

(6) PC箱げた橋を格子モデルに置換する際の問題点に対する考察(2)

(株) 銭高組 ○梅枝 寿臣
 川田ケイシステム(株) 山口 良
 鉄建建設(株) 佐藤 茂美
 ハザマ 工藤 朗太

1 はじめに

広幅員PC箱げた橋を設計する場合、その橋梁の断面形状、全幅員と支間との比(B/L)および斜角によっては、各ウェブを1本の梁と仮定し仮想横げたにより連結する格子モデルに置換した、格子解析が適用される場合がある(図-1参照)。この場合、それぞれの格子部材の断面諸元が解析結果に影響することが考えられるが、その断面諸元の算出において定式化された手法がなく、実際の設計では様々な算出方法により行われているのが現状である。

筆者らは前報告において、ねじり定数の算出方法に着目し、直橋であるがB/Lの制限から格子解析を行わなければならない場合について検討結果を示した。本報告では、斜角の制限から格子解析を行わなければならない場合についての検討結果を示し、PC箱げた橋を対象に格子解析を行う場合の留意点について述べる。

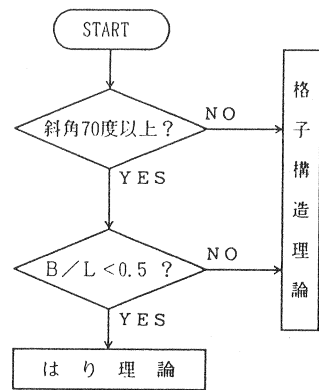


図-1 多重箱げた橋の設計フロー

2 解析方法

2.1 検討対象

検討対象は、PC橋として一般的な支間長40mを有する単純げたとした。斜角の影響について考えるため、B/Lと無関係に格子解析を行わなければならない場合として、図-2に示す4BOX断面(B/L=0.375)を設定した。斜角のみ90°、70°、50°と変化させ、けた高、張出し床版幅、ウェブ間隔、床版厚およびウェブ厚は各モデルとも等しくした。また、横げたとして端支点横げた(t=500mm)と中間横げた(t=300mm)を考慮した。

2.2 格子解析モデル

格子解析モデルを図-3に示す。主げたは各ウェブの軸心にとり、仮想横げたは支間8等分の5m間隔で配置した。なお便宜上、主げたを左端よりG1、G2、G3、...と名付けて区別するものとした。断面諸元の算出方法を調査した結果、断面2次モーメントの算出においては統一された手法が用いられているが、ねじり定数の算出には主に2つの方法があることがわかった。そこで、断面2次モーメントは等しくねじり定数のみが異なる2タイプのモデルを設定した。

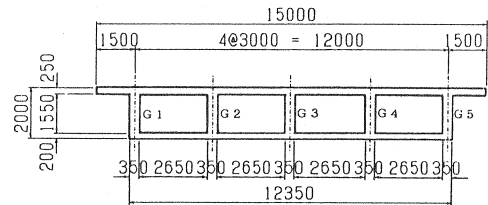


図-2 主げた断面形状図(4BOX断面)

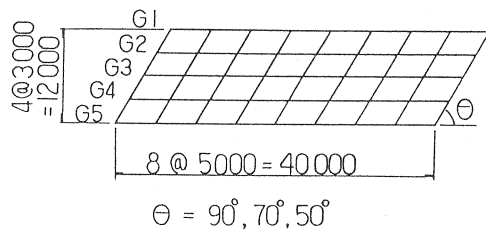
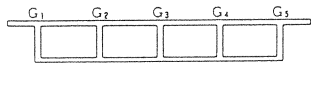
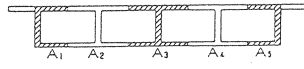


図-3 格子解析モデル図

表-1 に格子解析に用いたねじり定数の算出方法および算出結果を示す。

表-1 ねじり定数算出方法および算出結果

		タイプ-1	タイプ-2
ねじり定数の算出	算出方法	 閉断面のねじり定数Jを主げた本数Nで分割 $J_i = J/N$	 閉断面のねじり定数を主げたの抵抗断面積比で分割 $J_i = J \times (A_i / \sum A)$
	算出結果	J1~J5 = 3.2047 m4	J1, J5 = 2.0029 m4 J2~J4 = 4.0058 m4

2.3 FEM解析モデル

FEM解析モデルを図-4に示す。上床版、下床版、ウェブおよび横げたをそれぞれの軸心で立体的に連結した厚肉シェル要素とした。

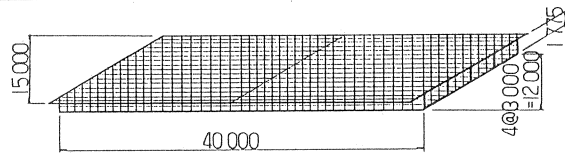


図-4 FEM解析モデル図

2.4 荷重

PC箱げた橋では全部材を場所打ちで施工する場合がほとんどであることから、プレキャストのTげた橋やIげた橋の場合と異なり、完成構造系に一括して自重が作用する。そのため、斜角が大きい場合には自重によって主げたにねじりモーメントが生じることとなり、ねじり定数のとり方が構造解析結果に影響をおよぼすことが考えられた。そこで、自重を解析比較の対象荷重として選定した。

