

(161) 接岨大橋 (仮称) の耐震設計および施工

住友建設(株) PC設計部	正会員	○滝 慎一郎
静岡県島田土木事務所 川根支所		榑原 正彦
住友建設(株) 静岡支店 土木部	正会員	鈴木 辰夫
住友建設(株) 静岡支店 土木部		保田 健

1. はじめに

接岨大橋(仮称)は、静岡県中央部を南北に沿って流れる大井川上流の接岨峡に架設される上路式鉄筋コンクリート固定アーチ橋である。

本橋は、平成8年の道路橋示方書改訂以前に設計が完了していたため、施工開始前に道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>[1]</sup>(以下道示Vに略)による耐震設計の見直しを行い、耐震性能の照査を実施した。

ここでは、非線形動的解析による耐震性能の照査結果、およびじん性を考慮した鉄筋配置など、アーチ橋の耐震設計に関する特有の問題について報告を行う。

また、本橋を施工するにあたり架設地点の地形条件、交差する道路条件などの厳しい施工条件に対して実施したいくつかの施工提案についても報告を行う。

2. 橋梁概要

- 工 事 名：平成8年度(町)閑蔵線交流ふれあい橋梁受託工事(第3工区)
- 工 期：平成8年12月18日～平成12年3月15日
- 工 事 場 所：静岡県榛原郡本川根町梅地地内～静岡市閑蔵地内
- 構 造 形 式：上路式鉄筋コンクリートアーチ橋
- 橋 長：215.000m
- アーチ支間長：140.000m
- 幅 員：9.200m
- 施 工 方 法：メラン併用片持張出架設工法

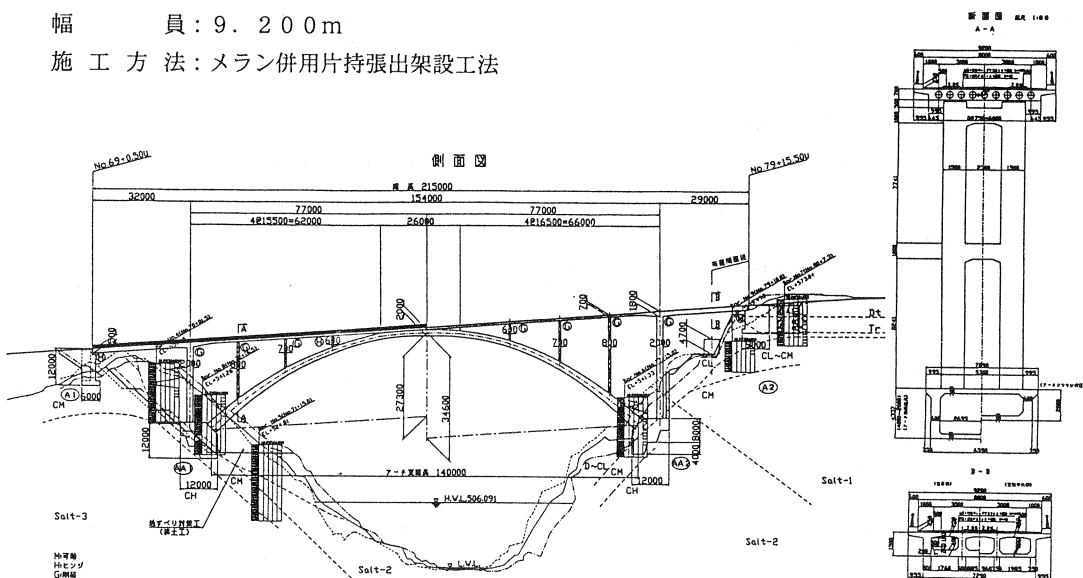


図-1 全体一般図

### 3. 耐震設計

本橋では、震度法レベルの地震動に対する耐震設計は既に行われているため、ここでは保有水平耐力法レベルの地震動に対する耐震性能の照査結果を報告する。

#### 3. 1 解析方法および解析モデル

耐震性能の照査は、道示Vの動的解析にしたがい、本橋は地震時の挙動が複雑な橋でかつ静的解析の適用が限定される橋として取り扱い、非線形時刻歴応答解析法により行った。

解析は、各部材断面を複数の要素に分割したファイバーモデルに、各要素毎に応カーひずみモデルを設定し、解析ソフト「Say-NAP」<sup>[2]</sup>を用いて行った。

