す。張力変化は微小で安定したものであった。

##### (2) フーチング水平変位

本橋の架設時の構造的安定の最も重要な要素の一つであるアンカー体の挙動を把握するために変位計を設置した。本橋のアンカー体が躯体自重とグラウンドアンカーからなる複合アンカーとなっていたため終局耐力の特定が難しく安全率の設定に苦慮した。架設時に細心の注意を払っていった。結果として安定した岩盤に支持されれば挙動変化はなく安定したアンカー体となっていたと思われる(図-16)。

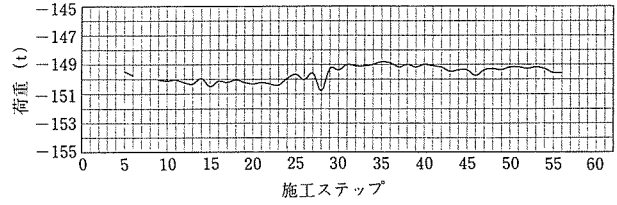


図-15 A1グラウンドアンカー張力

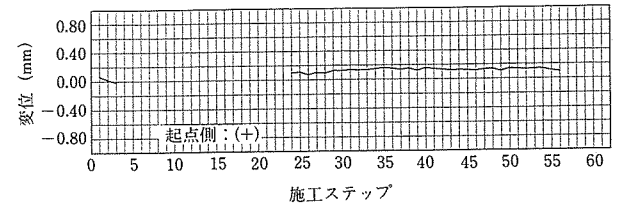


図-16 A1フーチング水平変位

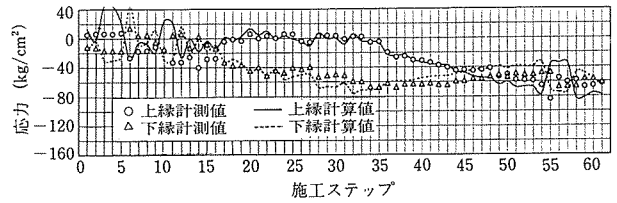


図-17 P3スプリング部コンクリート応力

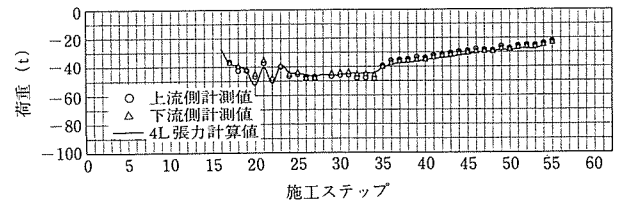


図-18 斜材張力

##### (3) アーチリング

アーチリングの挙動はアーチ支間の4分点に設置したひずみ計により追跡した。計測値と計算値は比較的良好一致しており斜材の張力導入等が精度良く管理できたと考えられる(図-17)。

##### (4) 斜材張力

斜材張力は代表斜材に荷重計を設置し荷重履歴を計測した。アーチリング同様よく計測値と計算値は一致している(写真-18)。

##### (5) 合成アーチ部の挙動

図-19, 20, 21に計測結果を示す。初期段階では計測値と計算値はよく一致している。巻き立てが進むにつれて、両者にずれが生じている。計算値にクリープ・乾燥収縮ひずみが含まれていないことが一つの要素と考えられる。また合成アーチ構造を的確に部材評価できていないことも考えられる。さらに合成アーチと巻立てコン

クリートの荷重分担を正確に解析できていないものと考えられる。検討を続けることとする。

合成アーチ部の温度履歴についてはピーク時が2回（充填完了後、巻き立て完了後）見られ、各々±50℃、±40℃の変化があった。充填直後の温度変化については応力振幅は微小でありピン支承としたことが効果を上げた。巻き立て直後の応力振幅については今回の挙動を踏まえ今後の計画に反映されることが期待される。

