

I-94

剛体-バネモデルによる
格子桁の極限解析について

東京電力(株) 正員 武田 智吉
北海道大学工学部 正員 佐藤 浩一

1. はじめに

今日、塑性力学の進歩にともない構造体の非線形挙動を扱った構造設計が行われるようになってきている。そうした流れの中で”非線形の壁”は、連続体仮説の力学の枠内で”破壊”ないし”崩壊”という不連続現象を扱おうという点にある、という考えから川井^{1),2)}の提案されたのが”剛体-バネモデル(Rigid-Bodies-Spring-Model)”である。

本報告は、剛体-バネモデルにより格子桁の極限解析を行うにあたり、片持ち梁、両端固定梁について解析を行い、計算結果と従来の理論値との比較検討により、その適用についての考察を行うものである。

2. 解析方法

材料は、Steelを仮定した。また、橋梁において一般的と思われるI型断面を中心に解析を行った。剛体バネモデルの場合はバネ要素が降伏するとその境界辺ですべりが生じると考える¹⁾。その材料定数、降伏条件については、表2-1に示す。完全弾塑性体と仮定し、降伏条件はミーゼスの条件、非線形解析法は、荷重増分法を用いた。剛性行列は、 12×12 となる、これは3次元の剛体変位を考慮したためである。しかし、反り変形は

表 2-1 材料定数

考慮していない。

また、境界条件の処理においては、境界条件処理用微小要素を用いる。

| | ヤング率 (Kgf/cm ²) | ポアソン比 | 降伏応力 (Kgf/cm ²) | | |
|------|--------------------------------|-------|-----------------------------|----------------|--------|
| | | | σ_y | C (τ_y) | ϕ |
| RBSM | 2,100,000 | 0.3 | / | 1400 | / |
| FEM | 2,100,000 | 0.3 | 2400 | / | / |

3. 解析結果

まず、モデル化の特性を確認するため以下のモデルについて解析を行った。計算に用いた断面は、Fig.3-1のとおりである。

- Model-1: 片持ち梁 L=1000cm
- Model-2: 両端固定梁 L/3点载荷 L=1000cm
- Model-3: H型に組んだ格子桁
- Model-4: 主桁3本、横桁2本の格子桁

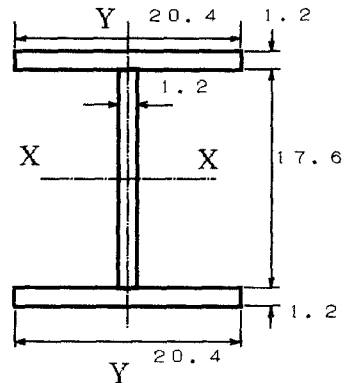


Fig.3-1

Fig.3-2は、Model-1における分割数とたわみ曲線の関係を示したものである。分割数を8分割程度まで増やせばかなり一致する。

Fig.3-3は、Model-1における分割数とたわみ角曲線の関係を示したものであり、たわみ曲線と同様の傾向を示している。いずれも解析解は、Bernoulli-Euler梁としての解析結果である。

次に、Model-2(両端固定梁、L/3点载荷の場合)の極限荷重と要素分割数との関係を示す(Fig.3-4)。この場合の降伏判定時

に着目するバネの位置は断面二次半径位置にとったものである。要素分割によらずほぼ理論値(仮想変形法)と一致した極限荷重が得られることが判る。次に、着目するバネの設定位置を移動させた場合の極限荷重をFig.3-5に示す。Fig.3-5において”*0.8”とは、図心から、断面二次半径の0.8倍離れた位置のバネに着目した場合の計算結果である。この図からも着目バネをほぼ断面二次半径の位置(*1.0)にすればよいことが判る。I型断面において A_f (上下フランジ断面積)と A_w (ウェブ断面積)を種々に変化させた

場合の全塑性モーメントと断面二次半径位置のバネが降伏するモーメントの比較を行った。

その結果として、 $A_f/A_w \geq 2.0$ ならば、両者はほぼ等しくなることが判った。

次に、着目バネの位置を断面二次半径位置としてModel-3(H型に組んだ格子桁)について極限解析を行った結果をFig.3-6に示す。この場合もこのモデルが、要素分割によらずほぼ一定の極限荷重を与えることが判る。

最後にModel-4のTG-1, 2の2種類の載荷状態についての極限解析の結果を示す(Fig.3-7)。

4. おわりに

本報告では、剛体-バネモデル(梁要素モデル)により格子桁の極限解析を行うにあたり、その適用をいくつかのシンプルなモデルを用いることにより検討を行った。その結果として判ったことは以下のとおりである。

- 1) 変位に関しては、要素分割をある程度増やすことによりBernoulli-Euler梁としての解析結果とほぼ一致した結果を得ることができる(Fig.3-2, Fig.3-3)。
- 2) I型断面で A_f/A_w (上下フランジ断面積/ウェブ断面積) ≥ 2.0 ならば着目バネの位置を断面二次半径の位置にとることにより、仮想変形法とほぼ同様の極限荷重を求め得ると思われる。
- 3) 剛体-バネモデルによる解析は、格子桁の極限解析を行う場合にも適用できると思われる。

<参考文献>

- 1)川井 忠彦: "離散化極限解析法概論", 培風館(1991)
- 2)川井 忠彦・竹内 則雄: "離散化極限解析プログラミング", 培風館(1990)

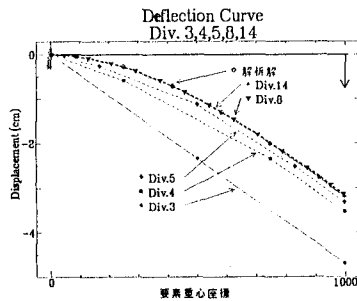


Fig.3-2

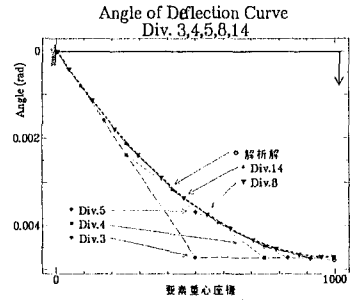


Fig.3-3

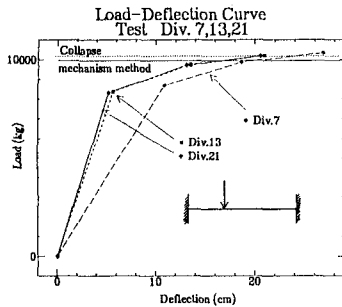


Fig.3-4

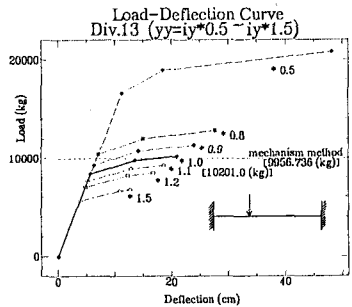


Fig.3-5

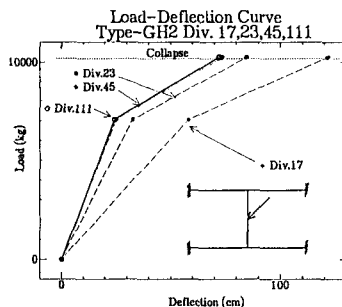


Fig.3-6

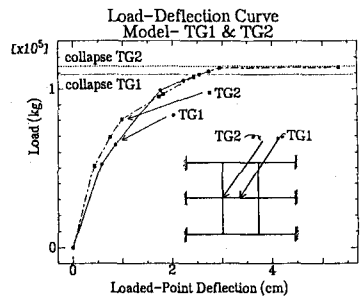


Fig.3-7