この解析ソフトを使用した理由は、断面のファイバーモデルに個々の材料要素の非線形性を入力することで、荷重載荷状態に応じた断面の剛性評価ができ、アーチ橋のような軸力変動の大きい部材に対しても任意の軸力に対する断面の曲げモーメントM-曲率φ関係を求めずに解析できるためである。

骨組みモデルは、橋軸(面内)方向に2次元モデル、橋軸直角(面外)方向に3次元モデルを使用した。

図-2に3次元骨組みモデル、図-3に断面モデル(2次元および3次元)を示す。

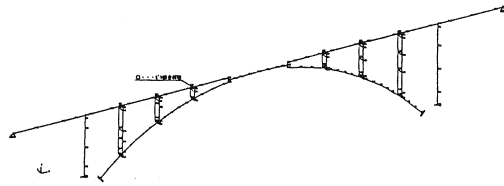
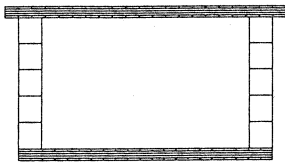
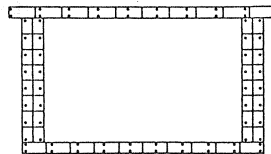


図-2 3次元骨組みモデル



2次元モデル



3次元モデル

図-3 アーチリブスプリング断面モデル

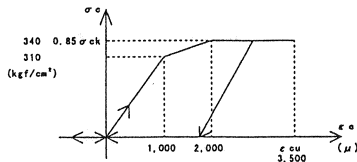
図-4は、解析に用いた材料特性を示したものであり、コンクリートの応カーひずみ曲線はトリリニアカーブに近似した非線形モデルを使用した。

ここで横拘束筋の効果は、アーチリブに中間拘束筋を全長にわたり配置することが困難なため、エンドポストのみ考慮することとした。表-1に使用材料を示す。

表-1 使用材料

種別	仕様	摘要
コンクリート	40N/mm <sup>2</sup>	7-リブ、補剛桁、鉛直材
	24N/mm <sup>2</sup>	エンドポスト
鉄筋	SD295A	全部材
P C 鋼材	SBPR 930 / 1180	7-リブ、補剛桁

・アーチリブ、補剛桁、鉛直材 ( $\sigma_{ck} = 400 \text{ kgf/cm}^2$ )



・エンドポスト ( $\sigma_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ )  
(横拘束筋の効果考慮した応カーひずみ曲線)

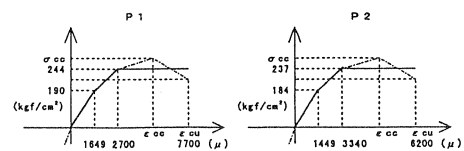


図-4 コンクリートの応カーひずみ曲線

非線形時刻歴応答解析に用いる地震動は、面内、面外方向ともタイプⅠ、Ⅱについて各3波ずつ、合計6波を考慮した。

### 3. 2 照査方法

照査方法は、設計計算で決定されている鉄筋配置について動的解析を実施し、算出された最大応答値に対して部材の安全度の評価を行う。下記に示す照査項目について安全でないと判定された部材については、鉄筋配置を変更し、安全性が確認できるまで繰り返し解析を行った。

①曲げモーメントと軸力に対する照査：コンクリートと鉄筋のひずみに着目し、図-5に示すフローにしたがって照査を行った。安全性の判定は、橋全体系が不安定となる様な位置に部材の塑性化が生じていないことをポイントとして行った。

また、補剛桁はPC部材であるため、ウェブ最外縁の鉄筋ひずみが初降伏しないように鉄筋配置を決定した。

②せん断力とねじりモーメントに対する照査：せん断力の最大応答値に対するせん断耐力の照査を行い、配置鉄筋量を決定した。また、ねじりモーメントが作用する部材については、最大応答値に対してコンクリートの平均せん断応力度の照査を行い、せん断力とねじりモーメントに対する必要鉄筋量を配置した。

