

I-451 上路アーチ橋の横荷重設計について

(株)横河ブリッジ 正員 盛川 勉

松尾橋梁(株)

柴原幸雄

トピー工業(株) 正員 土橋健治

武蔵工業大学 正員 増田陳紀

1. はじめに

上路アーチ橋は重心位置が高いために横荷重に対する安定が問題となる形式である。上路アーチ橋ではアーチリブ面の横構(下横構)と補剛桁面の横構(上横構)以外に、本来は輪荷重を直接支持するために設ける床版が横剛性に大きく寄与する。そのため、上路アーチ橋では、上横構と下横構のみの剛度に応じて荷重分担されるわけではなく、床版剛性が上路面で寄与することから上路横組の荷重分担が大きくなることが推察される。その結果、補剛桁支承反力が床版剛性を無視した場合より非常に大きくなる可能性も考えられる。

一方、横構・対傾構などの横組部材は、立体構造物としての面内・面外剛性にも寄与しているものの基本的には横荷重に対して設計する2次部材とみなされ、全体鋼重に占める割合も10%前後であるため、設計作業では安全側となる方法でできるだけ簡便に取扱うことが望まれる。

表-1 横荷重に対する設計法(実績)

2. 横荷重設計の現状

表-1に、ほぼこの10年間に架設された上路アーチ橋の設計法を示す。上路アーチ橋の横荷重設計の特徴ないし問題点と思われる事項は、以下の3点に要約される。

(1) 解析モデル 以下の3種類が用いられている。

- ① 簡易モデル(上下横構分離モデル)
- ② 1主構モデル
- ③ 2主構立体モデル

(2) 床版剛性

- ① 考慮する場合
- ② 無視する場合

(3) 上横構と床版の荷重分担

- ① 1:1とする場合
- ② その他の場合

また、図-1にアーチ支間長と解析モデルの関係を示す。アーチ支間150 mをこえる長大アーチになると立体解析を行う場合も多いようであるが、150 m位までのかなり大きな規模のアーチ橋にも簡易モデルが比較的多く用いられている。

3. 現状での問題点

簡易モデルを用いる方法は、とりもなおさず荷重そのものを分離することであり、床版も含めた上路横組とアーチリブの曲率を含めた下横構の横荷重に対する荷重分担率が明らかになっている必要がある。

これに対し、1主構モデルでも床版剛性を考慮すれば上下横構面の荷重分担を正しく評価するのが可能と考えられる。ここでは、上下横構および支柱・対傾構はせん断

床版剛性	解析モデル手法	上横構設計部材力	図示
無視	Type A 簡易モデル ・平面骨組の面内解析 ・上下横構面それぞれ単独の平面解析をする ・アーチリブと補剛桁部の荷重のやりとりは考えない	$1/2 \quad Nd1 \quad \text{or} \quad Nd1$	
	Type C 立体モデル ・立体解析	$1/2 \quad Nd2$	
考慮	Type A 簡易モデル ・平面骨組の面内解析 ・上下横構面それぞれ単独の平面解析をする ・上下の分担は2通り (a) 支柱、対傾構は1/2ずつ (b) 上下の剛比に応じて分担	$1/2 \quad Nd3 \quad \text{or} \quad \frac{I_g}{I_s + I_g} * Nd3$ I_g : 補剛桁部面外剛度 I_s : 床版面外剛度	
	Type B 一主構モデル ・平面骨組の面外解析 ・アーチ1主構面の平面解析をする	$1/2 \quad Nd4$	
	Type C 立体モデル ・立体解析	$1/2 \quad Nd5 \quad \text{or} \quad \frac{I_g}{I_s + I_g} * Nd5$	

変形の影響が大きいので、せん断変形を考慮できる梁要素を用いるなどの必要があるものと考えられる。

床版剛性を無視する解析手法は構造全体をモデル化した場合でも（1主構モデルおよび2主構立体モデル）、上下横構面の力を正しく捉えておらず、床版剛性により床版自身が受ける面外曲げ、支承反力などについても設計力が正しく求められない。

4. 数値計算による検証

以上の考察から、主として1主構モデルの妥当性と簡易モデルの誤差の程度を把握する目的で、図-2に示す上路アーチ橋についてケーススタディを行った。

計算結果を表-2に示す。床版剛性を考えない場合は、せん断断面積を考慮した1主構モデル（①）の変位量・部材力・反力とも、立体モデル（②）の値に対し非常に良い近似値となっていると言える。ここで、アーチリブに載荷した荷重は1支点あたり123 tであるので、補剛桁に載荷された荷重もかなりアーチリブが抵抗している。

