

I-141

上路アーチ橋の面外格子解析モデルについての検討

(株)横河ブリッジ 正 ○栗本英規・同 熱田憲司・同 正 尾下里治

1. はじめに

トラス系橋梁やアーチ系橋梁の面外荷重に対する設計は、通常①上面と下面あるいは補剛桁とアーチリブを分離した簡易モデル、②2主構立体モデルを1主構の平面格子に置換した平面格子モデル、③2主構立体モデルの3つのモデルにより行われているが、①に関しては分離する際の荷重分担比率の不明確さ、②に関しては1主構に置換する際の置換の妥当性、③に関しては膨大な量の構造部材をモデル化するという実設計業務での煩雑さが問題となっている。

ここでは、このような問題に対処する方法として「荷重分担比率が明確」で「比較的モデル化が容易」な平面格子モデルに着目し、特に上路形式のアーチ橋についてそのモデル化の要点と注意事項に関して述べるとともに数値計算により立体モデルと比較した時の妥当性を示す。

2. モデル化の要点および注意事項

平面格子モデルによる解析は、立体解析に比べて作業量を大幅に減少できる利点がある反面、モデル化を誤ると解析結果に大きな違いが生じてしまう。特に横構や対傾構のせん断変形や、ねじり定数の取扱い方は重要である。

横構が組まれた補剛桁やアーチリブ(図-1)は面外断面2次モーメント・純ねじり定数を考慮するとともに、横構を等価なせん断剛性を持つ薄板に置き換えた場合の薄板の断面積をせん断断面積として、せん断変形の影響を考慮する。また、支柱に対傾構が組まれていないと平面格子モデルにおける支柱の曲げ剛性が非常に小さくなりアーチリブが支柱位置で十分に拘束されず(図-2)、大きなねじり変形を生じて不安定になるので、支柱の曲げ剛性が小さな場合はアーチリブのそりねじり定数も考慮する必要がある。

支柱に関しては、図-3に示すように、対傾構が組まれたものの他に単独柱形式やラーメン形式などがあり、それぞれの形式により剛性が大きく異なり、取扱いを誤ると解析結果に影響を与えるので注意しなければならない。(a)の対傾構形式では横構が組まれた主構部材と同じように扱えばよい。(b)の単独柱形式では主構との結合条件により、①両端ピン結合の時は支柱の存在を無視し、②両端剛結の時は支柱が長い場合はこれを無視し、アーチクラウン付近のように支柱が短い場合は面外断面2次モーメント・せん断断面積等を考慮する。しかし、スパンドレブルレースドアーチの斜材などは、橋体全体のねじり剛性に寄与するので重ね梁として考慮する必要がある。(c)のラーメン形式の時は(a)と(b)の中間的な剛性を持つと考えられるが、水平支材の本数や配置が一樣ではないので実際のラーメン構造を解析して判断する必要がある。

その他、バスケットハンドル形式のようにアーチリブや支柱が平行にならない場合は、平行弦トラスが斜材のみでせん断力に抵抗するのに対して、弦材が傾斜していると弦材もせん断変形に対して働くことになるので、見かけのせん断断面積が大きくなることに注意しなければならない。

3. 数値計算による検討

せん断変形の影響を考慮した平面格子モデルの妥当性を確認するために、図-4に示すモデルで立体解析と平面格子解析を行った。解析は面外荷重に対する静解析と固有振動解析で、荷重値、断面諸量等は省略する。

解析結果は、表-1に静解析結果を、図-5, 6に固有振動解析結果をそれぞれ示す。表-1・図-5, 6中のレベルA, B, Cとは、レベルA: せん断断面積およびそりねじり定数を考慮、レベルB: せん断断面積を考慮、レベルC: せん断

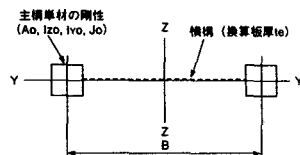
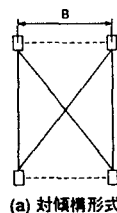


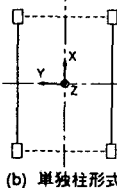
図-1 横構が組まれた補剛桁やアーチリブ



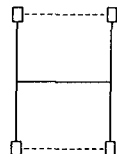
図-2 支柱の剛性が微小の面外格子モデル



(a) 対傾構形式



(b) 単独柱形式



(c) ラーメン形式

図-3 支柱形式

変形を無視したモデルであり、通常の平面格子解析はレベルCに相当する。

表-1より、支柱の面外曲げ剛性の小さな単独支柱形式ではアーチリブのねじり変形が大きくなるので、そりねじり定数を考慮したレベルAでないと立体解析結果と合わないことがわかる。一方、対傾構形式の場合は支柱の面外曲げ剛性が大きいので、そりねじり定数を考慮しないレベルBでも立体解析結果とよく合っていることがわかる。しかし、せん断変形を無視したレベ