3 解析結果

3.1 主げた曲げモーメント

G1 げたの自重による曲げモーメントについて格子解析およびFEM解析の結果をまとめたものを図-5に、また、支間中央における各主げたの曲げモーメントについてまとめたものを図-6に示す。

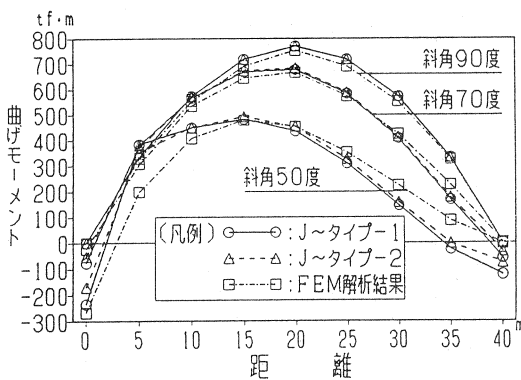


図-5 G1 げた曲げモーメント図

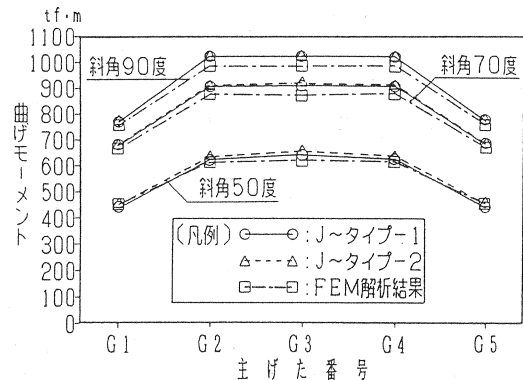


図-6 支間中央曲げモーメント比較図

(1) 格子解析結果

ねじり定数のとり方の違いによる主げた曲げモーメントの差異についてみると、斜角が90°の場合には

ほとんど差が認められないものの、斜角が 70° 、 50° と小さくなるにしたがってタイプ-2のほうがやや大きい値を与えることがわかる。これは、斜角が小さくなるにつれてけた全体変形におけるねじれの要素が大きくなっていくため、ねじり定数の影響が解析結果に表れたものと考えられる。しかしながら、この差は斜角が 50° の場合であっても、けた端部で $50\text{ tf}\cdot\text{m}$ 、最大曲げモーメントを与える位置で約 $20\text{ tf}\cdot\text{m}$ と全体に占める割合はそれほど大きくなく、主げたの設計を行う上でねじり定数のとり方は大きく問題にはならないと考えられる。

(2) FEM解析結果との比較

斜角が 90° および 70° の場合には、格子解析結果とFEM解析結果とは比較的同傾向を示しているといえるが、斜角が 50° の場合には、最大曲げモーメントを与える位置から支間中央付近では格子解析結果とFEM解析結果は良く一致しているものの、それ以外の位置では大きく異なる傾向にある。これは、隣接する主げたの支点までの力の伝達経路が、FEM解析モデルでは直接的経路であるのに対し、格子解析モデルでは主げたおよび仮想横げたを介しての間接的経路であることの差に起因すると考えられる。したがって、斜角が小さくなるにつれてこの影響が明確となり、解析結果に差が生じたものと考えられる。

3.2 支点反力

図-7、図-8および図-9に、各解析手法による支点反力をそれぞれの斜角ごとに比較した結果を示す。

(1) 斜角が 90° の場合

格子解析においては、タイプ-1およびタイプ-2ともほぼ等しい結果が得られ、各支点が負担する反力の比率は、それぞれの主げたに作用させた自重の比率とほぼ一致した。これに対してFEM解析においては、G1およびG5の支点反力が、他の支点反力より大きくなっており、格子解析と逆傾向の結果が得られた。これは、FEM解析ではポアソン効果を考慮しているため、上床版および下床版の橋軸方向ひずみ(上床版:圧縮、下床版:引張)によって橋軸直角方向には逆のひずみが生じ、その曲げ変形によってG1およびG5の支点反力が増加する結果になったものと考えられる。

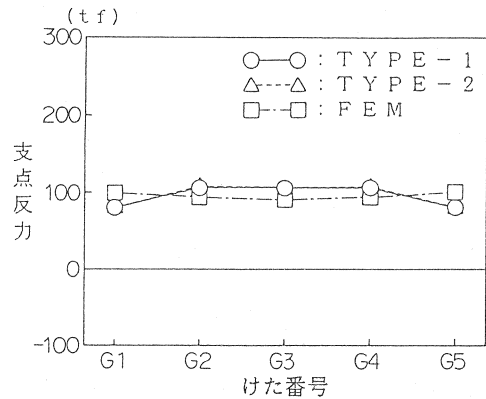


図-7 支点反力(斜角 90°)

