

特集

コンクリートアーチ橋

コンクリートアーチ橋の設計

坂井 逸朗*

1. まえがき

橋梁の構造は重力を支えるメカニズムによって分類され、代表的な橋梁形式は、曲げによって支える桁橋、アーチ作用によって支えるアーチ橋、吊り構造によって支える吊り橋および斜張橋の4大構造形式に大別される。それらの構造形式の中でアーチ橋は、円弧曲線による外観が与える調和のとれた美しさ、力強さと相まって、アーチ作用と呼ばれるその重力支持メカニズムによって主構造部材であるアーチリブを全圧縮部材とできるので、古代ローマ、古代中国の石造アーチ橋やわが国九州地方の石橋群のように古来から天然の石材を用いて耐久性のある橋が建設されてきた。

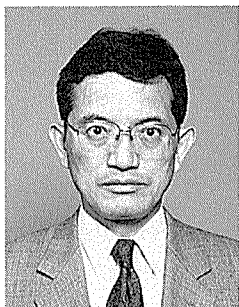
コンクリートアーチ橋は圧縮に強いコンクリートの特性を生かす意味で合理的な構造であるが、20世紀に入ると軸圧縮だけではなく曲げにも抵抗できる鉄筋コンクリートを用いて支間の大きなアーチ橋が建設されるようになった。支間が大きくなってくると、アーチリブを死荷重重力に対しては全圧縮とできて、活荷重による曲げが無視し得なくなり、さらには地震による水平慣性力が作用すると大きな曲げが発生し、それによって引張りが生じることは避けられなくなった。大地震の多発するわが国ではアーチリブを曲げ部材として捉える必要が出てきた。

アーチリブは曲げ部材でもあるという認識の浸透とPC技術の発展に伴って近年片持ち張出し架設を基本とするPC構造や吊り構造、合成構造を利用した架設工法によってさらに長大支間のコンクリートアーチ橋が建設されるようになってきた(表-1)。ここでは近年のPC技術を応用した長大コンクリートアーチ橋の建設が盛んに行われている現状を踏まえて、アーチ橋の設計について述べ、兵庫県南部地震以後の耐震設計の一端にも触れることにする。

2. 一般

2.1 形式の分類

アーチ橋にはさまざまな形式があり、その外観、支持条



* Itsuro SAKAI

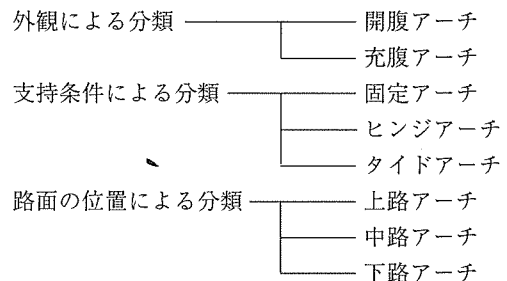
住友建設(株) 土木本部
PC設計部長

表-1 支間80m以上のコンクリートアーチ橋の実施例

	橋名	支間長(m)	施工法	完成年
1	富士川橋	265	ピロン	施工中
2	高松大橋	260	トラス・メラン	施工中
3	別府明礬橋	235	トラス・メラン	1989
4	宇佐川橋	204	ピロン・メラン	1982
5	池田湖橋	200	トラス	施工中
6	極楽橋	188	ピロン・メラン(直吊り)	施工中
7	青葉大橋	180	トラス・メラン	1996
8	外津橋	170	トラス	1974
9	水晶山橋	150	支保工	施工中
10	新小倉橋	150	ピロン	施工中
11	帝釈橋	145	ピロン・メラン	1978
12	接岨大橋	140	メラン	施工中
13	大滝橋(滝里ダム2号橋)	126	張出し(仮支柱)	1990
14	阿嘉橋	125	支保工	1998
15	俣野川橋	119	トラス	1992
16	丸山大橋	118	ピロン・メラン	1991
17	赤谷川橋梁	116	トラス	1979
18	天子川橋	116	トラス	1993
19	新玉川橋	110	合成アーチ巻立て	1996
20	中谷川橋(二期)	106	トラス	1996
21	茶間川橋	103	支保工	1996
22	茶間川橋	103	ピロン	1997
23	新山清路橋	100	張出し	1966
24	大滝橋	100	支保工	1985
25	中谷川橋(一期)	100	トラス	1989
26	島山長大橋	96	合成アーチ巻立て	1994
27	知原橋	94.3	合成アーチ巻立て	1995
28	芳見橋	90	セントル	1971
29	鶯川橋	85.5	セントル	施工中
30	荒谷橋	88	セントル	1982
31	堀越高架橋	87	支保工	1995
32	石子屋橋	86	合成アーチ巻立て	1995
33	大沢橋(JR)	86	セントル	1975
34	城祉橋	82	合成アーチ巻立て	1989

