

I-A285 曲線格子桁の崩壊荷重に及ぼす横構の効果と塑性域の広がり

北海道大学大学院工学研究科 正 員 平沢 秀之

北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川 俊郎

北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 浩一

1. まえがき

曲線格子桁橋はねじり剛性の小さい複数本の主桁を横構あるいは対傾構で相互に連結し、構造全体のねじり剛性を高めた橋梁形式である。この形式の橋梁には通常横構が設けられている。設計における横構部材力は、格子解析により一旦主桁断面力を求め、これを用いることによって近似的に計算することができる¹⁾。しかし厳密には横構も含めた構造系全体で解析を行い、曲線橋を構成する部材間の力学的相互作用を同時に考慮することが望ましい。

横構を考慮しない曲線格子桁を扱った研究には、塑性ヒンジ法に基づく手法で崩壊荷重を求めた研究^{2,3)}、塑性ヒンジ法を改良し、塑性域の広がりを考慮した研究⁴⁾等がある。横構を考慮した研究には、今井ら⁵⁾による一連の実験的、理論的研究があり、極限状態におけるI形断面部材の降伏関数の誘導や、崩壊特性を明らかにしているが、基本的には塑性ヒンジ法に基づくものであり、塑性ヒンジ発生以前の弾塑性状態は考慮されていない。そこで本研究では、弾性限界を越えて部分的に塑性域が存在する部材を扱うことのできる解析方法⁶⁾を進展させ、横構を有する曲線格子桁に適用し、横構が曲線格子桁の崩壊荷重や崩壊機構に及ぼす影響を検討した。解析に当たっては塑性域を有する部材の応力分布と、この部材に生じる断面力が関連づけられた関連曲線を誘導した。この関連曲線を用いることにより、曲線格子桁が弾性範囲内から弾塑性状態を経て、塑性崩壊に至る全過程を追跡することができる。

2. 塑性域の広がりを考慮した関連曲線

曲線格子桁に鉛直方向の集中荷重が作用するとき、主桁、横構の断面には一般にせん断力 S 、曲げモーメント M 、ねじりモーメント T 、そりモーメント W の4つの断面力が発生する。ここでは S と T の影響は小さいものとして無視すると、断面内に生じる応力は、 M による曲げ応力 σ_M と W によるそり応力 σ_W である。これら2つの応力が合成された垂直応力 σ が実際の断面に生じ、この σ は σ_M と σ_W の大きさによっていろいろな分布状態を呈する。ここで M と W の向きを正に固定し、更に材料を完全弾塑性体とすると、 σ の分布形状は結局図-1内に表された8通りに分類することが可能である。図中の記号 m 、 w はそれぞれ M 、 W を全塑性曲げモーメント、全塑性そりモーメントで除し、無次元化したものである。また α は腹板の断面積とフランジの断面積の比である。これらの応力分布は、その断面に作用している曲げモーメントとそりモーメントの値に関連づけられており、①～⑧の領域にそれぞれ対応している。

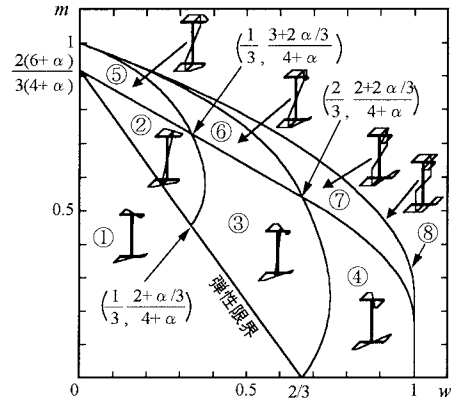


図-1 関連曲線と応力分布

3. 曲線格子桁の数値計算

解析モデルは表-1のような断面諸元等を有し、図-2のような形状の曲線格子桁である。中心角は $\phi = 7.0^\circ$ 、曲率半径は $R = 18.5$ [m]である。

表-1 断面諸元等

	主桁・横構	横構
断面2次モーメント [cm ⁴]	190.539	28.7
純ねじり定数 [cm ⁴]	1.45130	0.0
そりねじり定数 [cm ⁶]	324.141	0.0
全塑性曲げモーメント [kgfcm]	159690	20699.1
全塑性そりモーメント [kgfcm]	147960	0.0

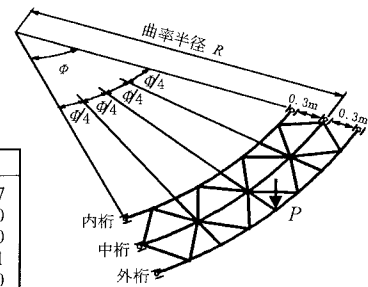


図-2 解析モデル

キーワード：曲線格子桁、横構、関連曲線、塑性域の広がり

連絡先：060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

表-2 全塑性時の荷重

段階	荷重[kgf]		比率
	横構無	横構有	
1st	3110	4390	1.41
2nd	3930	5620	1.43
3rd	4130	5970	1.45
4th	4250	6090	1.43
5th	4320	6230	1.44
6th	4360	6240	1.43