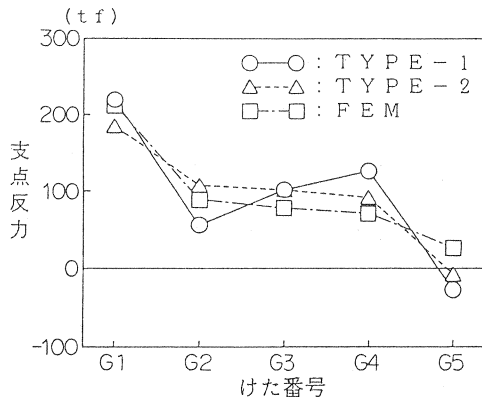


図-8 支点反力(斜角 70°)

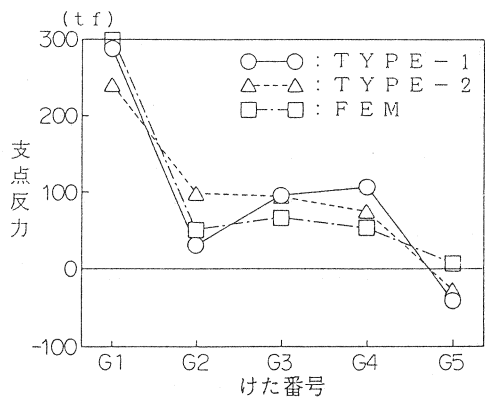


図-9 支点反力(斜角 50°)

(2)斜角が70°および50°の場合

格子解析結果を比較すると、G1の正反力およびG5の負反力では、タイプ1がタイプ2に比較して若干大きい値となった。一方、G2～G4では、タイプ2の全ての反力がほぼ一致しているのに対して、タイプ1では支点によって反力の差が大きくなる傾向を示した。これは、タイプ2ではG2～G4主げたのねじり定数がG1およびG5に比べて大きいため、主げたG2、G3およびG4間における変形の連続性が高く、これらの3主げたが一本の梁としての挙動を示したためと考えられる。これに対し、タイプ1では各主げたのねじり定数を等しくとっていることから、G2～G4のねじり定数がタイプ2に比較して小さいため、各主げたにおける変形の独立性が強く、支点によって反力が大きく異なったものと考えられる。

また、FEM解析と2タイプの格子解析の結果を比較した場合、最大反力はタイプ1とほぼ一致するが、全体的な反力分布としては、タイプ2の方がより近い傾向を示している。また、FEM解析では格子解析と比べて、G1およびG5の自重負担が大きくなる傾向がみられるが、これは、前述したポアソン効果の影響によるものと考えられる。

3.3 端支点横げたの曲げ応力度

表-2 端支点横げた曲げ引張応力度

表-2に各解析モデルに自重を作用させた場合の端支点横げた鈍角部(G1付近)における曲げ引張応力度を示す。斜角が90°の場合には、端支点横げたに発生する曲げ引張応力度は小さく、タイプ1、タイプ2、FEM解析とも大差ない結果が得られた。斜角を有する場合の格子解析結果を比較してみると、いずれもタイプ1の方が大きな値を与えており、その割合は斜角が70°で+52%、50°で+40%程度となっている。これは、タイプ1のG1およびG5のねじり定数をタイプ2よりも相対的に大きく評価しているため、ねじりモーメントを負担する割合も大きくなり、それが横げたに伝達された結果と考えられる。また、格子解析結果をFEM解析結果と比較すると、斜角が70°ではタイプ1、タイプ2ともに大きな応力度となるが、50°ではFEM解析が両者の中間の値となっている。

解析モデル		(kgf/cm ²) 曲げ引張応力度
斜角90°	格 タイプ-1	-0.2
	子 タイプ-2	-1.3
	FEM解析	-0.2
斜角70°	格 タイプ-1	-20.0
	子 タイプ-2	-13.2
	FEM解析	-9.0
斜角50°	格 タイプ-1	-33.6
	子 タイプ-2	-24.0
	FEM解析	-27.9

端支点横げたの部材設計では、引張応力度が発生しないよう横締鋼材を適宜配置する方法が一般的にとられている。格子解析で得られた断面力を用いて、斜角を有する箱げた橋の端支点横げたの設計を行う場合においては、タイプ1の方が安全側の結果となるようである。

4 まとめ

今回の解析によって明らかになったことをまとめると以下のとおりである。

- (1) 主げたの曲げモーメントについては、斜角を有する場合であってもねじり定数の算出方法による解析結果の違いは小さく、設計上は無視できる範囲である。
- (2) 支点反力の検討結果から、格子解析を行う場合には、タイプ2の算出方法によるねじり定数を用いた方が、実挙動に近い結果が得られると考えられる。
- (3) 格子解析は、直橋においては十分精度の高い結果が得られるが、斜角の影響が大きい場合には、仮想横げたの配置方法など、モデル化に十分注意する必要がある。

参考文献

- 1) 佐藤茂美 他；広幅員PC箱桁橋の格子モデルへの適用について；第2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；1991年11月