(平成10年9月20日現在)

件、路面の位置によって次のように分類される。



さらに、アーチ橋を構成する各部材の構造特性によっても分けられ、その分類は図-1に示すようである。

2.2 部材の名称

アーチ橋各部の名称を図-2に示す。図中、上床版と呼ん

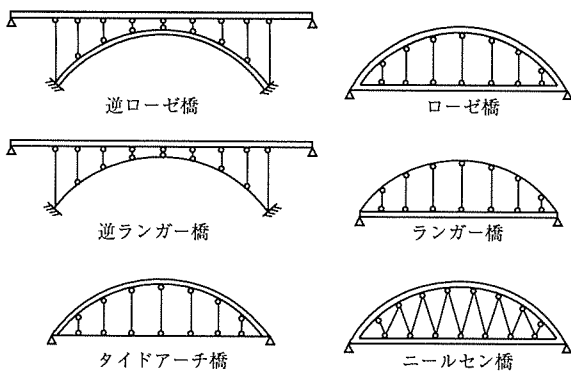


図-1 部材の構造特性によるアーチ橋の分類

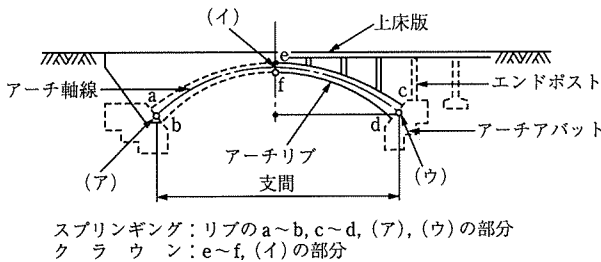


図-2 アーチ橋各部の名称

ている部分は鋼アーチ橋では補剛桁と呼ばれているが、コンクリートアーチ橋ではこう呼ぶことが多い。路面の位置が中路、下路になる場合は上床版ではなく主桁と呼ぶ方がより適当であるが、本文では便宜上上床版の呼称で通すことにする。

2.3 形式の選定

アーチ橋の形式の選定にあたっては、まず路面線形と地形条件との兼ね合いを考慮して、上・中・下路の路面位置とともにアーチ支間およびライズを決定し、基礎地盤の地質を考慮して支持条件や構造形式を決定する。強固な基礎が築造できる地盤では固定アーチが最も経済的であるが、変位の影響が考えられる地盤ではヒンジアーチが有利となる場合もある。とくにアーチ水平反力に対する横変位が大きくなる地盤ではタイドアーチ、ローゼ桁などの水平反力を自旋式に処理し、外的には静定とする構造が有利となり得る。固定アーチ、ヒンジアーチの場合のアーチ基礎には鉛直反力だけでなく大きな水平反力も常時作用すること、アーチ基礎の変位は構造系に大きな影響を及ぼすことを念頭において基礎の位置を決定しなければならない。

一般に、ライズを高くとるほどアーチ作用による水平反力が減るのでアーチ基礎の設計上有利になるが、一方ライズが高くなるほど水平方向に作用する地震力に対しては不利になる。また、アーチ効果を最大に発揮し、コンクリートの特性を生かすためにできるだけアーチ軸線が圧力線に近くなるように設定しなければならない。スパンライズ比の決定にあたってはこれらのことを考慮に入れて、最適なものを選ぶ必要がある。

上床版の形式および形状は、側径間の長さ、上床版の剛性および重量と上床版による補剛効果との兼ね合い、アーチリブの架設工法、その架設工法における上床版の利用度合等、種々の要因を検討したうえで決定しなければならない

い。逆ランガー構造などでは上床版の剛性確保が支配的な要因となるが、アーチリブを先行架設するような構造の場合は、上床版ができるだけ軽量である方が有利になることが多い。

3. 設 計

3.1 設計手順

コンクリートアーチ橋の設計手順を図-3に示す。アーチ橋の構造形式、形状を決定するまでに、先に述べたように地形条件、地質条件、路面線形の相互関係をよく考慮して最適な構造系を選ぶようにしなければならない。構造形式、形状が決まれば、次いでアーチ軸線、部材断面寸法、材料仕様を定めて断面力計算と続くわけであるが、アーチ軸線、部材寸法が最終的に決定されるまでには、何度かトライアル計算により概略検討を行わなければならない。アーチリブの架設工法によっては架設時の応力によって部材断面が決まる場合もあるので、そのような場合は概略検討は完成系だけでなく架設系に対しても行う必要がある。