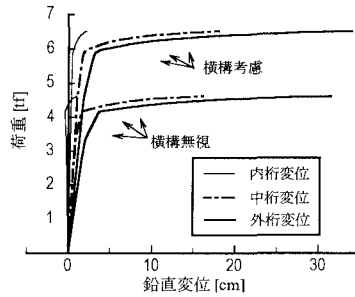
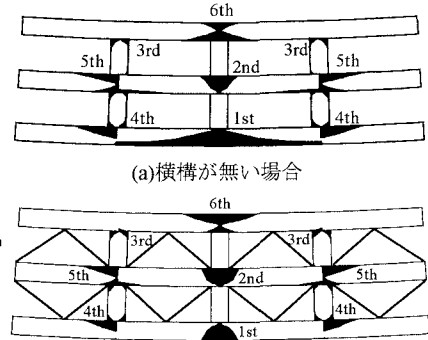
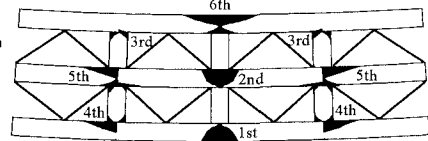


図-3 荷重変位曲線



(a)横構が無い場合



(b)横構を考慮する場合

図-4 塑性域の広がり

3.1 荷重変位関係

表-2は断面が塑性化するス

テップ毎の荷重と横構を考慮する場合の比率を表したものである。各断面の保有する全塑性モーメントは同じであるが、横構の効果により同一の荷重が載荷されているときの断面力が低減し、全塑性化が遅れ、1st~6thの全ての段階における荷重は4割以上増加している。図-3は支間中央における内桁、中桁及び外桁の荷重変位曲線を表したものである。横構を考慮した場合は、弾性域での構造全体の剛性が高められており、また終局荷重も大幅に増大している。しかしながら、終局時の変位については横構の有無による変化は小さい。

3.2 塑性域の広がり

図-4は終局時の塑性域の広がりを表したものである。1st~6thは表-2と対応しており、断面が全塑性化した順番を表している。全塑性化する断面は、順番、位置共に横構の有無に関わらず変化していないが、塑性域の広がり方には変化が見られる。特に外桁の支間中央付近では、横構を設けることにより塑性領域がかなり減少していることが分かる。

3.3 相関曲線

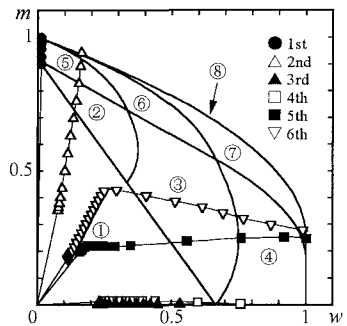
図-5は各断面が全塑性化するまで作用する曲げモーメントとそりモーメントの関係を相関曲線上にプロットしたものである。内桁の▽(6th)について見ると、塑性域進展の過程で横構の有無による影響が現れている。横構の無い場合は、内桁(▽)では当初 m と w が同時に増加するが、他の部材の塑性化が進むにつれ、 m の割合が減少し、 w の割合が増大する。一方横構を有する場合は、他の部材の塑性化が進行しても横構によって m が伝達されるため、 m の割合は増大していると考えられる。その他の部材では、横構の影響に関係なく、横桁は w が支配的であり、主桁は外桁及び中桁の支間中央では m が支配的であること、その他の部材は m と w が連成して塑性化している。

4. あとがき

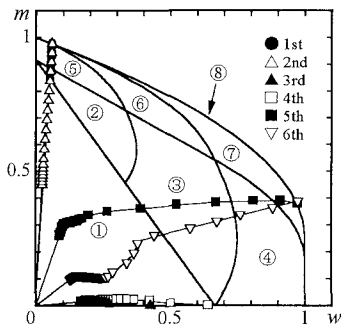
横構を曲線格子桁構造系全体に含めて塑性崩壊解析を行った。また断面力 m 、 w から塑性域の広がりを考慮できる相関曲線を用いることで、詳細なFEM解析を行うことなく、断面力レベルでの解析が可能となった。横構を考慮して解析を行った結果、横構が無い場合と比較して、大幅に終局荷重が増大することが示された。また塑性域の広がりも特に載荷点付近で減少させることが可能となった。これらの解析結果より、横構は曲線格子桁構造の塑性耐荷力を向上させるのに有効であることが確かめられた。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：鋼道路橋設計便覧、1980。
- 2) 米沢 博、三上市蔵：曲線格子桁の極限解析について、土木学会論文集、No.132、pp.18-26、1966。
- 3) 林川俊郎：曲線格子桁の塑性崩壊荷重の計算法と実験、構造工学論文集、Vol.39A、pp.1121-1134、1993。
- 4) 平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一、植木広行：塑性域の広がりを考慮した曲線格子桁の崩壊解析、構造工学論文集、Vol.44A、pp.1219-1228、1998。
- 5) 今井富士夫、太田俊昭、大塚久哲：横構を有する並列曲線1桁橋の崩壊挙動に関する研究、構造工学論文集、Vol.32A、pp.411-419、1986。



(a)横構が無い場合



(b)横構を考慮する場合

図-5 相関曲線