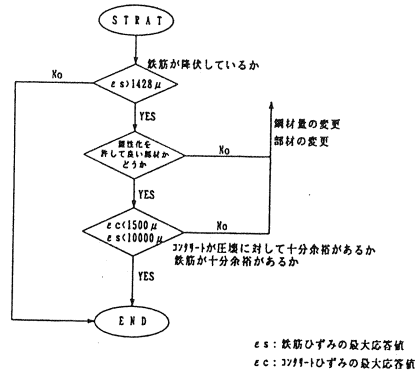


図-5 曲げモーメントと軸力に対する照査フロー

### 3. 3 照査結果および鉄筋配置

①曲げモーメントと軸力に対する照査：面内、面外とも全部材でコンクリートひずみの最大圧縮応答値が最大圧縮ひずみに対して余裕があるため、部材形状の変更は不要となった。鉄筋ひずみの最大引張応答値は、図-6に示すように面内解析において複数の箇所初降伏に達しているため、鉄筋配置を変更して解析を行った。

その結果、アーチリブスプリング部、クラウン部および鉛直材上下端において鉄筋ひずみが初降伏に達したが、いずれも鉄筋ひずみが4000μ以下、コンクリート圧縮ひずみも1500μ以下となり、各部材断面は面内方向地震動の曲げモーメントと軸力に対し、耐力のあることが確認できた。

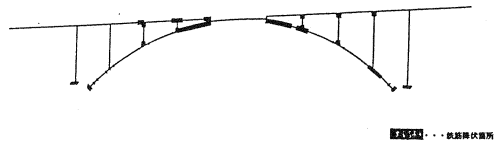


図-6 面内解析による鉄筋の初降伏箇所

さらに、橋全体系での安全性については、配筋を変更することにより、構造が不安定となる位置での塑性化が生じないことを確認できたため、耐震性が確保されているものと判断した。また、面外方向の鉄筋ひずみは、初降伏に達していなかったため、面外方向については健全な状態であると判断した。

軸方向鉄筋配置は、アーチリブ、エンドポスト、鉛直材が耐震部材であることを考慮し、段落しを行わなかった。また、鉄筋継手は塑性化する部分については機械式継手を使用し、その他の部分はD25以下の鉄筋に対して重ね継手を使用することとした。表-2は解析により変更となった鉄筋を示す。

②せん断力とねじりモーメントに対する照査：せん断力およびねじりモーメントの最大応答値によるコンクリートの平均せん断応力度は、せん断応力度の最大値を下回ったため、部材形状の変更は不要となった。

せん断耐力は、図-7に示すように面内解析において複数の箇所不足したため、耐力を満足するように鉄筋配置を変更した。さらに、せん断力とねじりモーメントに対する横方向鉄筋(スターラップ)量の照査を行った結果、鉄筋量が不足している部材もあるため、必要鉄筋量を配置した。

面外方向のせん断耐力は、全部材において満足しているため、ねじりモーメントに対して不足する横方向鉄筋(上床版・下床版)量のみ配置した。

横方向鉄筋配置は、耐震部材であるアーチリブ、エンドポスト、鉛直材について拘束効果が期待できる加工形状に変更した。さらに、中間拘束筋は、エンドポスト、鉛直材について全長にわたり配置を行った。

しかし、アーチリブは箱桁部での上下床版厚が300mmであり、中間拘束筋を全長にわたって配置した場合、鉄筋配置が密になり施工性の低下も懸念されたため、軸方向鉄筋が降伏する部材のみ中間拘束筋を配置した。

ちなみに本橋のように上床版に架設時PC鋼棒が配置されている箱桁断面に中間拘束筋を配置する場合、コンクリートの施工性などを考慮して400~450mm程度の床版厚が必要であると考えられる。

表-2 アーチリブ鉄筋配置

種 別		変 更 前	変 更 後
軸方向鉄筋	上床版	D16@250 ~ D25@125	D25@125
	ウェブ	D16@250 ~ D22@125	D22@125
	下床版	D16@250 ~ D25@125	D25@125
横方向鉄筋	上床版	D16@250	D16@125 ~ D19@125
	ウェブ	D16@125 ~ D22@125	D19@125 ~ D22@125
	下床版	D16@250	D16@125 ~ D19@125

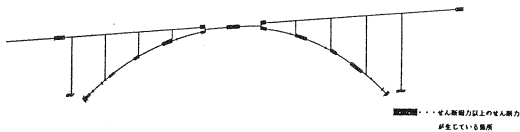


図-7 面内解析によるせん断耐力の不足箇所

#### 4. 施工

本橋は溪谷を挟んだ両岸にアーチアバットが位置しており、アーチリブの施工は斜吊り・メラン併用片持ち張出架設工法により行われている。(図-8)