アーチ橋の施工は支間が長大になるにつれて、完成系の断面力が一度に構造系全体に作用するような形で行われることは少数の例外を除いてまれである。とくにアーチリブの架設にPC構造、吊り構造、合成構造を利用した場合など、施工時の構造系は架設の進行に伴って各段階ごとに刻々変化していき、その変化の度合も極めて複雑な場合が多い。また施工期間があまり長期にわたるとその間に進行

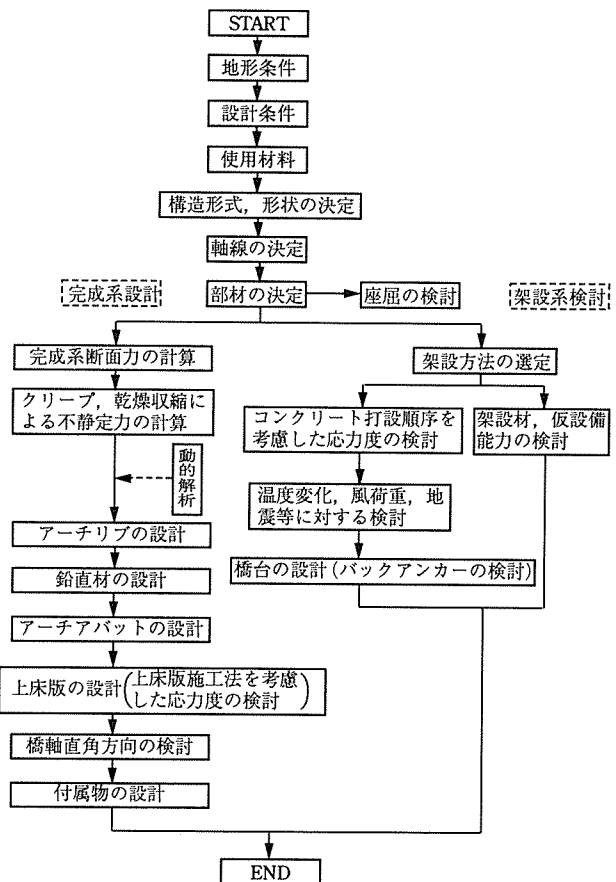


図-3 アーチ橋の設計手順

するコンクリートのクリープ、乾燥収縮の影響が無視できなくなる場合もある。アーチ橋設計時の断面力算定に用いる電子計算解析プログラムは、これらの要因を考慮できるよう適切なものを選ばなければならない。また、入力データのチェックが容易に行えること、入力データの作成時に仮定した要因と出力データ(断面力、変位)との因果関係が容易に追跡できることなどが、プログラムの属性として要求される。

3.2 アーチ軸線

アーチ軸線は、できるだけ圧力線に近く、アーチリブに生じる曲げを最小に抑えられるように設定する。アーチ軸線には円錐曲線、高次多項式曲線、ハイパボリック曲線などが用いられるが、長大コンクリートアーチ橋で最もよく用いられているのは以下に示すハイパボリック曲線である。

$$y = \frac{f}{m-1} (\cosh k\xi - 1) \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

ここに、

$$k = \cosh^{-1} m$$

$$\xi = x/l_1$$

$$l_1 = l/2$$

f : アーチライズ

m : パラメータ(元来の意味は W_s/W_c 、すなわちスプリング部とクラウン部における単位長さあたりの載荷重比)

x : クラウンからの水平距離

y : クラウンからの鉛直垂距

図-4にアーチ軸線の座標を示す。

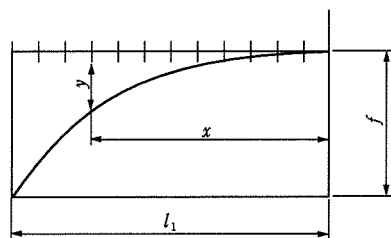


図-4 アーチ軸線の座標

パラメータ m の値のとり方によりアーチ軸線の形状は変化する。表-2に示すように m の値が大きくなるほど、アーチ軸線の形状は扁平になる。パラメータ m の値を適当に選ぶことによって、アーチ軸線の形状が実際の荷重による圧力線にできるだけ近くなるように設定することができる。

