

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博 大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行
阪神高速道路公団 正 員 吉川 紀 ㈱総合技術コンサルタント 正 員 野口二郎
㈱栗本鉄工所 正 員 村山泰男 大阪市立大学大学院 学生員 藤田晶子

1. まえがき 本研究は、環境上、ならびに景観上の理由から、2 径間連続曲線格子桁の中間支点に相当する部分において、橋脚を設けなくて、塔柱（バックステーで補強）と吊材とで支持する新形式の橋梁（吊形式橋梁）を提案し¹⁾、その実現の可能性を耐荷力解析によって検討することを目的としている。そのため、文献 2)～5) にしたがって具体的に試設計した基本構造系に対して、弾塑性有限変位解析⁶⁾を行い、この種の吊形式橋梁の終局強度特性を明らかにした。なお、試設計断面は概算的に行ったもので、実設計におけるほど厳しい条件で行ったものではないことを付記する。

2. 弾塑性有限変位解析のための解析モデル まず、基本構造系を図-1 のように、3 次元骨組構造物にモデル化した。その際、主桁、および塔柱は弾塑性箱形断面要素、吊支点位置に取り付けた横桁は弾性梁・柱要素、また、吊材、および、バックステーについては弾塑性ロッド要素を用いてモデル化した。それぞれの材料特性は、表-1 に示すとおりである。つぎに、残留応力は主桁・塔柱断面ともに考慮し、また、初期たわみは最も危険となる荷重ケースに対してのみ、橋軸方向、および橋軸直角方向に正弦波形的ものを導入した。そして、荷重ケースは、図-2 に示す死荷重と各活荷重とを用いて、残留応力のみを考慮した DL10～DL40、および活荷重ケース 1 を用いて、残留応力以外に塔柱に初期たわみも考慮した DLI の計 5 ケースとした。

表-1 各要素の材料特性

材料特性	ヤング係数 (t/mm^2)	ポアソン比	ひずみ硬化率 (t/mm^2)	降伏点 (t/mm^2)
有限要素				
弾塑性箱形断面要素	2.1×10^7	0.3	0	3.6×10^4
弾性梁・柱要素	2.1×10^7	0.3	0	3.6×10^4
弾塑性ロッド要素	2.0×10^7	0.3	7.372×10^4	1.18×10^4

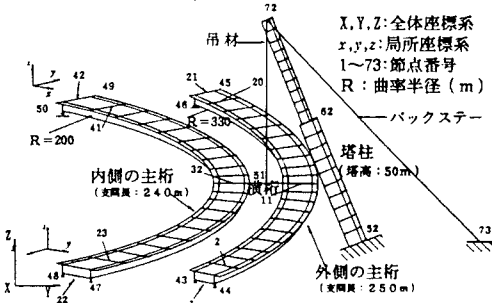


図-1 基本構造系の解析モデル

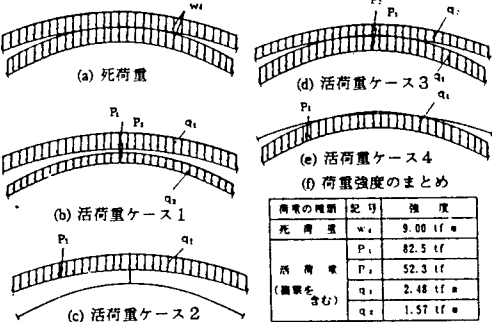
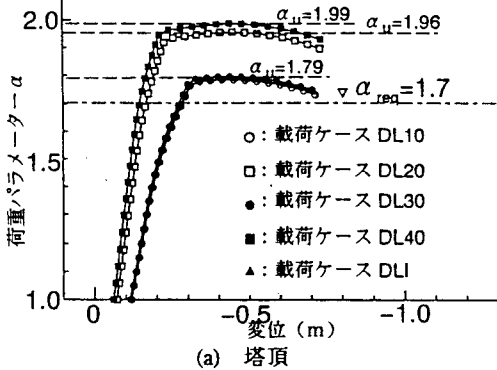
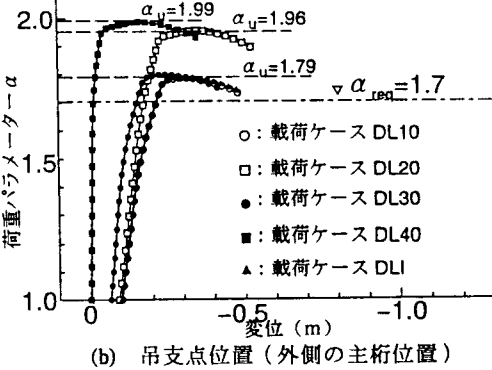


図-2 死荷重と活荷重との荷重方法

3. 解析結果とその考察 弾塑性有限変位解析より得られた主な結果を、図-3～図-6 に示す。なお、同図の縦軸の α は、設計荷重に対する倍率で、以下、荷重パラメーターという。



(a) 塔頂



(b) 吊支点位置（外側の主桁位置）

図-3 各着目点における荷重パラメーターと鉛直変位との関係

Hiroshi NAKAI, Toshiyuki KITADA, Osamu YOSHIKAWA, Jiro NOGUCHI, Yasuo MURAYAMA and Akiko FUJITA