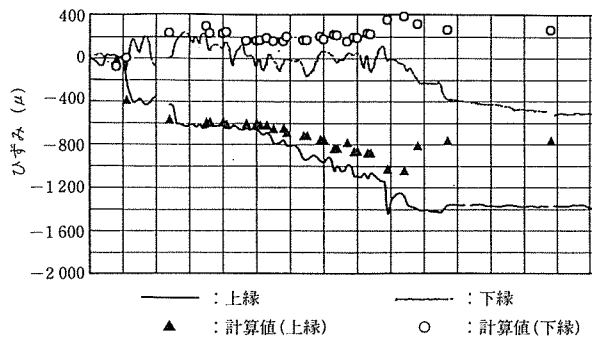


図-19 鋼管ひずみ

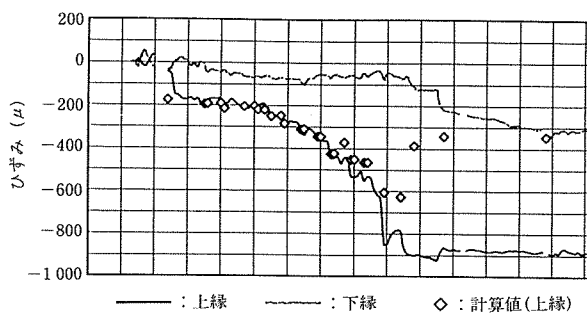


図-20 充填コンクリートひずみ

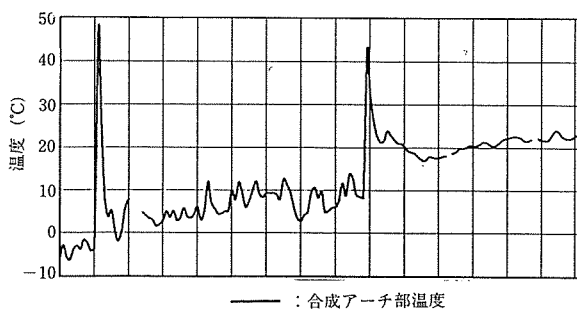


図-21 合成アーチ温度履歴

## 17. 動的解析と振動試験

本橋の架設時の構造系は、主に4段階に分けることができる。動的解析と振動試験は上記4段階毎に実施し架設時の構造系の変化と動的特性の関係及び実測値との相関性を検討する。解析モデルは全橋立体モデルとし、応答スペクトル法を用いた地震応答解析により行った。地震応答スペクトル曲線は道路橋示方書で規定されている1種地盤の平均応答スペクトル曲線(1985)を用い、最大加速度は200gal、入力方向は橋軸・直角の2方向とした。各モードにおける減衰常数は0.05とした。各施工段階の動的特性と実測値との関係については機会を改めて報告する。

## 18. おわりに

平成8年12月、4年の歳月を要して工事は無事故で完成した。世界で初めて架設工法にトラス・クルカ併用工法を用いてその有用性を実証することができた。解決すべき課題が幾つかあるが今後の研究・施工で十分解決できると考えられる。本橋の施工が今後の同種橋梁の計画・設計に役立つことを期待するものである。最後に工事開始以来多年に亘り適切なご指導と貴重なご議論を賜った青葉大橋技術検討委員会（委員長：中沢宮崎大学工学部教授）の委員の方々および工事にご協力頂いた方々にこの場をお借りして深く感謝する次第である。

### 参考文献

- 1) 中沢, 今井, 由浅, 新森: アーチアバットでの水和熱による温度変化の実測と有限要素解析  
平成5年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp806-807 (1994,3)
- 2) 中沢, 服部, 坂田, 秋月: グランドアンカーの支持機構に関する一考察  
平成6年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp366-367 (1995,3)
- 3) 中沢, 服部, 秋月, 由浅: RCアーチ橋の合成鋼管長に関する一考察  
土木学会第50回年次学術講演概要集第5部pp944-945(1995,9)
- 4) 鈴木, 増田, 天野, 秋月: 青葉大橋の施工 コンクリート工学, vol33, pp30-36(1995,10)
- 5) 大田原, 若松, 坂田, 秋月: 青葉大橋の計画と施工 橋梁と基礎, pp1-8(1996,7)
- 6) 中沢, 太田原, 秋月, 斎藤: RCアーチ橋の架設時振動特性と実測値について平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp922-923(1996,3)
- 7) 斎藤, 中沢, 若松, 内田: トラス・クルカ併用工法によるRCアーチ橋の架設時応力挙動について, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp93-96 (1996,10)
- 8) 秋月: 青葉大橋の施工 セメントコンクリート, pp2-10(1997,1)

【1997年2月25日受付】