パラメータ m の選定にあたっては、アーチの構造特性を發揮させるために、一般に次のような条件を満足するように考えるとよい。

- ① 全死荷重作用時にアーチリブに引張応力度を生じない。

表-2 m と $L/4$ 点での y/f との関係

m	1.5	2.0	3.0
y/f	0.236068	0.224745	0.207107

- ② 活荷重作用時に生じるアーチリブの引張応力度をコンクリートの曲げ引張応力度以下とする。すなわち、活荷重によっても曲げひび割れを生じさせない。
- ③ 地震時にスプリング部に過大な曲げを生じさせない。

非対称アーチの場合は左右で m の値を変えてアーチリブのモーメントのバランスをよくすることができる。

3.3 構造モデル

(1) 構造解析理論

アーチ橋の設計断面力は、先に述べたような施工時における構造系の変化を考慮し、架設段階ごとに断面力、変位など荷重作用の結果を累積計算して行って求めなければならない。この目的のため解析は汎用骨組み棒構造解析によって行われるのが通常である。骨組み棒構造解析には2次元面内解析、2次元面外解析および3次元立体解析の3種類があるが、設計の段階、検討のレベル、対象荷重の種類、頻度および特殊性に応じておのおのを適切に使い分けることが必要である。

また、次のような問題を検討する必要がある場合には、モデルを棒要素だけではなく、より実際の形状に近い形に相似させるため、面要素や固体要素を組み合わせた構造に置き換えるFEM解析が有用である。

- 鉛直材、架設時の斜吊り材やプレストレスケーブルなど局部的に大きな力が作用する部分からのアーチリブへの力の伝達
- 異なる構造部材が接合される部分や断面急変部などでの局所的な応力の流れ
- 広幅員断面や変則断面における荷重分配など

FEM解析はこれらの問題を検討したり、設計計算上の仮定の妥当性を検証するためによく用いられるが、精度の良いモデル化のためには膨大な要素数を必要とし、構造系を変化させながら荷重作用の結果を累積させていくような計算過程に用いるには適当であるとは言えない。設計計算は梁理論を基本とする現行設計体系に直結する棒要素解析によるのを基本とし、面要素、固体要素によるFEM解析はあくまでも補助手段であると認識して、これを行うのは設計遂行上必要な情報を得るためにやむを得ない場合などに限定すべきである。

(2) アーチの変位の影響

一般にアーチの構造解析は微小変形理論によることができる。荷重作用によるアーチの変位すなわち軸線の移動が断面力に影響を与える場合は、有限変形理論によらなければならない。「道路橋示方書・同解説Ⅲ コンクリート橋編」¹⁾ 解説(以下、道示Ⅲ)および「鉄道構造物等設計標準・同解説、コンクリート構造物」⁶⁾によれば次式で与えられる細長比 λ が35以上の場合には有限変形理論などにより、アーチ軸線の移動の影響を考慮しなければならないと規定されている。

$$\lambda = L \sqrt{\frac{A l / 4 \cos \theta / 4}{I m}}$$

ここに、

λ : 細長比

表-3 係数δ

f/l	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
固定アーチ	0.360	0.375	0.396	0.422	0.453	0.495	0.544	0.596	0.648
1 ヒンジアーチ	0.484	0.498	0.514	0.536	0.562	0.591	0.623	0.662	0.706
2 ヒンジアーチ	0.524	0.553	0.594	0.647	0.711	0.781	0.855	0.956	1.059
3 ヒンジアーチ	0.591	0.610	0.635	0.670	0.711	0.781	0.855	0.956	1.059

ここに、 f/l :スパンライズ比の逆数

$L = \delta l$:換算部材長

$A/4$: 支間の1/4点におけるアーチリブの断面積

$\theta/4$: 支間の1/4点におけるアーチ軸線の傾斜角度

I_m : アーチリブの平均断面二次モーメント

δ : 表-3に示す係数

l : 基礎の固定度を考慮した支間

一方、「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編」²⁾では死荷重による作用水平力とEuler座屈水平力との比を用いた割増し係数:

$$\frac{1}{1 - \frac{H}{H_{cr}}} \dots\dots\dots \text{参考式1}$$

による付加応力度が10%程度を超える場合は骨組み線の変位の影響を考慮しなければならないと規定されている。ちなみにAASHTO⁷⁾ではアーチリブの変形を無視して得られた断面力の場合、死荷重および活荷重による作用軸力とEuler座屈軸力との比を用いた同様の割増し係数:

$$\frac{1}{1 - 1.7 \frac{T}{T_{cr}}} \dots\dots\dots \text{参考式2}$$

を活荷重による曲げモーメントに乘じなければならないと規定されている。

参考式1による応力付加の割合と細長比 λ の関係を試算してみる。コンクリートアーチ橋で強度 $\sigma_{ck} = 400\text{kgf/cm}^2$ のコンクリートを使用した場合を想定する。