このようにアーチ橋は、厳しい架設条件の下で施工されることが多く、本橋でも作業ヤードや搬入路の確保、コンクリートの打設方法などに多くの問題が生じた。

ここでは、本橋を施工するにあたって実施したいいくつかの施工提案について報告を行う。

##### 4. 1 アーチアバットの施工

アーチアバットの施工は、資材等の搬入は右岸ヤードからケーブルクレーンを利用して行い、コンクリート打設については右岸側は架設構台からのポンプ車打設、左岸側については当初ケーブルクレーンを利用したバケット打設を計画していた。

左岸側アーチアバットのコンクリート打設は、施工当時左岸側のトンネルは未完成であり、進入路は林道のみが使用可能であったためバケット打設が計画された。また、コンクリートの打設リフト割りは、躯体体積が1750m<sup>3</sup>あるため、バケット打設による1リフト当たりの最大打設可能量を300m<sup>3</sup>に設定し、7リフトとした。計画にしたい左岸側の第1リフトについてコンクリート打設を実施した結果、当初計画していた打設時間に対する予定量を打設することができなかった。

その理由として、荷取り場所から打設場所までの距離が約200mあり、高低差も30m以上あるためケーブルクレーンの運搬にかかるサイクルタイムが想定以上であることが考えられた。しかし、アーチアバットのような打設面積が大きい部材で打設リフトが増加した場合、打ち継ぎ目部の増加は構造的に好ましくなく、さらにレイタンス処理回数も増えるため、経済性も考慮して打設方法を変更することにした。

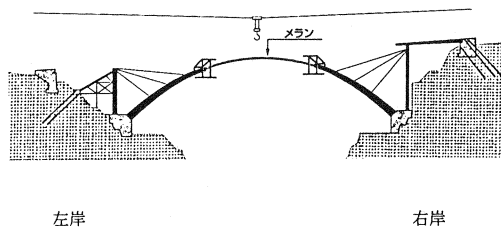


図-8 アーチリブの施工

そこで、海岸付近の防破堤工事などに使用されている空中配管を利用したポンプ車打設の提案を行った。

空中配管計画当初には配管の閉塞、打設時の配管軸方向の動きに対する管継ぎ手のはずれなどが懸念されたが、実際の打設時にはコンクリートの天端が上昇する際の配管位置の盛り換え作業が生じた他は特に大きな問題もなく、当初計画したリフト割りで打設を終えることができた。

写真-1、2は空中配管の配置状況である。

#### 4. 2ワイヤーブリッジ

前述したように、左岸側への進入路は林道に限られているため、移動には長い時間を要する。また、アーチリブの施工が開始され、ワーゲンが稼働し始めると左右岸の作業員の往来も頻繁となり、人の移動も工事を管理する上で重要な課題となってくる。そこで、往来にかかる時間の削減を目的に、ワイヤーブリッジの提案を行うこととした。

ワイヤーブリッジ計画当初には、アンカー支間が長いため、冬場に起こる谷からの強風の吹き上げにより生じる揺れなどの影響が懸念されたが、風速計の設置による通行規制、耐風策の設置による揺れ防止、主策ワイヤー配置間隔を広くするなどの対策により問題を解決することができた。

また、主策ワイヤーのアンカーは、右岸側は現地盤に設置する事ができなかったため、アーチアバット、および土留め壁からPC鋼棒により固定する構造とし、左岸側では現地盤を掘削し、コンクリート重力式のアンカー構造とした。

ワイヤーブリッジを架設した結果、作業員の移動も容易になり作業効率も上がった。

表-3は、ワイヤーブリッジの設計条件および主要材料である。

#### 4. 3補剛桁を利用したバックステー構造

本橋の右岸側ではエンドポストの背面に市道があり、アーチリブの片持ち張出架設時に併用する斜吊り工法のバックステーが対岸側のような仮設ブロックを構築して定着することができない。

そのため、計画時より市道を跨ぐP2-A2間の補剛桁をバックステー材として利用する方法がとられている。

力の伝達方法は、図-9に示すようにフォアス

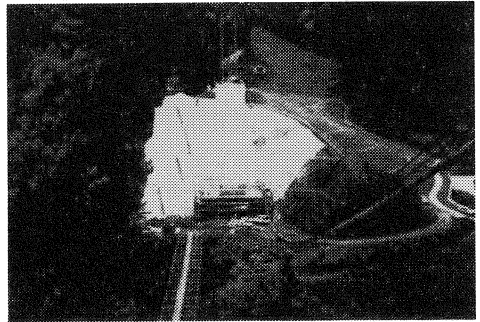


写真-1 空中配管 (右岸より左岸眺望)