次に、床版剛性を考慮した場合の値では、立体モデル（③）と1主構モデル（④）の部材力・反力に差が生じている。これは、床版剛性を骨組要素に取り込むときに、径間ごとにたわみ（曲げ変形+せん断変形）を等価とする換算剛度（断面積）を用いたためと思われる。これらの差は側径間部に大きく生じているので、床版を考慮した場合の横構軸力と反力を精度よく求めるために側径間床版を板要素（⑤）とした計算を行った。この結果、1主構モデルの値は立体モデルの値と非常に近くなった。全体として変位量・反力などは、床版剛性を考慮しない場合と大きな差がみられる。また、1主構モデルでは横構部材力は全せん断力の分力をとるのに対し、立体モデルでは補剛桁・アーチリブ自身が受け持つせん断力があるため、横構部材力に差が生じているが、この差は横構の設計については安全側である。したがって、1主構モデルで特に問題はないものと考えられる。なお、立体骨組モデルで床版剛性を考慮する方法としては、曲げ剛性は補剛桁の断面積として、せん断剛性は換算板厚が等価な横構断面積として評価すればよいものと考えられる。

5. おわりに

本報告は、鋼橋技術研究会設計部会（部会長 早稲田大学 依田教授）のワーキンググループのテーマとしておこなったものである。小文が何らかの参考になれば幸いである。

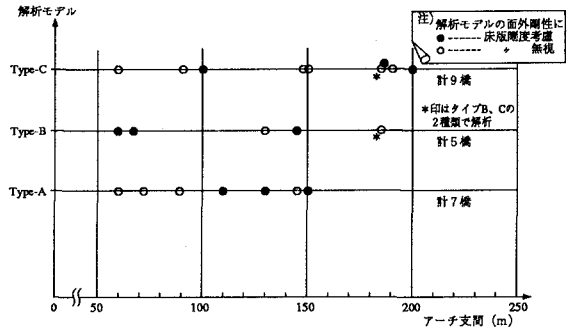


図-1 アーチ支間長と解析モデル

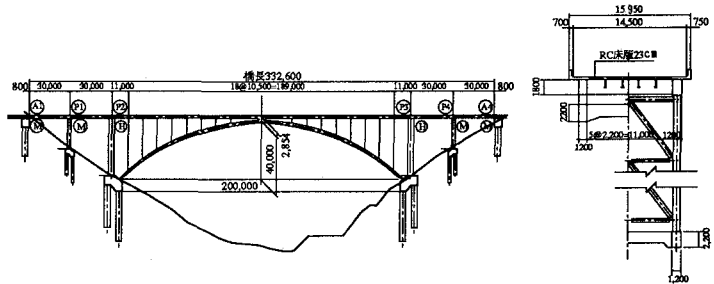


図-2 数値計算のモデル

表-2 立体解析と平面解析の比較表

			床版剛性・無		床版剛性・有	
			① 立体 モデル	② 1主構 モデル	③ 立体 モデル	④ 1主構 モデル
変位	補剛桁 支間中央部	(mm) 比	-121.5	-113.9 94%	-59.4	-56.9 96%
	補剛桁 支間中央部	(t) 比	-196.8	-201.1 102%	-331.1	-388.3 117%
	アーチ 支間中央部	(t) 比	813.4	872.9 107%	433.2	391.4 90%
	アーチ 支間中央部	(t) 比	-80.1	-65.6 82%	-49.8	-62.1 127%
	上横構P2部 側径間側	(t) 比	15.0	24.7 165%	23.2	77.2 333%
	上横構P2部 中央径間側	(t) 比	52.9	61.4 116%	103.7	118.2 114%
	下横構 アーチ端部	(t) 比	145.9	131.0 90%	90.7	74.3 82%
	下横構 アーチ端部	(t) 比	-116.7	-129.7 111%	-75.4	-72.9 97%
	端支柱	(t) 比	28.9	37.5 130%	18.4	16.5 89%
	端対傾構	(t) 比	13.0	8.2 63%	6.8	3.6 53%
	A1	(t)	-3.6	-2.2	-129.5	-29.1
	P1	(t)	-0.4	6.3	127.5	-48.0
反力	P2	(t)	150.0	133.3	220.1	298.7
	アーチ	(t)	190.4	199.2	121.2	114.8

注 1) 反力は1 Bridge当りの数値を示す。
2) 欄内下段の数値は平面解析/立体解析の比を示す。