$E_c = 3.1 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$ とし、作用応力度 $\sigma_c = 100\text{kgf/cm}^2$ 程度になるように設計するものと仮定すると、

$\frac{H}{H_{cr}}$ すなわち

$$\frac{\text{作用水平力}}{\text{Euler座屈水平力}} = \frac{\text{作用応力度 } \sigma_c}{\text{Euler座屈応力度 } \sigma_{cr}}$$

$$\sigma_{cr} = \pi E^2 / \lambda^2$$

であるから、 λ の各値に応じて表-4のような結果を得る。 $\lambda = 53$ 以下であれば、参考式1で表される付加応力度の割合は10%程度以下になることが分かる。文献⁸⁾によれば、わが国の長大コンクリートアーチ橋の例では、 λ が60を超えてもアーチ変位の影響は小さいことが報告されている。後述するように道示Ⅲ解説では、 λ が35を超えればアーチリブの座屈解析を行わなければならないが、100以下であれば有限変位理論によらず、付加モーメント法で耐荷力を照査すればよいとされている。

(3) モデル化

アーチリブを棒要素に分割し、各棒要素の圆心軸を結んだものをアーチ軸線とする。鉛直材、上床版も同様にモデ

表-4 細長比 λ と付加応力度の関係

λ	20	35	50	53	100	200
$\sigma_{cr}(\text{kgf/cm}^2)$	7 649	2 498	1 223	1 089	306	76
$\sigma_c(\text{kgf/cm}^2)$	100	100	100	100	100	100
$H/H_{cr} = \sigma_c / \sigma_{cr}$	0.0131	0.0400	0.0818	0.0918	0.327	1.32
割増し係数	1.013	1.042	1.089	1.101	1.49	—

ル化する。先に述べたようにアーチ軸線はできるだけアーチリブに生じる曲げが小さくなるように選ぶわけであるが、アーチリブや上床版の曲げ剛性の分布も影響を与えることも考慮に入れなければならない。

アーチライズをできるだけ高くして応力上有利にするため、また上載荷重をできるだけ減らす目的で、クラウン部でアーチリブと上床版とを一体化することがしばしば行われる。このような場合のクラウン部での構造軸線のとり方について、コンクリート道路橋設計便覧⁴⁾では図-5のような方法が提案されている。アーチリブ、鉛直材、上床版の施工順序、載荷重の載荷順序などを考慮して、対象とする荷重に対して最も適切なものを選ばなければならない。設計計算上仮定したクラウン部のモデル化の妥当性を検証するためにFEM解析が用いられることがある。

3.4 設計検討

(1) 基礎の設計

強固な岩盤を選んで位置設定されたアーチアバットは鉄筋コンクリート構造の直接フーチング基礎に準じて設計す

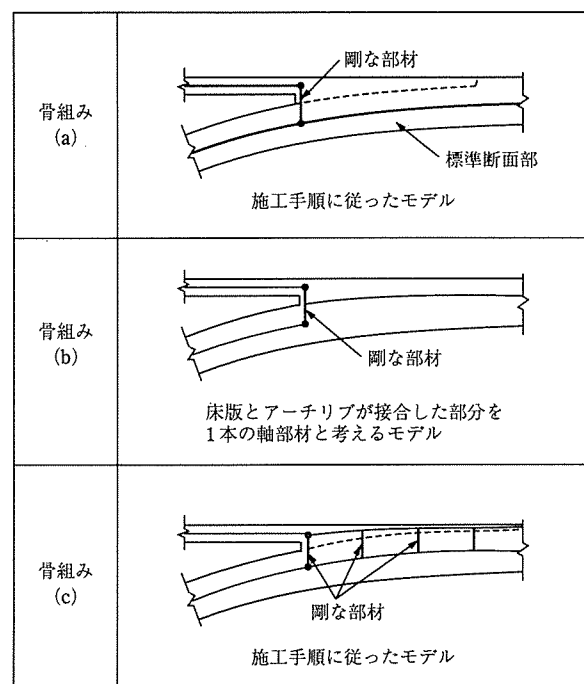


図-5 クラウン部のモデル化

る。ただし水平荷重に対しては底面の滑動抵抗ではなく、背面岩盤の垂直応力で抵抗させるものとし、極力変位の影響を避けなければならない。アーチアバットの形状は掘削による法面への影響を小さくするため階段状とすることが多い。法面掘削を最小限にするために斜め深礎にした例もある。