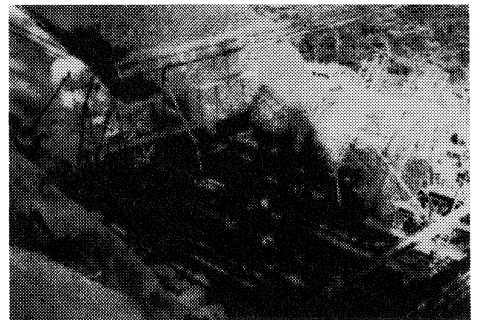


写真-2 空中配管 (左岸アーチアバット)

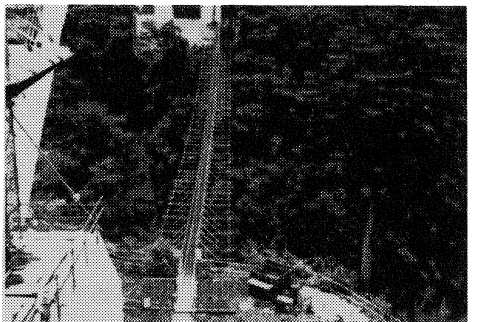


写真-3 ワイヤーブリッジ

表-3 設計条件および主要材料

支 間: 124.0m、通路幅: 1.0m
荷 重: 自重+活荷重(700kg=10人)
主策ワイヤー: φ18×8本

テーによる水平力が、P2エンドポストを介して補剛桁中空部に配置した外ケーブルに伝わり、さらに外ケーブルに伝達された力は橋台に配置したグラウンドアンカーによって地盤に伝達する構造となっている。

この施工方法を実施した結果、バックステーブロックの製作が不要となった他、補剛桁上がフォアスターの加工ヤードとして使用できるため、右岸側のフォアスターの架設作業を効率良く行うことができた。

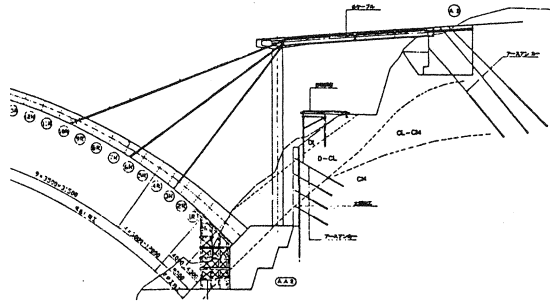


図-9 右岸側バックステー構造

### 5. おわりに

耐震性能の照査により、アーチリブの鉄筋量は保有水平耐力レベルの地震動により大きく増加することが確認された。

また、耐震性能を向上するための鉄筋配置をアーチリブ部材に適用する際のいくつかの問題点も確認することができた。

例えば、アーチリブ箱桁断面の中間帯鉄筋の配置方法や部材厚の設定などについては、今後解決しなければならない課題の一つであると考えられる。

また、施工における作業の効率化、省力化は近年の大きな課題となっており、本工事で提案した方法も、作業効率の向上策の一つであると考えられる。

本橋は平成11年6月末現在でアーチリブ・メラン部の施工を行っており、本年7月末の併合を目指して鋭意施工中である。アーチリブ施工後は、鉛直材、補剛桁の施工を順次行う予定である。

最後に、本橋の設計・施工の報告にあたり、多大のご指導、ご協力を頂いた関係各位にこの場をお借りして深く感謝の意を申し上げます。

### 参考文献

- [1] (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，平成8年12月
- [2] 玉置，新井，板井，山崎：非線形解析プログラムの外ケーブル構造への適用と今後の標準化について  
プレストレストコンクリート技術協会，第5回シンポジウム論文集，1995.10

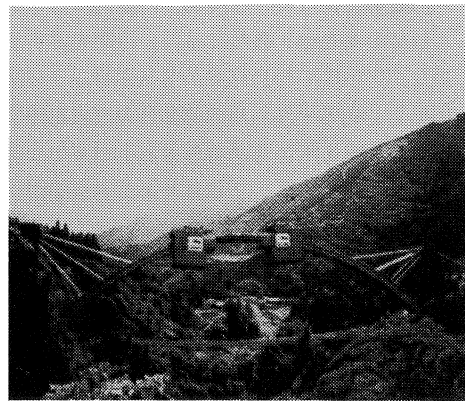


写真-4 工事状況