以上の解析結果をとりまとめると、以下のようになる。

1) 試設計した基本構造系の終局状態を表す終局荷重パラメーター α_u は、いずれの荷重ケースにおいても、道路橋示方書で期待する安全率 $\gamma = 1.7$ を上回る結果となった。また、吊材の代わりに吊支点を剛支承とした構造系の終局荷重パラメーターが $\alpha_u = 2.51$ となったことから、試設計した基本構造系の終局状態は、主桁の耐力でなく、塔柱の強度によって決定されたことがわかる。

2) 図-4より、バックステーは、構造物全体が終局状態に至るとほぼ同時に降伏点に達し、その後ひずみ硬化領域に入っていることがわかる。したがって、もう少し断面を大きくする可否については、今後、再検討をする必要がある。

3) 終局状態における塔柱の変形は塔柱の上層部に集中し、塔柱の終局強度は上層部の塔柱の終局強度によって決定されたものと想定される。

4) 終局状態における塔柱の曲げモーメントの分布形状は、塔柱のたわみによる付加モーメント(P- δ 効果)が影響して、三角形の分布を呈していないことが図-5(b)よりわかる。とくに、大きなたわみが生じた塔柱の上層部においては、その傾向が顕著である。

5) 塔柱の圧縮フランジでは、荷重パラメーターが $\alpha = 1.6$ 程度で降伏に至る。

6) 図-6に示すように、基本構造系の終局強度は、上層部の塔柱断面の全塑性化によって決定された。

4. あとがき 斜張橋やアーチ橋など、その他の形式の橋梁の終局荷重パラメーター α_u に関する弾塑性有限変位解析結果($\alpha_u = 2.3 \sim 3.5$)を踏まえると⁷⁾、塔柱の終局荷重パラメーター α_u としては、2.5程度を保有するのが妥当であると考えられる。今回の基本構造系において、主桁よりも塔柱の方が強い構造を採用すると、終局荷重パラメーターは、2.5程度に増大できると考えられる。上記のように、死荷重と活荷重に対する静的荷重における耐力の面から、この種の吊形式橋梁は、十分に実現可能であることがわかった。しかしながら、風や地震荷重が作用した場合の安全性についても、今後、もちろん検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) (財)災害科学研究所：曲線桁と吊構造とを組合わせた鋼橋の耐力特性の検討、平成6年3月
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、Ⅱ・鋼橋編、丸善、平成2年2月
- 3) 阪神高速道路公団：設計基準、第2部、構造物設計基準（橋梁編）、平成2年6月
- 4) 本州四国連絡橋公団：上部構造設計基準・同解説、1989年4月
- 5) 橋梁委員会：道路橋示方書の改正について、道路、Vol.633、No.1、pp.75～83、1984年1月
- 6) 北田俊行・大南亮一・丹生光則・田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐力解析法の汎用プログラム開発、構造工学における数値解析法シンポジウム、日本鋼橋協会、Vol.13、pp.89～94、1989年7月
- 7) 関西道路研究会・道路橋調査研究委員会・設計小委員会・報告書：長大鋼橋の耐力解析とコンピュータによる視覚化に関する研究、平成6年3月

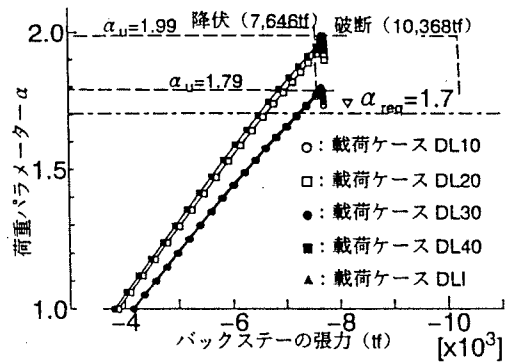


図-4 バックステーの荷重パラメーターと張力との関係

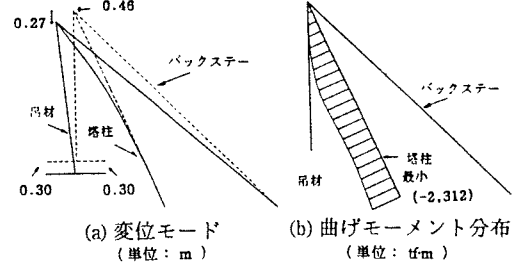


図-5 終局状態における塔柱の変位、および曲げモーメント分布

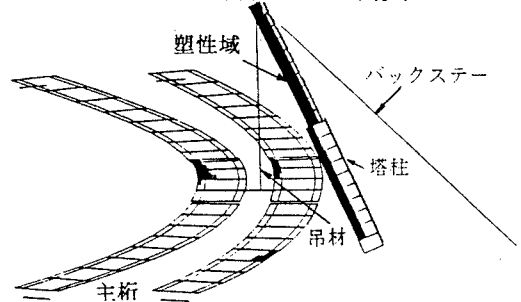


図-6 終局状態における塑性領域の広がり