(2) 各部材の設計

アーチリブのスプリング部およびクラウン部、エンドポストおよび鉛直材の基部は耐震設計における塑性化領域であることを考慮して設計する必要がある。アーチリブの $L/4$ 点は完成系では曲げの小さな領域であるが、架設時に大きな曲げが発生する可能性があるので注意が必要である。面外への地震、座屈に対する抵抗を増すためにスプリング部を拡幅する場合がある。

上床版はアーチリブに加わる死荷重軽減のためPC構造とすることが多い。

(3) クリープおよび乾燥収縮の影響

コンクリートのクリープおよび乾燥収縮により、アーチリブが短縮して軸線が変化するのでその影響を検討しなければならない。また架設系を追って累積された断面力もコンクリートのクリープによって変化するのでその影響を設計に考慮しなければならない。

(4) 支点変位の影響

アーチアバットには常時大きな水平力、鉛直力が作用し、地震時には大きな曲げモーメントも加わる。これらの持続荷重が作用した結果、岩盤クリープなどによる変位が発生すると予想される時は、それがアーチリブの断面力に与える影響を検討しなければならない。

(5) 施工誤差の影響

アーチリブは複雑な架設系を経て施工されることが多いため、累積施工誤差が生じたり、またコンクリートのクリープの影響を考慮してあらかじめ上越しを与えておく場合が多いので、これらによるアーチリブ軸線変化の影響を考慮しなければならない。

(6) 曲率

アーチリブはボックス断面とすることが多いが、曲率をもっているため、フランジ部分に作用する大きな橋軸方向圧縮応力度や架設時に導入する仮プレストレスの垂直分力によってフランジに橋軸直角方向の曲げを生じさせるので、ウェブ間隔の広い断面の場合はこの曲げに対する検討が必要である。

4. 座屈の照査

アーチは大きな圧縮力を受ける構造であるので、面内外における座屈に対して安全であることを確かめなければならない。アーチの座屈には大きく分けて、Euler荷重による座屈、アーチ変位が断面力に影響を及ぼす幾何学的非線形挙動による座屈、さらに荷重の増加につれて部材剛性が低下することによって変形および断面力が影響を受ける材料非線形挙動による座屈がある。このうちEuler荷重による座屈は、表-4から分かるように安全率を考慮しても細長比 λ が100くらいまでは起こり得ないと考えてよい。通常の場合、

合、アーチリブの細長比 λ が100を超えるようなケースはランガー構造の場合であると考えられ、この場合は補剛桁(上床版)を含めた全体構造で検討しなければならない。

幾何学的非線形挙動による座屈照査は有限変形理論を用いた構造解析、材料非線形挙動による座屈照査はファイバーモデルや $M-\phi$ モデルの部材モデルを用いた耐荷力解析によって行うことができる。道示Ⅲ解説によれば、細長比 λ が100以下の場合、付加モーメントを考慮して終局荷重時のアーチリブ曲げ破壊の検討を行えばよく、また細長比 λ が35以下の場合には座屈に対する照査を省略できている。同解説には付加モーメントの具体的計算方法は述べられていないが、DIN1075なども参照できる¹⁰⁾。

部材剛性低下によるモーメント再分配の効果を反映するには、上記の非線形モデルによる耐荷力解析を行わなければならない。文献⁸⁾によれば λ が60程度の場合、幾何学的非線形よりも材料非線形の影響の方が大きい。

アーチの面外座屈はアーチリブをアーチ支間に等しい長さをもつ柱とみなして検討してよい。

5. 耐震設計

5.1 一般

兵庫県南部地震以降、橋梁の耐震設計は設計地震力が大幅に大きくなり、部材の非線形性を考慮した設計を行うようになった。また、アーチ橋や斜張橋のように地震時の挙動が複雑な橋に対しては地震時保有水平耐力法の適用が困難であり、動的解析を行って設計しなければならない³⁾。したがって一般的なコンクリートアーチ橋の耐震設計は非線形動的解析を行わなければならないが、その適用にあたっての問題点も多く残されている。

5.2 解析モデル

非線形部材のモデル化としては、ファイバーモデル、 $M-\phi$ モデルなどがあり、構造特性や解析目的に応じて適切なモデルを用いるのがよい。とくにアーチリブには地震時に大きな軸力変動が作用するため、軸力変動が考慮できるモデルがよい。アーチリブ、エンドポスト、鉛直材は地震時に塑性化が想定され、非線形部材としてモデル化し、補剛桁については部材が初降伏に至らないように設計するものとし、線形部材とする場合が多い。