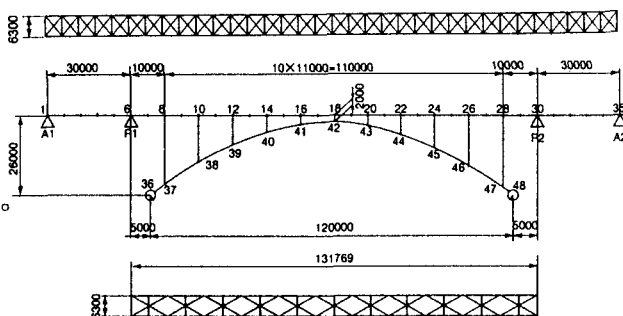


図-4 解析モデル

表-1 静的解析精度

支柱形式	項目	着目	レベルA	レベルB	レベルC
単独支柱	変位 (支間中央)	補剛桁	1.01	1.38	0.83
		アーチ	1.01	1.32	0.78
	反力	A 1	1.01	1.26	1.73
		P 1	1.00	1.15	1.44
		アーチ査	1.00	0.93	0.78
	部材軸力	補剛桁6	0.97	1.24	1.73
		補剛桁18	1.17	1.82	1.84
		アーチ36	1.05	0.88	0.65
対傾構付	変位 (支間中央)	補剛桁	1.07	1.15	0.71
		アーチ	1.07	1.11	0.65
	反力	A 1	1.05	1.06	1.47
		P 1	1.04	1.00	1.28
		アーチ査	0.98	1.02	0.91
	部材軸力	補剛桁6	1.03	1.04	1.48
		補剛桁18	1.27	1.53	1.56
		アーチ36	1.02	1.06	0.90

立体解析結果(1.00)に対する平面格子解析結果の比率を示す

ルCでは立体解析結果との差が大きく、実用上の問題がある。図-5, 6からは、せん断変形を無視すると梁の剛性が堅く評価され、固有振動数が高くなる傾向があること、高次モードで波長が短くなるとせん断変形の影響が大きく現れ実用上問題があることがわかり、動解析に平面格子を用いる場合には、必ずせん断変形を考慮しなければならないと言える。

4. まとめ

- 1) 横構が組まれた補剛桁やアーチリブ、あるいは対傾構が組まれた支柱を一本の梁に置換する場合は、せん断変形の影響を考慮しなければならない。
- 2) 対傾構の無い単独支柱の場合、アーチリブのそりねじり定数まで考慮しなければならない。
- 3) スパンドレルブレスドアーチ橋のように斜材がある場合は、対傾構が組まれていなくても重ね梁としてこれを考慮しなければならない。

また、本法によれば、バスケットハンドル形式のスパンドレルブレスドアーチのような特殊な形式でも十分な精度の解析が可能である。

参考文献

- 1) 小松定夫・西村宣男：薄肉弾性ばり理論によるトラスの立体解析，土木学会論文報告集，第238号，1975. 6
- 2) 盛川勉・熱田憲司・尾下里治：上路アーチ橋の面外剛性の評価と面外格子モデルについての検討，横河リッジ 技報No.23, 1994

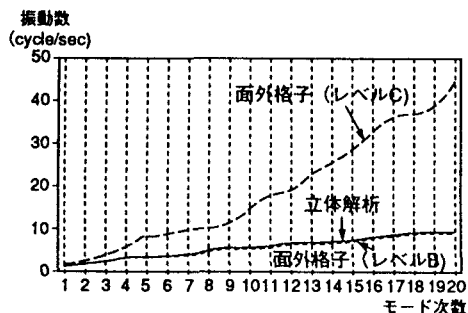
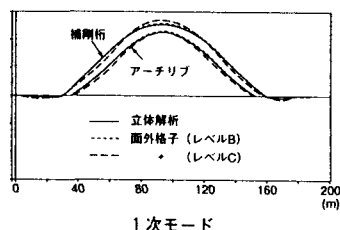
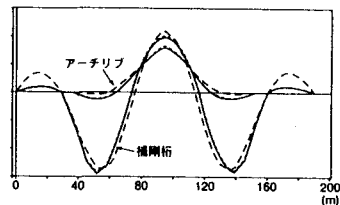


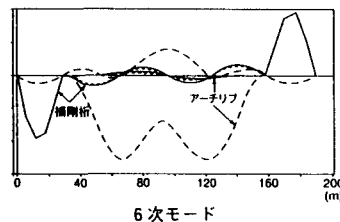
図-5 モード次数と固有振動数



1次モード



3次モード



6次モード

図-6 固有振動モード図