5.3 安全性の判定

動的解析による安全性の判定の主な項目として以下の点が考えられる。

- ① 塑性化する箇所が適所であること：コンクリートアーチ橋においては、アーチリブのスプリング、クラウン部付近がまず塑性化することが考えられ、それ以外の部材が塑性化しないようにアーチリブの軸方向鉄筋を決定しなければならない。また塑性化するスプリングやクラウン部付近ではじん性が発揮できるような構造細目にしなければならない。また、エンドポストや鉛直材の基部も塑性ヒンジが生じる可能性があるため、じん性を考慮した構造細目にしなければならない。
- ② 非線形部材の応答曲率が許容曲率以下であること：

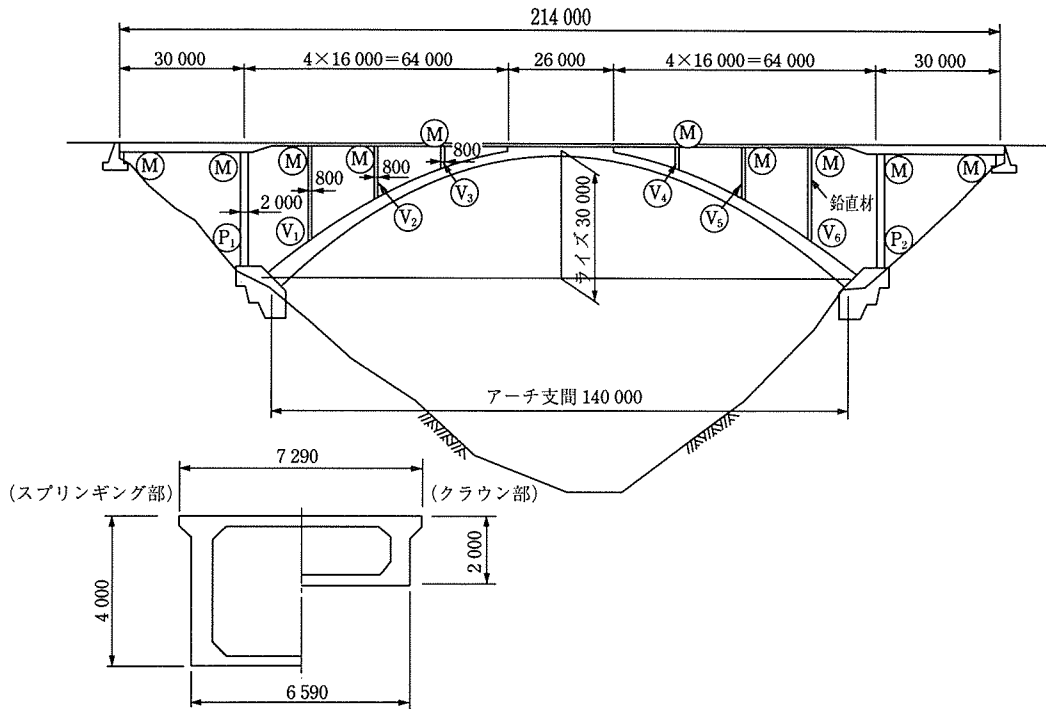


図-6 耐震設計アーチ橋一般図

$$\phi_a = \phi_{y0} + (\phi_u - \phi_{y0}) / \alpha$$
 ここで、 ϕ_a : 許容曲率(1/m)
 ϕ_{y0} : 初降伏曲率(1/m)
 ϕ_u : 終局曲率(1/m)
 α : 安全係数

③ 各断面のせん断耐力が応答せん断力以上であること
 また以上の項目だけでなく、橋全体として安全性の確保をあらゆる角度から照査することが重要である。

5.4 試算結果

文献^{5), 9)}から引用して、図-6に示すアーチ支間140mのアーチ橋で図-7に示すような履歴特性モデルを用いて試設計を行い、弾性動的解析と非線形動的解析とを比較した結果を示す。

弾性動的解析では震度法による耐震設計結果の照査に用いる地震入力とし、解析方法は応答スペクトル法とした。非線形動的解析では地震時保有水平耐力法による耐震設計結果の照査に用いるタイプIIの地震入力とし、非線形時刻歴応答解析とした。地震種別はともにI種地盤としている。

その結果アーチリブの鉄筋は主として非線形動的解析による耐震設計で決定され、鉄筋量は震度法で決定される鉄筋量の1.45倍となった。曲げモーメントに対する軸方向の鉄筋、せん断力、ねじりモーメントに対する横方向鉄筋の増加が大きな要因であった。

5.5 今後の課題

(1) ねじりモーメントについて

橋軸直角方向地震時に、アーチリブには大きなねじりモーメントが作用する。ひび割れ発生後にはねじり剛性が低下することが知られているが、試算によればそのねじり剛性の値によって応答値は大きく変化することとなる。兵

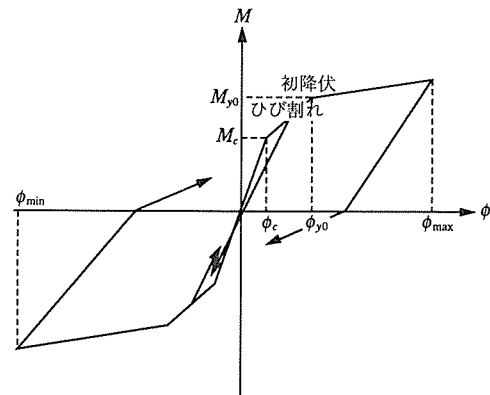


図-7 履歴特性モデル

庫県南部地震クラスの大きな地震動に対してどのようにねじり剛性を評価し、安全性を照査するかについて検討する必要がある。

(2) 施工について

アーチ橋では建設用の鋼材がアーチリブに埋め込まれていたり、壁厚の薄い中空断面である場合など、十分な中間帯鉄筋を配置することが困難な場合がある。じん性を考慮した施工性の良い、有効な配筋方法について研究が必要である。

6. 架設時の検討

6.1 架設時応力の検討

アーチ橋の架設工法には大きく分けて全支保工施工、セントル施工、片持ち張出し施工の3つの工法があり、さらにこれらのバリエーションもしくは併用工法としてメラン工法、ロアリング工法、合成アーチ巻立て工法などがある。前二者による場合を除いて、アーチリブには架設中に大き

な曲げ応力度が発生し、完成系における応力度を超える可能性があるため検討が必要である。

片持ち張出し架設など施工時の構造系が完成系と大きく異なる場合は、地震時の挙動もまったく異なるので注意しなければならない。施工中の地震に対する検討は最も不利な状態で行うものとする。

6.2 仮設部材、基礎の設計

アーチの架設には、

セ ン ト ル：架設後回収される鋼製支保工アーチ

メ ラ ン：完成したアーチリブ中に埋め込まれる鋼製支保工アーチ

鋼管合成アーチ：アーチリブコンクリートで巻き立てられる

前方斜吊り材

バックステイ

アンカー基礎

などの仮設部材が使用される。これらの部材、基礎は施工中の最大累積応力が発生する時点を正確に把握して安全となるよう設計しなければならない。

メランなどの鋼製アーチ部材には大きな軸圧縮力と同時に曲げが加わるので、座屈に対する安全性を十分検討することが必要である。

バックステイ、アンカー基礎は片持ち張出し架設が最大限に伸びきった状態に対して抵抗できるような一定の安全率の下に設けられるものである。バックステイの最大張力時に抵抗できるアンカー基礎が必要となるが、基礎の寸法をできるだけ小さくするため、グラウンドアンカーを使用することが多い。したがってアンカー基礎の地盤に対しては、バックステイ張力が加わる前のグラウンドアンカー緊

張時の方が応力が厳しくなる場合があるので注意が必要である。

片持ち張出し荷重の増加に伴うバックステイの伸び変形を抑えてアーチリブの上越し管理を容易にするため、バックステイをプレストレストコンクリート構造とする場合もある。

7. あとがき

コンクリートアーチ橋の設計について、PC技術を応用した長大アーチ橋を念頭におき、全般的な留意点を述べた。記述の不十分な点については他の文献等を参考にさせていただきたい。また、耐震設計については非線形動的解析による設計が最近行われるようになったばかりであり、今後の検討例の増加が望まれる分野であることを付記しておく。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲ コンクリート橋編，1996.12
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ 鋼橋編，1996.12
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ 耐震設計編，1996.12
- 4) 日本道路協会：コンクリート道路橋設計便覧，1994.2
- 5) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1998.1
- 6) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物
- 7) AASHTO：Standard Specifications for Highway Bridges, Fifteenth Edition, 1992
- 8) 則久，新井，本田：コンクリートアーチの設計，橋梁と基礎，1991.8
- 9) 森，武村，幸左，松田，永井：コンクリートアーチ橋の非線形動的解析，第1回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，1998.1
- 10) 北沢，幸左，岩永，若狭：水晶山橋の設計，橋梁と基礎，1994.2

【1998年8月19日受付】

◀刊行物案内▶

新しいPC技術の動向

—— 第26回PC技術講習会 ——

(平成10年2月)

頒布価格：5 000円 (送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会